

儿童开放性喉气管成形术临床实践指南(2026版)

中国妇幼保健协会妇幼微创专业委员会儿童耳鼻咽喉头颈外科微创学组

[摘要] 喉气管狭窄是儿童常见且病因复杂的疾病,病情严重威胁生命。开放性喉气管成形术是其关键治疗手段,对于围手术期的管理及术者操作技术的要求较高,临床实践中仍存在诸多需要规范的问题。本指南依据循证医学原则,综合国内外最新文献与多学科专家共识,旨在规范并完善喉气管成形术的围术期评估与管理、手术方法与流程,同时梳理相关技术进展,为我国从事儿童喉气道疾病诊治的相关医务人员提供参考依据。

[关键词] 儿童;喉气管狭窄;喉气管成形术;指南

DOI:10.13201/j.issn.2096-7993.2026.02.001

[中图分类号] R762 **[文献标志码]** C

Clinical practice guidelines for pediatric open laryngotracheoplasty(2026)

China Maternal and Child Health Association Minimally Invasive

Chapter Pediatric ORL Group

Corresponding author: LI Xiaoyan, E-mail: chhshent@163.com; LIU Dabo, E-mail: daboliu@126.com

Abstract Laryngotracheal stenosis is a common pediatric disease with complex etiologies, and its severe condition poses a life-threatening risk. Open laryngotracheoplasty serves as the key therapeutic intervention. Given the high requirements for perioperative management and the operator's surgical proficiency, numerous issues requiring standardization persist in clinical practice. Based on the principles of evidence-based medicine, this guideline integrates the latest domestic and international literature as well as multidisciplinary expert consensus. It aims to standardize and refine the perioperative assessment and management, surgical methods and procedures of open laryngotracheoplasty, while systematically summarizing the development of related technologies, thereby providing a reference for medical professionals engaged in the diagnosis and treatment of pediatric laryngotracheal diseases in China.

Key words pediatric; laryngotracheal stenosis; laryngotracheoplasty; guidelines

1 前言

喉气管狭窄是儿童耳鼻咽喉头颈外科中一类常见且病因复杂的疾病,可严重影响患儿的呼吸功能,甚至威胁生命。其病因涵盖先天性因素、创伤(外伤、医源性损伤等)及全身性疾病等多个方面,病变可累及声门上区、声门区、声门下区及气管。

喉气管狭窄的治疗方式主要包括内镜微创手术和开放重建手术两大类,治疗目标是重建通畅气道,恢复患儿正常的呼吸功能。20世纪70年代,Cotton和Fearon首次报道的颈部入路的喉气管成形术,是目前治疗累及声门下狭窄的主要外科术式^[1]。尤其在内镜微创手术疗效不满意或者治疗

失败的情况下,开放性喉气管成形术是改善呼吸功能、实现气管套管拔除、提高生活质量的关键治疗手段。

鉴于喉气管成形术对于麻醉管理及术者操作技术的要求较高,且术后预后个体差异较大,临床实践中仍存在诸多需要规范的问题。为此,我们组织国内儿童喉气道疾病诊治领域的相关专家,结合最新循证医学证据与临床实践经验,共同制定本临床实践指南。本指南旨在规范并完善喉气管成形术的围术期评估与管理、手术方法与流程,同时梳理相关技术进展,为我国从事儿童喉气道疾病诊治的相关医务人员提供参考依据。

*基金项目:上海交通大学“交大之星”计划重点项目(No:YG2023ZD23);上海申康医院发展中心医院新兴前沿技术联合攻关项目(No:SHDC12023104)

通信作者:李晓艳,上海市儿童医院/上海交通大学医学院附属儿童医院(上海,200062),E-mail:chhshent@163.com;

刘大波,南方医科大学深圳医院(广东深圳,518101),E-mail:daboliu@126.com

引用本文:中国妇幼保健协会妇幼微创专业委员会儿童耳鼻咽喉头颈外科微创学组. 儿童开放性喉气管成形术临床实践指南(2026版)[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2026, 40(2): 97-108. DOI: 10.13201/j.issn.2096-7993.2026.02.001.

本指南适用范围为 0~18 岁人群,涵盖新生儿、婴幼儿、儿童及青少年阶段,且经临床诊断为先天性或后天性喉气管狭窄的患儿。

2 术语与定义

喉气管狭窄相关重要概念与术语,见表 1。

表 1 喉气管狭窄相关重要概念与术语

序号	术语(英文,缩写)	定义
1	喉气管狭窄(Laryngotracheal Stenosis,LTS)	指喉部或气管的管腔因先天性发育异常或者后天创伤、感染等原因发生狭窄,引发危及生命的气道梗阻性疾病 ^[2]
2	声门下狭窄(Subglottic Stenosis,SGS)	指位于声门以下至环状软骨下缘的气道,部分发生管腔结构变窄的疾病。可由先天性因素(如环状软骨发育畸形、先天性喉蹼等)或后天性因素(如气管插管、气管切开、外伤、感染、肿瘤等)引起
3	先天性声门下狭窄(Congenital Subglottic Stenosis,Congenital SGS)	出生时即存在的声门下结构异常导致的狭窄,通常因环状软骨发育异常或黏膜下组织增生引起
4	继发性声门下狭窄(Acquired Subglottic Stenosis,Acquired SGS)	后天因素(如长期插管、外伤、感染或炎症性疾病)导致的声门下狭窄
5	插管后声门下狭窄(Post-intubation Subglottic Stenosis,Post-intubation SGS)	因长期气管插管(通常超过 48 h)引起的声门下损伤,表现为黏膜溃疡、肉芽组织增生或纤维化狭窄
6	喉蹼(Laryngeal Web)	喉部先天性或获得性膜状结构,连接声带前段,可能导致声门下或声门区狭窄
7	声门下血管瘤(Subglottic Hemangioma)	声门下区域的良性血管肿瘤,由增生血管组织构成,常导致进行性气道狭窄(狭窄程度可达 10%~99%),多见于婴幼儿
8	肉芽肿性多血管炎相关声门下狭窄(GPA-associated Subglottic Stenosis,GPA-associated SGS)	肉芽肿性多血管炎(一种 ANCA 相关性血管炎)引起的声门下或气管狭窄,表现为复发性炎症和纤维化病变
9	喉气管成形术(Laryngotracheoplasty,LTP)	外科手术修复声门下或气管狭窄,常使用自体软骨(如肋软骨、甲状软骨或舌骨)作为移植物扩大气道管径 I 期喉气管成形术(Single-stage LTP):指在修复狭窄的同时不依赖长期气管造口 II 期喉气管成形术(Double-stage LTP):指手术修复后需保留气管造口作为临时气道,待稳定后再行闭口
10	显微喉气管支气管镜检查(Micro-laryngotracheoscopy,MLB)	使用内镜对喉及气管进行精细检查,用于诊断狭窄、异物或肿瘤性病变
11	环状软骨前裂开(Anterior Cricoid Split,ACS)	外科手术通过正中裂开环状软骨前部以解除声门下狭窄
12	环状软骨后裂开(Posterior Cricoid Split,PCS)	通过环状软骨后部裂开并植入移植物(如肋软骨)以扩大声门下腔的手术方式 ^[3]
13	肋软骨移植物(Costal Cartilage Graft,CCG)	使用自体肋软骨为移植物,用于喉气管重建术中支撑和扩大狭窄的气道
14	甲状软骨移植物(Thyroid Cartilage Graft,TCG)	使用自体甲状软骨作为移植物在喉气管成形术中提供结构支持 ^[3]
15	舌骨移植物(Hyoid Graft)	舌骨或其部分作为移植物用于喉部重建手术
16	气管切开术(Tracheotomy)	外科手术在颈段气管前壁切开,建立有效气道通路,用于严重声门下狭窄或气道梗阻的患儿
17	气管造口术(Tracheostomy)	外科手术在颈段气管前壁造口,建立长期气道通路,用于严重呼吸道梗阻的患儿
18	气管造口前壁塌陷(Anterior Tracheal Wall Collapse)	气管造口术后因软骨支撑不足或软组织增生导致的前壁塌陷
19	气道支架(Airway Stent)	用于喉气管成形术后气道支撑,主要用于 II 期喉气管成形术,有利于气道内黏膜上皮化和气道塑型
20	T 型管(T-tube)	用于 II 期喉气管成形后的气道支架,T 型的三通管道,可通过颈部造口通气 and 进行气道护理。
21	纤维内镜吞咽功能评估(Fiberoptic Endoscopic Evaluation of Swallowing,FEES)	通过经鼻置入纤维内镜,直接观察咽部及喉部结构与分泌物管理,并让受试者吞咽不同性状(液体、糊状、固体、染色食物等)的试验物,评估吞咽安全性与效率的一种检查,提供吞咽后的残留、渗入或误吸的证据。
22	改良钡剂吞咽功能评估(Modified Barium Swallow Study,MBS)	该检查是在透视下记录吞咽过程的动态 X 线造影,用于客观评估口咽期吞咽生理及误吸或残留,并指导吞咽障碍的诊断与治疗策略。它通常与 FEES 并列,被广泛认为是评估口咽期吞咽功能的重要检查手段之一

3 术前评估

准确且全面的术前评估,是确保喉气管狭窄手术安全、顺利实施的关键。术前需系统性地综合病史、症状、检验及检查结果,以全面评估狭窄部位、程度及性质。同时结合患儿的全身状况,判断手术的急迫性、安全性,预测手术疗效及术后并发症发生的风险^[3],并据此为患儿制定个性化的手术方案。具体评估内容可分为以下4个方面,评估流程图见12.2。

3.1 病史评估

病史评估旨在明确喉气管狭窄的病因、病程及相关危险因素。

3.1.1 出生史 收集早产情况(胎龄、出生体重)、分娩方式、围产期窒息史、是否为多胎妊娠史及新生儿期救治状况。该项指标是儿童特有的关键评估指标,用于区分喉气管狭窄是先天性(如环状软骨解剖异常、各种综合征等)还是继发性(如长期插管、创伤、内镜操作或放射治疗)因素所致,后者90%与长期插管相关^[4]。且需注意的是,近年来随着新生儿救治水平的提升,早产儿和婴儿喉气管狭窄发病率呈上升趋势。

3.1.2 发育史与既往史 记录喂养情况及整体发育水平。并明确既往肺部疾病(如支气管肺发育不良)、胃食管反流病(Gastroesophageal Reflux Disease, GERD)及吞咽障碍等合并症,因为以上因素均可能加重狭窄或影响手术效果。

3.1.3 外伤史 排查喉部钝器伤及刀割伤,新生儿还需记录有否产伤史等。

3.1.4 治疗史 回顾既往干预措施,如插管时长及次数、气管切开史、内镜介入治疗、手术及是否使用类固醇激素等。

3.1.5 全身状况与个人史 评估手术耐受力与术后愈合能力。

3.2 症状评估

评估的内容需覆盖患儿的轻微至严重程度的所有症状,以判断狭窄的严重程度和紧迫性。

3.2.1 呼吸道症状 评估是否存在呼吸窘迫、活动性喘鸣、反复发作的喉气管炎及气流梗阻程度。继发性狭窄症状多呈进行性加重,极少自行缓解。需参照Ⅰ~Ⅳ度喉梗阻分级标准明确病情^[5]。

Ⅰ度:在安静状态下无明显的呼吸困难,但轻微活动后出现呼吸困难和喉喘鸣;Ⅱ度:在安静状态下有轻微呼吸困难和喉喘鸣,活动后明显加重,但尚不影响睡眠和饮食,亦无烦躁不安等缺氧症状;Ⅲ度:吸气时呼吸困难明显,喉鸣音甚响,呼吸困难和三凹征明显,并因缺氧而出现烦躁不安,不易入睡,不愿进食,脉搏加快等症状;Ⅳ度:呼吸极度困难。由于严重缺氧和二氧化碳蓄积增多,患儿

坐卧不安,手足乱动,出冷汗,面色苍白或发绀,定向力丧失,心律不齐,脉搏细弱,血压下降,大小便失禁等。如不及时抢救,可因窒息、昏迷及心力衰竭而死亡。

3.2.2 嗓音情况 评估患儿声音嘶哑的程度及性质,该症状的发生与喉气管狭窄累及声门区或声带运动功能受损相关。

3.2.3 吞咽及消化道症状 询问是否有呛咳、误吸等吞咽障碍等症状,上述症状的出现提示需警惕病变累及咽喉部,或合并消化道功能异常。

3.2.4 其他 询问患儿症状对日常活动的影响,例如运动耐量下降或睡眠障碍,为手术时机与方式选择提供参考。

3.3 专科检查

作为评估核心,通过检查明确狭窄解剖特征与功能状态,是个体化手术方案制定的关键。

3.3.1 内镜检查

3.3.1.1 清醒状态下电子喉镜评估(初筛) 该检查在门诊或床旁均可开展,无需麻醉或仅鼻腔表面麻醉;经鼻腔入路操作,患儿不适感轻微,无辐射,且检查具有可重复性。该检查重点观察声门上结构(鼻咽、口咽、喉咽、会厌等)及声门区情况(声带活动、有无肿物及瘢痕形成等)。在视野条件允许且患儿可配合的情况下,可初步评估声门下狭窄的情况。

3.3.1.2 全身麻醉下软镜、硬性喉气管支气管镜检查(精查) 可用软镜模拟睡眠状态行睡眠内镜检查,明确咽喉气道塌陷的具体部位。硬镜检查可获得更加清晰及宽阔的视野,同时完成狭窄相关精准测量与操作。重点评估内容包括:①狭窄定位,明确病变累及声门上区、声门区、声门下区及气管内等部位;②参照 Myer-Cotton、Bogdasarian、Cohen 分级标准完成狭窄程度分级;③狭窄相关参数测量,包括狭窄长度、狭窄上下缘距声门及气管隆突的距离;④狭窄性质判定,是瘢痕、软骨塌陷、粘连还是炎性病变,并需对黏膜的完整性及质地进行评估;⑤是否合并喉软化或气管软化;⑥气管造口患儿需评估造口上方气道塌陷及肉芽情况等。

3.3.2 影像学

3.3.2.1 颈部+胸部增强 CT+三维重建 增强 CT 检查可评估:①狭窄截面形态、管腔大小、长度及范围,鉴别是管内狭窄还是管外受压狭窄;②气道软骨发育畸形、吸收或破坏;③狭窄相关解剖参数;④狭窄与周围组织毗邻关系,指导手术入路;⑤排查气道远端的狭窄^[6]。

3.3.2.2 喉部 MRI 检查 软组织分辨率高,可用于喉部肿瘤侵犯范围评估或血管畸形排查;呼吸困难的患儿可气管插管后再进行该检查。可准确测

量环状软骨及狭窄部位的尺寸,为术前规划提供重要依据。

3.3.2.3 喉部超声检查 适用于环状软骨畸形或外伤后喉软骨损伤评估,可显示甲状软骨、环状软骨轮廓及完整性。

需注意的是,喉气管狭窄患儿在接受影像学检查,需要镇静完成检查时,应有专科医师全程陪同,并监护呼吸安全。未行气管切开的患儿需要准备氧气及插管抢救设备;气管切开者需要提前更换非金属套管、准备好吸痰设备以保持气道通畅。

3.3.3 功能专项评估

以“呼吸、嗓音、吞咽及睡眠”四大核心功能为评估重点,系统完成术前功能状态综合研判,为精准评估手术耐受度、预判术后功能恢复趋势及制定个体化康复方案提供客观依据。

3.3.3.1 呼吸功能评估 学龄儿童建议常规完善肺功能检查,通过客观量化指标明确上气道梗阻的严重程度,以评估患儿手术耐受度,并为术后呼吸功能改善效果的随访与判定提供基线参照。

3.3.3.2 嗓音功能评估 结合患儿年龄及配合度选择合适的评估方式,可配合完成检查的患儿可进行标准化的嗓音功能检测;新生儿及无法配合的婴幼儿,可将哭声录音进行分析完成评估。①主观评估:可采用听感知觉评估,如 GRBAS 量表、CAPE-V 量表,及嗓音相关生活质量评估,如儿童嗓音障碍指数量表(Pediatric Voice Handicap Index, p-VHI)、儿童嗓音相关生活质量量表(Pediatric Voice-Related Quality of Life, pVRQOL)等。②客观评估:通过嗓音分析软件得到基频、振

幅微扰、谐噪比等客观参数,获得术前嗓音参数基线,为术后嗓音功能恢复的量化评估提供对照标准。

3.3.3.3 吞咽功能评估 以临床综合评估为主,重点通过病史采集,详细询问有无饮水呛咳、误吸等吞咽困难的症状,同时结合反复发热、肺部感染病史、生长发育水平等临床指标完成主观评估;对于婴幼儿群体,通过规范化喂养行为观察,直观判断吞咽协调性及进食效率等表现,综合评估吞咽功能状态。

3.3.3.4 睡眠功能评估 多导睡眠监测(Poly-somnography, PSG)可评估患儿的睡眠功能。建议具备检查条件的患儿完成该项检查,对于年龄过小、病情危重或无法配合完成规范监测的患儿,因实施难度较高,可结合临床症状及相关辅助检查完成临床综合评估。

3.4 多学科评估

术前完成肺部功能、咽喉反流状况及营养状态的系统性评估,同时排查神经肌肉病变,中枢神经系统障碍,生长发育异常,以及基因与遗传代谢性相关疾病等,以期明确患儿整体健康基线与共病情况,为后续专科检查及制定个体化诊疗方案提供依据。

本评估环节推行以“患者为中心”的多学科协作模式,整合各专科优势资源,可避免单一学科评估的局限性,明确各科室核心职责分工,经多学科联合研判后共同确定手术方案、围术期管理重点及应急预案,具体分工详见表 2。

表 2 多学科评估详情表

科室/团队	主要角色与职责
耳鼻咽喉头颈外科	牵头实施耳鼻咽喉相关专科检查与喉功能评估;定位狭窄部位、明确狭窄性质与程度;统筹协调多学科诊疗意见,主导制定和优化手术方案
麻醉科	系统评估手术麻醉风险及气道狭窄分级;制定个体化困难气道管理与术中通气策略;维持术中生命体征平稳;参与制定术后镇静与镇痛方案
呼吸与介入科	评估基础肺功能,量化上气道梗阻严重程度;优化围手术期慢性肺部疾病管理;参与评估术后拔管时机
重症监护室	负责术后气道管理与呼吸支持;气道支架、T 管及吻合口的护理;实施规范化的镇静镇痛;维持循环功能稳定;加强营养支持,预防并发症
消化内科	评估与管理胃食管反流/咽喉反流(术后再狭窄的重要危险因素);指导抗反流药物治疗;评估抗反流手术的必要性与时机
言语治疗科与康复科	建立术前嗓音、吞咽功能基线数据库;开展健康宣教,预先指导术后呼吸、嗓音及吞咽训练方法,促进功能恢复

4 手术适应证与禁忌证

4.1 适应证

①Cotton-Myer III-IV 级的喉气管狭窄,或 II 级

狭窄伴有明显临床症状者;病变可累及声门,或同时累及气管第 1~2 环的患儿。②部分声门下狭窄的患儿,包括孤立性声门下狭窄或合并声门下狭窄

的情况。③经2~3次内镜微创手术治疗后,仍无法有效解除狭窄症状者^[7]。④Ⅰ期与Ⅱ期喉气管成形术的术式选择,需结合患儿的整体健康状况和手术范围综合判定。Ⅰ期手术适用于病情较轻,大部分未行气管切开的患儿;Ⅱ期手术则更适用于合并症较多,或需要广泛重建的儿童以及大部分已实施气管切开术的患儿。⑤建议年龄 ≥ 1 岁或体重 ≥ 8 kg,且经充分术前评估的患儿^[8]。对于未达到上述年龄或体重标准但可耐受手术的患儿,若行Ⅱ期手术,术后带管时间会延长。

4.2 禁忌证

①存在无法缓解的、危及生命的全身性疾病:患儿无法耐受全身麻醉和手术创伤者。②依赖呼吸机辅助通气且无法脱离的患儿:包括基础肺功能极差,即使解除气道狭窄仍无法维持有效自主通气;或合并需长期依赖呼吸机的神经肌肉性疾病,手术无法改善自主呼吸功能者,此类手术无临床获益。③存在无法纠正的凝血功能障碍:喉、气管区域血供丰富,凝血障碍可导致术中术后致命性大出血。④存在活动性、未控制的喉气管感染:急性感染期手术易导致移植的软骨或组织坏死、感染,导致手术失败,甚至加重狭窄。应待感染控制后再评估手术时机。⑤合并活动性、未控制的肉芽肿性疾病:如活动期结核、韦格纳肉芽肿(Granulomatosis with Polyangiitis, GPA)、进展期的复发性多软骨炎等。疾病活动期手术可诱发剧烈炎症及瘢痕过度增生,导致狭窄迅速复发或加重,需先通过药物控制原发病后再评估^[9]。

5 手术术式与步骤

喉气管成形术的核心原则是通过切开环状软骨并植入移植物来扩大气道直径重建气道。临床术式选择需严格依据气道狭窄的部位、范围及严重程度,分为环状软骨前裂开、后裂开或前后联合裂开支架移植术;根据术后是否保留气管造口,手术可分为Ⅰ期和Ⅱ期^[10]。

5.1 术式

5.1.1 环状软骨前裂开成形术 适用于环状软骨环形狭窄及气道前部狭窄。通过前正中线切开环状软骨弓,并植入移植物重建气道前壁以扩大气道。

5.1.2 环状软骨后裂开成形术 适用于累及声门下区的声门后狭窄或者合并有环杓关节固定者,通过后正中线切开环状软骨板,并植入移植物。

5.1.3 环状软骨前/后联合裂开成形术 对于严重或复杂性狭窄的患儿,单一裂开术式无法满足气道扩大需求时,可同时进行前部和后部重建,以提供更广泛的气道扩大。

5.1.4 Ⅰ期喉气管成形术 手术后不放置气管切

开套管,术后密切监测血氧饱和度、呼吸频率等通气指标,根据患儿恢复情况,于术后1~14 d内拔除气管插管。

5.1.5 Ⅱ期喉气管成形术 气道重建同期放置气管支架,留置3~12个月以支撑气道壁、维持管腔形态,为气道组织愈合及重塑提供稳定环境,待伤口愈合气道重塑后,再二期手术拔除气管支架;气管造口者应先完成堵管试验,确认气道通畅后,再关闭造口。

5.2 手术步骤

5.2.1 麻醉 全身麻醉。对于Ⅰ期手术中未行气管切开的患儿,需警惕困难气道风险,必要时预防性行气管切开术;已行气管切开者,需更换气管套管为带气囊的麻醉插管,以确保麻醉期间通气稳定。

5.2.2 切口 取颈部气管切开口处作横形切口,长度3~5 cm,依次切开皮肤、皮下组织及颈阔肌。操作时需尽可能保护好颈前静脉,在其浅层游离皮瓣,向上分离至舌骨上缘,向下至气切口下缘1 cm左右。充分暴露颈白线。

5.2.3 环状软骨裂开 裂开管腔后切除瘢痕组织,直至达到正常管腔大小。具体裂开方式如下:①环状软骨前裂开:于前正中线垂直切开环状软骨弓,切开长度需超过狭窄长度,向上可切开部分甲状软骨,必要时行喉裂开术,向下分离时需尽量避免与气管切开口相通^[11],防止术腔污染。②环状软骨后裂开:充分暴露环状软骨后缘,环状软骨后裂开必须在中线并严格垂直软骨平面进行。术中需仔细保护环状软骨背侧的黏膜组织,切口应选在环杓后肌间的间隙内。切开后逐步扩大分开的环状软骨板,直至达到理想的气道管腔宽度。

5.2.4 制备移植物 移植物的作用是撑开切开的环状软骨填补缺口增加气道的周长,永久性扩大气道管径。制备移植物时,需保留一侧软骨膜,且植入时将软骨膜朝向气管内侧,以促进气管内壁上皮化。常用移植物制备方式如下:①肋软骨获取及雕刻:第5~9肋软骨均可作为移植供体,确认好肋软骨位置后,做长3~5 cm的水平切口,切开皮下脂肪组织并向两侧分离,暴露胸壁。逐层分离附着于肋骨表面的肌肉,并仔细保护肋软骨上的软骨膜。充分暴露肋软骨的全长后,根据移植物需求的长度,于两端切断软骨,通常可获取2~4 cm长的肋软骨。若需更大范围重建,可在首次获取肋软骨的上方或下方选取第二根肋软骨。获取完成后,向胸腔内注入无菌生理盐水,观察有无气泡溢出,以排除气胸风险。随后逐层关闭术腔。雕刻塑形需根据移植部位调整:用于前部移植的肋软骨需雕刻为梭形或六边形;用于后部移植的肋软骨需雕刻成长方形或上宽下窄的长条窄梯形。②游离舌骨获取

及雕刻:该方法适合于 1 岁以上儿童。此年龄段儿童舌骨三段尚未完全融合,软骨成分多、空泡化程度低,易于分离和雕刻,适合用作移植植物。随着年龄的增长,舌骨逐渐完全空泡化,修整难度会增加。在颈部原有切口的基础上,将皮瓣翻至舌骨水平,游离舌骨上下附着肌肉。使用电刀分离舌骨中段以及两侧部分,选取舌骨中段制备前部移植植物,两侧部分可制备后部移植植物。

雕刻要求为:舌骨中段需雕刻成梭形,用于气道前壁移植植物(图 1)。舌骨两侧可被修整为长度约 1 cm,宽度约为 5 mm 的长梯形。

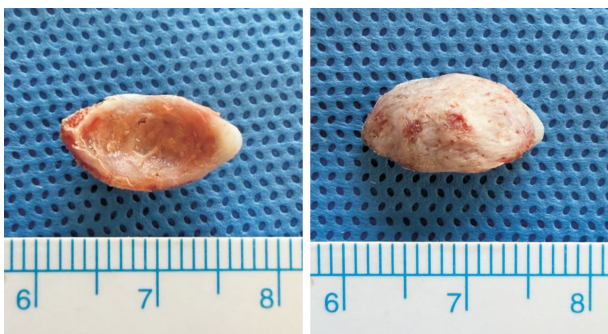
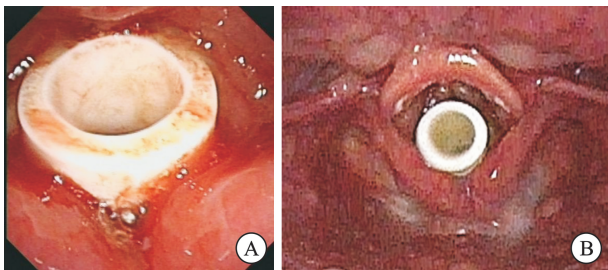


图 1 将保留舌骨膜舌骨中段雕刻成梭形

5.2.5 气管支架的植入 计划行Ⅰ期喉气管成形术的患儿,可将与年龄适配规格的麻醉插管更换为经鼻或者经口插管。拟行Ⅱ期手术的患儿,需先将 T 型管裁剪至适宜长度,术中借助内镜检查判断 T 型管上端安放的位置(图 2)。为预防术后再次出现瘢痕增生及气道狭窄,可于 T 型管周围辅以可降解载药支架,或局部注射糖皮质激素。



A:术中内镜探查确认 T 管位置;B:术后电子喉镜确认 T 管位置。

图 2 内镜检查判断 T 型管上端安放的位置情况

5.2.6 固定移植植物与关闭气道 将移植植物覆盖气道前壁或后壁裂开的缺损处,并使用聚二氧六环酮可吸收缝线(polydioxanone suture,PDS)将移植植物的两侧牢固缝合固定于环状软骨上,确保其位置稳定(图 3)。术毕逐层缝合颈白线、颈前带状肌,以及皮肤,外敷无菌敷料并适度加压包扎。

5.3 移植物的选择

作为喉气管成形术(Laryngotracheoplasty,LTP)的移植植物材料种类较多,临床用于加宽管腔的自体材料包括肋软骨、甲状软骨、舌骨、耳廓软骨、鼻中隔软骨以及胸骨舌骨肌皮瓣、筋膜瓣等软组织瓣,以上材料各有优缺点。

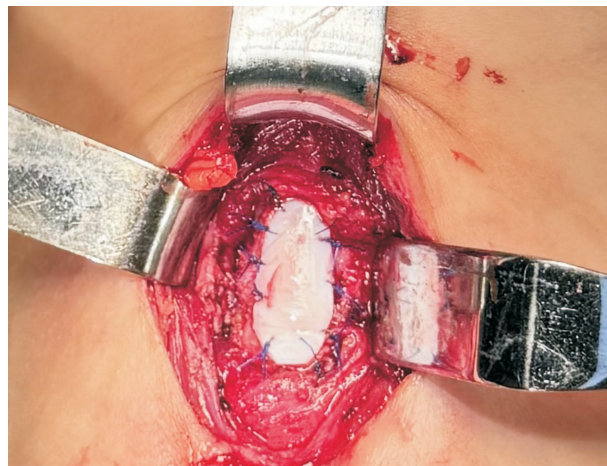


图 3 将移植植物固定于环状软骨裂开处

5.3.1 肋软骨 肋软骨是 LTP 应用最广泛的移植植物,其具备良好的结构刚性与天然生理曲度,材料充足,可便于外科医生进行修剪,能满足较大跨度狭窄的重建修复^[12-13]。其不足之处在于需异位取材及增加 1 个切口,可能会增加胸壁损伤的风险,且对低龄儿童存在胸廓发育相关潜在影响。

5.3.2 舌骨 舌骨与喉解剖位置毗邻,取材于喉气管成形术的同一手术区域,无需额外增加手术切口,可有效减少手术创伤。低龄儿童舌骨尚未骨化,质地柔韧便于修整雕刻,近年来游离舌骨移植应用于儿童 LTP 的临床认可度逐渐提高。当与舌骨下肌肉共同构成复合组织瓣时,舌骨可提供带血运的刚性支撑,显著增强修复效果。术中可根据气道缺损的形态及范围,对舌骨骨段进行个体化修整,以更好贴合缺损区域完成重建^[14-15]。其主要局限性为舌骨组织的长度及体积有限,不适用于狭窄长度>2 cm 的长段气道狭窄修复。

5.3.3 甲状软骨板 甲状软骨板的取材也与 LTP 共用颈部切口,无需额外增加手术入路。甲状软骨板作为复合组织移植植物,兼具结构刚性与黏膜内衬双重优势。相较于儿童,成人甲状软骨板的厚度、弹性及生物力学特性与喉气管软骨的匹配度更佳,其可塑性良好且无需过度修剪即可适配气道缺损区域^[16]。但需注意保护骨膜的完整性,以降低移植植物骨坏死的风险^[17]。

对于气道烧伤或化学性损伤所致的喉气管狭窄,因病变区域气道黏膜血供差,不宜使用游离移植植物重建修复。

5.4 气道支架的选择

I期手术以气管插管作为临时性气道支架,常规放置1~14 d,一般不超过3周。II期喉气管狭窄重建手术时,需在气管管腔内放置支撑管,以保持气道通畅,并在愈合阶段作为支架防止移植物移位。

5.4.1 气管支架种类 目前临床应用最广泛的气道支架是硅酮类气道支架,主要有 Montgomery-T 形管(图4)和 Domon 支架。Montgomery T 型管经近50年的临床应用,其临床认可度高、应用疗效确切,且具备置入操作简便、术后维护便捷的优势^[18]。Dumon 硅胶支架为一体式气管/支气管内导管^[19],术后支架移位、气道结痂等相关并发症需由专业医师处理。膨胀金属支架因价格昂贵,且临床应用中易出现多种非必要性并发症,其在喉气管狭窄重建中的应用价值尚存较大争议^[20]。

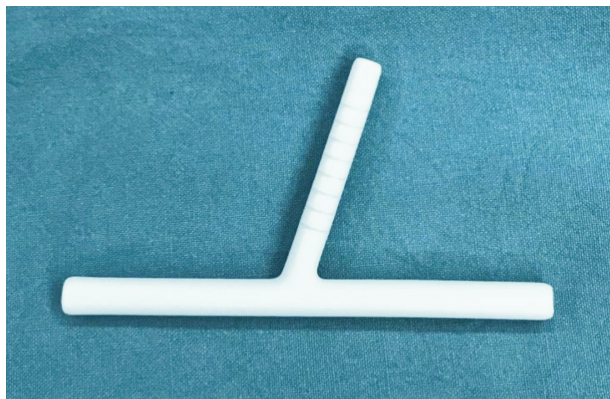


图4 Montgomery T形管

5.4.2 放置位置 T型管的上端应置于声门平面,超过杓状软骨水平为宜,过高会引起进食呛咳,且支架反复摩擦会厌根部可诱发局部肉芽组织增生,严重者可导致会厌穿孔。对于狭窄位置较低的喉气管狭窄患儿,T型管上端无需跨越声门,且可远离声门下,过长的支架易刺激声门区黏膜导致水肿,引起声音嘶哑、呼吸困难等症状,亦可因持续机械性刺激导致声门区瘢痕增生,最终导致气道再次狭窄^[21]。

5.4.3 放置时间 T型管的理想留置时长,目前尚无统一的临床定论。大多数从事喉气管狭窄重建手术的医生主张术后留置6个月及以上^[22],并建议术后每9~12个月检查更换T型管^[23]。长期留置支架可为气道提供更稳定的力学支撑,保障气道管腔形态,临床可结合患儿的临床表现和内镜检查结果,个体化地确定置管时长。

5.4.4 拔管时间与后续处理 拔除支撑管时应更换气管切开套管并堵管观察1~3个月,以便观察有无管腔塌陷、瘢痕再次增生引起的呼吸困难等表

现,必要时可以辅以内镜下气道扩张术对症处理。内镜检查确认管腔通畅后可拔除气管套管。戴管时间过长的患儿气管切开口往往不能自行愈合,可在拔管后病情稳定,确认不再发生狭窄后择期进行气管切开口修补整复手术。

6 围手术期管理

6.1 麻醉与气道管理

由儿科麻醉专家实施麻醉,术前需备有不同型号气管插管及气管切开器械。此外,LTP术后镇静药物减量是围术期麻醉的关键组成部分,对其实施标准化管理可有效缩短镇静药物减量时长^[24]。术中需监测气道压力、血氧饱和度、动脉血气分析等指标,警惕因支架移位导致的气道梗阻。

6.2 感染控制

术前常规采集气道分泌物进行细菌培养;围术期针对定植菌(如耐甲氧西林金黄色葡萄球菌)选用敏感的抗菌药物进行治疗^[25]。鉴于颈部切口存在感染风险,甚至可能是感染切口,建议术后抗生素使用至少1周。

6.3 营养与康复

根据患儿需要留置胃管,术后早期与营养科医师及言语治疗师合作,制定个体化方案逐步恢复经口进食。同时术后可给予质子泵抑制剂(proton pump inhibitor,PPI)进行抑酸治疗,预防胃食管反流。短暂性的吞咽障碍可在3个月内恢复,若存在顽固的吞咽障碍,可考虑实施胃造瘘。

6.4 重症监护室监护

I期手术患儿,术后气管插管需维持1~14 d,期间应在儿科重症监护室(Intensive Care Unit, ICU)监护。在监护室顺利拔管后,仍需在监护室严密观察呼吸功能、有无出血、伤口水肿等情况,待生命体征平稳24~48 h后,方可转回普通病房。II期手术患儿,因术后留置T型管支撑和通气保障,可根据患儿实际病情评估,决定是否转回普通病房^[26]。

6.5 伤口护理

术后每日更换伤口敷料,颈前需适当加压固定,以防移植物移位。

7 并发症的处理

7.1 出血

术中出血需立即采取止血措施,可使用电凝或低温等离子止血。术后24~48 h,若患儿出现颈部血肿、呼吸困难、血压下降等症状,需高度警惕伤口活动性出血的可能,应及时评估并完善相关检查,必要时急诊返回手术室进行止血。同时需密切观察气管插管及气管切开口内吸出物的性状及量,动态监测出血相关指标。

7.2 喉气道水肿

I期手术患儿拔出气管插管后48 h内,若出

现喉鸣、呼吸音减弱、血氧饱和度下降等表现,需及时行喉镜检查明确喉气道通畅情况,排除移植物移位等。治疗上可静脉应用糖皮质激素(如甲泼尼龙),同时联合雾化吸入糖皮质激素减轻水肿。必要时需再次气管插管或气管切开,甚至转为Ⅱ期喉气管成形术。

7.3 吻合口裂开/气管瘘

该并发症多出现在术后 7~14 d,主要表现为皮下气肿、颈部渗液、发热等,颈部 CT 及内镜检查可辅助明确诊断。对于症状较轻、瘘口较小者,予以禁食、胃肠减压、抗感染、局部负压引流等保守治疗后多可缓解。对于瘘口较大、症状严重或保守治疗无效的持续性漏,需再次手术修补,术中常采用局部组织瓣或自体软骨加固^[27]。

7.4 感染/脓肿

伤口感染多发生于术后 1 周左右,尤其当移植骨与气切口紧贴时。临床表现为发热、颈部皮肤局部红肿、疼痛,当脓肿形成时可触及波动感。治疗原则:初始选用覆盖呼吸道常见病原菌的广谱抗生素,同时行血培养及伤口脓液培养明确病原菌,根据培养结果调整抗生素;若已形成脓肿,需立即行脓肿切开引流或手术清创治疗。

7.5 肉芽组织/移植物移位/再狭窄

术后 1~3 个月为高发期,Ⅰ期手术患儿若出现呼吸困难、喘鸣、声音嘶哑等症状,需警惕肉芽组织或瘢痕组织再次增生。Ⅱ期 T 管置入患儿若原本可顺利堵管,后期出现无法堵管的情况,多提示 T 管上方存在肉芽组织增生。可采用内镜下肉芽组织切除、球囊扩张,或局部注射抗瘢痕增生的药物等治疗。Ⅱ期手术患儿若出现颈部皮下气肿,提示可能存在移植物移位,颈部 B 超检查可帮助确认。再狭窄多发生于Ⅰ期患儿术后数周至数月,表现为渐进性呼吸困难,内镜检查可见气道内红色赘生物或管腔再度狭窄。

7.6 喉返神经损伤

术后早期出现声音嘶哑、饮水呛咳等表现,需及时行电子喉镜检查评估声带活动情况。若术中发现喉返神经损伤,可考虑一期显微吻合;若术后才发现损伤,则以嗓音康复训练为主。

7.7 气道支架并发症

7.7.1 呼吸困难 多因 T 型管被黏稠分泌物堵塞所致,需加强气道湿化。可根据痰液的性状、黏稠度调整湿化频次和药物^[28]。若发生严重窒息,需立即抢救,尽快拔出支架并置入普通气管套管保障气道通畅。

7.7.2 持续性刺激性咳嗽 多因 T 型管末端抵住气管隆突或声门下区域所致,或硅酮支架移位刺激隆突所致。预防的关键在于术前精确测量气管长度,据此选择并调整 T 型管尺寸。建议在放置 T

型管后,通过内镜对气管及声门下区域进行仔细检查,确认支架位置无误。必要时需对 T 型管进行重新裁剪修整。

7.7.3 皮下气肿或肺气肿 多由 T 型管管径选择不当所致,可通过局部伤口重新缝合加固,或更换合适尺寸的 T 型管来解决^[29]。

7.7.4 饮水呛咳 因支架放置位置过高、超过声门过多,导致会厌关闭不全。必要时重新评估支架位置、调整支架位置或更换合适型号的支架。

7.7.5 咳嗽伴咳痰 通常由下呼吸道感染所致。因 T 型管会干扰气道正常黏液纤毛清除功能,导致黏液滞留和继发感染。治疗上需选用针对性的抗生素和支气管扩张剂进行治疗。早期开展规律胸部物理治疗和呼吸锻炼对预防和缓解该并发症至关重要。

7.7.6 肉芽组织增生 多见于 T 型管两端或造口处,可先采用全身应用抗生素及吸入性糖皮质激素进行保守治疗^[30]。若下端肉芽组织增生引起呼吸困难,且保守治疗无效时,需在内镜下进行肉芽组织清理;对于上端肉芽导致无法堵管者,通常在拔除 T 型管后症状可自行缓解。加强对患儿及家属进行 T 型管维护的健康教育,教会其掌握 T 型管应急措施及求助途径极为重要。

8 手术效果评价

8.1 主要指标

儿童 LTP 的核心目标是实现成功拔管,重建一个稳定且功能良好的气道。拔管成功是 LTP 手术成功的关键指标。

8.2 次要指标

呼吸功能/气道状态、嗓音功能、吞咽功能及生长发育情况^[31]。

常用的是儿童 LTP 术后疗效评分:本评分方案旨在系统评估儿童喉气管成形术/重建术的术后疗效,评估维度涵盖呛咳程度、吞咽功能、声音嘶哑、呼吸困难分级、喉内镜瘢痕增生程度、气管插管拔管率及二次手术必要性等指标。总分范围为 0~21 分,分值越低表示疗效越好。评分细则见 12.3。

8.3 生长发育情况

LTP 术后患儿气道梗阻解除后,儿童的生长发育潜力可以得到释放。需定期监测患儿体重、身高/身长、头围等生长指标,绘制生长曲线图,并动态追踪各项指标所在百分位数的变化趋势。治疗目标为促进生长曲线从术前的“平台期”或“下降趋势”转变为追赶性生长,最终回归到与其遗传背景相符的正常生长轨道上。

9 随访

术后随访应系统化、分阶段实施。Ⅰ期手术随访可分为短期、中期及长期 3 个阶段。Ⅱ期手术随访需结合带管期、堵管期及拔管后不同阶段实施:

带管期随访时间点为术后1个月、3个月、6个月,直至支架拔除;换管后堵管期随访时间点为堵管后1个月、2个月、3个月;拔管后随访方案与Ⅰ期手术一致,分为短期、中期和长期。这种分层随访模式有助于及时发现并处理各阶段的特殊情况,确保患儿获得连续性的治疗。

9.1 短期随访

集中于术后半年内,重点评估患儿生命体征稳定性及早期并发症发生情况。除常规监测血氧饱和度、呼吸频率等基础生命体征外,需重点关注营养摄入情况及伤口愈合情况。同时需详细记录手术部位愈合情况,包括感染、皮下气肿、伤口裂开等并发症的发生事件、程度及处理结局。对于非计划再手术的病例,应进行重点分析和讨论,以优化后续治疗策略^[32]。

9.2 中期随访

术后半年至3年,核心目标是评估气道结构与功能恢复情况,同时同步评估生长发育进展及患儿生活质量。

9.3 长期随访

术后3年以上,旨在确保患儿获得持续、稳定的康复效果。此阶段除持续关注气道通畅性外,还需重点评估手术对患儿身心发育的长期影响。建议采用疾病特异性生活质量量表进行定期评估,同时开展家属满意度调查。气道长期通畅状况(如10年等)是评价手术远期效果的重要指标,应纳入常规随访内容^[33]。

若随访过程中出现手术部位感染、支架脱出等异常情况,应立即启动应急预案,及时上报手术医师并组织多学科会诊。出院后若出现发热、喘鸣等症状,应指导家长于就近医疗机构就诊,同时加强随访密度,必要时启动绿色通道,确保患儿得到及时、有效的医疗干预。

10 质量控制

医疗质量与安全是手术成功的核心保障,需建立规范化的患儿安全管理制度。质量控制体系应贯穿术前评估、术中操作和术后管理的全过程,形成完整的质量管控体系。

10.1 建立严格的手术准入制度

术者需熟练掌握喉、气管的复杂解剖结构,具备5年以上儿童气道外科临床经验,能独立处理各类复杂的喉和气管病变。手术团队应定期接受专业技能培训,及时更新手术技术和围术期管理理念。医疗机构需配备完善的儿科重症监护设施,包括适用于不同年龄段患儿的高级呼吸机和精准的气道压力监测设备等,为围手术期患儿安全提供硬件保障。

10.2 构建标准化的临床数据库

数据库应涵盖患儿生长发育基线特征、气道狭窄的详细解剖特点、呼吸、嗓音及吞咽功能评估基

线、手术技术参数及各类预后指标。通过规范化的数据采集,为医疗质量评估、临床研究开展及多中心合作提供可靠的数据支持。建议定期进行数据质量审核,确保数据的完整性、准确性与规范性。

10.3 规范术前沟通与知情同意流程

术前需通过标准化流程向家属详细说明治疗方案、预期效果及潜在风险,重点强调再次干预的可能性及其在整体治疗过程中的意义。帮助家属理解“功能性康复”的理念,即术后可能在嗓音、吞咽等方面存在可接受的后遗症,引导建立合理的治疗预期。同时为患儿及家属提供持续的心理支持,帮助家庭应对治疗过程中的各种挑战。

11 展望

随着生物工程科技的发展,生物可降解支架的诞生,有望使用可降解镁合金等材料,配合3D打印技术,设计出更符合喉部解剖和更柔软的材质,旨在减少并发症,同时在提供临时支撑后可自行降解,避免二次手术取出。运用人工智能与精准医疗,AI辅助诊疗可通过分析面部特征预测困难气道,或通过分析影像学资料辅助诊断和分型。有望整合多模态数据,构建预后预测模型,为手术方案选择提供循证支持^[34]。

12 附录

12.1 欧洲喉科学会(ELS)分类系统

根据狭窄程度(依据Cotton-Myer系统分为Ⅰ~Ⅳ级)、受累亚部位数量(声门上区、声门区、声门下区和气管中1~4个亚部位分别用“a”至“d”表示)以及是否存在全身性合并症(用“+”号表示)进行分期。前连合(喉蹼等)分型参照Cohen分型。声门后狭窄分型参照Bogdansarian分级。

Myer-Cotton分级:按照阻塞平面狭窄面积占正常管腔面积的百分比计算^[35]。Ⅰ度狭窄面积≤50%;Ⅱ度狭窄面积50%~70%;Ⅲ度狭窄面积为71%~90%;Ⅳ度为完全阻塞。

Cohen分型:用来描述喉胚胎发育过程中,声门腔形成时喉蹼的堵塞程度^[36]。4种喉蹼类型与症状的严重程度相关:Ⅰ型为喉蹼位于声门前,占声门腔≤35%;Ⅱ型在35%~50%之间;Ⅲ型在51%~75%之间;Ⅳ型涉及到76%或更多的声门腔。

Bogdansarian分型:是一种专门用于声门后狭窄的分类系统,该系统根据瘢痕组织的分布范围和严重程度^[37],将声门后狭窄分为4个类型:Ⅰ型,构间区瘢痕带,不延伸至后连合;Ⅱ型,构间区瘢痕延伸至后连合;Ⅲ型,后连合瘢痕累及单侧环杓关节;Ⅳ型,后连合瘢痕累及双侧环杓关节。

12.2 术前评估流程

术前评估流程见图5。

12.3 儿童喉气管成形术后疗效评分

儿童喉气管成形术后疗效评分见表3。

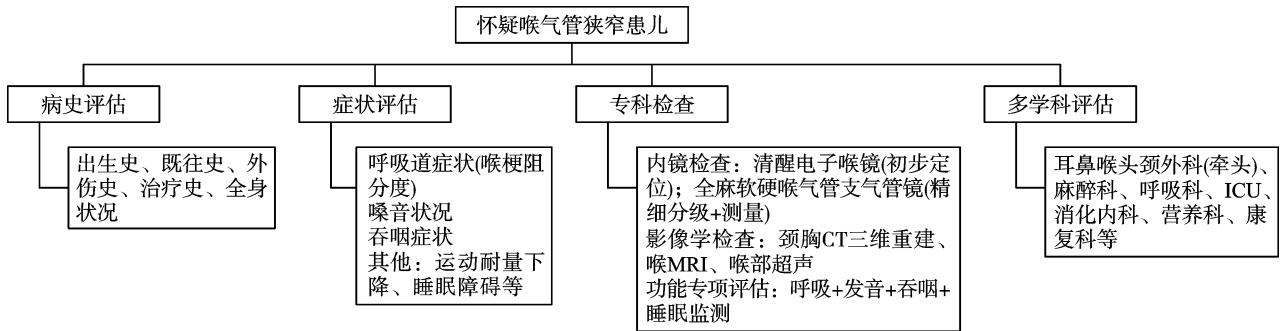


图 5 术前评估流程

表 3 儿童喉气管成形术后疗效评分

序号	评分项目	评分依据	评分			
			0 分	1 分	2 分	3 分
1	误吸	术后呛咳频率及严重程度, 反映气道保护功能恢复情况 ^[38]	无呛咳(正常饮食)	轻度呛咳(偶发, 不影响进食)	中度呛咳(频繁, 需调整饮食质地)	重度呛咳(持续, 需鼻饲或管饲)
2	吞咽功能	采用视觉模拟量表(VAS)评估吞咽障碍程度(0~10 分, 分值越高障碍越严重) ^[39]	VAS ≤ 2 分(吞咽正常)	VAS 3~4 分(轻度障碍, 偶有吞咽困难)	AS 5~6 分(中度障碍, 需稠食喂养)	VAS ≥ 7 分(重度障碍, 依赖管饲)
3	声音嘶哑程度	采用 CAPE-V (Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice) 共识听觉感知嗓音评估量表(总分 0~100 分) ^[40]	CAPE-V ≤ 20(声音正常)	CAPE-V 21~40(轻度嘶哑, 不影响交流)	CAPE-V 41~60(中度嘶哑, 嗓音粗糙)	CAPE-V ≥ 61(重度嘶哑, 声带固定或闭合不全)
4	呼吸困难程度	参考喉梗阻 I~IV 分度, 术后随访采用喉梗阻分级评估活动耐量 ^[41]	无呼吸困难(活动正常)	轻度呼吸困难(活动后轻微气促)	中度呼吸困难(静息时轻度气促, 活动后加重)	重度呼吸困难(静息时明显气促, 三凹征阳性)
5	喉内镜瘢痕增生	通过术后喉镜检查, 按 Myer-Cotton 分级评估再狭窄程度 ^[35]	无狭窄(Myer-Cotton I 级)	轻度狭窄(Myer-Cotton II 级, 阻塞 51%~70%)	中度狭窄(Myer-Cotton III 级, 阻塞 71%~99%)	重度狭窄(Myer-Cotton IV 级, 完全阻塞)
6	气管插管拔管率	是否成功拔管及拔管时间 ^[42-43]	术后一次性拔管成功	T 型管/气管套管留置 6~12 个月拔管	带管 > 12 个月后拔管	拔管失败(依赖气管切开)
7	二次手术必要性	是否因再狭窄或并发症需二次手术, 再狭窄需二次手术 ^[39, 44]	无需二次手术	术后肉芽增生需内镜干预	因移植物感染/坏死需局部修复	需挽救性开放手术(如再次重建)

撰写专家:

李晓艳 上海市儿童医院/上海交通大学医学院附属儿童医院
刘大波 南方医科大学深圳医院
陈 飙 华中科技大学同济医学院附属协和医院
张 杰 首都医科大学附属北京儿童医院
姚红兵 重庆医科大学附属儿童医院
邹 剑 四川大学华西医院
张恩东 威海市妇幼保健院
唐新业 重庆医科大学附属儿童医院
马 静 昆明市儿童医院/昆明医科大学附属医院

陈佳瑞 上海市儿童医院/上海交通大学医学院附属儿童医院
吕 丹 四川大学华西医院
宋 伟 大连市妇女儿童医疗中心(集团)
陈 超 复旦大学附属儿科医院
李幼瑾 上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心
刘广平 天津市儿童医院/天津大学儿童医院
夏忠芳 华中科技大学同济医学院附属武汉儿童医院
潘宏光 深圳市儿童医院
钟建文 南方医科大学深圳医院

寇巍 四川大学华西第二医院/四川大学华西妇产儿童医院
 刘学军 温州医科大学附属第二医院
 孙晓卫 山东大学附属儿童医院
 裴江 东莞市儿童医院
 魏嵘 上海市儿童医院/上海交通大学医学院附属儿童医院
 段清川 首都医科大学附属北京儿童医院

讨论专家:

邹宇 广东省妇幼保健院
 黄敏 湖南省儿童医院
 僧东杰 郑州大学附属儿童医院/河南省儿童医院
 姜岚 郑州大学附属儿童医院/河南省儿童医院
 牟鸿 山东大学附属儿童医院
 徐宏鸣 上海市儿童医院/上海交通大学医学院附属儿童医院
 高兴强 厦门市儿童医院/复旦大学附属儿科医院厦门医院
 刘敏 成都市妇女儿童医院
 徐浪 四川大学华西第二医院/四川大学华西妇产儿童医院
 刘金柱 天津市儿童医院/天津大学儿童医院
 唐鸣 宁波大学附属妇女儿童医院
 李为 唐山市妇幼保健院
 杨一晖 宁波大学附属妇女儿童医院
 程超 深圳龙岗耳鼻喉医院
 耿江桥 河北省儿童医院/河北省第五医院
 王彤 江西省儿童医院
 雷盛钦 江西省妇幼保健院
 张国旺 厦门市妇幼保健院/厦门大学附属妇女儿童医院
 于海玲 青岛大学附属妇女儿童医院
 王勤学 山西省儿童医院/山西省妇幼保健院
 袁洛花 四川省妇幼保健院

秘书:

陈佳瑞 上海市儿童医院/上海交通大学医学院附属儿童医院
 仇书要 南方医科大学深圳医院

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 陈佳瑞,李晓艳. 儿童喉气管狭窄临床诊断与治疗进展[J]. 国际耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2021, 45(5): 270-275.
- [2] Woliansky J, Paddle P, Phyland D. Laryngotracheal stenosis management: a 16-year experience[J]. Ear Nose Throat J, 2021, 100(5): 360-367.
- [3] Hanlon K, Boesch RP, Jacobs I. Subglottic stenosis

- [J]. Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care, 2018, 48(4): 129-135.
- [4] Alshammari J, Arafat A, Halawani M. Laser-assisted endoscopic cricotracheal stenosis resection (CTSR) in paediatric congenital cartilaginous subglottic stenosis[J]. Int J Otolaryngol, 2020, 2020: 9528249.
- [5] 张欣, 张罗. 耳鼻咽喉头颈外科学(第10版)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2025: 339-339.
- [6] Romero-Sanchez GT, Ramirez-Garcia K, González Putoy MY, et al. Imaging evaluation of laryngotracheal stenosis[J]. Radiographics, 2025, 45(8): e240206.
- [7] Maeda K, Ono S, Baba K. Management of laryngotracheal stenosis in infants and children: the role of re-do surgery in cases of severe subglottic stenosis[J]. Pediatr Surg Int, 2013, 29(10): 1001-1006.
- [8] Chen SM, Shen CL, Li XY. Clinical effectiveness of treating laryngotracheal stenosis with free hyoid bone reconstruction of the cricoid cartilage: a case series[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2022, 160: 111227.
- [9] Fiz I, Fil Mauro M, Sampieri C, et al. Analysis of complications in (crico-) tracheal resection anastomosis in adults: a multicenter study[J]. Laryngoscope, 2023, 133(11): 2910-2919.
- [10] Saunders MW, Thirlwall A, Jacob A, et al. Single-or-two-stage laryngotracheal reconstruction: comparison of outcomes[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 1999, 50(1): 51-54.
- [11] ElSobki A, El-Kholy N. Open paediatric laryngotracheal reconstruction: a five-year experience at a tertiary referral centre[J]. J Laryngol Otol, 2023, 137(2): 192-199.
- [12] Furuta S, Nagae H, Ohyama K, et al. Therapeutic effectiveness of costal cartilage grafting into both anterior and posterior walls for laryngotracheal reconstruction in acquired subglottic stenosis[J]. Pediatr Surg Int, 2021, 37(5): 555-559.
- [13] Awadh MA, Alqutub A, Alzahrani MA, et al. Comparative success of different graft types in pediatric laryngotracheal reconstruction: a systematic review and meta-analysis[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2025, 282(9): 4417-4442.
- [14] Kechian J, Lawson G, Orban D, et al. Composite hyoid-sternohyoid interposition graft in the surgical treatment of laryngotracheal stenosis[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2000, 257(10): 542-547.
- [15] Ouyang D, Liu TR, Liu XW, et al. Combined hyoid bone flap in laryngeal reconstruction after extensive partial laryngectomy for laryngeal cancer[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2013, 270(4): 1455-1462.
- [16] Fayoux P, Devisme L, Merrot O, et al. Thyroid alar cartilage graft in laryngoplasty: anatomical study in premature and newborn babies[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2002, 66(3): 259-263.
- [17] Cansiz H, Yener HM, Sekercioglu N, et al. Laryngotr-

- acheal reconstruction with a muscle-pedicle hyoid bone flap; a series of 23 patients[J]. *Ear Nose Throat J*, 2004, 83(6): 424-427.
- [18] Lee P, Kupeli E, Mehta AC. Airway stents[J]. *Clin Chest Med*, 2010, 31(1): 141-150.
- [19] Lin LQ, Chen DF, Wu HK, et al. Long-term efficacy and safety of the Dumon stent for treatment of benign airway stenosis[J]. *Ther Adv Respir Dis*, 2023, 17: 17534666231181269.
- [20] Lund ME, Force S. Airway stenting for patients with benign airway disease and the Food and Drug Administration advisory: a call for restraint[J]. *Chest*, 2007, 132(4): 1107-1108.
- [21] Shi S, Chen DH, Li XY, et al. Outcome and safety of the Montgomery T-tube for laryngotracheal stenosis: a single-center retrospective analysis of 546 cases[J]. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*, 2014, 76(6): 314-320.
- [22] Martinez-Ballarín JI, Diaz-Jimenez JP, Castro MJ, et al. Silicone stents in the management of benign tracheobronchial stenoses. Tolerance and early results in 63 patients[J]. *Chest*, 1996, 109(3): 626-629.
- [23] Carretta A, Casiraghi M, Melloni G, et al. Montgomery T-tube placement in the treatment of benign tracheal lesions[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2009, 36(2): 352-356.
- [24] Kozin ED, Cummings BM, Rogers DJ, et al. System-wide change of sedation wean protocol following pediatric laryngotracheal reconstruction[J]. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*, 2015, 141(1): 27-33.
- [25] Smith MM, Buck LS. Update on the diagnosis and management of pediatric laryngotracheal stenosis[J]. *Expert Rev Respir Med*, 2022, 16(10): 1035-1041.
- [26] Agrawal N, Black M, Morrison G. Ten-year review of laryngotracheal reconstruction for paediatric airway stenosis[J]. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2007, 71(5): 699-703.
- [27] George M, Ikonomidis C, Jaquet Y, et al. Partial cricotracheal resection in children: potential pitfalls and avoidance of complications[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2009, 141(2): 225-231.
- [28] Smith DF, de Alarcon A, Jefferson ND, et al. Short-versus long-term stenting in children with subglottic stenosis undergoing laryngotracheal reconstruction[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2018, 158(2): 375-380.
- [29] Prasanna Kumar S, Ravikumar A, Senthil K, et al. Role of Montgomery T-tube stent for laryngotracheal stenosis[J]. *Auris Nasus Larynx*, 2014, 41(2): 195-200.
- [30] Mammana M, Verzeletti V, Baldi M, et al. Surgery for tracheal and laryngotracheal stenosis: a historical case series[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2024, 65(2): eae026.
- [31] Balakrishnan K, Sidell DR, Bauman NM, et al. Outcome measures for pediatric laryngotracheal reconstruction: International consensus statement[J]. *Laryngoscope*, 2019, 129(1): 244-255.
- [32] Cheung PKF, Koh HL, Cheng ATL. Complications and outcomes following open laryngotracheal reconstruction: a 15 year experience at an Australian paediatric tertiary referral centre[J]. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2021, 145: 110687.
- [33] Timman ST, Schoemaker C, Li WWL, et al. Functional outcome after (laryngo) tracheal resection and reconstruction for acquired benign (laryngo) tracheal stenosis[J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2018, 7(2): 227-236.
- [34] Nakamura H, Fukuda K, Asano T, et al. Development of an artificial intelligence-assisted system for tracheal intubation using a video laryngoscope in infants and neonates[J]. *J Clin Anesth*, 2025, 106: 111914.
- [35] Myer CM 3rd, O'Connor DM, Cotton RT. Proposed grading system for subglottic stenosis based on endotracheal tube sizes[J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1994, 103(4 Pt 1): 319-323.
- [36] Cohen SR. Congenital glottic webs in children: a retrospective review of 51 patients[J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1985, 94(6 suppl): 2-16.
- [37] Bogdasarian RS, Olson NR. Posterior glottic laryngeal stenosis[J]. *Otolaryngol*, 1980, 88(6): 765-772.
- [38] 董菲菲, 徐宏鸣, 胡彬, 等. 游离舌骨重建环状软骨气管成形术的围术期管理策略[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2021, 35(12): 1120-1123.
- [39] 刘晓君, 陈佳瑞, 徐宏鸣, 等. 游离舌骨重建环状软骨治疗获得性声门下狭窄的疗效评估[J]. *中国耳鼻咽喉头颈外科*, 2021, 28(1): 10-13.
- [40] Dahan Z, Pinciv A, Nhan C, et al. Characterizing dysphonia after pediatric open airway reconstruction: systematic review and meta-analysis[J]. *J Otolaryngol Head Neck Surg*, 2024, 53: 19160216241266570.
- [41] 李琪, 王鹏程, 倪伟华, 等. 球囊扩张喉气管成形术治疗婴幼儿继发性声门下狭窄的效果分析[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2025, 39(2): 124-127.
- [42] Tang XY, Yang Y, Zhang ZH, et al. Immediate extubation after single-stage laryngotracheal reconstruction for subglottic stenosis in children[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2023, 280(6): 2897-2904.
- [43] Beatrix Christina Kokje V, Ishii A, Sandu K. Moderate grade subglottic stenosis in children: Laryngotracheal reconstruction versus cricotracheal resection and anastomosis[J]. *Front Pediatr*, 2022, 10: 914892.
- [44] Maunsell R, Lacerda NS, Prata L, et al. Pediatric airway reconstruction: results after implementation of an airway team in Brazil[J]. *Braz J Otorhinolaryngol*, 2020, 86(2): 157-164.

(收稿日期: 2026-01-06)