

강화튜브 사용중 튜브내막의 용기로 인한 최고 흡기압의 증가

— 증례 보고 —

연세대학교 의과대학 마취과학교실

길 혜 금 · 구 본 녀 · 김 미 경

= Abstract =

Increased Peak Inspiratory Pressure Due to Intraluminal Bulging of the Inner Layer of the Reinforced Wire Tube during Anesthesia

— A case report —

Hae Keum Kil, M.D., Bon Nyeo Koo, M.D., and Mee Kyung Kim, M.D.

Department of Anesthesiology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Excessive peak airway pressure during general endotracheal anesthesia may result from bronchospasm due to light anesthesia or surgical stimulation, bronchial intubation, tension pneumothorax, pulmonary edema, or mechanical obstruction of tube, whether from kinking, inspissated secretions, or overinflation of the cuff. Usually these problems are differentiated with auscultation and drug administration. However, mechanical problems associated with the endotracheal tube may be a cause of increased airway pressure. Reinforced, anode, or armored tubes consist of two coatings of latex or PVC that enclose spiral metal windings. Because of that, the inner layer may peel away, and intraluminally bulge due to nitrous oxide and cause airway obstruction during the course of an anesthetic process. We report a case of intraluminal bulging of the inner layer in a reinforced tube using fiberoptic bronchoscopy during anesthesia. (*Korean J Anesthesiol* 2001; 41: 239~243)

Key Words: Airways: obstruction; peak airway pressure. Equipment: anode; armored; reinforced wire tube.

기관내 삽관하에 전신마취를 받고 있는 환자에서
상기도폐쇄의 증후로 수술 중 최고 흡기압이 증가될
때는 얇은 마취나 수술적 자극에 의해 기관수축이

발생하여 기도저항이 증가되거나 폐유순도가 감소되
는 경우 및 기관내 튜브의 폐쇄를 그 원인으로 생각
할 수 있다. 기관내 튜브의 폐쇄는 꺾이거나 눌림,
분비물에 의한 폐쇄, 원위부입구가 기관분기부에 닿
아 눌리거나 기낭이 과팽창되어 튜브벽을 누르거나
입구 쪽을 막는 등의 원인에 의해 발생할 수 있으며
이는 마취 전의 철저한 검사와 마취 중 집중적 관찰
로서 예방할 수 있는 기계적 원인들이라 할 수 있
다. 본 증례는 강화튜브(reinforced wire tube)를 사용

논문접수일 : 2001년 5월 25일

책임저자 : 길혜금, 서울시 서대문구 신촌동 134

연세대학교 의과대학 마취과학교실

우편번호: 120-752

Tel: 02-361-8624, 8615, Fax: 02-312-7185

E-mail: hkkil@yumc.yonsei.ac.kr

하여 기관내 삽관을 하고 전신마취 하에 수술을 진행하던 중 튜브내막의 용기로 인해 최고 흡기압이 증가되고 환기에 어려움을 겪었던 예이다.

증 례

체중 61 kg의 56세 여자 환자로 침돌증(sialolithiasis) 진단하에 하악선(submandibular gland) 절제술을 받기로 예정되어 glycopyrrolate 0.2 mg과 midazolam 2 mg으로 마취 전 투약하고 수술실로 이송되었다. 전자공적출술을 10년 전에 받은 외에 질병을 앓은 과거력은 없었으며 수술전의 모든 검사치는 정상소견을 나타냈다. 마취 전 관찰에서 두경부의 외양적 이상이나 운동제한은 없었고 변형된 Malampatti분류에서 등급 1의 구강인두소견을 보였다. 혈액학적 감시장치를 부착하고 vecuronium 0.5 mg을 초벌용량으로 투여한 후 fentanyl 2 μ g/kg을 정주 하였다. Pro-

pofol정주시의 통증을 경감시킬 목적으로 1% lidocaine 3 ml를 투여한 후 목표농도 4 μ g/ml로 propofol-target controlled infusion (TCI)을 시작하였다. 체중 kg당 0.8 mg의 vecuroium을 정주한 후 100% 산소를 사용하여 마스크로 손환기 시키다가 내경 7 mm의 일회용 강화튜브(Safety-Flex™, Mallinckrodt Medical, Ireland)로 기관내 삽관하였고 67% 아산화질소 및 33% 산소와 propofol-TCI로 마취를 유지하였다. 일회환기량 560 ml와 분당 호흡수 11회로 기계적 환기를 시행하였으며 최고 흡기압은 15~16 cmH₂O, 호기말 이산화탄소분압은 32~33 mmHg로 유지하였다. 환자의 어깨 밑에 15 cm 높이의 베개를 받혀 수술할 체위를 고정하고 수술을 시작하려할 때 최고 흡기압이 20 cmH₂O로 약간 증가되었으나 수술은 그대로 진행시켰다. 그러나 흡기압이 계속 조금씩 증가되는 것이 관찰되었고 마취를 시작한지 25분경에는 35 mmHg까지 증가되었다. 이 동안 흡입마취제의

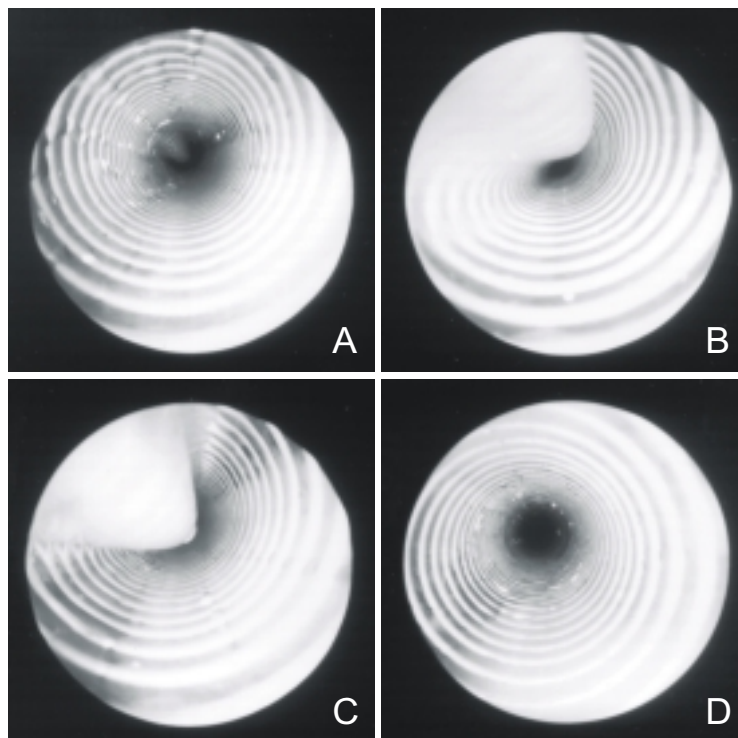


Fig. 1. Four fiberoptic bronchoscopic views showed the elevated inner wall of reinforced tube. A: A view from proximal part of the tube. Left upper portion of the tube was bulged into the lumen. B & C: views for the bulged portion. D: a view of the part below the bulged portion.

투여농도를 증가시켰으며 근육이완제를 추가로 투여하였고 튜브의 꺾임이나 눌림 유무를 확인하였으나 이상이 없었고 호기말 이산화탄소분압은 30-32 mmHg로 유지되고 있었다. 수술을 중지시키고 어깨 밑의 받침을 제거한 후 순환기로 교체하고 양측 폐를 청진하였으나 호흡음은 명료하였다. 기관내 분비물이 의심되어 18 Fr 흡인용 카테테르로 분비물을 흡인하려 하였으나 카테테르가 근위부 연결관을 3 cm 정도 지나서는 진전되지 않아 12 Fr로 교체하고 흡인을 시도했지만 역시 진전이 되지 않았다. 튜브 내강의 폐쇄가 의심되어 튜브 내로 굴곡 기관지경술(fiberoptic bronchoscopy)을 시행하여 확인하기로 하였으며 기관지경술을 시행한 결과 튜브의 근위부로부터 3.5 cm 하방, 즉 길잡이풍선(pilot balloon)의 기시부 1 cm 하방부근에 내피가 융기된 것을 확인하였으며(Fig. 1A~D) 이 융기는 길잡이풍선이 매몰된 위치를 따라 하방 15 cm까지 지속되어 있었다. 내경 7 mm의 polyvinylchloride (PVC) 표준 기관내 튜브로 튜브를 교체한 후 수술을 진행시켰고 수술은 특별한 혈액학적 변화 없이 종료되었으며 환자는 마취로부터 순조로운 각성을 보였다.

제거한 강화튜브의 길잡이풍선관 내로 methylene blue dye를 주입해 보았으나 관내는 이상이 없었고 그 관이 매몰된 부위가 튜브의 내강으로 융기되어 있는 것을 발견하였으나(Fig. 2) 튜브를 단면으로 잘라본 결과 조정기낭의 관이 위치한 부위를 따라 튜브의 내피가 융기되어 내경의 2/7 정도를 차지하고 있

음을 발견하였다.

고 찰

기도유지는 안전한 마취에 있어 필수조건이다. 기도폐쇄는 마취 중 어느 때에라도 발생할 수 있는데 마취 전 기도유지의 어려움이 예측되는 환자에 있어서 해부학적, 병리적, 혹은 수술요소적인 문제점들이 있을 때는 충분한 준비로 이를 예방할 수 있으나 전혀 예상하지 못했던 문제점이 발생할 때는 매우 당황하게 된다.

마취 중 갑자기 환기가 어려워지거나 기도폐쇄의 증상이 나타나면 먼저 분비물, 튜브의 꺾임, 혹은 눌림에 의한 튜브의 기계적 폐쇄를 고려하며 이 요인들이 배제되게 되면 다음으로는 얇은 마취 하에서 수술적 자극으로 인해 기관지 수축이 발생했거나 폐에 문제가 생긴 것으로 생각하고 마취의 깊이를 깊게 해주게 된다. 그러나 외관으로 확인할 수 없는 튜브자체의 결함이나 튜브의 특성에 의해서도 기도폐쇄 및 합병증이 발생할 수 있다.^{1,2)} 이같은 튜브 자체의 결함이 드물긴 해도 마취 중 아산화질소의 확산에 의해 풍선이 과팽창되고 기관벽과의 사이에서 돌출되어 튜브의 원위부입구를 막기도 한다.³⁾

강화튜브(reinforced, armored 혹은 anode tube)는 튜브의 외피와 내피사이에 철사가 나선형으로 심어져 있어 수술체위나 두경부의 위치변경으로 인한 꺾임이나 압박에 의한 튜브의 변형을 최소화시키는 장점이 있으나 이러한 강화튜브 자체의 문제점도 지적되고 있다. 실제로 두경부의 위치는 강화튜브나 표준 튜브에서의 저항에 큰 영향을 주지는 않는 것으로 보고되었으며 오히려 고유량의 신선가스를 사용할 때 내경 7 mm 이상의 강화튜브의 경우 표준 PVC 튜브에 비해 튜브에 의한 저항이 컸는데 그 이유는 강화튜브 내벽의 철사가 내외피 사이에 매끄럽게 심어지지 않은 경우 가스의 결흐름(laminar flow)을 와류(turbulent flow)로 변화시키기 때문이라고 추정한다.⁴⁾ 나선형으로 심어진 철사를 싸고 있는 두겹의 latex 혹은 PVC 층이 마취가스의 확산에 의해 벌어져 튜브내강이 막힐 수 있다는 문제점도 제기된바 있으며⁵⁾ 강화튜브의 연결부와 철사가 감겨져 있는 곳 사이가 꺾일 수 있다는 점도 지적되고 있다.⁶⁾ 최근 Mallinckrodt사의 강화튜브 사용시 튜브내벽의 변

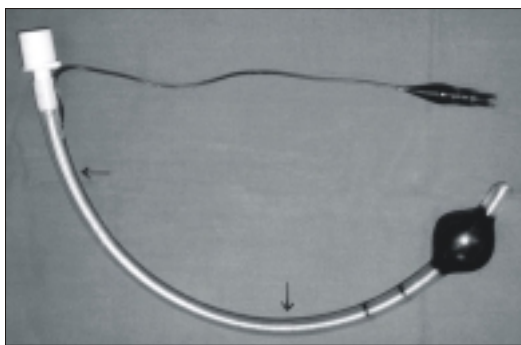


Fig. 2. Reinforced tube was removed from the trachea. The pilot balloon tube and cuff were filled with methylene blue. Two arrows indicates the proximal and distal portion of the bulged internal layer of the tube.

형에 따른 기도폐쇄 및 환기의 어려움이 보고된 바 있는데⁷⁻⁹⁾ 본 증례에서도 새 튜브를 사용했음에도 불구하고 마취 중 최고 흡기압이 증가되었고 튜브의 내피가 용기된 것이 발견되었다.

기관내 삽관용 튜브의 재질로는 PVC가 가장 많이 사용되고 있으며 재질의 특성상 열이나 구부러짐에 대한 저항력이 있고 다량체(polymers)이어서 물리-화학적 변화를 일으키지 않고 조형이나 접착 등 여러 방법으로 적용할 수 있어 철사를 심는 튜브의 제작이 용이하며 삽관용 튜브의 재질로 안전하게 사용할 수 있다.¹⁰⁾ 삽관튜브의 재질이 실리콘으로 되어있는 경우는 고압소독하여 여러 번 재사용 할 수도 있다고 명시되어 있으나 재질이 PVC인 경우는 일회만 사용하도록 권장되고 있다. Mallinckrodt사의 Safety-FlexTM 튜브도 철사가 PVC재질의 외피와 내피사이에 나선형으로 심어져 있으며 ethylene oxide (EO)가스소독과 이온방사소독(ionizing radiation sterilization)이 추천되며 소독 후 기구의 재질에 물리-화학적 혹은 기계적 변화가 왔는지를 꼭 확인해야 할 것을 생산자는 권유하고 있다. 본 증례의 강화튜브에서는 길잡이풍선의 관이 위치한 부위를 따라 15 cm 정도에 걸쳐 그 용기된 정도가 내경의 반을 차지할 정도로 돌출되어 있었는데 이는 강화튜브의 제작과정에서 철사가 감겨있는 외피와 내피사이가 밀착되지 못했고 이러한 상태로 EO 가스로 소독되면서 이 부위가 팽창되었다 줄어들면서 공간이 형성되었을 것으로 추정된다.

전신마취 중 아산화질소로 인해 공기가 차 있는 주머니나 길잡이풍선의 용적이 증가된다는 사실은 널리 알려져 있다. 튜브기낭으로 아산화질소가 확산되는 정도는 아산화질소의 투여농도, 기낭의 재질과 벽의 두께 및 노출되는 면적, 잔여공기량, 아산화질소에 노출된 시간 등에 의해 좌우되는데¹¹⁻¹⁴⁾ PVC재질의 삽관튜브의 경우 제품의 성분이나 질 및 온도에 의해서 영향을 받는다고 한다.¹⁴⁾ 내경 8 mm인 PCVT튜브에 있어, 70% 아산화질소 투여 15분경에 기낭의 용적이 15 내지 20%가 증가되고 30분경에는 30%까지 증가된다고 하는데 Portex Profile과 Searle Sensiv 및 Mallinckrodt hi-lo튜브의 실험에서 70% 아산화질소 사용시 Mallinckrodt제품의 경우에 길잡이풍선의 용적이 가장 많이 증가되었다고 하며 그 이유를 기낭의 크기 때문에 기체에 노출되는 면적이

컸고 또 잔여공기량이 많기 때문이라고 하였다.¹⁴⁾

본 증례에서는 마취시작 후 25분경 최대 흡기압이 35 cmH₂O까지 증가되었는데 흡기압 증가의 원인을 찾기 위해 튜브의 단면을 잘라 관찰한 결과 튜브내부로 용기된 부분이 내강의 2/7 정도를 차지하고 있었다. 이와 같이 15 cm 정도에 걸쳐 넓게 용기되며 형성된 공간이 체온에 의해 따뜻해진 상태에서 아산화질소의 확산이 훨씬 많이 일어남으로써 결국 기도폐쇄의 원인으로 작용하였을 것으로 생각된다. 기관내 삽관 직후가 아닌 마취시작 후 15분이 지나서부터 최고 흡기압이 증가되기 시작하여 25분경 기도폐쇄의 징후가 나타난 점도 그러한 가능성을 나타낸다고 여겨진다. 또한 체온에 의해 PVC재질이 따뜻해지면서 팽창되게 되는데 외피는 저항을 받지 않고 팽창될 수 있으나 내피의 경우 내피의 바깥쪽을 감고 있는 철사에 의해 팽창에 저항을 받게되면서 내강쪽으로 변형을 일으켰을 가능성도 생각할 수 있다. 이러한 강화튜브를 가스 소독하여 재사용한다면 가스의 확산에 따라 이 공간의 면적은 더 늘어나게 되며 전신마취 중 이 공간으로의 가스유입이 또 일어나면서 이 부위의 팽창이나 용기가 더 증가되어 튜브내강을 막게 되면서 기도폐쇄가 심하게 발생할 것이다. 그러므로 실리콘튜브가 아니라면 제조회사의 권고대로 재사용은 절대하지 말아야 하며 실리콘 튜브, 혹은 새 튜브라 하더라도 제조 및 출고시의 오류도 있을 수 있으므로 길잡이풍선의 확인시 튜브내관도 확인하는 것이 마취 중 발생할 기도폐쇄로 인한 합병증 예방에 도움이 될 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 윤미자, 박종연, 황재현: 레이저 수술용 금속 기관내 튜브를 이용한 기관내 삽관 후 발생한 기종격증과 피하기 중. 대한마취과학회지 1998; 34: 1046-50.
2. 임현교, 최윤정, 임공빈, 김순열, 윤경봉: 기관지 식도루 수술 중 발견된 이중관 기관지 튜브에 의한 기관파열. 대한마취과학회지 1999; 37: 527-9.
3. Viallard M, Sok S, Olivera C, Dehghani J, Riou B: Respiratory tract obstruction caused by ballooning of an intubation tube cuff during nitrous oxide inhalation. Ann Fran Anesth Reanim 1990; 9: 460-2.
4. Kil HK, Bishop MJ: Head position and oral vs nasal route as factors determining endotracheal tube resistance. Chest 1994; 105: 1794-97.

5. Bachand R, Fortin G: Airway obstruction with cuffed flexometallic tracheal tubes. *Can Anaesth Soc J* 1976; 20: 330-3.
6. Gravenstein A, Kirby RR: Complications in anesthesiology. 2nd ed. Philadelphia, Lippincott-Raven Publishers. 1996, pp 220.
7. 황현숙, 강지영, 석은하, 박평환: Anode튜브를 사용한 환자에서 튜브내벽의 팽창으로 인한 최대 흡기압의 증가. 2001 춘계마취과학회.
8. 김승수, 이석우, 김두식, 박세훈, 류시정, 김세환 등: Amored tube사용도중 발견된 튜브내막의 변형. 2001 춘계마취과학회
9. 박정원, 오제환, 정용훈, 오수원, 구길희: Armored Tube의 부분폐쇄. *대한마취과학회지* 2001; 41: 110-3.
10. Cros AM, Janvier G: Tracheal intubation. Bordeaux, Éditions Pradel. 1992, pp 36-40.
11. Eger II EI: Nitrous Oxide. New York, Elsevier. 1985, pp 97-9.
12. Bernhard WN, Yost LC, Turndorf H, Cottrell JE, Paegle RD: Physical characteristics of and rates of nitrous oxide diffusion into tracheal tube cuffs. *Anesthesiology* 1981; 48: 413-17.
13. Stanley TH, Kawamura R, Graves C: Effects of nitrous oxide on volume and pressure of endotracheal tube cuffs. *Anesthesiology* 1974; 41: 256-62.
14. Mehta S: Effects of nitrous oxide and oxygen on tracheal tube cuff gas volumes. *Br J Anaesth* 1981; 53: 1227-31.