

· 临床研究 ·

全麻患者气管插管套囊压力和术后气道并发症的
现况调查及影响因素分析

赵桂华 翟晶雯 徐江叶 张印龙 葛明月 殷姜文 王胜 代志刚 董希玮
徐桂萍

【摘要】 目的 调查新疆地区全麻患者气管插管套囊压力及术后插管相关并发症的现状,并分析引起不适套囊压力的影响因素。**方法** 采用整群抽样及单纯随机抽样方法,抽取 2017 年 2—5 月新疆地区 3 家三级甲等医院拟行全身麻醉气管插管并符合纳入标准的患者作为研究对象。登记相关信息,于气管插管后采用一次性压力换能器测量套囊压力,拔管后 24 h 内随访患者,记录术后气管插管相关并发症的发生情况。根据测压结果将患者分为套囊压力正常组(20~30 cmH₂O)与套囊压力异常组(<20 cmH₂O 或 >30 cmH₂O),通过 Logistic 回归分析引起套囊压力过高或过低的危险因素。**结果** 共纳入研究对象 430 例,气管导管套囊压力为(53.3±20.5)cmH₂O,仅有 82 例(19.1%)患者套囊压力在推荐范围。术后气道并发症主要有:咽喉痛 305 例(70.9%),声音嘶哑 159 例(37.0%),咳嗽 147 例(34.2%),血丝痰 145 例(33.7%)。Logistic 回归分析显示,BMI≥27 kg/m²(OR=11.000,95%CI 1.064~113.731)、术前气道特殊情况(吸烟、哮喘等,OR=2.809,95%CI 1.300~6.070)、麻醉科医师职称(住院医师,OR=60.224,95%CI 18.853~192.380;主治医师,OR=7.364,95%CI 3.112~17.426)和工龄(≤5 年,OR=68.500,95%CI 15.253~307.619;6~10 年,OR=10.400,95%CI 4.430~24.417)是导致患者出现不适套囊压力升高的危险因素。**结论** 临床工作中套囊压力远高于推荐值,插管相关并发症发生率高,而术前患者肥胖、有吸烟史或合并哮喘、气管炎,麻醉科医师职称较低、工作时间较短是导致气管导管套囊压力异常的危险因素。

【关键词】 套囊压力;气道并发症;现况调查;危险因素

Analysis of influencing factors of endotracheal tube cuff pressure and postoperative airway complications in patients with general anesthesia ZHAO Guihua, ZHAI Jingwen, XU Jiangye, ZHANG Yinlong, GE Mingyue, YIN Jiangwen, WANG Sheng, DAI Zhigang, DONG Xiwei, XU Guiping. Department of Anesthesiology, the First Affiliated Hospital, School of Medicine, Shihezi University, Shihezi 832000, China

Corresponding author: WANG Sheng, Email: iamsheng2006@163.com

【Abstract】 Objective To explore the current situation of endotracheal tube cuff pressure and postoperative intubation-related complications in patients under general anesthesia, and to analyze the influencing factors for excessive and insufficient cuff pressure. **Methods** The patients who met inclusion criteria in three hospitals in Xinjiang province, scheduled for surgery under general anesthesia with endotracheal intubation from February to May 2017 were selected using cluster sampling method and simple random sampling method. The cuff pressure was measured using a traditional pressure transducer after intubation. The patients were followed-up 24 h after extubation to observe postoperative intubation-related complications. In accordance with the measured cuff pressure, 82 patients were regarded as normal cuff pressure group and 348 patients were designated as abnormal cuff pressure group. Comparison of clinical data between the two groups and multivariable logistic regression analysis were performed to predict the risk factors of excessive and insufficient cuff pressure. **Results** A total of 430 patients were included in the study. The measured pressure was (53.3 ± 20.5) cmH₂O, and only 82 patients had a cuff pressure within the recommended range of 20-30 cmH₂O with a proba-

DOI: 10.12089/jca.2018.08.001

基金项目:石河子大学成果转化与技术推广项目(CGZH201713)

作者单位:832000 新疆石河子大学医学院第一附属医院麻醉科(赵桂华、翟晶雯、张印龙、葛明月、殷姜文、王胜、代志刚);新疆生产建设兵团第五师医院麻醉科(徐江叶);新疆生产建设兵团总医院麻醉科(董希玮);新疆维吾尔自治区人民医院麻醉科(徐桂萍)

通信作者:王胜,Email: iamsheng2006@163.com

bility of 19.1%. Cases and incidences of sore throat, hoarseness, cough, and blood-streaked expectorant after operative was 305 (70.9%), 159 (37.0%), 147 (34.2%), and 145 (33.7%), respectively. Multivariate logistic regression analysis demonstrated that $BMI \geq 27 \text{ kg/m}^2$ ($OR = 11.000$, 95% CI 1.064-113.731), smoking history, asthma, or bronchitis history ($OR = 2.809$, 95% CI 1.300-6.070) in patients and the title of anesthesiologists (resident, $OR = 60.224$, 95% CI 18.853-192.380) who inflated the cuff and their working years (≤ 5 years, $OR = 68.500$, 95% CI 15.253-307.619; 6-10 years, $OR = 10.400$, 95% CI 4.430-24.417) were the independent risk factors of improper cuff pressure. **Conclusion** Cuff pressure is much higher than the recommended range in clinical practice and the incidence of intubation-related complications is quite high. Preoperative obesity, smoking history, asthma, or bronchitis history of patients, lower professional title and shorter working years of anesthesiologists are risk factors of abnormal endotracheal tube cuff pressure.

【Key words】 Endotracheal tube cuff pressure; Airway complications; Current situation investigation; Risk factor

气管插管是获得安全可靠人工气道的途径之一,因此广泛应用于全身麻醉手术患者和重症监护室(intensive care unit, ICU)危重患者^[1]。插管后,通常会向气管导管套囊内注入一定的气体,以起到封闭气道、固定导管、确保潮气量供给的作用,同时减少口咽分泌物进入肺部的风险^[2-3]。套囊充气不足会影响潮气量的供应,引起口咽分泌物吸入气管,导致误吸或呼吸机相关性肺炎(ventilator-associated pneumonia, VAP)^[4-5]。套囊压力过高可影响气管黏膜的血供,引起局部气管黏膜及黏膜下组织缺血性损伤^[6]。因此对于套囊压力的管理是气管插管和机械通气患者气道管理的重要组成部分^[7]。

随着舒适化医疗的开展,控制套囊压力并减少术后气管插管相关并发症已刻不容缓。以往研究仅探讨了不同的套囊充气方法对气管导管套囊压力的影响^[8],缺乏多中心、大样本的研究来说明基于患者自身或麻醉科医师因素对套囊压力的影响。本研究调查新疆地区全麻患者气管导管套囊压力及术后相关并发症的现状,并分析引起不合适套囊压力的相关因素。

资料与方法

一般资料 本研究是一个多中心、横断面、双盲的观察性研究,研究已在中国临床试验注册(ChiCTR-OOC-16009490)并通过医院伦理委员会批准(2016-107-02),患者签署知情同意书。采用整群抽样及单纯随机抽样方法,抽取 2017 年 2—5 月在石河子大学医学院第一附属医院、新疆生产建设兵团总医院和新疆维吾尔自治区人民医院 3 家三级甲等医院,拟行全身麻醉气管插管患者,性别不限,年龄 15~74 岁,ASA I 或 II 级,机械通气时间 ≤ 3 h;排除标准:术前有咽痛、声音嘶哑、咳嗽、血丝痰、气管受压或气管狭窄;术前行气管插管或气管切

开者;双腔气管插管或经鼻气管插管者;既往有反复插管史或插管条件困难者;术中使用氧化亚氮;既往有精神疾病或交流障碍者。

麻醉方法 所有患者均无麻醉前用药。患者进入手术室后常规监测 ECG、无创动脉血压和 SpO_2 。麻醉诱导采用静脉注射咪达唑仑 2~5 mg、丙泊酚 1.5~2.5 mg/kg、舒芬太尼 0.5 $\mu\text{g/kg}$ 、顺式阿曲库铵 0.2 mg/kg,诱导期间面罩给氧,待肌松药物完全起效后,由 1 名具有 1 年以上工作经验的麻醉医师采用可视喉镜行气管插管(内径 6.5~7.5 mm)。听诊双肺呼吸音清晰、对称后固定气管导管并接麻醉机行机械通气,调整通气参数,维持 $P_{ET}CO_2$ 30~45 mmHg。麻醉维持采用静脉泵注丙泊酚 4~6 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 、瑞芬太尼 0.2 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,并间断静脉注射顺式阿曲库铵 0.1 mg/kg。手术结束待患者完全恢复自主呼吸后拔除气管导管。

完成气管插管后由麻醉科医师凭经验为套囊充气,待患者血流动力学稳定后,采用一次性压力换能器测量套囊压力,将一次性压力换能器一端通过线缆与麻醉监护仪连接,另一端通过三通与气管导管外置充气卡夫相连接,换能器归零后,将三通转至气管导管充气套囊接口与换能器相通,此时气管导管套囊压力的数值及压力波形会显示在监护仪上,待数值稳定后,记录数值^[10]并可进行持续性的监测。

观察指标 记录患者性别、年龄、民族、身高、体重、BMI 及气道特殊情况(吸烟史、气管炎、哮喘等)。记录患者插入气管导管型号、行机械通气潮气量、机械通气时间等。记录给套囊充气麻醉科医师的职称及工龄。记录测定套囊压力及气管导管拔除 24 h 内患者咽喉痛、声音嘶哑、咳嗽和血丝痰等气管插管相关并发症的发生情况。

统计分析 根据抽样调查公式 $n = z^2 pq / d^2$ 计算样本量,其中 $z = 95\% CI$ 的临界值; $p =$ 全身麻醉气道相关并发症发生率; $q = 1 - p$; $d = 0.05$,查阅文献得插管后气道相关并发症的发病率高达 $15\% \sim 94\%$ ^[9],选择 50% 获得理论最大样本量,所得结果加上 10% 允许范围内的样本丢失,确定最终样本量为 430 例。采用 SPSS 19.0 统计软件进行数据统计与分析。使用 K-S 检验对数据进行正态性检验。正态分布计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验。偏态分布计量资料以中位数(M)和四分位数间距(IQR)表示,组间比较采用 Mann-Whitney 检验。计数资料以例数和百分比($\%$)表示,采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。采用 Logistic 回归分析引起不适当套囊压力升高的危险因素。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本研究共纳入 430 例患者,男 172 例,女 258 例,汉族 397 例,其他民族 33 例,年龄(48.4 ± 13.8)岁,BMI(23.2 ± 2.4) kg/m^2 ,有术前气道特殊情况(吸烟、气管炎、哮喘)88 例,手术时间(112.1 ± 48.1)min。术后气管插管相关并发症方面,发生咽喉痛 305 例(70.9%),声音嘶哑 159 例(37.0%),咳嗽 147 例(34.2%),血丝痰 145 例(33.7%)。

测得气管导管套囊压力(53.3 ± 20.5) mmHg ,其中压力在 $20 \sim 30 \text{ cmHg}$ 范围内 82 例(19.1%),设置为套囊压力正常组; $< 20 \text{ cmHg}$ 有 5 例(1.2%), $> 30 \text{ cmHg}$ 有 343 例(79.8%),共 348 例(80.9%),设置为套囊压力异常组。两组患者性别、民族、身高、体重、插入气管导管型号、机械通气潮气量、机械通气时间等差异无统计学意义。压力异常组患者年龄及 BMI 值明显高于压力正常组($P < 0.05$);压力异常组术前合并气道特殊情况(吸烟、哮喘、气管炎)的患者人数明显多于压力正常组($P < 0.05$)(表 1)。

压力异常组住院医师和主治医师以及工龄为 ≤ 5 年和 $6 \sim 10$ 年的麻醉科医师占比明显高于压力正常组($P < 0.05$)。住院医师所充套囊压力最高,且明显高于主任医师($P < 0.05$);主任医师所充套囊压力最低;工龄 ≤ 5 年的麻醉科医师所充套囊压力最高,且明显高于工龄 > 20 年的麻醉科医师($P < 0.05$);工龄 > 20 年的麻醉科医师所充套囊压力最低(表 2)。

表 1 两组患者一般情况的比较

指标	压力正常组 ($n = 82$)	压力异常组 ($n = 348$)
男/女(例)	34/48	138/210
年龄(岁)	45.1 ± 14.7	49.2 ± 13.5^a
汉族/其他(例)	80/2	317/31
身高(cm)	162.9 ± 7.8	163.3 ± 7.6
体重(kg)	60.3 ± 8.1	62.7 ± 10.5
BMI(kg/m^2)	22.6 ± 1.8	23.4 ± 2.5^a
吸烟[例($\%$)]	8(9.8)	80(23.0) ^a
导管型号[例($\%$)]		
6.5	2(2.4)	22(6.3)
7.0	47(57.3)	202(58.1)
7.5	33(40.3)	124(35.6)
潮气量(ml/kg)	$7.5(6.0 \sim 9.0)$	$8.0(6.0 \sim 9.5)$
通气时间(min)	107.7 ± 47.4	113.2 ± 48.3

注:与压力正常组比较,^a $P < 0.05$

将上述单因素分析中有统计学意义的因素纳入 Logistic 回归分析模型中,结果显示,在患者方面,BMI $\geq 27 \text{ kg}/\text{m}^2$ ($OR = 11.000, 95\% CI 1.064 \sim 113.731$)和术前有吸烟史或合并哮喘、气管炎($OR = 2.809, 95\% CI 1.300 \sim 6.070$)是增加气管插管套囊压力异常的危险因素;麻醉科医师自身情况方面,住院医师($OR = 60.224, 95\% CI 18.853 \sim 192.380$)、主治医师($OR = 7.364, 95\% CI 3.112 \sim 17.426$)及工作时间 ≤ 5 年($OR = 68.500, 95\% CI 15.253 \sim 307.619$)和 $6 \sim 10$ 年($OR = 10.400, 95\% CI 4.430 \sim 24.417$)是增加气管插管套囊压力异常的危险因素(表 3)。

讨 论

气管插管后气道相关并发症的发生与多种因素有关,其中不合适的套囊压力是最重要的损伤因素。临床中建议的气管导管套囊压力范围为 $20 \sim 30 \text{ cmHg}$ 。Nseir 等^[11]的研究表明,导致气管黏膜血流量开始减少的临界套囊压力是 30 cmHg ;而当套囊压力达 40.8 cmHg 时,气管黏膜血流量明显减少;将套囊压力维持在 68 cmHg 且持续 15

表 2 两组麻醉科医师职称和工龄情况以及套囊压力的比较($\text{cm H}_2\text{O}, \bar{x} \pm s$)

指标	例数	压力正常组(<i>n</i> =82)		压力异常组(<i>n</i> =348)		总套囊压力
		例数(%)	套囊压力	例数(%)	套囊压力	
职称						
住院医师	203	4(4.88)	27.9±2.3	199(57.18)	59.7±18.2	59.0±18.6
主治医师	85	12(14.63)	26.8±2.2	73(20.98)	58.3±16.4	56.6±19.2
副主任医师	100	43(52.44)	26.0±2.8	57(16.38)	56.4±14.6	46.4±20.3 ^a
主任医师	42	23(28.05)	25.5±2.9	19(5.46)	47.6±20.7 ^a	35.8±17.7 ^a
工龄(年)						
≤5	139	2(2.44)	27.6±2.0	137(39.37)	61.8±19.1	61.3±19.5
6~10	114	10(12.20)	26.8±2.6	104(29.88)	60.2±17.3	56.0±17.3 ^b
11~20	127	45(54.88)	26.5±2.4	82(23.56)	58.7±15.6	48.2±21.3 ^b
>20	50	25(30.49)	24.0±2.8	25(7.18)	49.6±15.2 ^b	38.2±15.8 ^b

注:与住院医师比较,^a $P < 0.05$;与工龄 ≤ 5 年比较,^b $P < 0.05$

表 3 气管插管套囊压力异常相关因素的 Logistic 回归分析

指标	回归系数(B)	标准误(SE)	χ^2 值	P	OR(95%CI)
年龄(年)					
15~17		1.687	0.430		
18~60	-0.960	1.058	0.823	0.364	0.383(0.048~3.046)
61~75	-0.671	1.080	0.386	0.534	0.511(0.062~4.244)
BMI(kg/m^2)					
< 18.5		7.148	0.067		
18.5~23.9	0.582	0.628	0.857	0.355	1.789(0.522~6.132)
24.0~26.9	1.145	0.677	2.864	0.091	3.143(0.834~11.837)
≥ 27	2.398	1.192	4.048	0.044	11.000(1.064~113.731)
吸烟、哮喘等	1.033	0.393	6.901	0.009	2.809(1.300~6.070)
职称					
住院医师	4.098	0.593	47.828	0.000	60.224(18.853~192.380)
主治医师	1.997	0.439	20.640	0.000	7.364(3.112~17.426)
副主任医师	0.432	0.370	1.367	0.242	1.541(0.746~3.180)
主任医师		66.141	0.000		
工龄(年)					
≤ 5	4.227	0.766	30.421	0.000	68.500(15.253~307.619)
6~10	2.342	0.435	28.922	0.000	10.400(4.430~24.417)
11~20	0.566	0.338	2.806	0.094	1.761(0.908~3.414)
> 20		54.149	0.000		

min 时,气管黏膜即可出现明显的缺血性损伤。本研究发现,气管导管套囊压力异常很常见,发生率 80.9%,套囊压力高达 $(53.3 \pm 20.5) \text{ cmH}_2\text{O}$;气道相关并发症发生率高,且很大一部分患者出现了多种并发症,这可能与套囊压力过高有关。因此,找到不合适套囊压力发生率高的相关危险因素,对预防该情况的发生,减少气管插管后气道相关并发症有着重大意义。

在对气管导管套囊压力的持续测量中,套囊压力并不是固定不变的,而以往的研究也证明了有很多因素都可以引起套囊压力的变化,如氧化亚氮的使用、手术体位的改变、头部放置的位置、腹腔镜手术气腹的影响、经食道超声探头的放置等^[12-14]。本研究目的并不是为了探讨外在因素或手术操作等对套囊压力改变的影响,而是分析基于患者自身个体化差异或麻醉医师因素对于套囊压力的影响。术前患者肥胖、有吸烟史或合并哮喘、气管炎、麻醉医师职称较低、工作时间较短是全麻患者发生气管导管套囊压力异常的危险因素。

肥胖被认为是阻塞性睡眠呼吸暂停(obstructive sleep apnea, OSA)最常见的危险因素,常导致功能残气量(functional residual capacity, FRC)或呼气末肺容积下降。OSA 的发病机制主要为咽腔气道的塌陷性增加。当呼气末肺容积降低至 FRC 以下时,咽腔气道的塌陷性显著增加,其横截面积减小,上气道的阻力显著增加^[15]。Ekstrom 等^[16]研究表明,在儿童和青少年时期,超重和肥胖是引起气道阻塞的有力证据。其他研究证明了胸肺顺应性与 BMI 呈负相关,而气道峰压和气道阻力与 BMI 呈正相关^[17]。气道峰压和气道阻力升高,其对气管黏膜和套囊的压力增大,因此,给相同型号的气管导管套囊内充入相同容积的气体时,与正常 BMI 患者相比,肥胖患者的气管插管套囊压力可能会更高,发生高套囊压力的风险更大。

吸烟史或术前合并哮喘、气管炎是麻醉访视中术前呼吸系统常见合并症,可能改变气道结构和功能,最终引起小气道狭窄和气道反应性升高。Kougias 等^[18]研究强调了单支香烟就有可能改变年轻吸烟者的肺力学,对肺功能产生长期的影响;而哮喘、气管炎与周围气道功能障碍有关,从而引起气道阻力的增加及肺动态顺应性的下降^[19]。本研究中,术前有吸烟史或合并哮喘、气管炎的患者占 20.5%,且其是套囊压力异常的独立危险因素,因此术前应要求患者戒烟,积极控制哮喘、气管炎

的症状等。

临床上有多种对气管导管套囊充气的方法,如固定容积注气法、最小闭塞体积法、最小泄漏测试和最常用的指感法。然而,研究发现上述的任何一种方法都不能有效保证气管导管套囊压力在最佳范围内^[20-21]。Giusti 等^[22]的试验也证实麻醉科医师用指感法不足以准确估计气管导管套囊内的压力,本研究的结果与其一致,凭经验充气致使套囊压力在正常范围内的患者仅占 19.1%。Özcan 等^[23]的研究发现套囊压力值随着麻醉科医师工作时间的延长和经验的增加而降低。本研究中,气管导管套囊压力值随着麻醉科医师职称增加和工作时间的延长呈下降的趋势,但副主任医师和主任医师相比,工龄在 11~20 年和 >20 年的麻醉科医师相比差异无统计学意义。分析原因可能为职称较高和工作时间较长的麻醉科医师有更多的机会接触这一方面的内容并引起更多的重视。故临床工作中应该采取一定的办法,如开设培训班对麻醉科医师进行套囊压力方面的培训,以提高麻醉科医师的认识,消除职称及工龄对套囊压力的影响。

综上所述,全麻患者气管插管套囊压力远高于正常值且术后气道相关并发症发生率高,术前患者肥胖、有吸烟史或合并哮喘、气管炎、麻醉科医师职称较低、工作时间较短是全麻患者发生气管导管套囊压力异常的危险因素。故应早期建议患者控制体重在合适的范围,戒烟并积极控制哮喘、气管炎以起到预防的作用;同时开设培训班对职称较低、工龄较短的麻醉科医师进行培训,以减少不合适套囊压力的发生率。

参 考 文 献

- [1] Jaber S, Amraoui J, Lefrant JY, et al. Clinical practice and risk factors for immediate complications of endotracheal intubation in the intensive care unit: a prospective, multiple-center study. *Crit Care Med*, 2006, 34(9): 2355-2361.
- [2] Bolzan DW, Guizilini S, Faresin SM, et al. Endotracheal tube cuff pressure assessment maneuver induces drop of expired tidal volume in the postoperative of coronary artery bypass grafting. *J Cardiothorac Surg*, 2012, 7(1): 1-5.
- [3] Sultan P, Carvalho B, Rose BO, et al. Endotracheal tube cuff pressure monitoring: a review of the evidence. *J Perioper Pract*, 2011, 21(11): 379-386.
- [4] Nseir S, Zerimech F, Fournier C, et al. Continuous control of tracheal cuff pressure and microaspiration of gastric contents in critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med*,

- 2011, 184(9): 1041-1047.
- [5] Akdogan O, Ersoy Y, Kuzucu C, et al. Assessment of the effectiveness of a ventilator associated pneumonia prevention bundle that contains endotracheal tube with subglottic drainage and cuff pressure monitorization. *Braz J Infect Dis*, 2017, 21(3): 276-281.
 - [6] Touat L, Fournier C, Ramon P, et al. Intubation-related tracheal ischemic lesions: incidence, risk factors, and outcome. *Intensive Care Med*, 2013, 39(4): 575-582.
 - [7] Harvie DA, Darvall JN, Dodd M, et al. The minimal leak test technique for endotracheal cuff maintenance. *Anaesth Intensive Care*, 2016, 44(5): 599-604.
 - [8] Ozer AB, Demirel I, Gunduz G, et al. Effects of user experience and method in the inflation of endotracheal tube pilot balloon on cuff pressure. *Niger J Clin Pract*, 2013, 16(2): 253-257.
 - [9] Lovett PB, Flaxman A, Stürmann KM, et al. The insecure airway: a comparison of knots and commercial devices for securing endotracheal tubes. *BMC Emerg Med*, 2006, 6(1): 7.
 - [10] Ganigara A, Ramavakoda CY. Continuous real time endotracheal tube cuff pressure waveform. *J Clin Monit Comput*, 2014, 28(4): 433-434.
 - [11] Nseir S, Duguet A, Copin MC, et al. Continuous control of endotracheal cuff pressure and tracheal wall damage: a randomized controlled animal study. *Critical Care*, 2007, 11(5): R109.
 - [12] Lizy C, Swinnen W, Labeau S, et al. Cuff pressure of endotracheal tubes after changes in body position in critically ill patients treated with mechanical ventilation. *Am J Crit Care*, 2014, 23(1): 1-8.
 - [13] Geng G, Hu J, Huang S. The effect of endotracheal tube cuff pressure change during gynecological laparoscopic surgery on postoperative sore throat: a control study. *J Clin Monit Comput*, 2015, 29(1): 141-144.
 - [14] Kamata M, Hakim M, Tumin D, et al. The effect of transesophageal echocardiography probe placement on intracuff pressure of an endotracheal tube in infants and children. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2016, 31(2): 543-548.
 - [15] Abdeyrim A, Zhang Y, Li N, et al. Impact of obstructive sleep apnea on lung volumes and mechanical properties of the respiratory system in overweight and obese individuals. *BMC Pulm Med*, 2015, 15(1): 76.
 - [16] Ekstrom S, Hallberg J, Kull I, et al. Body mass index status and peripheral airway obstruction in school-age children: a population-based cohort study. *Thorax*, 2018, 73(6): 538-545.
 - [17] Zhao X, Huang S, Wang Z, et al. Relationship between respiratory dynamics and body mass index in patients undergoing general anesthesia with laryngeal mask airway (LMA) and comparison between lithotomy and supine positions. *Med Sci Monit*, 2016, 22: 2706-2713.
 - [18] Kougias M, Vardavas CI, Anagnostopoulos N, et al. The acute effect of cigarette smoking on the respiratory function and FENO production among young smokers. *Exp Lung Res*, 2013, 39(8): 359-364.
 - [19] Robinson PD, King GG, Sears MR, et al. Determinants of peripheral airway function in adults with and without asthma. *Respirology*, 2017, 22(6): 1110-1117.
 - [20] Carhart E, Stuck LH, Salzman JG. Achieving a safe endotracheal tube cuff pressure in the prehospital setting: is it time to revise the standard cuff inflation practice? *Prehosp Emerg Care*, 2016, 20(2): 273-277.
 - [21] Annoni R, de Almeida Junior AE. Handcrafted cuff manometers do not accurately measure endotracheal tube cuff pressure. *Rev Bras Ter Intensiva*, 2015, 27(3): 228-234.
 - [22] Giusti GD, Rogari C, Gili A, et al. Cuff pressure monitoring by manual palpation in intubated patients: how accurate is it? A manikin simulation study. *Aust Crit Care*, 2017, 30(4): 234-238.
 - [23] Özcan ATD, Döğler C, But A, et al. Comparison of endotracheal tube cuff pressure values before and after training seminar. *J Clin Monit Comput*, 2018, 32(3): 527-531.

(收稿日期:2018-03-11)