超声技术在麻醉气道管理中的研究进展

黄昌云,柳兆芳,姚卫东
(皖南医学院第一附属医院、弋矶山医院麻醉科,安徽 芜湖 241000)

摘要:超声技术目前在医学领域应用广泛,在麻醉、急诊医学和重症监护治疗应用发展迅速,已成为现代医学诊断与治疗不可或缺的工具,麻醉医生熟练掌握超声技术,有利于掌控气道管理。该文概括了超声在预测困难气道、实时引导气管插管、气管导管型号预测、超声定位喉罩以及超声指导气管切开中的应用,重点阐述了超声在困难气道预测方面最新指导参数以及研究进展,为合理应用临床与研究提供参考。

关键词:超声技术;困难气道;麻醉
doi:10.3969/j.issn.1009-6469.2018.12.005

Research progress of ultrasonic technology in anesthesia airway management

HUANG Changyun, LIU Zhaofang, YAO Weidong
(*Department of Anesthesiology, The First Affiliated Hospital of Wannan Medical College, Wuhu, Anhui* 241000, *China*)

Abstract: Ultrasound technology is widely used in the medical field and is developing rapidly in anesthesia, emergency medicine and intensive care. It has become an indispensable tool for modern medical diagnosis and treatment, and anesthesiologists being skilled in ultrasonic technology is conducive to the control of airway management. This article summarized the ultrasound in the prediction of difficult airway, real-time guide endotracheal intubation, endotracheal tube model prediction, ultrasonic positioning laryngeal mask and the application of ultrasonic guidance tracheostomy, particularly analyzes how to predict and treat the difficult airway, in order to provide reference for clinical application and research in general anaesthesia.

Key words: Ultrasonic technology; Difficult airway; Anesthesia

基金项目:安徽省教育厅自然科学研究重点项目(KJ2015A149)
通信作者:姚卫东,男,副主任医师,研究方向为困难气道,E-mail:yaowdmd@163.com

[27] SNYDER HM, CORRIVEAU RA, CRAFT S, et al. Vascular contributions to cognitive impairment and dementia including Alzheimer's disease [J]. Alzheimer's & dementia, 2015, 11(6): 710-717.
[28] LEE JH, BACSKAI BJ, AYATA C. Genetic animal models of cerebral vasculopathies [J]. Progress in Molecular Biology And Translational Science, 2012, 105: 25-55.
[29] JALAL FY, YANG Y, THOMPSON J, et al. Myelin loss associated with neuroinflammation in hypertensive rats [J]. Stroke, 2012, 43(4): 1115-1122.
[30] SPENCE JD. Metabolic vitamin B12 deficiency: a missed opportunity to prevent dementia and stroke [J]. Nutrition Research, 2016, 36(2): 109-116.
[31] SUDDUTH TL, POWELL DK, SMITH CD, et al. Induction of hyperhomocysteinemia models vascular dementia by induction of cerebral microhemorrhages and neuroinflammation [J]. Journal of Cerebral Blood Flow And Metabolism, 2013, 33(5): 708-715.
[32] EMDIN CA, ROTHWELL PM, SALIMI-KHORSHIDI G, et al. Blood pressure and risk of vascular dementia: evidence from a primary care registry and a cohort study of transient ischemic attack and stroke[J]. Stroke, 2016, 47(6): 1429-1435.
[33] CHEN A, AKINYEMI RO, HASE Y, et al. Frontal white matter hyperintensities, clasmatodendrosis and gliovascular abnormalities in ageing and post-stroke dementia [J]. Brain, 2016, 139(Pt 1): 242-258.
[34] SRINIVASAN V, BRAIDY N, XU YH, et al. Association of genetic polymorphisms of claudin-1 with small vessel vascular dementia [J]. Clin Exp Pharmacol Physiol, 2017, 44(6): 623-630.
[35] HAITHEM H, ONS A, SALMA N, et al. Association between dementia and vascular disease-associated polymorphisms in a tunisian population[J]. Int J Neurosci, 2017, 28: 1-27.
[36] BELLOU V, BELBASIS L, TZOULAKI I, et al. Systematic evaluation of the associations between environmental risk factors and dementia: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses[J]. Alzheimers Dement, 2017, 13(4): 406-418.
[37] AURIEL E, GUROL ME, AYRES A, et al. Characteristic distributions of intracerebral hemorrhage-associated diffusion-weighted lesions [J]. Neurology, 2012, 79(24): 2335-2341.
[38] PECA S, MCCREARY CR, DONALDSON E, et al. Neurovascular decoupling is associated with severity of cerebral amyloid angiopathy [J]. Neurology, 2013, 81(19): 1659-1665.
[39] SAGARE AP, BELL RD, ZHAO Z, et al. Pericyte loss influences Alzheimer-like neurodegeneration in mice [J]. Nature Communications, 2013, 4: 2932.

(收稿日期:2017-06-29,修回日期:2017-07-12)

麻醉气道管理是围术期医学的重点组成部分,气道管理得当直接关系到患者的快速康复,气道处置不当可能导致患者病情加重,带来严重并发症。正确气道管理已成为临床麻醉中研究的热点问题,国内外在超声管理气道方面的研究取得了较大的进步。超声与其它医学影像技术相比,全身麻醉患者呼吸道管理中有一些独特的优势,它具有创新、简单、便携、无创等特点。最初超声在临床麻醉及危重患者是应用于引导深静脉及动脉的穿刺、神经阻滞,超声在现代气道管理中的应用有新的研究[1]。随着超声仪器及图像处理能力的改进以及人们对于超声图像理解的深入,越来越多的研究表明超声可用于气道解剖图像的识别与评估。现将超声在麻醉气道管理中的应用及最新进展情况进行综述。

1 超声识别呼吸道解剖

1.1 超声原理 超声技术原理是是指利用频率超过 2 MHz 的声波,是人耳感觉不到的声波,它可以在气体、液体和固体中传播,并且具有与声波相同的物理性质。目前临床麻醉中常用的超声频率主要在 2 ~ 15 MHz 之间。超声技术的探头通过产生压电效应从而发出超声波,其发生的超声穿过组织、气管形成不同的超声图像。超声波的映射由不同软组织间的声阻抗决定。超声图像最终由声信号的映射构成。超声声波频率决定分辨率的高低,频率高则分辨率高,反之越低,但是随着声波频率的不断升高,组织的穿透能力也会越低[2]。

超声技术的快速发展使得超声在麻醉应用中发展迅速,最重要是超声图像的数字化处理,使图像的变得更加清晰,这是一般模拟信号根本无法实现的,特别是在超声引导神经阻滞方面,可以看到近似真实的图像,包括穿刺针、肌肉、血管、神经等。另一方面是超声探头技术的发展,压电陶瓷技术制作的探头,增加了成像率和成像质量。临床上高频线阵探头(5 ~ 10 MHz)是浅表气道结构扫查时的最佳选择,而低频凸阵探头频率(2 ~ 6 MHz),最适用于声门上至颌下结构的旁矢状面和矢状面检查。

1.2 超声图像 超声可用于显像气道的解剖结构,其中包括将声门上、声门、声门下的解剖结构可视化。超声技术在诊断评估过程中经常使用的平面有矢状面、横断面、旁矢状面,患者通常需要平卧并且将检查部位充分暴露以便配合实施超声检查。将超声探头置于下颏至颈部扫描,通过气道超声,可以清楚地显影会厌、喉部、声带、舌体、舌骨、口咽、甲状软骨、环状软骨、气管和颈部的食管等结构[3],甚至非常清楚的显影气管软骨环,甲状软骨在旁矢状和矢状平面扫描表现为线性影,在横断面则呈现倒 V 低回声影,环状软骨在旁矢状轴呈圆回声影,在横断面呈拱形影。会厌旁矢状面扫描呈现曲线形,横断面下表现为倒转的 C 形低回声影,会厌前间隙和会厌后间隙分别呈现为三角形强回声和线性强回声。超声观察甲状软骨平面是声带结构的最佳视角。左右声带在超声图像中表现为中央带低回声的气管阴影的等腰三角形,声带内侧声韧带呈现高回声,真声带与假声带头侧平行排列,比真声回声略高,胸骨上切迹横轴切面左右扫描超声探头,可见食道在气管的后方呈无回声圆形状,此时作吞咽动作,会发现无回声圆形随着吞咽而慢慢移动,用此法常常识别食道[4]。由于气道管腔内的气体产生一定的伪影,在气管环的左下角,可以看到食道上端的入口,咽后壁、后联合、气管后壁等结构无法准确识别。另外有学者[5]在舌骨水平面观察下气道结构时,通过 CT 测量结果与超声测量相关指标基本相同。

2 超声在气管插管中的应用

2.1 术前评估气道 麻醉医师从容地有步骤地处理困难气道能明显的提高患者的安全性,降低气道困难的风险性。因此,术前患者行气道评估是十分有必要的,尤其见于困难气道患者。然后目前预测困难气道的方法主要有咽部结构分级(Mallampati 分级)、张口度、甲颏距离、颞颌关节活动度、头颈部活动度、喉镜显露分级,但是常规的困难气道评估很难预测所有的困难气道,评估仍有局限性和主观性。尽管临床上可以通过 CT、MRI、颈部正侧位片及间接喉镜、纤维喉镜检查等进行数据重建,进一步观察患者困难插管的情况。但是 CT、MRI、纤维喉镜检查等检查价格昂贵、有辐射,且不便捷。然而多项研究[6-7]认为通过 B 超测量颈部周围的软组织厚度、舌颏距离、舌头的宽度、舌体的厚度、咽喉后壁的厚度等可以预测困难气道。Hui 和 Tsui[8]研究通过舌下超声将 1 个特殊凸阵超声探头放入患者舌下,观察舌骨的显影来预测困难气道,结果显示利用舌骨显影预测困难气道的特异度为 97%,灵敏度为 73%,明显高于传统的气道分级方法,舌下超声是预测一个困难气道的潜在工具。吴昊等[9]利用超声定位好舌骨后测量舌颏距离(HMDu),HMDu 预测困难气道的灵敏度为 64.6%、特异度为 91.5%,明显高于人工定位。另外姚卫东等[10]通过超声测量舌体厚度以及它与甲颏距离的比值,认为舌体厚度 > 6.1cm,是预测困难气道的独立危险因

素,敏感度为0.75(95% CI:0.60~0.86),特异度为0.72(95% CI:0.70~0.74)。超声还可以显影会厌图像,在左旁矢状位测量正常气道和困难气道患者甲状软骨上缘平面皮肤至会厌的距离分别为(19.21±0.27)mm和(23.31±0.43)mm,超声测量皮肤至会厌的距离在最佳截点时敏感度与Mallampati分级的差异无统计学意义,而其特异度却明显升高,准确率达到89%,可用于预测困难插管[11-12]。超声在颈前不同位置可以测量不同软组织厚度,Xue等[13]在舌骨、甲状舌骨膜和前连合不同水平上测量的前颈部软组织厚度是喉镜检查困难的独立预测因子。金梅等[14]用超声测量声带水平软组织厚度可以作为一项预测肥胖患者困难喉镜显露指标,插管前测量出皮肤表面到声带前联合之间距离为颈前软组织厚度,该厚度大于20 mm可准确地预测肥胖患者困难喉镜显露。Ezri等[15]研究显示颈周超过50 cm同时气管前软组织厚度在声带水平位置超过28 mm则有插管难度。但是Reddy等[16]认为声带水平位置气管前软组织厚度超过23 mm提示喉镜暴露分级3或4级,敏感性85.7%,而舌骨水平位置气管前软组织厚度超过28 mm存在潜在困难插管可能。关于超声评估困难气道的参数较多,然而报道超声可以帮助鉴别喉镜困难患者需要多参数参与,包括舌颏距离,舌间距离比,舌横截面积,舌宽,舌容积,舌厚度与口腔的高度比等9个参数[17]。另外与张口度和其它参数等间接评估相比,使用超声检查下颌关节活动情况,下颌关节活度小于10 mm时提示与困难的喉镜检查相关联,并表现出独立和显著的预测性[18]。此外Liu等[19]认为超声测量咽侧壁厚度或者舌底宽度,提示与打鼾、舌根后坠等睡眠呼吸有一定的相关性。对于超声诊断咽喉部管腔狭窄、肿瘤、及会厌炎等疾病有重要作用,超声在术前评估气道方面的价值十分重要,未来可能会写入教科书。

2.2 实时引导气管插管 超声能够为困难气管插管的评估,提供实时的动态图像,胡双燕等[20]认为应用超声技术是判断急诊危重症哮喘患者气管插管时的有效的检查方法,能够及时、有效地判断气管导管位置且具有较高的灵敏度和特异度。Fiadjoe等[21]报道了一例直接喉镜显露分级Ⅲ级小下颌幼儿患者,插管失败,在超声引导下顺利完成了气管插管,研究中可实时显露到超声下导管前端进入气道时声带等腰三角形结构变为圆形结构的“子弹征”,当给予呼吸机通气时超声探头在腋中线附近可见高回声线,随呼吸来回滑动的“肺滑动征”;当在气管旁边发现到无回声阴影及一条强回声曲线,即气管导管误入食道。王俊安和汪春英[22]使用超声引导气管插管应用临床并与普通喉镜比较来评估超声引导下气管插管的可行性。利用超声显露长轴和短轴面的声门、会厌和环状软骨后,经口插入换管器,超声引导下将套有气管导管的换管器送入声门,然后气管导管沿着换管器顺势插入气管;插管成功率无显著差异,但超声引导下气管插管可减少气管插管并发症且血流动力学波动较小。另外超声在小儿插管中报道,当超声探头置于声门水平进行扫描时,清晰显露声带,见到声门口增宽的特征表现,说明导管已经插入气管。

2.3 确定气管导管位置 目前的证据支持,超声识别具有较高的诊断价值,尤其可以鉴别插入食道具有最佳的敏感性和特异性,超声气道评估这方面是一个有价值的方法,特别是在呼末二氧化碳不可靠的情况下。Tessaro等[23]使用超声用于定位气管导管位置为确定气管导管的位置提供了新的思路,同时使用气管套囊内冲入生理盐水来评估气管导管的位置及深度,另外有研究者将超声探头可放置于胸部腋中线扫描从而间接判断气管导管的位置,在呼吸运动开始时观察到“肺滑动征”,而肺静止时仅仅观察到“肺搏动”。Li等[24]利用气管前壁超声确定气管插管的位置,敏感性及特异性均为100%,并指出插入食道后的图像,并且能够确定气管插管的深度。采用凸阵探头放置于环甲膜水平可行实时扫描矢状面或横断面,当观察到甲状软骨的轻微震颤,导管即进入气管,如果可在气管一侧观察到一条强回声曲线及远端的声影出现则误入食道。董凤林等[25]利用超声清晰显示导管气囊的上缘、气管的前缘和主动脉上缘,并能准确测量主动脉上缘与球囊上缘的距离(DGA),用来判断患者气管导管末端的位置准确范围,为临床提供了一种的新型检查手段,可以应用到危重患者的气道管理中。超声快速判断困难气道患者气管导管误入食管,麻醉诱导后行气管插管的同时利用超声观察在胸骨上切迹处扫描并识别食管、颈动脉、气管,判断气管导管是否误入食管的特异度和灵敏度均为100%[26]。

2.4 预测导管型号 与传统年龄、升高公式和经验相比,超声测量气管气管导管外径和最狭窄横径来选择气管导管的型号更加准确,实践证明此方法减少再插管次数。通过超声测量气管内径大小与临床上实际选用气管插管型号有明显的相关性。超声同样可以用于儿童气管内径的评估,以评估插管的合适大小的气管插管,Altun等[27]报道通过超

声测量声门下直径并结合漏气实验可以很好的选择适合大小的导管型号,表明超声测量声门下直径与带气囊的气管导管直径相符程度较好。同样Shibasaki等[28]认为采用超声技术测量声门下气道直径,可以预测儿童气管导管最佳型号。超声可测量环形管腔直径,Lakhal 等[29]的研究显示 MRI 测量的横径和超声环状软骨平面横径高度相关。同样超声在双腔管的选择上有其优势,Sustic 等[30]分别采用超声技术和 CT 影像技术测量左侧支气管内径,二者与左支气管管径均具有一定相关性,说明超声技术选择双腔气管导管型号是一个新型的方法。

3 超声在喉罩中的应用

喉罩目前在临床应用广泛,喉罩位置不佳时需增加充气量来提高密闭性,但是会增加咽喉部并发症,因此 LMA 的正确放置是十分重要的,喉罩的密封性主要取决于远端有充气密封的套囊,当套囊的位置与咽后壁吻合,才能准确地使咽部密封性良好,从而可以充分实施机械通气。超声可以很好识别套囊内液体,通过侧路看到套囊边缘的位置,当套囊不能对称地显示在双侧面,说明喉罩位置放置错误,需重新定位[31]。相比于纤维支气管镜,超声检查喉罩位置是否正确是可行的,超声检查理想解剖位置率为 69%,而纤维支气管镜检查理想解剖位置率为 59%,说明纤维支气管镜检查喉罩密封性上不如超声检查,超声更有利于改善通气条件且无创。Kim 等[32]认为尽管喉罩不可以预测喉罩插入的深度,但是可以预测喉罩放置时是否正确,超声在预测小儿喉罩的放置是一个不错的选择。

4 超声在气管切开中的应用

超声快速扫描颈部使得医师能够清晰显露气管周围组织,从而指导并定位气管切开手术。为了减少对气管前组织的损伤,可以避开重要血管、神经而选择较好的气管切开位置,同时计算气管插管管径、皮肤至气管管腔的距离以及评估套管置入深度,从而避免单肺通气和再插管等风险。尤其对于病态肥胖、颈部粗短、巨大甲状腺肿物等,使用超声技术进行气管定位及气管导管型号的选择,更有利于患者紧急行环甲膜切开术,具有不可比拟的优势[33]。另外有研究[34]利用超声从横轴面和纵轴面的方向,对病态肥胖的受试者的超声引导环甲膜的鉴别,以确定哪一种更快更成功,用横轴面技术来识别环状甲膜的时间更短,临床医师可以利用超声定位环甲膜,紧急情况行气管切开是可行的,为临床急救患者提供思路。临床上超声引导检查颈部识别气管前组织厚度,皮下血管和气管位置,我们能规避掉大多数的并发症[35]。

5 超声在气管拔管中的应用

传统方法漏气试验常常用在评估患者拔管是否困难,现运用超声技术预测术后喘鸣,尤其是在高危喉水肿患者拔管前实施气囊漏气试验中,更加安全拔管,减少临床并发症,超声可能更有优越性。将超声探头置于在机械通气的患者环甲膜水平,通过超声测量横断面下患者松套囊后气柱宽度,发现拔管后气柱宽度窄的患者发生喘鸣的可能性增加。因此超声预测拔管后喘鸣的方法是可行的、安全的、无创的[36],相关研究需要进一步证实。

6 展望

目前超声在临床麻醉工作中优势逐步体现,在困难气道预测和处理方面有着巨大发展空间,随着麻醉医生对超声诊疗水平的提高以及培训的增加,超声技术在未来临床麻醉及疼痛诊疗工作中的开展更加普及,而且随着食道超声、内镜超声、口袋型超声以及 3D 超声等各种新型设备相继出现,超声技术将会逐步突破传统的局限,未来在困难气道模型建立、困难气道预测、紧急气道管理、气道处理培训、气道模拟教学等方面的应用前景值得期待。同时对麻醉医师的要求更加全面,对超声的掌握有更高的要求。

超声技术优点颇多,但超声在气道管理方面也有其缺点,超声在气道管理中的应用尚处于探索阶段,目前的超声对气道的解剖识别尤其是气道后壁显示不清、超声探头无法观察整体气道结构,另外超声显示声门上解剖以及对气道水肿的评估有其局限性。超声的诊断评估易受麻醉医师水平的影响,需要进一步培训来完善相关技能和临床操作。

总之,超声在气道管理方面显示出优越性,增加了临床麻醉的工作内容,提高了临床麻醉的安全性与可靠性,相信随着超声仪器的不断改进,超声影像质量的提高以及麻醉科医师对超声的深入理解,超声在麻醉及危重病气道管理中的应用越来越广泛,随着便携式超声的到来,超声将成为像听诊器一样协助临床诊断。

参考文献

[1] 刘孝文,邓晓明. 超声技术在气道管理中的应用[J]. 临床麻醉学杂志,2014,30(3):304-306.

[2] 伦海美,朱尚勇,刘若川,等. 上气道超声表现及其生理径线测值[J]. 中国医学影像技术,2013,29(8):1280-1283.

[3] KUNDRA P,MISHRA SK,RAMESH A. Ultrasound of the airway

[J]. Indian J Anaesth,2011,55(5):456-462.

[4] 刘广宇,薛纪秀,王天龙,等. 超声在临床麻醉气道管理中的研究进展[J]. 中华医学杂志,2015,95(30):2494-2496.

[5] PRASAD A,YU E,WONG DT,et al. Comparison of sonography and computed tomography as imaging tools for assessment of airway structures[J]. J Ultrasound Med,2011,30(7):965-972.

[6] 陈宣伶,李民,郭向阳. 超声在预测困难气道方面的研究进展[J]. 中国微创外科杂志,2017,17(4):360-363.

[7] GARG R,GUPTA A. Ultrasound:a promising tool for contemporary airway management[J]. World J Clin Cases,2015,3(11):926-929.

[8] HUI C,TSUI B C. Sublingual ultrasound as an assessment method for predicting difficult intubation:a pilot study[J]. Anaesthesia,2014,69(4):314-319.

[9] 吴昊,姚卫东,王斌,等. 超声定位舌骨测量舌颏距离预测困难气道的价值[J]. 中华麻醉学杂志,2016,36(3):328-331.

[10] YAO W,WANG B. Can tongue thickness measured by ultrasonography predict difficult tracheal intubation? [J]. British Journal of Anaesthesia,2017,118(4):601.

[11] PINTO J,CORDEIRO L,PEREIRA C,et al. Predicting difficult laryngoscopy using ultrasound measurement of distance from skin to epiglottis[J]. Journal of Critical Care,2016,33:26.

[12] 倪红伟,贺广宝,史东平,等. 超声测量皮肤至会厌距离对困难气道的预测价值[J]. 上海交通大学学报(医学版),2017,37(3):373-376.

[13] XUE F S,SUN C,LIU G P,et al. Predicting difficult laryngoscopy using ultrasound technique[J]. Journal of Critical Care,2016,34:131.

[14] 金梅,孙可,袁亮婧,等. 超声法测量颈前软组织厚度对肥胖患者困难喉镜显露的预测价值[J]. 中华麻醉学杂志,2015,35(1):99-101.

[15] EZRI T,GEWURTZ G,SESSLER DI,et al. Prediction of difficult laryngoscopy in obese patients by ultrasound quantification of anterior neck soft tissue[J]. Anaesthesia,2003,58(11):1111-1114.

[16] REDDY PB,PUNETHA P,CHALAM KS. Ultrasonography - A viable tool for airway assessment[J]. Indian Journal of Anaesthesia,2016,60(11):807.

[17] ANDRUSZKIEWICZ P,WOJTCZAK J,SOBCZYK D,et al. Effectiveness and validity of sonographic upper airway evaluation to predict difficult laryngoscopy[J]. Journal of Ultrasound in Medicine,2016,35(10):2243.

[18] YAO W,ZHOU Y,WANG B,et al. Can mandibular condylar mobility sonography measurements predict difficult laryngoscopy? [J]. Anesthesia & Analgesia,2017,124(3):800.

[19] LIU KH,CHU WC,TO KW,et al. Sonographic measurement of lateral parapharyngeal wall thickness in patients with obstructive sleep apnea[J]. Sleep,2007,30(11):1503-1508.

[20] 胡双燕,仲俊峰,马彩叶,等. 超声技术在重症哮喘患者气管插管中的应用[J]. 中华急诊医学杂志,2014,23(7):818-819.

[21] FIADJOE JE,STRICKER P,GURNANEY H,et al. Ultrasound-guided tracheal intubation:a novel intubation technique[J]. Anesthesiology,2012,117(6):1389-1391.

[22] 王俊安,汪春英. 超声引导与普通喉镜下气管插管的临床应用[J]. 临床麻醉学杂志,2015,31(6):573-575.

[23] TESSARO MO,ARROYO AC,HAINES LE,et al. Inflating the endotracheal tube cuff with saline to confirm correct depth using bedside ultrasonography[J]. CJEM,2015. 17(1):94-98.

[24] LI Y,WANG J,WEI X. Confirmation of endotracheal tube depth using ultrasound in adults[J]. Can J Anaesth,2015,62(7):832.

[25] 董凤林,范晴敏,郑燕,等. 床旁超声引导下气管导管定位的方法研究[J]. 中华超声影像学杂志,2016,25(4):309-312.

[26] 金梅,孙可,袁亮婧,等. 超声快速判断困难气道患者气管导管误入食管的可靠性[J]. 中华麻醉学杂志,2015,35(7):848-850.

[27] ALTUN D,SUNGUR MO,ALI A,et al. Ultrasonographic measurement of subglottic diameter for paediatric cuffed endotracheal tube size selection:feasibility report[J]. Turkish Journal of Anaesthesiology & Reanimation,2016,44(6):301.

[28] SHIBASAKI M,NAKAJIMA Y,ISHII S,et al. Prediction of pediatric endotracheal tube size by ultrasonography[J]. Anesthesiology,2010,113(4):819-824.

[29] LAKHAL K,DELPLACE X,COTTIER JP,et al. The feasibility of ultrasound to assess subglottic diameter[J]. Anesth Analg,2007,104(3):611-614.

[30] SUSTIC A,MILETIC D,PROTIC A,et al. Can ultrasound be useful for predicting the size of a left double-lumen bronchial tube? Tracheal width as measured by ultrasonography versus computed tomography[J]. Clin Anesth,2008,20(4):247-252.

[31] GUPTA D,SRIRAJAKALIDINDI A,HABLI N,et al. Ultrasound confirmation of laryngeal mask airway placement correlates with fiberoptic laryngoscope findings[J]. Middle East J Anaesthesiol,2011,21(2):283-287.

[32] KIM J,KIM JY,KIM WO,et al. An ultrasound evaluation of laryngeal mask airway position in pediatric patients:an observational study[J]. Anesth Analg,2015,120(2):427-432.

[33] ALANSARI M,ALOTAIR H,ASERI ZA,et al. Use of ultrasound guidance to improve the safety of percutaneous dilatational tracheostomy:a literature review[J]. Critical Care,2015,19(1):229.

[34] KRISTENSEN MS,TEOH WH,RUDOLPH SS,et al. A randomised cross-over comparison of the transverse and longitudinal techniques for ultrasound-guided identification of the cricothyroid membrane in morbidly obese subjects[J]. Anaesthesia,2016,71(6):675.

[35] 何许伟,邱倩文,徐俊龙,等. 对比超声辅助与纤维支气管镜辅助下经皮扩张气管切开术的临床应用[J]. 中华急诊医学杂志,2016,25(7):946-949.

[36] OSMAN A,SUM KM. Role of upper airway ultrasound in airway management[J]. Journal of Intensive Care,2016,4(1):52.

(收稿日期:2017-06-26,修回日期:2017-07-13)