

小儿气管插管术的研究进展

王祖文 黎合剑 周志东

【摘要】 临床实践中,气管插管术普遍应用于全麻手术及危重症患者,以清除气管支气管分泌物,保持呼吸道通畅。与成人比较,小儿由于解剖发育的特殊性,生理功能及代偿能力较差,小儿气管插管术更应受到临床医师的重视。本文就小儿气管导管的类型、型号以及置入的深度等现状进行综述,为更好地掌握小儿气管插管提供参考。

【关键词】 小儿;气管插管术;气管导管;超声引导

Research progress of endotracheal intubation catheter in children WANG Zuwen, LI Hejian, ZHOU Zhidong. Department of Anesthesiology, the Second Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, China

Corresponding author: ZHOU Zhidong, Email: dongdongzhi@163.com

【Abstract】 In clinical practice, endotracheal intubation is widely used in general anesthesia and critically patients, which is convenient to remove the tracheobronchial secretion, and effectively maintain the patency of respiratory tract. Compared with adults, more attention should be paid to endotracheal intubation in children by clinicians because of their particularity of anatomical development, poor physiological function and compensatory ability. This article reviews the research on the type, model and depth of endotracheal tube in children, in order to provide a reference for clinicians to better master endotracheal intubation in children.

【Key words】 Child; Endotracheal intubation; Endotracheal tube; Ultrasonic guidance

据估计,全球每年至少有 3.13 亿患者接受外科手术,部分患者需要经历全麻气管插管,其中小儿手术占比不断增加^[1]。与成人比较,小儿气道管腔狭窄,软骨发育不完善,呼吸功能储备量较小,这些特点使小儿气管插管更困难、风险更高,更需要重视。

小儿气管导管类型

对于气管插管的患者,气道的可靠密封不仅与气管导管的管径相关,导管上套囊亦有一定的帮助。过去在小儿气管导管套囊的选择上一直存在争议。传统认为,8 岁以下小儿无需使用带套囊气管导管(cuffed endotracheal tubes, CETT)。一方面,在 8 岁以前,小儿气道呈圆锥状、环状且不可扩张的环状软骨是小儿气道最狭窄的部位^[2],无套囊的气管导管(uncuffed endotracheal tubes, UCETT)能在环状软骨处密封气道,因此不必使用套囊;另一方面,小儿会厌和环状软骨的气道表面为疏松的网状结

缔组织,CETT 可能会导致喉部和气管黏膜的损伤,使拔管后喉水肿和拔管后喘鸣的发生率升高^[3]。

Wani 等^[4]研究表明,小儿气道并不是圆锥状,更类似椭圆状,前后径大于左右径,且最狭窄处为声门开口下。DeMichele 等^[5]研究表明,CETT 经过改进,已可以安全用于小儿,并且可以更精确地监测呼吸力学,减少挥发性药物的消耗以降低麻醉成本,以及降低换管率等。Mhamane 等^[6]报道了在患儿腹腔镜手术中,与 UCETT 比较,CETT 可为患儿提供更好的气道密封和通气,减少导管位移,具有更好的通气效果。Thomas 等^[7]对儿科重症监护室内需要气管插管的 3 个月以内婴儿进行了随机对照研究,结果表明,与应用 UCETT 比较,应用 CETT 降低了患儿的再插管率和肺不张发生率。Chambers 等^[8]研究表明,在标准化机械通气时,与应用 UCETT 的患儿比较,应用 CETT 者漏气量更低、通气参数更稳定,插管后不良反应(如咽痛、声音嘶哑等)发生率也更低。美国心脏协会(American Heart Association, AHA)和国际复苏委员会等官方机构在 2005 年《小儿复苏指南》中指出,小儿气管插管使用 CETT 已成为 UCETT 的替代选择。Chen 等^[9]通过

DOI:10.12089/jca.2022.04.018

作者单位:330006 南昌大学第二附属医院麻醉科

通信作者:周志东,Email: dongdongzhi@163.com

Meta 分析表明,与 UCETT 比较,应用 CETT 的患儿换管率更低,但两组患儿拔管后喉痉挛和喘鸣等相关并发症的发生率未见明显差异,提示 CETT 可能是患儿的最佳选择。

目前,小儿气管导管的选择更倾向于 CETT。需要注意的是,套囊的设计仍需进一步改进,以更加符合小儿气管插管的需求。

小儿气管导管型号

气管导管型号选择不恰当可能会给患儿造成不必要的损伤。使用内径过大的导管容易导致患者气管黏膜灌注减少和水肿,可能导致软骨损伤、拔管后喘鸣、声门下狭窄等^[10]。导管内径较小会使气流阻力增高、增加患者误吸、通气不足等风险^[11]。

基于年龄指导气管导管型号 目前,临床上大多采用 1957 年提出的 Cole 公式计算气管导管内径:内径(mm)=年龄 \div 4+4。但是,Cole 公式是针对 UCETT 提出的公式,并未考虑套囊对气管导管外径的影响。因此 Cole 公式在预测最佳气管导管内径的能力差^[12]。随着临床上 CETT 使用增加以及套囊设计的变化,已有新的预测公式被提出。使用 CETT 时,Manimalathu 等^[13]提出的内径(mm)=年龄 \div 4+3.5 在预测最佳气管导管内径能力上更佳。

基于体表标志指导气管导管型号 Ritchie-Mclean 等^[14]研究表明,小儿气管导管内径与中指长度之间存在线性关系,即内径(mm)=中指长度(cm)+0.5,在指导 UCETT 内径选择上具有价值。Kim 等^[15]研究表明,超声测量桡骨远端骨骺横径可以很好的预测导管内径,两者关系可简化为:内径(mm)=[29.5+桡骨远端骨骺横径(mm)] \div 8。此外,Chen 等^[16]对先天性心脏病患儿的 CT 扫描图像进行回顾性分析表明,与年龄、体重和性别比较,身高在预测导管内径最为有效,通过回归分析得出:内径(mm)=2+[身高(cm) \div 30]。

基于超声指导气管导管型号 随着对小儿气道的进一步研究以及超声在临床应用的普及,超声开始用于指导小儿气管导管内径选择,通过超声测量气管直径可以指导气管导管内径的选择。Altun 等^[17]研究表明,与基于年龄和身高的公式比较,超声测量声门下横径是确定气管插管尺寸更优的方法。Pillai 等^[18]研究表明,对于先天性心脏病的患儿,基于年龄预测公式算出的导管尺寸偏小,使用超声测量声门下直径值来指导气管导管大小的选择是一种安全、准确的方法。此外,环状软骨是一

个完整的、相对坚硬的软骨环,作为气管导管内径的限制因素,是选择最佳气管导管内径的预测因素^[19]。Kayashima 等^[20]研究表明,患有唐氏综合症的患儿发育迟缓,比同龄小儿气管内径更小,基于年龄的预测方式所得结果明显过大,超声测量环状软骨直径指导气管导管内径选择似乎是一种更合适的方法。Hao 等^[21]研究表明,对于接受脊柱侧弯手术的患儿,椎体侧弯可引起主支气管的移位,超声测量环状软骨直径在指导最佳气管导管内径选择上具有明显优势(颈椎侧弯 $r=0.83$;胸椎侧弯 $r=0.93$;腰椎侧弯 $r=0.94$)。但是,Bae 等^[12]指出,虽然与年龄预测公式比较,超声指导是选择气管导管内径的一种更有效的手段,但是成功率并不高,这可能与超声检查本身的局限性、操作员的经验以及气管导管外径影响等因素相关。

需要注意的是,虽然预测气管导管内径方法很多,但最佳导管尺寸的选择通常与喉部尺寸的变化、先天性异常、喉和气管的病理改变、喉部松弛程度等多种因素相关,仍是临床面临的难题。作为临床医师,个体化的选择预测方法是必要的,同时为了保证气管插管安全,最好分别准备一个比预期更小和更大的气管导管。

小儿气管导管置入深度

正确放置气管导管对患儿至关重要。理想的气管导管尖端的位置应在气管中段。导管插管过深会导致严重并发症,如支气管内插管、气压创伤和肺不张,插管过浅可能会导致声带损伤和导管意外脱出^[22]。

胸部 X 线片和纤维支气管镜检查是确定气管导管深度的金标准^[23]。考虑到经济因素、辐射暴露,医护人员需要专门的技术培训,限制了在临床上的应用。目前,临床上普遍应用 PALS 预测公式^[24]指导小儿气管导管的置入深度:对于 1 岁以上的患儿,经口插管长度(cm)=年龄 \div 2+12,经鼻插管长度(cm)=年龄 \div 2+15。但是,基于年龄的预测公式并没有考虑相似年龄患儿的个体差异,应用此公式指导插管深度时,导管放置位置的错位率较高^[25]。此外,术中体位、头颈部弯曲、气腹等因素可能导致气管导管移位,增加导管位置的错位率^[6,26]。临床医师常应用听诊和目测胸廓抬高判断插管位置。Ramsingh 等^[27]研究表明,听诊在判断支气管内插管的敏感性和特异性分别仅有 66% 和 59%,这可能是由于通气侧肺的呼吸音会向非通气侧肺组织

传导,以及高噪声环境和某些病理条件(如血气胸)对听诊造成干扰等所致。除此之外,“气管触诊法”指导气管导管放置深度也具有一定价值,即在插管过程中,麻醉科医师缓慢推进气管导管,当在胸骨上切迹处触摸到气管导管尖端时,记录导管置入深度并固定,该方法不需要特殊设备,仅需几秒钟即可完成,并可用来确定气管导管放置的深度^[28]。

超声不仅在指导气管导管型号的选择上具有重要意义,在指导气管导管置入深度方面也具有价值。由于气管及导管中的气体干扰,套囊与导管尖端不能在超声图像上直接显影,超声主要通过观察双侧胸膜滑动(肺滑行征)确定导管位置。Ahn 等^[29]研究表明,对于 2 岁以下的患儿,与听诊比较,超声观察肺滑动征在确定气管插管的深度时准确性更高。此外,闫学美等^[30]研究表明,向气管导管的套囊里注入生理盐水取代空气,利用超声在胸骨上切迹处定位充满盐水的套囊位置可作为确定小儿 CETT 正确插入深度,是一种准确、快速的方法。

此外,CT 在指导气管导管置入深度方面也具有价值, Lee 等^[31]研究表明,基于颈部 CT 图像采用线性回归可得出合适的公式来指导气管导管置入深度:合适的管深(cm) = 5.5 + 0.5 × 体重(kg) (小于 1 岁),合适的管深(cm) = 3.0 + 0.1 × 身高(cm) (大于 1 岁)。

对于新生儿, Peterson 等^[32]提出的“7-8-9 公式”[即体重 1 kg 插管深度 7 cm, 体重 2 kg 插管深度 8 cm, 体重 3 kg 插管深度 9 cm; 插管深度(cm) = 体重(kg) + 6]得到了美国儿科学会/美国心脏协会新生儿复苏教科书的认可。进一步研究表明,“7-8-9 公式”适用于体重超过 750 g 的新生儿气管插管,对于体重 < 750 g 的新生儿并不适用^[33]。第七版《新生儿复苏计划》建议使用“基于胎龄确定气管插管插入深度表”或“鼻中隔耳屏距离(nasal-tragus length, NTL) + 1 cm”来确定插管深度。然而, Priyadarshi 等^[34]通过胸部 X 线片评价新生儿基于体重、胎龄及 NTL + 1 cm 等方式,结果表明,目前推荐的方法都不能准确预测新生儿的最佳气管插管深度,迫切需要新的床旁模式(如超声)来指导新生儿气管导管置入深度。

小 结

小儿气道解剖特殊、个体差异大、临床上难以统一标准,因此,在导管类型、型号、插管深度等方面都需要麻醉科医师做出正确的选择和处理。在

临床实践中,麻醉科医师应多因素考虑,做到个体化、多种方式并用,以提高气管插管成功率,减少小儿气管插管后相关并发症,提高患儿围术期的安全性和舒适度。近年来,超声在气道评估方面的优势越来越突出,在指导气管导管型号及插管深度已展现出巨大的应用前景。

参 考 文 献

- [1] Salazar JH, Goldstein SD, Yang J, et al. Regionalization of pediatric surgery: trends already underway. *Ann Surg*, 2016, 263(6): 1062-1066.
- [2] De Orange FA, Andrade RG, Lemos A, et al. Cuffed versus uncuffed endotracheal tubes for general anaesthesia in children aged eight years and under. *Cochrane Database Syst Rev*, 2017, 11: CD011954.
- [3] Bhardwaj N. Pediatric cuffed endotracheal tubes. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*, 2013, 29(1): 13-18.
- [4] Wani TM, Bissonnette B, Engelhardt T, et al. The pediatric airway: historical concepts, new findings, and what matters. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2019, 121: 29-33.
- [5] DeMichele JC, Vajaria N, Wang H, et al. Cuffed endotracheal tubes in neonates and infants undergoing cardiac surgery are not associated with airway complications. *J Clin Anesth*, 2016, 33: 422-427.
- [6] Mhamane R, Dave N, Garasia M. Use of microcuff endotracheal tubes in paediatric laparoscopic surgeries. *Indian J Anaesth*, 2015, 59(2): 85-88.
- [7] Thomas RE, Erickson S, Hullett B, et al. Comparison of the efficacy and safety of cuffed versus uncuffed endotracheal tubes for infants in the intensive care setting: a pilot, unblinded RCT. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2021, 106(6): 614-620.
- [8] Chambers NA, Ramgolam A, Sommerfield D, et al. Cuffed vs. uncuffed tracheal tubes in children: a randomised controlled trial comparing leak, tidal volume and complications. *Anaesthesia*, 2018, 73(2): 160-168.
- [9] Chen L, Zhang J, Pan G, et al. Cuffed versus uncuffed endotracheal tubes in pediatrics: a meta-analysis. *Open Med (Wars)*, 2018, 13: 366-373.
- [10] Christiansen P, Pedersen CH, Selter H, et al. How does tube size affect patients' experiences of postoperative sore throat and hoarseness? A randomised controlled blinded study. *J Clin Med*, 2021, 10(24): 5846.
- [11] Cook TM, MacDougall-Davis SR. Complications and failure of airway management. *Br J Anaesth*, 2012, 109 Suppl 1: i68-i85.
- [12] Bae JY, Byon HJ, Han SS, et al. Usefulness of ultrasound for selecting a correctly sized uncuffed tracheal tube for paediatric patients. *Anaesthesia*, 2011, 66(11): 994-998.
- [13] Manimalathu R, Krishna S, Shafy SZ, et al. Choosing endotracheal tube size in children: which formula is best. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2020, 134: 110016.
- [14] Ritchie-Mclean S, Ferrier V, Clevenger B, et al. Using middle

- finger length to determine the internal diameter of uncuffed tracheal tubes in paediatrics. *Anaesthesia*, 2018, 73 (10) : 1207-1213.
- [15] Kim HY, Cheon JH, Baek SH, et al. Prediction of endotracheal tube size for pediatric patients from the epiphysis diameter of radius. *Korean J Anesthesiol*, 2017, 70(1) : 52-57.
- [16] Chen SJ, Shih TT, Liu KL, et al. Measurement of tracheal size in children with congenital heart disease by computed tomography. *Ann Thorac Surg*, 2004, 77(4) : 1216-1221.
- [17] Altun D, Orhan-Sungur M, Ali A, et al. The role of ultrasound in appropriate endotracheal tube size selection in pediatric patients. *Paediatr Anaesth*, 2017, 27(10) : 1015-1020.
- [18] Pillai R, Kumaran S, Jeyaseelan L, et al. Usefulness of ultrasound-guided measurement of minimal transverse diameter of subglottic airway in determining the endotracheal tube size in children with congenital heart disease: a prospective observational study. *Ann Card Anaesth*, 2018, 21(4) : 382-387.
- [19] 苏相飞, 彭书峻, 杜素娟, 等. 超声测定小儿环状软骨横径用于带套囊气管导管型号选择的准确性. *中华麻醉学杂志*, 2017, 37(7) : 784-787.
- [20] Kayashima K, Yamasaki R. Selecting an appropriate cuffed endotracheal tube using ultrasound of the cricoid in a child with down syndrome. *Turk J Anaesthesiol Reanim*, 2018, 46(4) : 323-325.
- [21] Hao J, Zhang J, Dong B, et al. The accuracy of ultrasound to predict endotracheal tube size for pediatric patients with congenital scoliosis. *BMC Anesthesiol*, 2020, 20(1) : 183.
- [22] Kim JT, Kim HJ, Ahn W, et al. Head rotation, flexion, and extension alter endotracheal tube position in adults and children. *Can J Anaesth*, 2009, 56(10) : 751-756.
- [23] Doud AN, Gaffley M, Hostetter O, et al. "A-OK": chest radiograph during primary survey facilitates faster, more accurate endotracheal tube position in injured children. *Am Surg*, 2019, 85(5) : 479-487.
- [24] Tareerath M, Mangmeesri P. Accuracy of age-based formula to predict the size and depth of cuffed oral preformed endotracheal tubes in children undergoing tonsillectomy. *Ear Nose Throat J*, 2021 : 145561320980511.
- [25] Yamamoto T, Schindler E. Ideal depth of endotracheal intubation at the vocal cord level in pediatric patients considering racial differences in tracheal length. *J Clin Med*, 2022, 11(3) : 864.
- [26] Lau N, Playfor SD, Rashid A, et al. New formulae for predicting tracheal tube length. *Paediatr Anaesth*, 2006, 16 (12) : 1238-1243.
- [27] Ramsingh D, Frank E, Haughton R, et al. Auscultation versus point-of-care ultrasound to determine endotracheal versus bronchial intubation: a diagnostic accuracy study. *Anesthesiology*, 2016, 124(5) : 1012-1020.
- [28] Ramaswamy VV, Abiramalatha T, Bandyopadhyay T, et al. Digital tracheal intubation and finger palpation to confirm endotracheal tube tip position in neonates: a systematic review and meta-analysis. *Pediatr Pulmonol*, 2021, 56(9) : 2893-2902.
- [29] Ahn JH, Kwon E, Lee SY, et al. Ultrasound-guided lung sliding sign to confirm optimal depth of tracheal tube insertion in young children. *Br J Anaesth*, 2019, 123(3) : 309-315.
- [30] 闫学美, 孙凯, 郎堡, 等. 超声定位生理盐水套囊法判断患儿经口气管插管深度的准确性. *中华麻醉学杂志*, 2020, 40(11) : 1403-1404.
- [31] Lee SU, Jung JY, Kim DK, et al. New decision formulas for predicting endotracheal tube depth in children: analysis of neck CT images. *Emerg Med J*, 2018, 35(5) : 303-308.
- [32] Peterson J, Johnson N, Deakins K, et al. Accuracy of the 7-8-9 Rule for endotracheal tube placement in the neonate. *J Perinatol*, 2006, 26(6) : 333-336.
- [33] Bartle RM, Miller AG, Diez AJ, et al. Evaluating endotracheal tube depth in infants weighing less than 1 kilogram. *Respir Care*, 2019, 64(3) : 243-247.
- [34] Priyadarshi M, Thukral A, Sankar MJ, et al. ' Lip-to-Tip ' study: comparison of three methods to determine optimal insertion length of endotracheal tube in neonates. *Eur J Pediatr*, 2021, 180(5) : 1459-1466.

(收稿日期:2021 - 08 - 23)