Ajou Med J 1997; 2(2): 181-187

중환자실에서 기계적 환기를 시행받는 환자들의 기관내삽관 튜브의 기낭내압

아주대학교 의과대학 마취과학교실 및 [1]아주대학병원 의료지원부

이 영 주 · 윤 장 운 · 문 봉 기
이 규 완 · 박 미 미[1] · 이 영 석

Endotracheal Cuff Pressure of Three Kinds of Endotracheal Tubes in ICU Patients

Young-Joo Lee, Jang-Wun Yun, Bong-Ki Moon,
Kue-Wan Lee, Mi-Mi Park[1] and Young-Seok Lee

Department of Anesthesiology, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea
[1]Department of Nursing, Ajou University Hospital

Background and Objectives: High volume, low pressure (HVLP) cuffed tubes have been substituted for low volume, high pressure (LVHP) cuffed tubes in order to reduce complications created by the cuffed endotracheal tubes contact with the tracheal wall. Several physicians, however, prefer to use the LVHP cuff for habitual or economic reasons. Even so, careless cuff inflation of the HVLP cuff could also induce complications. The purposes of this study were to see whether there are any differences between the usual intracuff pressure (UICP) and the optimum intracuff pressure (OICP), to compare the OICP of three groups, and to study the correlation between the OICP and the peak inspiratory pressure (PIP) of three kinds of endotracheal tubes under mechanical ventilation.

Methods: 82 adult patients, upon admission of the ICU, were divided into 3 groups with different cuffed tube types according to the following: Portex Profile group (n=66), HVLP cuffed tube; Portex Regular group (n=11), LVHP cuffed tube; Rusch Red group (n=5), LVHP cuffed tube. We used the Portex cuff pressure manometer for Portex Profile group, the Hewlett-Packard pressure transducer for Portex Regular, and Rusch Red group to measure the intracuff pressure (ICP). The OICP was measured with the minimal leak technique (MLT). Intracuff pressure difference (ICPD) was calculated by subtracting OICP from UICP.

Results: UICP and OICP of Portex Profile group were 33.12±22.25 cmH_2O, 22.02±12.5 cmH_2O, Portex Regular group, 70.09±30.88 cmH_2O, 69.45±30.41 cmH_2O and Rusch Red group, 378.40±38.60 cmH_2O, 337.60± 74.45 cmH_2O. Significant difference was shown among the groups ($p<0.05$). The significant difference of the PIP was not seen among the groups. Significant correlation between OICP and PIP (regression = 0.463, $p<0.01$) was demonstrated only in Portex Profile group. ICPD of three groups were as high as 84 cmH_2O to as low as -56 cmH_2O. About 40% of the patients showed the allowable range.

Conclusions: This study suggests that routine check-ups of ICP are needed when the patients are admitted to the ICU. The OICP of the HVLP cuffed tube is 1/3 -1/15 of the LVHP cuffed tube. Therefore, the routine use of the HVLP tube is highly recommended. The OICP shows positive correlation with the PIP. This suggests to make every effort to reduce the PIP.(Ajou Med J 1997; 2(2): 181~187)

Key Words: *Endotracheal tube, Intracuff pressure difference, Optimum intracuff pressure, Peak inspiratory pressure, Usual intracuff pressure*

저자연락처: 이영주, (442-749) 경기도 수원시 팔달구 원천동 산 5, 아주대학교 의과대학 마취과학교실, Tel: (0331) 219-6025, Fax: (0331) 219-5579

서 론

중환자실에서 기계적 환기기로 양압환기를 시행 받고 있는 환자들에 있어 기도압을 유지하고 역류된 위내용물이 폐내로 흡인되는 것을 방지하기 위해 기낭(cuff)이 부착된 기관내삽관 튜브(endotracheal tube)나 기관절개 튜브(tracheostomy tube)를 사용한다. 그러나 이런 튜브로 인하여 기관손상(tracheal damage)을 받게되며 이때 생기는 가장 흔한 합병증으로는 기관점막 궤양, 출혈, 기관협착, 기관식도루, 기관연하 등이다[1~5]. 이런 기관손상의 원인은 기관내삽관 튜브로 인한 기관점막의 과도한 압력, 감염, 저혈압으로 인한 기관점막의 허혈, 삽관 튜브의 장기간 사용 등이며 그 중 과도한 기낭내압이 주원인이다. 그러므로 기낭압을 최소화시키기 위한 방법으로 지난 20년간 여러 가지 방법이 소개되었으며 그 일환으로 현재 고용적저압 기낭튜브가 널리 사용되고 있다.

Ching과 Nealson[6]은 고용적저압 튜브의 기낭내압이 20 mmHg (28 cmH_2O) 이하일 때 기관지미란(tracheal erosion)의 발생이 적다고 한다. 그러나 현재 고용적저압 기낭튜브가 널리 보급되기는 하였지만 의료진의 기낭압에 대한 인식부족과 재사용이 가능하다는 경제성을 이유로 현재에도 저용적고압 기낭튜브를 많이 사용하고 있어서 여러 가지 문제점이 발생하고 있다. 저자는 평상시 기관내삽관 튜브가 새는 소리를 가끔 들을 수 있었고, 환기기에 설정한 일회호흡량보다 실제 호흡량이 적게 나타나는 것을 종종 경험하였는데, 그 원인이 기낭내의 공기량이 부족한 경우가 가끔 있었으며 이는 위내용물의 폐내 흡인의 위험성이 잠재하고 있다는 것을 시사한다. 그러므로 본 논문의 목적은 현재 사용되고 있는 기낭내 용적과 압력이 다른 세 가지 종류의 기관삽관 튜브로 기계적 환기를 받고 있는 환자들에서 이 세 종류 튜브의 흡기시의 평소 기낭내압(usual intracuff pressure, UICP), 최적 기낭내압(optimum intracuff pressure, OICP) 및 최고 흡기압을 측정하여 각 튜브의 기낭내압의 동태를 관찰하고, 최적 기낭내압과 최고 흡기압과의 상관관계를 연구하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상 환자는 아주대학병원 외과계 중환자실에서 양압 환기보조를 받는 82명의 성인 환자를 대상으로 하였다. 중환자실 입실시 이들에게 삽관된 기관내삽관 튜브 종류에 따라 3군으로 분류하였다. Portex Profile군은 고용적저압 기낭 튜브인 Portex Profile tube (66명), Portex Blue line군은 저용적중간압 기낭 튜브인 Portex Blue line tube(11명), Rusch Red군은 저용적고압 튜브인 Rusch Red rubber tube (5명)를 사용한 군이었다.

기관내삽관 튜브와 기관절개 튜브 사용은 각각 53명 29명이었고, 튜브의 내경은 7.0~8.5 mm이었다. 세 군 환자의 연령은 평균 55.43±15.23세이며 성별은 남자 54명 여자 28명이었고(Table 1), 중환자실 입실시의 진단명은 뇌출혈, 패혈증, 혈복강, 폐렴, 복막염 등이었다 (Table 2).

2. 연구 방법

대상환자의 기관내삽관 튜브의 기낭은 중환자실에 입실시 이미 의료인에 의하여 공기로 부풀여 있었다. 대상환자들은 모두 기계적 환기기인 Purittan Bennett 7200ae (Nelco-Bennett Co. Califonia, USA)을 사용하여 기계적 환기를 받고있었다. 환기모드는 조절 강제환기법(control mandatory ventilation, CMV)이나 동시성 간헐적 강제환기법(synchronized intermittent mandatory ventilation,

Table 1. Clinical demographic data of the patients

Hemoperitoneum	12
Sepsis	9
Intracranial hemorrhage	9
Cerebrovascular disease	8
Pneumonia	8
Panperitonitis	6
Post abdominal surgery	7
Valve replacement	5
ARDS	5
Cervical cord injury	4
Inhalation burn	4
Flail chest	2
Others	3
Total	82

Table 2. Demographic data of the patients

Group	n	Age(yrs)	Sex(M/F)
Portex Profile	66	56.4±14.5	44/22
Portex Regular	11	56.1±14.0	7/4
Rusch Red	5	45.5±2.12	3/2

Values are mean±SD., no statistical difference in ages among the groups

SIMV) 이었고 기낭내압이나 최고 흡기압 측정은 강제 환기시에 측정하였다. 기낭내압은 Portex Profile 군에서는 고용적저압 튜브의 기낭내압 측정시에는 manometer의 사강(dead space)이 기낭내압에 별영향을 안 끼친다는 보고에 따라[6] Cuff Pressure Manometer (Portex Co, 영국)를 사용하여 측정하였으며, 단위는 cmH_20로 나타내었다. 이때 사강을 최소화하기 위하여 카테터를 제거하고 본체에 stopcock를 직접 연결하였다. 기낭 직경이 작은 Portex Blue line군과 Rusch Red군은 저자들의 보고[8]와 다른 보고[7]에 의하면 Cuff Pressure Manometer의 사강으로 인하여 기낭내압이 부정확하므로, pressure transducer (Hewlett-Packard Co, 미국)를 사용하여 측정하였다. 모든 실험은 저자들에 의하여만 행하여졌다.

평소 기낭내압 (usual intracuff pressure, UICP)은 중환자실에 입실후 조절하기 전의 기낭내압이며, 최적 기낭내압 (optimum intracuff pressure, OICP)은 최소 누출법 (minimal leak technique, MLT)을 사용하여 흡기말에 약간의 공기가 샐 정도로 기낭에 공기를 채울 때 생기는 기낭내압이다. 최고 흡기압 (peak inspiratory pressure, PIP)은 최고 기도압으로 기계적 환기기인 Purittan Bennett 7200ae의 panel에 나타나는 수치를 기록하였다.

기낭내압차(intracuff pressure difference, ICPD)는 평소 기낭내압에서 최적 기낭내압을 뺀 것으로 이는 환자의 평소 기낭내압의 상태를 나타내는 것이다.

$$ICPD = UICP - OICP$$

최소 누출법은 Safar[9]에 의하여 제시된 방법으로 최소 폐쇄 용적법(minimal occluding volume)이라고도 하며, 양압 환기시 흡기말에 기도의 내경이 최대로 된다는 가정에 기초를 두고 있다. 즉 기낭이 최고 기도압때 기도를 겨우 막을 수 있을 정도면 기도내경이 최소가 되는 호기시에 기도점막에 가하는 압력을 최소화 할 수 있다는 것이다. 측정방법은 청진기를 후두부위에 대고 공기가 새는 소리가 들리지 않을 때까지 기낭을 팽창시킨 후 최고기도압이 생기는 시점에서 공기가 조금 샐 때까지 기낭에서 공기를 조금씩(1/4～1/2 ml) 빼는 것이다[10].

3. 통계 처리

본 연구 결과의 통계처리는 SPSS. PC 버전 7.0 프로그램을 사용하였다.

모든 자료는 mean±SD로 표현하였고, 평소 기낭내압과 최적 기낭내압간의 비교는 paired t-test를 사용하였고, 세 군간의 데이터는 Kruscal-Wallis법을 사용하여 중앙치를 비교하였으며, 최적 기낭내압과 최고 기도압간의 상관관계는 회기분석(multiple regression)을 이용하여 비교 분석하였으며 p 값이 0.05 보다 작을 때를 통계적으로 유의한 것으로 하였다.

결 과

세 군간의 최고 흡기압간에는 유의한 차이가 없었으나, 평소 기낭내압 및 적정 기낭내압은 Portex Profile군이 33.12±22.25 cmH_20, 22.02±12.55 cmH_20로 공히 가장 낮았으며, Portex Blue line군은 70.09±30.88 cmH_20, 69.45±30.41 cmH_20, Rusch Red군이 378.40±38.60 cmH_20, 337.60±74.45 cmH_20로 가장 높았고, 세 군간에는 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 이상의 데이터에서 Rusch Red군의 최적 기낭내압은 Portex Profile군 보다 15배나 높았으며, Portex Blue line군은 Portex Profile군 보다 3배가 높았다. 평소 기낭내압과 적정 기낭내압간에는 Portex Profile군과 Rusch Red군만이 유의한 차이를 보였다 (Table 2).

평소 기낭내압과 최고 흡기압간의 상관관계는 Portex Profile군만이 $y=-1.935+0.80951x$ ($R^2=0.463$, $p<0.01$)로 유의성을 나타내었다(Fig. 1).

기낭내압차이는 Portex Profile군은 과팽창이 34예로 높게는 84 cmH_20 낮게는 3 cmH_20의 분포를 보였고, 새는 것은 9예로 −14～−3 cmH_20이며 적당한 것은 26예로 40% 정도였다. Portex Blue line군은 과팽창이 3예 이었으며 범위는 50～12 cmH_20이며 새는 것은 4예로 −40～−8 cmH_20의 분포를 보였고 적당한 것은 37%인 4예이었다. Rusch Red는 공기를 약간만 빼어도 새므로 과

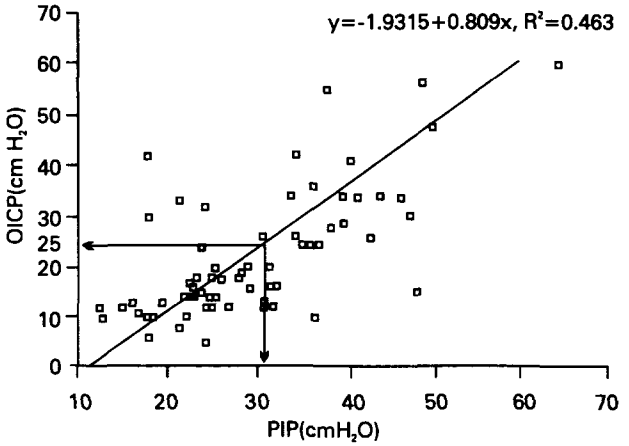

Fig. 1. Correlation between peak inspiratory pressure and optimum intracuff pressure of Portex Profile group.

Table 3. Intracuff pressures of the endotracheal tubes

Group	N	UICP(Range)	OICP(Range)	PIP(Range)
Portex Profile	66	33.12±22.25(6-110)	22.02±12.55(5-108)*	29.58±10.54(12.7-64.0)
Portex Regular	11	70.09±30.88(20-116)*#	69.45±30.41(30-116)*#	27.76±10.92(13.6-47.8)
Rusch Red	5	378.40±38.60(292-414)#	337.60±74.45(238-416)*#	26.20±9.76(15.1-34.7)

Values are mean±SD. Unit: cmH_2O UICP: usual intracuff pressure
OICP: Optimal Intracuff Pressure PIP: Peak Inspiratory Pressure
*vs UICP ($P<0.05$); # vs Portex Profile ($P<0.05$); +vs Rusch Red ($P<0.05$)

Table 4. Distribution of intracuff pressure differences

Group	Overpressure(Range,n)	Leak(Range,n)	Allowable(n)
Portex Profile	19.17±22.49(3~84, 34)	−5.89±4.40(−3~−14, 0)	26
Portex Regular	32.00±16.37(12~50, 3)	−17.75±14.24(−8~−40, 4)#+	4
Rusch Red		−58.33±18.34(−47~−79, 3)#	2

Values are mean±SD. Unit: cmH_2O
vs Portex Prefile ($P<0.05$): + vs Rusch Red ($P<0.05$)

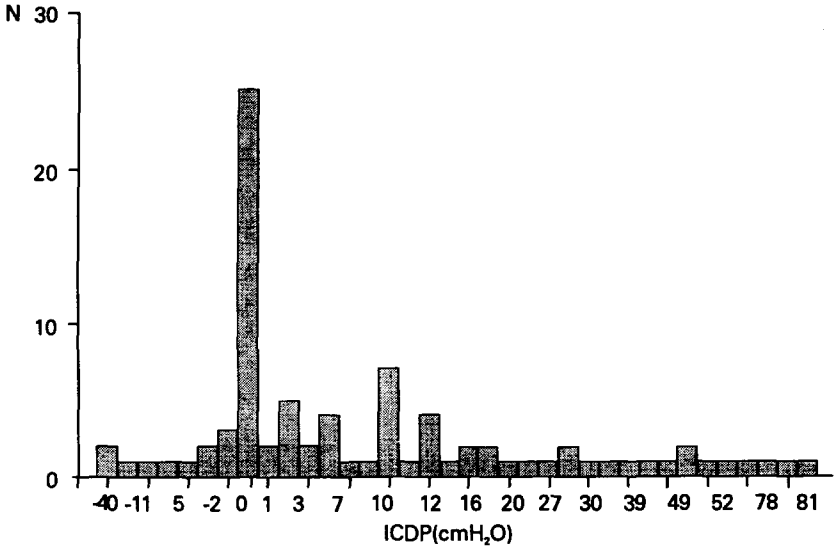

Fig. 2. Distribution of intracuff pressure differences of the patients.

팽창은 없는 것으로 간주하였고, 새는 것이 3예로 −47 ~ −70 cmH_2O 이었으며, 새지 않는 것은 2예(40%) 이었다. 대부분의 군에서 40% 정도만이 적정압을 유지하였다(Table 3, Fig. 2).

고 찰

본 연구에 의하면 현재 전세계적으로 널리 사용되고 있는 고용적저압 튜브의 일종인 Portex Profile 튜브의 최적 기낭압은 평균 22 cmH_2O이며 6~110 cmH_2O의 분포를 나타내며, 현재 임상에서 거의 사용하지 않는 저

용적고압 튜브인 Rusch Red rubber 튜브는 평균 338 cmH_2O이며, Portex Profile 튜브보다 날씬한 모양을 가져 기관내삽관이 용이하다고 하여 임상에서 종종 사용되는 Portex Blue line 튜브는 70 cmH_2O 이었다. 그러나 이 때 측정한 최고 흡기압은 세 군에서 유의한 차이를 보이지 않은 것으로 보아 세 군의 압력차이는 전적으로 튜브의 종류에 의한다고 할 수 있다.

Ching과 Nealon[6]에 의하면 중환자실에서 양압환기를 받고 있는 88명의 환자에서 여러 가지 종류의 기관내삽관 튜브의 기낭내압을 연속적으로 측정한 결과, 저용적고압 튜브의 평균 기낭내압은 136 mmHg이며 높게는 280 mmHg이고 낮게는 40 mmHg이었고, 중간압 튜브는 10~150 mmHg의 분포를 나타내었고, 대부분의 고용적저압 튜브는 전반적으로 20 mmHg 이하를 보였는데 이는 본 연구 결과와 유사하다고 보겠다. 그러나 대부분 연구 결과에 의하면[11] 저용적고압 튜브의 기낭내압은 120~174 mmHg(168~244 cmH_2O)인데 비하여, 본 연구에서는 338 cmH_2O로 높은 수치를 나타내었는데 이것은 실험 대상수가 적었기 때문이라고 생각된다.

Cross[12]에 의하면 기관내벽의 동맥 모세혈관압은 30 mmHg(42 cmH_2O), 정맥 모세혈관압은 18mmHg(24 cmH_2O), 임파류압은 5 mmHg(7 cmH_2O)로 동맥 모세혈관압 이하로 유지할 때 기관지 허혈을 방지할 수 있다고 한다. 또한 양압 환기시 기도가 새지 않고 기관벽에 손상을 가하지 않는 이상적인 기낭압은 15 mmHg(21 cmH_2O)이하로써 이를 유지 시에 전 환기 기간에 동맥 및 정맥류의 흐름에 장애가 없으며, 5 mmHg(7 cmH_2O) 이하를 유지 시에는 임파류의 흐름에 장애가 없어 부종이 않생긴다고 하며, 되도록 기낭내압을 25 mmHg(35 cmH_2O) 이하를 유지하도록 권하였다. 그러나 Off등[10]은 최소누출법으로 기낭내압을 25 cmH_2O 이하를 유지하도록 권하였으며, 대상환자에서 적정압인 25 cmH_2O 보다 22%에서 높았다고 한다. 본 연구에서도 기낭내압 25 cmH_2O를 기준으로 하였을 때 33%가 높게 나타났다.

본 연구에서는 기관측벽압은 측정하지 않았으나, Lee 등[13]은 기관점막에 손상을 주는 것은 기낭내압이 아니라 기관측벽압이라고 하며, 내경이 다른 저용적고압 튜브를 사용한 연구에서 기낭내압과 기관측벽압간에는 일정한 상관관계가 성립되지 않는다고 하였다.

본 연구에 의하면 Portex Profile군에서만 유의하게 최고 흡기압이 증가할 때 최적 기낭내압이 비례적으로 증가하였으며, 최고 흡기압에 대한 기낭내압의 비는 0.81 이었으며, 이것은 지난번 저자들의 보고[14]에서의 0.95와도 유사하였다. 기도내압을 14 cmH_2O에서 34 cmH_2O로 증가시키면서 기낭내압을 관찰한 실험에 의하면 튜브의 종류에 따라 기낭내압의 증가가 다르나 전반적으로 10~60% 증가하였으며, 고용적저압 튜브는 대체로 50~70%가 증가하였다고 한다[15].

폐탄성이 감소된 많은 환자에서 일반적으로 기낭내압은 25 mmHg 보다 높으며, 이때 흡기압이 증가하면 병행하여 기낭내압도 증가한다고 하며[16], 이런 환자에서 고용적저압 튜브를 사용하여 기낭내압을 25 mmHg 이하로 유지시켜도 갑자기 최고 흡기압이 증가할 때는 기낭내압도 같이 증가하므로 기관손상의 지속적인 문제를 야기할 수 있어 최적 기낭내압 25 mmHg 이하를 유지하는 것도 꼭 안전한 것은 아니라고 한다[17]. 중환자실에서 처음 양압환기를 시작할 때 많은 환자들은 높은 기도압을 나타내나, 시간이 지남에 따라 적응도하고 폐질환이 호전되어 폐의 탄성과 저항이 변화되면 최고 기도압이 감소하게된다. 그러면 기도압이 높을 때 채웠던 공기의 양은 기도압이 감소하였을 때에는 너무 많으므로 재조정을 하여야 한다[18].

기낭내압을 지속적으로 감시한 연구에 의하면, 기침을 할 때 기낭내압이 최고에 달하며 이때 최고 흡기압도 최고에 달하게되며, 최고 기도압이 37 cmH_2O 이상일 때 최적 기낭내압은 안전한 28 cmH_2O 이하를 유지할 수 없었다고 하며, 기계적 환기시에 일회호흡량, 호흡수, PEEP, 최고 흡기류를 조절하여 최고 흡기압이 37 cmH_2O 이하를 유지하도록 조절하여야 한다고 하였다[19]. 본 연구에서 기낭내압차는 튜브 종류에 관계없이 높게는 84 cmH_2O 낮게는 −79 cmH_2O의 분포를 나타내고 적정압을 유지하는 것은 약 40% 정도이었다. 유연한 저압 튜브도 기낭팽창시 주의하지 않으면 높은 기낭내압을 유발하므로 주의하여야 한다고 하며, 25 mmHg 이상을 보이는 경우는 대부분이 의료진의 부주의로 발생하였으며 이는 재조정 시에 낮은 압력을 보이는 것으로 입증된다고 하며[20], 이는 저자들의 연구와 유사한 결과를 나타낸다. 대부분의 저자들은 기낭팽창시에 주의를 요하며 규칙적인 기낭내압 측정을 권하나, Off등[10]은 평상시의 규칙적인 기낭압 측정이 기낭내압 유지에 도움을 주지 못한다고 하였다.

기낭내압차가 (−)인 것은 튜브가 샌다는 것으로 기낭내압이 시간이 지남에 따라 감소하는 경우도 있으나, 처음부터 부주의로 공기를 적게 넣는 경우도 있고, Rusch Red 튜브의 경우에는 고무마개가 빠져나가는 경우이다. 이것은 흡인성 폐렴 발생의 위험이 있을 뿐아니라, 불충분한 일회호흡량으로 인하여 호흡 작업량의 증가를 초래하여 폐기능이 저하된 환자의 경우에는 환자의 상태를 더욱 악화시킬 수도 있다[21].

Spray등[22]은 중환자실에서 위장내로 투여한 evans blue 염색약이 저용적고압 튜브를 사용한 환자는 56%, 저용

적중간압 튜브를 사용한 환자는 29%, 고용적저압 튜브를 사용한 환자는 20%에서 기관지내로 흡인되었으며, 이로 인하여 흡인성 폐렴이 발생할 수 있다고 한다. 고용적저압 튜브를 사용하여 마취한 환자에서 기낭내압이 25 cmH_20 이상일 때 물감이 흡인되지 않았으며, 기낭의 두께가 얇을수록 주름이 얇게 잡혀 흡인이 적다고 한다. Rusch red rubber 튜브는 최소 폐쇄용적법을 사용하여 기낭을 팽창할 때 기낭내압은 250 cmH_20 이었으나 물감의 흡인은 없었다고 한다[23].

그러므로 의료인은 기관내삽관할 때에 항시 기낭내압에 유념하여 고용량저압 튜브를 사용하도록 하며 적절한 기낭내압을 유지하도록 주의를 기울여야 한다고 사료된다.

결 론

외과계 중환자실에 입원하여 기계적 환기기로 양압환기를 받고있는 82명의 환자를 대상으로 하여 기낭내압이 다른 세 가지 기관내삽관 튜브의 평소 기낭내압 및 적정 기낭내압과 최고 흡기압을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 세 군간에 최고 흡기압은 차이가 없으나, 평소 기낭내압 및 적정 기낭내압은 Rusch Red군이 가장 높고, Portex Blueline, Portex Profile군 순으로 낮아지며 Portex Profile군만이 대부분 적정 수준에 속한다.

2) Portex Profile군만이 최고 흡기압과 적정 기낭내압 간에 비례하는 유의한 상관관계를 나타낸다.

3) 기낭내압차는 높게는 84 cmH_20, 낮게는 −79 cmH_20의 분포를 나타내고 적정압을 유지하는 것은 약 40% 정도이다.

따라서 기계적 환기를 받고있는 환자에서 과도한 기낭내압이나 커프내압의 부족으로 인한 합병증을 방지하기위하여 의료진은 항시 기낭내압이 낮은 기관내삽관 튜브를 사용하도록 하며 적절한 기낭내압을 유지하도록 주의를 기울여야하겠다. 또한 적정 기낭내압이 최고 흡기압에 비례하여 증가하므로 양압환기를 받고있는 환자에서 최고 흡기압을 높일 수 있는 인자들을 잘 조절하여 최고 흡기압을 낮추도록 노력하여야 하겠다.

참 고 문 헌

1. Andrews MJ and Pearson FG: Incidence and pathogenesis of tracheal injury following cuffed tube tracheostomy with assisted ventilation: analysis of a two-year prospective study. Annal Surg 249-263, 1971
2. Knowlson GTG and Bassett HFM: The pressures exerted on the trachea by endotracheal inflatable cuffs. Br J Anaesth 42: 834-842, 1970
3. Shelly WM, Dawson RB and May LA: Cuffed tube as a cause of tracheal stenosis. J Thorac Cardiovasc Surg 57: 623-627, 1969
4. Murphy DA, MacLean LD and Dobelol ARC: Tracheal stenosis as a complication of tracheal stenosis. Ann Thorac Surg 2: 44-51, 1966
5. Hardcastle B: Polonged intubation and subglottic stenosis. Br Med J 2: 826-834, 1966
6. Ching NPH and Nealon TF: Clinical experience with new low-pressure high-volume tracheostomy cuffs. N Y State J Med 74: 2379-2384, 1974
7. 길혜금, 이영주 및 조정현: 전신흡입 마취시 기관내 튜브의 Cuff내 압력변화에 관한 임상연구. 대한마취과학회지 20: 745-750, 1987
8. Cox PM and Schatz EM: Pressure measurements in endotracheal cuffs: A common error. Chest 65: 84-87, 1974
9. Safar P: Respiratory Therapy. Philadelphia, F.A.Davis Co., 1965, pp99-102
10. Off D, Braun SR, Tompkins B and Bush G: Efficacy of minimal leak technique of cuff inflation in maintaining proper intracuff pressures for patients with cuffed artifical airways. Resp Care 28: 1115-1120, 1983
11. Ching N and Nealon TF: Cuff pressure measurements. Chest 66 (letter): 5-6, 1974
12. Cross DE: Recent developments in tracheal cuffs. Resuscitation 173: 249-263, 1973
13. Lee TS, Chen B, Lin SY and Kwan WF: Lateral wall pressure vs intracuff pressure(abstract). Chest 100: 195, 1991
14. 이숙영 및 이영주: 기관 커프압력 변화에 대한 기도압의 영향. 대한구급의학회지 10: 71-76, 1995
15. Dobrin P and Canfield T: Cuffed endotracheal tubes; mucosal pressures and tracheal wall blood flow. Am J Surg 133: 562-568, 1977
16. Stauffer JL, Olson DE and Petty TL: Complication and consequences of endotracheal intubation and tracheostomy: A prospective study of 150 critically ill adults. Am J Med 70: 65-76, 1981
17. Guyton D, Banner MJ and Kirby RR: High-volume, low-pressure cuffs: are they always low pressure? Chest 100: 1076-1081, 1991
18. Shapiro BA, Kacmarek RM, Cane RD, Peruzzi WT and Hauptman D: Clinical application of respiratory care. 4th ed. Chicago, Year Book Medical Publishers, INC., 1937, pp188-189
19. Jacobson L and Greenbaum R: A study of intracuff pressure measurements, trends and behaviour in patients during prolonged periods of tracheal intubation. Br J Anaesth 53: 97-101, 1981
20. Lewis FR Jr, Schlobohm RM and Yhomas AN: Prevention of

complicatioons from prolonged tracheal intubation. Am J Surg 135: 452-457, 1978

21. 이영주, 홍정숙, 심연희 및 이영석: 기계적 환기를 시행받는 환자의 기관내삽관 튜브의 기낭압 제거가 호흡기계 및 순환기계에 미치는 영향. 미출판

22. Spray SB, Zuidema GD and Cameron JL: Aspiration pneumonia. AM J Surg 131: 701-703, 1976

23. Bernhard WN, Cottrell JE, Sivakumaran C, Patel K, Yost L and Turndorf H: Adjustment of intracuff pressure to prevent aspiration. Anesthesiology 50: 363-366, 1979