

# 气管导管套囊充气前后气管横径变化值与套囊压的相关性

施洁 杨歆璐 杨成伟 章蔚 方军 王胜

**【摘要】** 目的 探讨超声测量气管导管(ETT)套囊充气前后的气管横径变化值( $\Delta$ TD)与 ETT 套囊压( $CP_{ETT}$ )的相关性。方法 选择 2020 年 6 月—2021 年 8 月行气管插管全身麻醉的男性患者, 年龄 18~60 岁, BMI 18~25  $kg/m^2$ , ASA I 至 III 级。研究分为两个部分。第 1 部分拟招募 90 例符合纳入标准的患者, 用指压法进行 ETT 套囊充气, 分别在充气前后用超声测量胸骨上窝水平的气管横径, 计算  $\Delta$ TD。然后用压力表测量套囊压力( $CP_{ETT}$ )。采用受试者工作特征(ROC)曲线求取  $\Delta$ TD 截断值并分析其预测效能。第 2 部分拟招募 46 例患者, 按照 ETT 套囊充气方法随机分为指压组和超声组, 每组 23 例。指压组使用指压法为套囊充气, 超声组使用超声结合  $\Delta$ TD 截断值指导套囊充气。两组充气后均用压力表测量  $CP_{ETT}$ 。结果 当  $CP_{ETT}$  不高于 110  $cmH_2O$  时,  $CP_{ETT}$  与  $\Delta$ TD 呈明显正相关( $r=0.78, P<0.05$ )。  $\Delta$ TD 的 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.85,  $\Delta$ TD 截断值为 1.25 mm, 敏感性为 70.5%, 特异性为 84.2%。与指压组比较, 超声组正常  $CP_{ETT}$  占比明显升高( $P<0.05$ )。结论 当  $CP_{ETT}$  不高于 110  $cmH_2O$  时,  $CP_{ETT}$  与  $\Delta$ TD 呈明显正相关; 超声法测量  $\Delta$ TD 指导 ETT 套囊充气明显优于指压法。

**【关键词】** 气道管理; 气管导管套囊压力; 气管插管; 气管横径; 超声

**Correlation between tracheal transverse diameter's variation during endotracheal tube cuff inflation and the cuff pressure** SHI Jie, YANG Xinlu, YANG Chengwei, ZHANG Wei, FANG Jun, WANG Sheng. Graduate School, Wannan Medical College, Wuhu 241002, China  
Corresponding author: WANG Sheng, Email: iamsheng2020@ustc.edu.cn

**【Abstract】 Objective** To investigate the correlation between the tracheal transverse diameter's variation ( $\Delta$ TD) during endotracheal tube (ETT) cuff inflation measured under ultrasound and the ETT cuff pressure ( $CP_{ETT}$ ) and its guiding significance to ETT cuff inflation. **Methods** Male patients, received endotracheal intubation under general anesthesia from June 2020 to August 2021, aged 18–60 years, BMI 18–25  $kg/m^2$ , ASA physical status I – III, were selected. This study was consisted of two sections. In the first section, 90 patients were enrolled. ETT cuff was inflated by palpation. The tracheal transverse diameter at the level of suprasternal fossa was measured under ultrasound before and after inflation. And  $\Delta$ TD was calculated. Then the ETT cuff pressure ( $CP_{ETT}$ ) was measured by a manometer. After that, the cut-off value of  $\Delta$ TD was obtained by receiver operating characteristic (ROC) curve and its prediction efficiency was analyzed. In the second section, 46 patients were recruited and randomized into two groups according to the inflation method: the palpation group and the ultrasound group, with 23 patients in each. In the palpation group, the ETT cuff was inflated using palpation method. And in the ultrasound group, the cuff inflation was guided under ultrasound with the cut-off value of  $\Delta$ TD. All of the  $CP_{ETT}$  were measured with a manometer after inflation. **Results** When the  $CP_{ETT}$  was within 110  $cmH_2O$ , the  $CP_{ETT}$  had a significantly positive linear correlation with  $\Delta$ TD ( $r = 0.78, P < 0.05$ ). The area under ROC curve (AUC) of  $\Delta$ TD was 0.85. The cut-off value of  $\Delta$ TD was 1.25 mm, with a sensitivity of 70.5%, and a specificity of 84.2%. Compared with the palpation group, the ratio of suitable  $CP_{ETT}$  in the ultrasound group was significantly increased ( $P < 0.05$ ). And the ratio of excessive  $CP_{ETT}$  was significantly decreased ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** When the  $CP_{ETT}$  is within 110  $cmH_2O$ , it has a significantly positively linear correlation with  $\Delta$ TD. Compared with the palpation method, the  $\Delta$ TD measured under ultrasound can better guide the inflation of ETT cuff.

**【Key words】** Airway management; Endotracheal tube cuff pressure; Endotracheal intubation; Tracheal transverse diameter; Ultrasound

DOI: 10.12089/jca.2021.11.012

作者单位: 241002 安徽省芜湖市, 皖南医学院研究生学院[施洁(现在中国科学技术大学附属第一医院麻醉科)]; 中国科学技术大学附属第一医院(安徽省立医院)麻醉科(杨歆璐、杨成伟、章蔚、方军、王胜)

通信作者: 王胜, Email: iamsheng2020@ustc.edu.cn

合适的气管导管(endotracheal tube, ETT)套囊压力是降低气管插管相关并发症的重要因素<sup>[1]</sup>。Nordin<sup>[2]</sup>研究表明最合适 ETT 套囊压力(endotracheal tube cuff pressure, CP<sub>ETT</sub>)范围为 20~30 cmH<sub>2</sub>O。临床评估 CP<sub>ETT</sub>以指导套囊充气的方法有指压法、固定注气法、最小闭塞体积法、最小漏气实验法与套囊压力表测压法,其中最常用的方法为指压法<sup>[3]</sup>。研究<sup>[4-5]</sup>表明,除套囊压力表外,其余以上任何一种方法均缺乏准确性。然而,套囊压力表监测 CP<sub>ETT</sub>在临床尚未普及。超声是目前麻醉科常用的医疗设备之一,在气道管理上具有独特的优势。因此,本研究探究超声测量 ETT 套囊充气前后的气管横径(tracheal transverse diameter, TD)变化值与 CP<sub>ETT</sub>的相关性及其对 ETT 套囊充气的指导意义,为临床工作提供参考。

### 资料与方法

**一般资料** 本研究经医院伦理委员会批准(2020KY 伦审第 55 号)。患者或家属签署知情同意书。选择择期手术男性患者,年龄 18~60 岁, BMI 18.5~24.9 kg/m<sup>2</sup>, ASA I—III 级。排除标准:有哮喘、慢性肺病、气管狭窄、气管软化或其他气管解剖改变,术前气管插管或气管切开,双腔气管导管插管或经鼻腔插管,困难气道或反复气管插管史,手术部位覆盖或接近超声探查区域。剔除标准:CP<sub>ETT</sub>>120 cmH<sub>2</sub>O(套囊压力表测量阈值),通气方式改变,手术取消。

**超声测量方法** 患者仰卧,调整体位为口、咽部和喉部三轴在同一轴线的“嗅花位”。研究者将高频线阵超声探头垂直于患者皮肤表面放置于胸骨上窝水平,获得气管横切面超声图像(图 1)。在超声下测量 TD。超声测量结果采用连续 3 次测量取平均值的方法。

**研究方案** 本研究分为两个部分。所有患者入室后常规监测 ECG、HR、BP、SpO<sub>2</sub>。静脉推注依托咪酯 0.3 mg/kg、舒芬太尼 0.4~0.6 μg/kg、罗库溴铵 0.6~0.9 mg/kg 实施麻醉诱导。采用可视喉镜插入气管导管(ID=7.5 mm)。插入深度以触诊引导小套囊时能在胸骨上窝摸到套囊搏动为宜。第 1 部分 ETT 套囊充气由任意麻醉科住院医师凭指压法进行。由一名熟练掌握超声技术的麻醉科住院医师分别在套囊充气前后用超声测量 TD。CP<sub>ETT</sub>在测量结束后由一名麻醉科护士用套囊测压表测量,并在测量后调节至 20~30 cmH<sub>2</sub>O。数据收

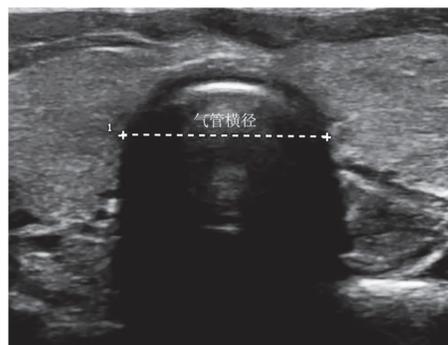


图 1 胸骨上窝水平的气管横切面超声图

集及统计分析由另一名麻醉科医师进行。套囊充气前的 TD 记为 TD<sub>0</sub>,充气后的记为 TD<sub>1</sub>,计算 ETT 套囊充气前后 TD 变化值( $\Delta TD = TD_1 - TD_0$ ),结合 CP<sub>ETT</sub>运用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析求取  $\Delta TD$  截断值。

第 2 部分使用计算机生成的随机数字表将患者随机分为两组:指压组和超声组。指压组 ETT 套囊充气仍由任意麻醉科住院医师凭指压法进行。超声组套囊充气由第 1 部分中负责超声测量的医师进行。充气方法为在超声指导下使  $\Delta TD$  小于并尽可能接近于第 1 部分求取的  $\Delta TD$  截断值。两组患者完成套囊充气后,CP<sub>ETT</sub>由第 1 部分负责测压的麻醉护士测量并调节至 20~30 cmH<sub>2</sub>O。在上述研究过程中,研究者必须始终注意患者的 SpO<sub>2</sub>。当患者的 SpO<sub>2</sub>下降到 95%以下时应立即暂停测量并进行机械通气,直到恢复至 100%。

**观察指标** 第 1 部分记录所有患者  $\Delta TD$  和 CP<sub>ETT</sub>。第 2 部分记录两组患者 CP<sub>ETT</sub>。记录低 CP<sub>ETT</sub>、正常 CP<sub>ETT</sub>、高 CP<sub>ETT</sub> 例数。低 CP<sub>ETT</sub>:CP<sub>ETT</sub><20 cmH<sub>2</sub>O;正常 CP<sub>ETT</sub>:20~30 cmH<sub>2</sub>O;高 CP<sub>ETT</sub>:>30 cmH<sub>2</sub>O。

**统计分析** 本研究第 1 部分样本量根据预试验结果进行计算。预试验中对 20 例患者进行指压法套囊充气,结果 16 例患者为高 CP<sub>ETT</sub>,4 例患者为正常 CP<sub>ETT</sub>。以  $\Delta TD$  的 ROC 曲线的 AUC>0.75 作为  $\Delta TD$  具有较好诊断价值的依据<sup>[6]</sup>。样本量计算采用 PASS 15.0 软件进行单个 ROC 曲线的样本量计算( $\beta=0.1, \alpha=0.05$ ),脱落率设定为 20%,最终确定第 1 部分样本量为 90 例。第 2 部分样本量根据第 1 部分得出的正常 CP<sub>ETT</sub> 占比,约为 25%,将超声法可得到的正常 CP<sub>ETT</sub> 占比提高 50%作为超声法具有较好指导套囊充气能力的依据,样本量计算采用 PASS 15.0 软件行两独立样本率检验的样本量计算( $\beta=$

0.1,  $\alpha = 0.05$ ), 脱落率设定为 20%, 最终确定第 2 部分样本量为 46 例, 每组 23 例。

采用 SPSS 23.0 软件进行统计分析。正态性检验用 S-W 检验。正态分布计量资料以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示, 组间比较采用两独立样本  $t$  检验; 非正态分布计量资料以中位数( $M$ )和四分位数间距(IQR)表示, 组间比较采用两独立样本 Mann-Whitney  $U$  检验。计数资料以例(%)表示, 组间比较采用 $\chi^2$  检验或 Fisher 确切概率法。计量资料之间的相关性分析采用 Pearson 相关性分析或 Spearman 相关性分析。采用 Graphpad Priam 8.0 软件进行  $\Delta TD$  的 ROC 曲线分析。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 结 果

第 1 部分试验共招募患者 90 例, 剔除 10 例, 包括  $CP_{ETT} > 120$  cmH<sub>2</sub>O (套囊压力表测量阈值) 5 例, 改为喉罩通气 3 例, 手术取消 2 例, 最终纳入分析共 80 例。

套囊压力表测得正常  $CP_{ETT}$  18 例, 高  $CP_{ETT}$  61 例, 低  $CP_{ETT}$  1 例。最低  $CP_{ETT}$  为 18 cmH<sub>2</sub>O, 最高  $CP_{ETT}$  为 110 cmH<sub>2</sub>O。当  $CP_{ETT}$  不高于 110 cmH<sub>2</sub>O 时  $CP_{ETT}$  与  $\Delta TD$  呈明显正相关( $r = 0.78, P < 0.05$ ) (图 2)。

$\Delta TD$  预测套囊压力在正常范围的 AUC 为 0.85 (95%CI 0.75~0.94),  $\Delta TD$  截断值为 1.25 mm, 敏感性为 70.5%, 特异性为 84.2% (图 3)。

第 2 部分共招募患者 46 例, 指压组 23 例, 超声组 23 例, 无剔除, 所有患者最终均纳入分析。两组患者的年龄、身高、体重、BMI、ASA 分级差异均无统计学意义 (表 1)。

超声组  $CP_{ETT}$  明显低于指压组 ( $P < 0.05$ )。指压组最高  $CP_{ETT}$  为 105 cmH<sub>2</sub>O, 超声组最高  $CP_{ETT}$  为 52 cmH<sub>2</sub>O。超声组正常  $CP_{ETT}$  占比明显高于指压组 ( $P < 0.05$ ), 高  $CP_{ETT}$  占比明显低于指压组 ( $P < 0.05$ ) (表 2)。

### 讨 论

$CP_{ETT}$  是影响气管插管相关并发症的重要因素。

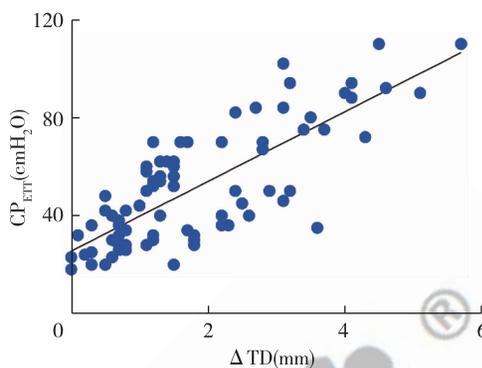


图 2  $CP_{ETT}$  与  $\Delta TD$  的相关性散点图

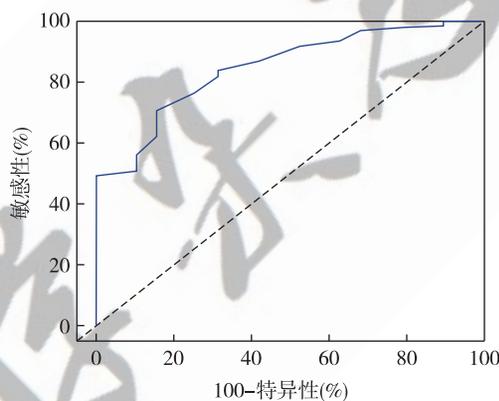


图 3  $\Delta TD$  预测高套囊压的 ROC 曲线

目前, 临床公认的正常  $CP_{ETT}$  是 20~30 cmH<sub>2</sub>O<sup>[2]</sup>。高  $CP_{ETT}$  可引起拔管后咽喉疼痛、声音嘶哑、咳嗽、血丝痰, 甚至更严重的气管破裂、声门下狭窄等一系列并发症<sup>[1,7-8]</sup>。低  $CP_{ETT}$  也被证实是呼吸机相关性肺炎 (ventilator associated pneumonia, VAP) 发展的独立危险因素<sup>[9]</sup>。正常成人气管黏膜动脉灌注压力为 30~44 cmH<sub>2</sub>O。当气管导管套囊压力大于 30 cmH<sub>2</sub>O 时, 气管黏膜血流量开始减少; 当套囊压力达到 40.8 cmH<sub>2</sub>O 时, 气管黏膜血流明显减少; 当套囊压力维持在 68 cmH<sub>2</sub>O 并持续 15 min 时, 气道黏膜可发生明显的缺血性损伤<sup>[10]</sup>。

既往指导套囊充气的方法包括指压法、固定注气法、最小闭塞体积法、最小漏气实验法与套囊压力表测压法。指压法是临床中最常用的方法,

表 1 两组患者一般情况的比较

组别	例数	年龄 (岁)	身高 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	ASA I / II / III 级 (例)
指压组	23	41 (35~54)	173 (169~175)	66 (64~70)	22.8 (21.5~23.3)	14 / 7 / 2
超声组	23	38 (31~54)	173 (170~176)	67 (65~70)	22.6 (21.3~23.8)	15 / 7 / 1

表 2 两组患者套囊压力的比较

组别	例数	CP <sub>ETT</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	低 CP <sub>ETT</sub> [例(%)]	正常 CP <sub>ETT</sub> [例(%)]	高 CP <sub>ETT</sub> [例(%)]
指压组	23	54(35~70)	0(0)	4(17.4)	19(82.6)
超声组	23	27(25~30) <sup>a</sup>	0(0)	20(87.0) <sup>a</sup>	3(13.0) <sup>a</sup>

注:与指压组比较,<sup>a</sup>P<0.01

Stewart 等<sup>[3]</sup>研究发现它只能使不到 30%的 CP<sub>ETT</sub>在正常范围内,本研究结果与之相一致。对于固定注气法,O'Donnell<sup>[11]</sup>一项招募 20 例患者的研究表明,只有 15%的 CP<sub>ETT</sub>处于正常范围。如此低的合格率使得它不足以成为指导 ETT 套囊充气的方法。另一种常用的方法是最小闭塞体积法,Briganti 等<sup>[12]</sup>动物实验研究表明,这种方法有使套囊过度充气的倾向。最小漏气实验法是危重患者维持 CP<sub>ETT</sub>最常见的方法<sup>[13]</sup>。然而,Bolzan 等<sup>[14]</sup>表明这种方法的错误率高达 50%~90%。因此,除了套囊压力表外其余方法均不能很好地指导套囊充气。超声是一种常用的医疗设备,具有安全、准确、便携和实时成像的优点。近年来其在气道管理方面的应用也越来越广。无论是在困难气道的预测,气管导管型号的选择,气管插管的定位与深度的观察方面都有很强的指导意义<sup>[15-18]</sup>。但其在评估 CP<sub>ETT</sub>指导套囊充气方面仍缺乏公认的评价指标。

气管由软骨、肌肉、结缔组织和黏膜构成。软骨为“C”字形的软骨环,缺口向后,各软骨环以韧带连接,环后方缺口处由平滑肌和致密结缔组织连接,管腔衬以黏膜,表面覆盖纤毛上皮<sup>[19]</sup>。用超声进行横切面扫描时气管显示为倒“U”形低回声结构后伴“彗星尾征”<sup>[20]</sup>。Pattnaik 等<sup>[21]</sup>研究表明,在成人患者中合适的气管插管深度为 ETT 套囊位于胸骨上窝水平,因此本研究选取胸骨上窝水平进行观察。本研究在套囊充气前后分别用超声测量胸骨上窝水平的 TD,ETT 套囊充气后 TD 显著扩张。这可能是套囊压迫气管壁导致其弹性扩张所致。通过统计分析发现 CP<sub>ETT</sub>与 ΔTD 存在良好的线性关系。随着 CP<sub>ETT</sub>增加,ΔTD 也随之增大。由此猜测,在正常 CP<sub>ETT</sub>与高 CP<sub>ETT</sub>之间可能有一个 ΔTD 的临界值,当控制 ΔTD 在该临界值以内时可以预防高 CP<sub>ETT</sub>的发生。ΔTD 的 ROC 曲线可以帮助计算出该临界值,即为 ΔTD 截断值。通过统计分析得出 ΔTD 截断值为 1.25 mm,且具备较好的敏感性和特异性,

同时 AUC 较大表示该值的诊断价值较高。虽然该值对应的气管横径变化很小,但超声可以通过调节深度及使用局部放大功能(ZOOM)将细小的变化放大,从而在超声屏幕上可以清晰地观察到 TD 的扩张。由于低 CP<sub>ETT</sub>亦会造成不良并发症,并且对气管壁压迫轻微对应较小的 ΔTD。所以为了避免低 CP<sub>ETT</sub>的发生,本研究在超声下控制套囊充气前后的 ΔTD 小于且尽可能接近 1.25 mm。研究证实,与指压法比较,该方法可使正常 CP<sub>ETT</sub>占比明显增加,高 CP<sub>ETT</sub>占比明显降低。因此,对那些无法或不方便取用套囊压力表情况下的 CP<sub>ETT</sub>管理,超声法可以作为一种很好的替代方法。

本试验对受试者进行了严格地限制以减少年龄因素导致的气道顺应性变化、性别因素导致不同插管型号的影响,尽可能地控制变量。超声测量采用连续 3 次求取平均值的方法以减少测量误差。并且采用了盲法以减少偏倚。

本研究存在一定局限性:(1)本研究为单中心的研究,需要进一步的多中心研究来验证本研究的结果。(2)由于低 CP<sub>ETT</sub>发生率很低,ROC 曲线分析缺少这一部分内容。(3)本研究第二部分中没有发生低 CP<sub>ETT</sub>,可能原因是样本量偏小,后续可以进行大样本研究,进一步探索超声法对低 CP<sub>ETT</sub>发生率的影响。(4)本研究只研究了一种类型的气管导管,且为了提高诊断准确性,对纳入的患者进行了严格的限制。后续的研究可以在女性、儿童等其他人群,以及其他类型的气管导管中进一步开展。

综上所述,“嗅花位”超声测量 ETT 套囊充气前后的 ΔTD 可以很好地评估 CP<sub>ETT</sub>以指导套囊充气。与指压法比较,超声法指导套囊充气时,控制 ΔTD 小于并尽可能接近 1.25 mm 可明显增加正常 CP<sub>ETT</sub>的发生率。本研究结果能够进一步扩大超声在气道管理方面的应用范围,且为临床评估 CP<sub>ETT</sub>指导套囊充气提供了新方法。

## 参 考 文 献

- [1] Liu J, Zhang X, Gong W, et al. Correlations between controlled endotracheal tube cuff pressure and postprocedural complications: a multicenter study. *Anesth Analg*, 2010, 111(5): 1133-1137.
- [2] Nordin U. The trachea and cuff-induced tracheal injury. An experimental study on causative factors and prevention. *Acta Otolaryngol Suppl*, 1977, 345: 1-71.
- [3] Stewart SL, Secrest JA, Norwood BR, et al. A comparison of endotracheal tube cuff pressures using estimation techniques and direct intracuff measurement. *AANA J*, 2003, 71(6): 443-447.
- [4] White DM, Makara M, Martinez-Taboada F. Comparison of four inflation techniques on endotracheal tube cuff pressure using a feline airway simulator. *J Feline Med Surg*, 2020, 22(7): 641-647.
- [5] Tsaousi GG, Pourzitaki C, Chlorou D, et al. Benchmarking the applicability of four methods of endotracheal tube cuff inflation for optimal sealing: a randomized trial. *J Perianesth Nurs*, 2018, 33(2): 129-137.
- [6] 徐瑾, 邓晓明, 陈柯宇, 等. 不同气道评估指标预测小耳畸形患儿喉镜显露困难的有效性. *临床麻醉学杂志*, 2020, 36(4): 341-344.
- [7] Fan CM, Ko PC, Tsai KC, et al. Tracheal rupture complicating emergent endotracheal intubation. *Am J Emerg Med*, 2004, 22(4): 289-293.
- [8] Pookamala S, Thakar A, Puri K, et al. Acquired subglottic stenosis: aetiological profile and treatment results. *J Laryngol Otol*, 2014, 128(7): 641-648.
- [9] Rouzé A, Nseir S. Continuous control of tracheal cuff pressure for the prevention of ventilator-associated pneumonia in critically ill patients: where is the evidence. *Curr Opin Crit Care*, 2013, 19(5): 440-447.
- [10] Nseir S, Duguet A, Copin MC, et al. Continuous control of endotracheal cuff pressure and tracheal wall damage: a randomized controlled animal study. *Crit Care*, 2007, 11(5): R109.
- [11] O'Donnell JM. Orotracheal tube intracuff pressure initially and during anesthesia including nitrous oxide. *CRNA*, 1995, 6(2): 79-85.
- [12] Briganti A, Portela DA, Barsotti G, et al. Evaluation of the endotracheal tube cuff pressure resulting from four different methods of inflation in dogs. *Vet Anaesth Analg*, 2012, 39(5): 488-494.
- [13] Sole ML, Penoyer DA, Su X, et al. Assessment of endotracheal cuff pressure by continuous monitoring: a pilot study. *Am J Crit Care*, 2009, 18(2): 133-143.
- [14] Bolzan DW, Gomes WJ, Faresin SM, et al. Volume-time curve: an alternative for endotracheal tube cuff management. *Respir Care*, 2012, 57(12): 2039-2044.
- [15] Yao W, Wang B. Can tongue thickness measured by ultrasonography predict difficult tracheal intubation. *Br J Anaesth*, 2017, 118(4): 601-609.
- [16] Moustafa MA, Arida EA, Zanaty OM, et al. Endotracheal intubation: ultrasound-guided versus fiberoptic in patients with cervical spine immobilization. *J Anesth*, 2017, 31(6): 846-851.
- [17] Roldi E, Inghileri P, Dransart-Raye O, et al. Use of tracheal ultrasound combined with clinical parameters to select left double-lumen tube size: a prospective observational study. *Eur J Anaesthesiol*, 2019, 36(3): 215-220.
- [18] Schramm C, Eisleben LS, Kessler J, et al. Role of ultrasound measuring position and ventilation pressure in determining correct tube size in children. *Paediatr Anaesth*, 2017, 27(12): 1241-1246.
- [19] Brand-Saberi B, Schäfer T. Trachea: anatomy and physiology. *Thorac Surg Clin*, 2014, 24(1): 1-5.
- [20] Fulkerson JS, Moore HM, Anderson TS, et al. Ultrasonography in the preoperative difficult airway assessment. *J Clin Monit Comput*, 2017, 31(3): 513-530.
- [21] Pattnaik SK, Bodra R. Ballotability of cuff to confirm the correct intratracheal position of the endotracheal tube in the intensive care unit. *Eur J Anaesthesiol*, 2000, 17(9): 587-590.

(收稿日期:2021-05-21)