

8세 이하 한국 소아에서 기낭 없는 기관내 튜브의 적절한 크기와 상절치에서 기관분기부까지의 거리

서울대학교 의과대학 마취과학교실

김 용 주·안 원 식·노 영 진
배 진 호·김 종 성·김 성 덕

- Abstract -

Appropriate Sizes of Uncuffed Endotracheal Tubes and Distance from Upper Incisor to Carina in Korean Children under Eight Years Old

Yong Joo Kim, M.D., Weon Sik Ahn, M.D., Yeong Jin Rho, M.D.
Jin Ho Bae, M.D., Chong Sung Kim, M.D. and Seong Deok Kim, M.D.

Department of Anesthesiology, College of Medicine,
Seoul National University, Seoul 110-744, Korea

Backgrounds: Various methods have been devised for choosing the correct internal diameter (ID) of endotracheal tubes and the proper lengths for oral endotracheal tubes at different ages in children. This study was performed to evaluate the appropriate sizes of uncuffed endotracheal tubes and distance from upper incisor to carina in Korean children under 8 years old.

Methods: Five hundred thirty five children under 8 years in ASA class 1 and 2 were evaluated for the study by age groups: 0~3 months, 4~11 months and every each year until 8 years. Appropriate sizes were to permit a gas leak at 15~25 cmH₂O with positive pressure ventilation. Distances from incisor to carina were at the point which bilateral lung sounds were noticed during slow extubation from endobroncheal intubation.

Results: Appropriate tube sizes were 3.0 mm to 3.5 mm for infants under 3 months, 3.5 mm to 4.0 mm for 4 to 11 months and "4.15 + 0.28 × age(yr)(mm)" ($R^2=0.77$, $p<0.05$) for children between 1 and 8 years old. Distances from upper incisor to carina were 12.0 cm for infants under 3 months, 13.7 cm for 4 to 11 months and "14.5 + 0.6 × age (yr)(cm)" ($R^2=0.62$, $p<0.05$) for children between 1 and 8 years old.

Conclusions: We conclude that the endotracheal tube ID for the Korean children are a little greater than those of previous reports in foreign countries and airway lengths for the Korean children are similar to those of foreigners. (*Korean J Anesthesiol* 1997; 33: 844~848)

Key Words: Anesthesia, pediatric: endotracheal tube size; endotracheal tube depth.

논문접수일 : 1997년 3월 27일

*본 논문은 1996년도 서울대학교병원 지정진료연구비(02-96-161) 지원에 의한 결과임.

서 론

소아의 기도 유지에 있어서 적당한 기관내 튜브의 크기의 선택과 깊이의 결정은 매우 중요한 사항이다. 기관내 튜브가 크면 폐환기가 용이하고 튜브를 통과하는 공기의 저항이 감소하여 유리하지만, 너무 크면 기관내 삽관이 되지 않아 다시 삽관을 시도하여야 하고 삽관이 되었다 하더라도 발관후 통증 및 기도의 협착을 유발할 가능성이 커진다¹⁻⁵⁾. 또한 기관내 튜브의 크기가 너무 작으면 공기가 지나치게 유출되어 환기 유지와 양압호흡법에 어려움이 있고, 튜브를 통과하는 공기의 저항이 증가한다. 또 깊이가 너무 깊으면 일측 폐환기가 되고, 깊이가 너무 얕으면 발관되기 쉽다.

그래서 여러 연구자들은 소아에서의 적절한 튜브의 크기와 깊이에 대한 연구를 해왔다⁶⁻⁷⁾. 그러나 이러한 연구는 외국에서 행해졌고 한국 소아의 기관내삽관에 있어서의 적당한 튜브의 크기와 깊이에 대한 연구가 부족하여 외국의 교과서에서 제시하는 수치를 참고로 하여 사용하고 있는 현실이므로 이번에 이런 수치가 한국인 소아에서도 그대로 적용할 수 있는지를 검증하고 혹시 그렇지 못하다면 한국 소아에 맞는 표준치를 얻고자 본 연구를 시행하게 되었다.

대상 및 방법

서울대학교병원 어린이병원에 입원해 정례수술이 예정된 8세 이하의 소아환자 535명을 대상으로 하였다. 모든 환자들은 미국 마취과 학회의 전신상태 분류 1 혹은 2에 속하였으며, 한국 소아의 평균 체중에서 2 표준편차 이상 크게 벗어나는 환자⁸⁾와 선천성 심장질환, 선천성 기형 등 전신질환 환자들도 대상에서 제외하였다. 전체 대상 환자는 0~3개월, 4~11개월, 1세부터 8세까지는 1년 단위로 총 10개 연령군으로 나누어 각 군 공히 50명 이상의 환자를 대상으로 측정하였다.

1세 미만의 환자를 제외한 모든 환자들은 마취유도 1~2시간 전에 chloral hydrate(Pocral, 한림제약, 한국)를 25~30 mg/kg 경구투여하였으며, 마취유도 직전 심전도를 부착후 수술실에서 atropine 0.02 mg/kg

을 정주하였다.

마취유도는 thiopental 5~6 mg/kg 정주를 하여 의식소실이 되면 보조호흡으로 100% 산소와 사용하려는 주흡입마취제인 enflurane 혹은 isoflurane을 흡입시킴과 동시에 안과 환자에게는 pancuronium, 그 외의 환자에게는 vecuronium을 0.1~0.15 mg/kg 정주해 근육이완을 도모하였다. 완전한 근육이완이 일어나면 straight blade의 후두경을 사용하여 비강화기관내 튜브(Baxter, 말레이시아)를 기관내 삽관하였다. 환아를 양와위에서 머리를 중앙 위치에 놓고 기관내 튜브의 크기는 호흡 회로의 호흡낭(reservoir bag)을 용수(用手) 환기로 서서히 양압을 가해 마취기 압력계의 15~25 cmH₂O에서 후두부 근처 피부에 위치한 청진기에 의해 확실한 유출음(leakage sound)이 들리면 적당한 것으로 판정하였다⁹⁻¹¹⁾. 기관내 튜브의 깊이는 일측 폐음이 들리지 않을 정도로 기관내 튜브를 깊이 밀어 넣은 후 들리지 않는 쪽의 폐음을 청진하면서 조금씩 튜브를 빼내면서 폐음이 들리기 시작할 때의 깊이를 상절치(upper incisor)에서 기관분기부(carina)까지의 깊이로 하였다. 마취유지를 위한 기관내 튜브는 기관분기부가 확인된 후 환자의 연령에 따라 2~4 cm 더 빼낸 후 양측 흉곽의 운동과 호흡음을 청진해 가장 좋은 상태에서 고정하였다.

본 연구의 모든 수치는 평균±표준편차(mean±SD)로 표시하였으며, 연령에 따른 기관내 튜브의 크기와 상절치에서 기관분기부까지의 깊이는 직선회기식으로 처리하였으며, 모든 결과에서 p<0.05를 통계적 유의수준으로 간주하였다.

결 과

기관내 튜브의 적당한 내경(internal diameter, ID: mm)은 3개월까지는 3.25±0.34로 ID 3.0, 4~11개월은 3.85±0.25, 1세는 4.30±0.36으로 각각 ID 4.0, 2세는 4.73±0.32로 ID 4.5, 3세는 5.04±0.31로 ID 5.0, 4세는 5.34±0.36, 5세는 5.65±0.39로 각각 ID 5.5, 6세는 5.91±0.32, 7세는 6.04±0.31로 각각 ID 6.0, 그리고 8세는 6.28±0.30으로 ID 6.5가 가장 적당하고 많이 사용되는 것으로 나타났다(Table 1, 2). 연령에 따른 기관내 튜브의 내경은 1세~8세 사이의 한국소아에서 다음과 같은 식이 성립하였다.

Table 1. Internal Diameter(ID:mm) of Endotracheal Tube without Cuff

Age	ID(mm)		
	Min	Max	Mean ± SD
0~ 3 Mo(n=50)	3.0	4.0	3.25 ± 0.34
4~11 Mo(n=51)	3.5	4.5	3.85 ± 0.25
1 Yr(n=61)	3.5	5.0	4.30 ± 0.36
2 Yr(n=64)	4.0	5.5	4.73 ± 0.32
3 Yr(n=50)	4.5	5.5	5.04 ± 0.31
4 Yr(n=51)	4.5	6.0	5.34 ± 0.36
5 Yr(n=55)	5.0	6.5	5.65 ± 0.39
6 Yr(n=53)	5.0	6.5	5.91 ± 0.32
7 Yr(n=50)	5.5	6.5	6.04 ± 0.31
8 Yr(n=50)	5.5	6.5	6.28 ± 0.30

The endotracheal tube should permit a gas leak about the tube at 15~25 cmH₂O of inspiratory pressure.

Table 2. Frequency of Two Sizes of Endotracheal Tube Used in Each Age Group

Age	ID(mm)*	%	ID(mm)†	%
0~ 3 Mo(n=50)	3.0	60	3.5	30
4~11 Mo(n=51)	4.0	67	3.5	31
1 Yr(n=61)	4.0	51	4.5	33
2 Yr(n=64)	4.5	52	5.0	41
3 Yr(n=50)	5.0	60	5.5	24
4 Yr(n=51)	5.5	49	5.0	35
5 Yr(n=55)	5.5	51	6.0	29
6 Yr(n=53)	6.0	60	5.5	26
7 Yr(n=50)	6.0	60	6.5	24
8 Yr(n=50)	6.5	62	6.0	32

*endotracheal tube most frequently used in each group

†endotracheal tube second most frequently used in each age group

$$ID(mm)=4.15+0.28 \times \text{연령(年)} (R^2=0.77, p<0.05)$$

상절치에서 기관분기부까지의 깊이는, 0~3개월에 서는 12.0±0.9 cm, 4~11개월은 13.7±1.1 cm, 1세 15.0±1.0 cm, 2세 15.8±1.2 cm, 3세 16.2±1.3 cm, 4세 17.2±1.1 cm, 5세 17.9±1.2 cm, 6세 18.2±1.1 cm, 7세 18.9±1.0 cm 및 8세는 19.4±1.1 cm이었다

Table 3. Distance(cm) from Upper Incisor to Carina in Each Age Group

Age	Distance(cm)		
	Min	Max	Mean ± SD
0~3 Mo(n=50)	10	14	12.0 ± 0.9
4~11 Mo(n=51)	11	16	13.7 ± 1.1
1 Yr(n=61)	13	17	15.0 ± 1.0
2 Yr(n=64)	13	18	15.8 ± 1.2
3 Yr(n=50)	14	19	16.2 ± 1.3
4 Yr(n=51)	15	19	17.2 ± 1.1
5 Yr(n=55)	16	20	17.9 ± 1.2
6 Yr(n=53)	16	21	18.2 ± 1.1
7 Yr(n=50)	17	22	18.9 ± 1.0
8 Yr(n=50)	17	22	19.4 ± 1.1

(Table 3). 연령에 따른 상절치에서 기관분기부까지의 거리는 다음과 같은 직선회기식이 성립하였다.

$$\text{거리(cm)}=14.5+0.6 \times \text{연령(年)} (R^2=0.62, p<0.05)$$

고 찰

소아는 해부학적으로 상기도 중에서는 성문하(subglottic)가 가장 좁은 부위이기 때문에¹²⁾ 기낭이 없는 튜브를 사용하는데, 기낭이 있는 튜브를 사용하려면 ID가 적어도 0.5 mm 혹은 그 이상 작은 튜브를 사용해야하기 때문에 기도저항이 상대적으로 증가되며 따라서 ID 6.0 이하에서는 기낭이 있는 튜브는 잘 사용하지 않는다. 본 연구에서는 9세 이상에서는 기낭이 있는 튜브를 사용하는 경우가 많이 있으므로 이 연령층은 제외하고 기낭이 없는 튜브만 주로 사용하는 8세 이하의 소아 환자들을 주 대상으로 하였다. 8세 이하의 소아에서는 튜브 주위로 공기 누출이 어느 정도 되어도 폐와 흉곽의 유순도가 좋기 때문에 별 문제가 되지 않는다. 그러나 장 폐쇄 등으로 인해 위내용물의 폐내 흡인 위험성이 있는 경우에는 기낭 있는 튜브의 사용이 권장된다. 따라서 모든 크기의 기낭 있는 튜브를 준비해둘 필요성은 있다.

가장 많이 사용되는 튜브 크기에 대한 공식은 Cole공식¹³⁾의 변형으로, 2세 이상의 소아 환자에서

의 튜브크기를 'ID(mm)=(연령(年)+16)/4'라는 공식을 이용하여 구한다. 본 연구에 의하면 소아 환자에서 적당한 기관내 튜브의 크기는 Cole의 변형식에 16 대신에 17 혹은 18을 대입하여야 비슷한 결과가 나오기 때문에 소아 환자에서 새로운 공식의 필요성이 제기된다. 본 연구진이 구한 공식은 1~8세 사이의 소아 환자에서 'ID(mm)=4.15+0.28×연령(年) (R²=0.77, p<0.05)'으로 Cole의 변형식 보다는 다소 크게 나타났다. 3개월까지는 평균 3.25 mm로 ID 3.0~3.5 튜브의 사용이 권장되며 4~11개월은 평균 3.85 mm로 ID 3.5~4.0 튜브의 사용이 적당한 것으로 나타났다. 또한 연령별 기관내 튜브의 크기 증가율은 대략 3군으로 나눌 수 있는 바 1세 미만, 1세에서 학령전인 6세까지, 그리고 7세 이상으로 구별할 수 있는데¹⁴⁾, 각 연령군에서 증가율의 차이가 매우 크기 때문에 임상적으로 사용 가능한 기관내 튜브의 크기에 대한 공식을 구하기가 어렵다. 따라서 본 연구진도 1세 미만은 튜브의 크기를 상기한 대로 직접 표시하고 1~8세 사이에서 사용 가능한 공식을 구하였다. 추가하여 1~6세 사이와 7세 이상의 두 연령군으로 나누어 직선회기식을 작성하였다.

$$ID(mm)=연령(年) \times 0.32 + 4.05 (R^2=0.71, p<0.05) \\ (1\sim6\text{세 사이})$$

$$ID(mm)=연령(年) \times 0.24 + 4.36 (R^2=0.13, p<0.05) \\ (7\text{세 이상})$$

이 두 직선회기식으로부터 임상에 좀 더 사용하기 간단한 공식을 구하였다.

$$ID(mm)=연령(年)/3 + 4.0 (1\sim6\text{세 사이에서}) \\ ID(mm)=연령(年)/4 + 4.3 (7\text{세 이상에서})$$

기관분기부까지의 거리는 튜브를 얼마나 깊게 삽관해야 하는가를 이해함에 매우 중요하다. Morgan과 Steward¹⁵⁾에 의하면 절치(incisor)부터 기관중간부위(mid-trachea)까지의 거리는, 만기산 신생아에서 9~10 cm, 2세 소아에서 12 cm, 3세 소아에서 14 cm 그리고 4세 이상은 '연령(年)/2+13'과 같은 공식을 보고하였다. 본 연구 결과에 의하면 상절치에서 기관분기부(carina)까지의 거리는 3개월 이하: 12.0 cm, 4~11개월: 13.7 cm, 1세~8세: 거리(cm)=14.5+0.6×연령(年)(R²=0.62, p<0.05)으로 나타났다. 이런 결과는 기관분기부까지의 거리이므로 우리가 임상적으

로 기관삽관시 적당한 튜브의 길이는 전술하였듯이 연령에 따라 2~4 cm를 기관분기부로부터 빼내 주어야 하기 때문에 3개월 이하: 10 cm 정도, 4~11개월: 11~12 cm 정도, 1세~8세: 거리(cm)=12.5+0.6×연령(年)으로 요약할 수 있다. 1~8세 사이의 공식은 Morgan과 Steward¹⁵⁾ 및 Cole¹¹⁾의 공식과 매우 유사하다. 신생아에서는 기관 길이가 총 5 cm 정도 밖에 안되기 때문에 기관 튜브 끝이 성문을 통과한 후에는 2.5 cm 이상 전진시키는 것은 극히 위험하다. 또한 본 연구는 8세까지만 하였지만 이 연령 이상의 9~10세 환자에서도 가능하면 기낭 없는 튜브를 추천하는데, 예를 들면 ID 6.0 mm의 기낭 있는 튜브보다는 ID 6.5 mm의 기낭 없는 튜브가 오히려 성문을 지날 때 상처가 더 적고 기관에도 오히려 더 적은 손상을 줄 수 있기 때문이다. 가끔 공기 누출이 많은 경우에 한 단계 더 큰 튜브를 삽입하면 공기의 누출이 전혀 없는 경우가 있는데 이 때는 더 큰 튜브보다는 작은 크기의 튜브를 삽입하고 경구로 인두 뒤를 막는(postpharyngeal packing) 방법이기도 손상을 덜 초래한다고 볼 수 있겠다.

결론적으로 한국 소아 환자에서의 적당한 기관내 튜브의 크기는 외국의 보고보다는 약간 크게 나타났으며, 적당한 기관내 튜브의 길이는 비슷하였다. 이 연구 결과로 얻어진 연령별 기관내 튜브의 크기와 기관분기부까지의 길이는 어디까지나 평균적인 수치이지 절대적인 것이 아니므로, 실제 임상에서는 매 환자마다 본 연구 결과를 토대로 기관내 튜브는 ID 0.5 mm씩 크고 작은 것을 3개씩 준비해야 한다.

참 고 문 헌

1. Contencin P, Narcy P: Size of endotracheal tube and neonatal acquired subglottic stenosis. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1993; 119: 815-9.
2. Sherman JM, Nelson H: Decreased incidence of subglottic stenosis using an "appropriate-sized" endotracheal tube in neonates. Pediatr Pulmonol 1989; 6: 183-5.
3. Stout DM, Bishop MJ, Dwersteg JF, Cullen BF: Correlation of endotracheal tube size with sore throat and hoarseness following general anesthesia. Anesthesiology 1987; 67: 419-21.
4. Nicklaus PJ, Crysdale WS, Conley S, White AK, Sendi K, Forte V: Evaluation of neonatal subglottic stenosis:

- a 3-year prospective study. *Laryngoscope* 1990; 100: 1185-90.
5. Strong RM, Passy V: Endotracheal intubation. Complications in neonates. *Arch Otolaryngol* 1977; 103: 329-35.
 6. King BR, Baker MD, Braitman LE, Seidl-Friedman J, Schreiner MS: Endotracheal tube selection in children: a comparison of four methods. *Ann Emerg Med* 1993; 22: 530-4.
 7. Shima T, Andoh K, Akama M, Hashimoto Y: The correct endotracheal tube size for infants and children. *Masui* 1992; 41: 190-3.
 8. 홍창의: 소아과학. 4판. 서울, 대한교과서주식회사. 1988, pp 821.
 9. Schwartz RE, Stayer SA, Pasquariello CA: Tracheal tube leak test. *Can J Anesth* 1993; 40: 1049-52.
 10. Motoyama EK, Davis PJ: *Smith's anesthesia for infants and children*. 5th ed. Missouri, Mosby. 1990, pp274.
 11. Miller RD, Cucchiara RF, Miller ED, Reves JV, Roizon MF, Savarese JJ: *Anesthesia*. 4th ed. New York, Churchill Livingstone. 1994, pp1414.
 12. 김성덕: 소아호흡관리. 초판. 서울, 군자출판사. 1995, pp8-13.
 13. Cole F: Pediatric formulae for the anesthesiologist. *Am J Dis Child* 1957; 94: 472-3.
 14. Penlington GN: Endotracheal tube sizes for children. *Br J Anaesth* 1974; 29: 494-5.
 15. Morgan GAR, Steward DJ: Linear airway dimensions in children: including those with cleft palate. *Can Anaesth Soc J* 1982; 29: 1-8.
-