

· 综述 ·

儿童前尿道狭窄病因、诊断评估与治疗策略研究进展

姜壮雨^{1,2}, 白明²

(1. 西安医学院研究生工作处, 陕西西安 710021; 2. 西安交通大学附属儿童医院泌尿外科, 陕西西安 710003)

Research progress on the etiology, diagnostic evaluation and treatment strategies of anterior urethral strictures in children

JIANG Zhuangyu^{1,2}, BAI Ming²

(1. The Graduate School of Xi'an Medical University, Xi'an 710021; 2. Department of Urology, Children's Hospital Affiliated to Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710003, China)

ABSTRACT: Anterior urethral stricture in children is relatively rare. Its clinical manifestations mainly include persistent lower urinary tract obstruction, recurrent urinary tract infection and bladder dysfunction. In severe cases, it may even involve the upper urinary tract and affect long-term urogenital function. Unlike adult cases, pediatric anterior urethral stricture is predominantly attributable to iatrogenic and traumatic causes, among which post-hypospadias stricture represents the subtype most characteristic of pediatric urology and the most challenging in terms of reconstruction. Diagnosis should be based on a detailed medical history, voiding symptoms, and physical examination, in conjunction with uroflowmetry, post-void residual, retrograde urethrography, voiding cystourethrography, and urethroscopy, so as to provide a comprehensive assessment of stricture location, extent of disease, degree of obstruction, spongiositis, and local tissue conditions. Treatment strategies should be guided primarily by etiology and preoperative stratification. Dilatation or direct visual internal urethrotomy may be cautiously considered for localized, primary, non-obstructive strictures, although their long-term efficacy is limited. Focal bulbar strictures are generally more suitably managed by radical open reconstruction, whereas more extensive, recurrent, post-hypospadias, or inflammatory strictures often require substitution urethroplasty using buccal mucosa or staged reconstruction. Outcome assessment should not rely solely on short-term urethral patency, but also incorporate voiding symptoms, uroflowmetry, post-void residual, and when necessary, imaging evaluation. Long-term follow-up through puberty and early adulthood is essential to identify delayed obstruction as well as long-term voiding and sexual functional outcomes. At present, evidence in the field of pediatric anterior urethral stricture management remains predominantly derived from retrospective single-center studies, outcome measures are not standardized, and long-term follow-up data across puberty are insufficient. Future research should focus on establishing pediatric-specific stratification systems and core outcome measures, as well as strengthening multicenter prospective studies, in order to optimize individualized reconstructive strategies and long-term functional outcomes.

KEY WORDS: children; anterior urethral stricture; hypospadias; urethroplasty; uroflowmetry; long-term follow-up

摘要: 儿童前尿道狭窄较为少见, 其临床表现大多为持续性下尿路梗阻、反复尿路感染、膀胱功能异常, 严重者甚至累及上尿路并影响远期泌尿生殖功能。与成人不同, 儿童前尿道狭窄以医源性和外伤性病因为主, 其中尿道下裂术后狭窄是最具小儿泌尿外科特点且重建难度最高的复杂亚型。儿童前尿道狭窄的诊断应以病史、排尿症状和体格检查为基础, 结合尿流率、残余尿、逆行尿道造影、排泄性膀胱尿道造影及必要时行尿道镜检查, 并对狭窄部位、病变范围、闭塞程度、海绵体纤维化及局部组织条件进行综合评估。治疗策略应以病因和术前分层为核心: 局限性、初发、非闭塞性狭窄可谨慎选择扩张或直视下内切开, 但长期疗效有限; 局灶性球部狭窄宜优先考虑根治性开放重建; 范围较广、复发性、尿道下裂术后或炎症性狭窄常需口腔黏膜替代尿道成形或分期重建。疗效评价不应仅以短期排尿通畅为标准, 还应结合排尿症状、尿流率、残余尿及必要时影像学检查进行综合评估, 并重视青春期及成年早期的长期功能随访, 以识别迟发性梗阻及远期排尿和性相关功能问题。当前儿童前尿道狭窄诊疗领域证据仍以回顾性单中心研究为主, 结局指标尚不统一, 跨青春期长期随访资料不足。未来应建立更符合儿童特点的分层体系与核心结局指标, 并加强多中心前瞻性研究, 以优化个体化重建策略和改善长期功能结局。

收稿日期: 2026-04-11

修回日期: 2026-05-28

通信作者: 白明, 主任医师。E-mail: baiming2010@163.com

作者简介: 姜壮雨, 硕士研究生在读。研究方向: 小儿泌尿外科。E-mail: 13154258510@163.com

关键词: 儿童;前尿道狭窄;尿道下裂;尿道成形术;尿流率;长期随访

中图分类号: R699

DOI: 10.12483/j.issn.1009-8291.202604036

文献标志码: A

CSTR: 32408.14.j.CN61-1374.202604036

尿道狭窄是指尿道管腔因瘢痕纤维化、发育异常、炎症或损伤修复等因素导致的固定性狭窄,在儿童中较为少见^[1]。儿童尿道狭窄的患病率低于1%,10岁以上男童常见^[2-3],按解剖部位可分为前尿道狭窄和后尿道狭窄。前尿道主要涉及尿道口、舟状窝、阴茎部及球部。男性尿道狭窄多指前尿道因瘢痕和纤维化所致的固定性狭窄,而尿道口狭窄通常指不累及舟状窝的短段远端狭窄。与成人相比,儿童前尿道狭窄总体发病率低、病因不同、重建背景更复杂,现有诊疗证据多来自少量单中心回顾性研究或由成人经验外推而来。国外最新指南亦提示,儿童尿道疾病的管理应强调基于病因与解剖特点的个体化评估,并重视术后长期随访与功能结局^[4]。因此,对儿童前尿道狭窄病因学特征、诊断评估路径及治疗策略进行系统梳理具有重要临床意义。参照世界卫生组织及国内小儿外科临床共识,界定儿童为0~18岁人群(对于跨青春期及成年早期的随访讨论文中会单独说明)。

1 儿童前尿道狭窄的病因学与发病机制

1.1 主要病因 儿童前尿道狭窄的病因构成与成人存在明显差异。儿童因尿道狭长、黏膜脆弱、对器械刺激的耐受性较差等原因,更易发生医源性和外伤性尿道损伤。VETTERLEIN等^[1]开展的基于22项研究的系统综述显示,儿童前尿道狭窄以医源性和外伤性尿道损伤占主导地位,而因先天性、炎症性及感染后引起的尿道损伤相对少见。ANSARI等^[3]对195例男童尿道狭窄的分析显示同样的结论,其中前尿道受累占72.3%。表明儿童前尿道狭窄虽少见,但其病因构成具有相对稳定的特性。

医源性狭窄包括导尿管留置、尿道扩张、内镜操作、后尿道瓣膜电切后的瘢痕狭窄、尿道下裂术后新尿道发生吻合口狭窄,以及尿流动力学检查等经尿道器械操作引起的尿道狭窄^[1,5-7]。其中,尿道下裂术后狭窄最具代表性,其发生与手术方式、局部血供、导尿管管理、感染及尿外渗等因素密切相关。我国15家中心收集的1011例尿道下裂的研究显示,尿道板纵切卷管尿道成形术(tubularized incised plate urethroplasty, TIP)术后并发症发生率为25.0%,其中尿道狭窄占8.6%;Duckett术后并发症发生率为51.2%,其中尿道狭窄占13.9%^[8]。此外,尿路感染、手术方式及导尿留置时间也可能与术后尿道狭窄

风险增加相关。

外伤性前尿道狭窄多见于骑跨伤、会阴钝挫伤及前尿道断裂修复后的瘢痕愈合。与成人相比,儿童外伤后局部组织损伤范围常更广,且随着生长发育可能逐渐出现排尿梗阻,因此处理原则不能简单照搬成人。儿童非医源性尿道创伤总体证据有限,开放重建虽为主要治疗方式,但术后远期狭窄并不少见^[5-6]。

1.2 先天性与特发性狭窄 先天性前尿道狭窄的发病率仅次于医源性及外伤性狭窄,其可能与尿道上皮分化异常、局部平滑肌和尿道海绵体发育异常以及纤维组织异常增生等发育缺陷有关。先天性前尿道狭窄的诊断应在无尿道操作、感染、炎症或外伤的情况下进行^[9]。临床上以前尿道瓣膜或前尿道憩室最具代表性^[10],也有罕见报道新生儿及更大儿童先天性膨胀尿道狭窄^[11]。需强调的是,后尿道瓣膜虽是男童最常见的先天性下尿路梗阻,但其病变位于后尿道,故不属于前尿道狭窄。

特发性前尿道狭窄也称青少年型前尿道狭窄,虽少见但并非不存在。HERRERO-LÓPEZ等^[12]报道了7例青少年特发性前尿道狭窄,85%以排尿困难起病。提示对于无明显外伤和手术史但存在排尿梗阻症状的患儿应对此类病因保持较高的警惕。

1.3 炎症性狭窄 硬化性苔藓(lichen sclerosus, LS)是儿童前尿道狭窄中最具代表性的炎症性病因之一。儿童LS总体少见,流行病学资料有限,且不同研究受就诊科室、诊断标准及是否行病理检查影响较大。据现有研究估计,女童2~16岁人群LS患病率为0.1%,0~20岁儿童群体整体患病率为0.04%~0.06%,平均发病年龄为6.6岁,0~19岁女童病例占女性患者总数的4.1%。男童0~14岁人群LS患病率为0.5%,平均发病年龄为8.6岁,高发于9~11岁,在包茎男童中LS检出率可达10%~50%。儿童LS性别比例为女:男=1:1.7,与成人LS以女性明显多见的流行病学特征存在明显差异^[13-15]。

儿童LS在临床表现以及病变累及部位也具有显著的性别特异性。女童多表现为外阴及肛周受累,常见症状包括外阴瘙痒、刺激痛、烧灼感、排尿疼痛、便秘或排便痛,查体可见外阴色素减退或瓷白色斑片、皮肤变薄、裂隙、紫癜、粘连及典型“8”字形外阴-肛周分布^[16-18]。男童则多表现为累及包皮、龟头及尿道口,常表现为获得性包茎、包皮口环状硬化瘢痕、

龟头或包皮内板苍白改变、尿道口狭窄、排尿疼痛、尿线变细、尿流喷散或滴沥。重症病例可由尿道口向舟状窝及远端前尿道进展,形成炎症背景下的远端尿道狭窄^[19]。FOX等^[20]指出,男童重症LS的诊治需要高度警惕,早期可表现为包皮及龟头白色硬化性瘢痕并导致包茎和尿道口受累;对其处理不应仅关注局部狭窄本身,还应基于LS的病理生理特点,综合评估炎症活动度、尿道受累范围和局部组织质量,并避免反复扩张或切开造成进一步损伤。

1.4 其他病因 其他少见病因包括遗传性或系统性皮肤疾病、放射或药物相关尿道损伤、局部肿物压迫以及罕见发育异常等。由于此类病例多见于个案报道或小样本研究,临床诊断时应结合病史、体格检查、影像学及内镜结果综合判断^[20-21]。

2 儿童前尿道狭窄的诊断评估

2.1 病史、症状与体格检查 儿童前尿道狭窄的诊断不应依赖单一检查,而应围绕是否存在梗阻、梗阻位于何处、病变复杂度如何、局部组织条件是否适合一次性重建展开。病史采集应重点关注排尿费力、排尿时间延长、尿线变细、滴沥、尿潴留等典型下尿路梗阻症状,关注反复尿路感染或附睾炎病史,并回顾既往导尿、内镜操作、尿道外伤和尿道下裂修复等医疗干预史。对于低龄儿童应警惕排尿哭闹、屏气、尿线分叉或滴沥等不典型表现。体格检查应观察尿道口位置与口径、阴茎腹侧瘢痕、局部皮肤质地,辨别有无合并尿瘘、憩室或排尿时是否出现阴茎、会阴部膨出,并识别LS的特征性表现。

2.2 尿流率和残余尿(post-void residual, PVR) 尿流率检查是儿童前尿道狭窄最常用的无创功能学工具,但其价值主要在于筛查和随访,而非脱离临床背景的单次确诊。目前尚无适用于所有儿童前尿道狭窄的统一的 Q_{max} 诊断界值,因年龄、排尿量、术式背景及既往是否为尿道下裂术后均会影响对尿流率结果的解读^[22-26]。RU等^[23]报道在尿道下裂术后人群中, Q_{max} 对狭窄筛查具有一定诊断价值:非TIP术式患儿 Q_{max} 最佳截断值约为6.65 mL/s,即非TIP术式患儿的 $\text{Q}_{\text{max}} < 6.65 \text{ mL/s}$ 时,应考虑尿道狭窄的存在;TIP术式 Q_{max} 最佳截断值约为5.75 mL/s,但TIP组特异度较低,因此更适合作为提示异常的筛查值而非确诊标准。BORODA等^[24]对467次尿流检查的结果比较发现,尿道下裂术后患儿整体尿流率参数低于正常男童。故建议同时结合尿流曲线形态、是否低于同年龄尿流率列线图第5百分位或

$\leq -2 \sim -3$ 标准差、排尿视频以及症状综合判断是否存在功能性梗阻或狭窄复发。儿童PVR也缺乏针对前尿道狭窄的特异统一阈值,但可参考儿童下尿路功能评估的一般标准,在规范排尿且于排尿后5 min内测量时,重复检查 $\text{PVR} > 20 \text{ mL}$,或较大儿童持续 $> 10 \text{ mL}$,提示膀胱排空异常,但应进一步结合影像学或内镜检查明确是否存在梗阻^[22-23]。

2.3 影像学 and 内镜检查 逆行尿道造影(retrograde urethrography, RUG)与排泄性膀胱尿道造影(voiding cystourethrography, VCUG)仍是判断狭窄部位、长度、近端尿道扩张和排尿阶段梗阻的基础检查^[27]。对于儿童尤其是术后患儿,尿道镜检查能够直视狭窄口、判断闭塞程度,并识别隐匿性瘘、毛发生长、憩室及新尿道腔内不规则瘢痕^[28-29]。近年来,超声尿道造影(sonourethrography, SUG)在前尿道狭窄评估中的补充价值受到重视。其常用操作方式为:取患儿仰卧位,阴茎适度牵伸后,经尿道口缓慢注入生理盐水或超声对比液使尿道轻度扩张,同时采用高频线阵探头沿阴茎腹侧及会阴部纵横切扫查,以动态观察狭窄位置、长度、管腔直径变化及海绵体纤维化范围。相较单纯RUG, SUG无电离辐射、可重复、对前尿道长度及海绵体纤维化评估更直观,尤其适合作为儿童术前补充检查与随访工具,其局限性在于高度依赖操作者的经验与技术,且对尿道球部近端及完全闭塞病变的显影效果可能欠佳^[25-26]。因此,对于儿童复杂前尿道狭窄宜采取功能学、造影及必要时内镜或SUG的综合评估路径,而不宜依赖单一手段直接作出定论。

2.4 术前评估重点 全面的术前评估旨在为制定个体化干预策略提供精准的解剖学依据。评估过程中应明确以下核心要素:①解剖特征。明确狭窄位于尿道口、舟状窝、阴茎部还是球部。②病变程度。判定其属于局限性、节段性还是多发性病变,是部分狭窄还是完全闭塞,以及周围海绵体纤维化的严重程度。③局部组织条件。评估局部皮肤、尿道板及血供条件是否适宜一期重建。④合并症情况。排查是否合并尿瘘、憩室、阴茎下弯或LS。对于尿道下裂术后狭窄,单纯以狭窄长度来决定术式往往存在不足,局部解剖特征和组织基底质量在临床决策中同样关键。

3 儿童前尿道狭窄的治疗策略

3.1 总体治疗原则 儿童前尿道狭窄的治疗目标不应局限于单纯扩开狭窄段,而应重建一条低阻力、连续且长期通畅的排尿通道,同时治疗策略应尽量避免组织再次瘢痕化与反复手术,以保护患儿的阴茎发

育、膀胱功能及心理健康。与成人尿道狭窄不同,儿童处于生长发育阶段,任何治疗决策均需充分评估其对远期生理功能及性发育的潜在影响。治疗方式的选择应综合病因、部位、病变范围、闭塞程度、既往治疗史及术者经验,而不应简单套用成人由微创到开放的固定治疗模式。

3.2 保守治疗 现阶段,儿童前尿道狭窄的保守治疗尚无统一、可量化且经充分验证的适应证标准。成人尿道狭窄指南中虽提出对无症状、偶然发现且管腔相对宽大的狭窄可选择立即干预并规律随访,但不应直接机械套用于儿童^[26,30]。欧洲泌尿外科学会(European Association of Urology,EAU)指南也指出,部分无症状、偶然发现的较大管腔狭窄进展风险较低,可作为观察对象,但长期证据仍有限^[26]。

基于上述认识,在缺乏儿童特异性量化标准的情况下,保守治疗更宜理解为低风险患儿的选择性短期观察,其适用前提主要包括:①排尿症状轻微且对生活影响有限;②尿流率仅轻度异常或尚无进行性下降趋势;③无明显PVR增多、急性尿潴留或反复发热性尿路感染;④影像学未提示高压性梗阻、明显近端尿道扩张、膀胱壁进行性改变或上尿路受累;⑤需排除近期存在炎症、水肿或器械操作引起的短暂时狭窄样改变;⑥对于尿道下裂术后患儿,还应结合新尿道局部组织条件、痿、憩室、瘢痕及既往多次手术情况综合判断,因其常具有明显的异质性及复杂性^[31-33]。

3.3 尿道扩张与内切开 尿道扩张和直视下内切开术(direct visual internal urethrotomy,DVIU)因创伤较小、操作简便,在儿童初发、局限性、非闭塞性前尿道狭窄中仍有应用空间。有研究指出,对于部分性梗阻、长度较短且瘢痕相对局限的狭窄,可先尝试扩张或DVIU,但其继发手术率较高^[2,32]。DVIU通常在截石位下经尿道内镜完成,首先行尿道镜检查以明确狭窄部位、长度及腔内情况,并可在导丝引导下进入膀胱作为安全通道。随后在直视下使用冷刀或激光光纤于狭窄段12点位纵行切开瘢痕环,切开应以充分松解瘢痕环、恢复尿道腔通畅为目标,深度需在直视下严格控制,避免过深切开导致出血、假道或周围组织损伤。术后一般留置导尿管数日,并结合尿流率及PVR等指标进行随访评估^[34-35]。目前认为,DVIU主要适用于短段(通常 $<1\sim 2$ cm)、非闭塞性前尿道狭窄,其疗效与狭窄长度及纤维化程度密切相关^[36]。对于首次内镜治疗后早期复发,或存在长段狭窄、明显海绵体纤维化、LS或近闭塞/完全闭塞的患儿,重复内镜治疗的成功率较低,且可能增加瘢痕范围并加重后续重建难度,因此通常建议及时转入开

放重建治疗。

3.4 切除端端吻合及替代尿道成形术 对于局灶性球部狭窄,尤其是外伤后或瘢痕范围相对明确的患儿切除端端吻合(excision and primary anastomosis,EPA)仍是耐久性较好的根治方式^[37]。EPA在儿童前尿道狭窄中的总体成功率较高。对于病变范围相对局限、周围组织可充分游离且能够实现无张力吻合的球部狭窄,EPA可获得较为满意的远期通畅率^[38]。该术式的优势在于能够切除主要瘢痕段并恢复尿道连续性,但其适用前提并非简单依据固定长度阈值,而在于局部瘢痕是否局限、吻合后是否无张力,以及周围组织条件是否允许一次性重建^[2,39]。

若狭窄范围较广、局部组织缺损明显、既往多次手术导致尿道板损毁,或难以实现无张力吻合,则应考虑替代尿道成形术。替代尿道成形术是指利用移植植物或皮瓣对狭窄尿道进行扩大或重建的一类手术方式,其中包括游离移植植物尿道成形术和带蒂皮瓣尿道成形术。当前临床上最常用的替代材料仍为口腔黏膜,尤其适用于前尿道狭窄、尿道下裂修复失败后的继发性狭窄,以及局部皮肤不足或瘢痕明显的病例^[40-41]。但其证据仍以单中心回顾性研究为主,因此术式选择仍应结合病因、部位、病变范围、局部血供和术者经验综合决定,而不宜机械地将口腔黏膜移植等同于全部替代尿道成形术。

3.5 特殊亚型的处理要点 尿道下裂术后狭窄是儿童前尿道狭窄中最具代表性的复杂亚型,其病理解剖常表现为狭窄、局部瘢痕化、血供欠佳、尿道板缺损及伴发尿痿、尿道憩室或阴茎下弯等复合改变。此类病例的治疗重点不在于机械地选择单期或分期重建,而在于准确识别主要矛盾。若局部组织条件尚可、瘢痕局限且血供可接受,可在严格选择下先行内镜或扩张治疗。若疗效不佳或短期复发,则应根据尿道板质量、瘢痕范围及局部血供条件选择单期或分期尿道成形术。若存在广泛瘢痕、尿道板质量差、反复手术后解剖失真明显,则分期重建更为稳妥。对于失败尿道下裂术后远端狭窄,单期重建的合并成功率约为78.1%,分期重建约为76.2%,二者差异并不显著。这提示临床决策不应机械追求单期或分期,而应依据尿道板条件、组织血供、瘢痕程度及伴随畸形综合制定重建路径^[33,41]。近年来药物涂层球囊等新技术在成人复发性前尿道狭窄中的应用受到关注,但儿童证据仍局限于个案或极小样本报道,目前尚不能替代标准尿道成形术,仅可作为探索性补充方案^[28]。

4 随访、疗效评价与长期管理

儿童前尿道狭窄的疗效评价不应仅以能否排尿

为终点,还应关注排尿是否低阻、尿线形态是否稳定、膀胱能否良好排空,以及是否需要再次手术干预。在临床实践中,推荐将排尿症状、排尿视频、尿流率检查、PVR测定,以及必要时影像学检查结合起来综合评估。随访时间节点可参考儿童尿道下裂的常规随访规范,一般建议术后1个月评估伤口愈合及排尿情况,术后3、6、12个月复查排尿症状、尿流率及PVR;此后至少每年随访1次,持续至青春期。对于经历复杂重建或伴有LS的患儿,随访宜延续至成年早期。对LS患儿, Q_{max} 可作为观察治疗前后排尿功能变化的重要参考指标之一。赵兴等^[42]研究显示,单纯性前尿道狭窄患儿术后1、3、6、12个月 Q_{max} 较术前明显改善,但临床评估时仍需将其与患儿症状和局部炎症活动度进行综合判断。

儿童期的短期通畅并不等于远期稳定,随着青春期的到来,阴茎和尿道再次生长,潜在梗阻可能逐渐显现。近年小儿泌尿外科指南与专家共识均强调,尿道下裂术后及复杂尿道重建患儿应长期随访至青春期甚至成年早期,以识别迟发性并发症并评估真正的功能结局。远期评估除再次干预率外,还应尽可能纳入排尿症状、尿流率或PVR趋势、上尿路情况、外观满意度、青春期后的性相关功能及患者报告结局,以避免仅以短期通畅率替代真正的治疗成功率^[4,22]。

预防术后狭窄与治疗狭窄也同等重要。多中心研究显示,TIP术后并发症与阴茎头宽度、切开后尿道板宽度有关,Duckett术后并发症则与包皮岛状皮瓣长度密切相关^[4]。在重型近端尿道下裂合并严重弯曲的修复中,延长导尿支架时间可降低狭窄风险:6周组狭窄发生率低于4周组和2周组,且多数狭窄发生于术后4~6周^[43]。此外,年龄偏大、入院原因为尿道狭窄、既往手术次数增加,均与再手术后并发症风险升高相关^[44]。

5 挑战与展望

5.1 当前挑战 儿童前尿道狭窄研究仍面临证据基础薄弱、病例异质性大及长期随访不足等问题。由于该病发病率较低,现有研究多为单中心、回顾性病例。这些研究常将医源性、外伤性、炎症性及尿道下裂术后狭窄等多种病因合并分析,导致病例来源、病变解剖部位及重建背景存在显著的异质性。这种异质性不仅限制了各研究成果间的可比性,也致使临床诊疗策略在一定程度上仍依赖于成人经验的外推。此外,儿童领域尚缺乏统一且经过充分验证的诊断路径与疗效评价标准。近年研究提示,尿流率可作为术后筛查和随访工具,但对其的解释明显受术式背景影响,

修复后患儿整体尿流参数低于正常同龄男童,且TIP与非TIP患儿在 Q_{max} 、平均尿流率等指标上的诊断性能并不一致,因此单次异常尿流率并不足以独立确诊狭窄。复杂亚型的处理仍缺乏高质量比较证据。对于尿道下裂术后狭窄,局部组织血供、瘢痕程度和解剖失真常比单纯狭窄长度更影响术式选择。现有研究显示,单期与分期重建的总体成功率接近,提示临床决策更应强调个体化分层,而非机械追求某一固定路径^[45-46]。此外,对LS相关狭窄而言,如何在控制炎症活动、识别近端累及与选择合适替代材料之间取得平衡,仍是当前重建中的难点。

5.2 未来展望 未来儿童前尿道狭窄研究应从以下几个方面推进。首先,建立更符合儿童特点的分层框架,不宜简单照搬成人长度或紧密度分级,而应结合病因、狭窄部位、闭塞程度、海绵体纤维化及局部组织条件以提高术式选择的针对性。其次,应推动核心结局指标标准化,在传统的症状、尿流率、PVR和影像学评估基础上,逐步纳入患者报告结局、外观评价以及青春期后的排尿与性相关功能结局,以提高不同研究可比性。再次,需要依托病例量大、诊疗经验丰富的儿童医学中心建立多中心前瞻性数据库或登记研究,分别评估一般前尿道狭窄、外伤性狭窄和尿道下裂术后继发性狭窄等不同亚型,从而减少异质性偏倚并提高证据质量。最后,随访理念应由术后短期通畅转向长期功能结局管理,将青春期甚至成年早期纳入常规观察周期,以更全面评估远期排尿、外观及性相关功能结局,并据此反向优化儿童期重建策略。

与此同时,组织工程与生物材料在儿童尿道重建中的应用值得持续关注。针对长段缺损、局部组织基底条件或可用移植物受限的复杂病例,去细胞基质、合成或天然复合支架及干细胞负载策略有望为替代重建提供新路径,但目前证据仍主要来自动物实验和早期转化研究,尤其在克服移植物早期血管化障碍、实现与患儿发育同步生长等核心瓶颈上仍面临挑战,距离儿童常规临床应用尚有较大距离^[47-48]。

6 结论

儿童前尿道狭窄是一类少见但异质性显著的泌尿系统疾病,其病因构成、病理解剖特点及治疗策略均不同于成人,临床处理的关键不在于单纯解除梗阻,而应基于病因、狭窄部位、闭塞程度、局部组织条件及既往尿道重建手术史进行精准的术前分层,据此制定个体化的治疗策略。对于初发、局限且组织条件较好的尿道狭窄,可在严格把握适应证的前提下尝试微创内镜治疗。而对复发性、尿道下裂术后、LS相关

及复杂外伤性狭窄,则应尽早转向个体化的开放重建手术。未来需在统一术语、确立标准化结局指标和加强长期随访的基础上,建立更符合儿童发育特点的标准化诊疗路径,以改善患儿排尿功能及远期生活质量。

文献检索策略 检索数据库:PubMed、MEDLINE、Web of Science、Embase、Cochrane Library、中国知网、万方数据库、维普数据库及中国生物医学文献数据库,同时查阅美国泌尿外科学会(American Urological Association, AUA)、EAU及欧洲小儿泌尿外科学会(European Society for Paediatric Urology, ESPU)相关指南。检索时间:以2019年1月—2026年4月为主,对涉及定义、流行病学、经典术式及长期随访的重要文献适当追溯。英文检索词包括:“pediatric anterior urethral stricture”“children urethral stricture”“hypospadias stricture”“uroflowmetry”“Qmax”“post-void residual”“retrograde urethrography”“voiding cystourethrography”“sonourethrography”“direct visual internal urethrotomy”“urethroplasty”“lichen sclerosus”“long-term follow-up”“tissue engineering”“biomaterials”;中文检索词包括:“儿童前尿道狭窄”“小儿尿道狭窄”“尿道下裂术后狭窄”“尿流率”“最大尿流率”“残余尿”“逆行尿道造影”“排泄性膀胱尿道造影”“超声尿道造影”“直视下内切开术”“尿道成形术”“硬化性苔藓”“长期随访”“组织工程”“生物材料”。文献纳入及排除标准:纳入与儿童前尿道狭窄病因、诊断评估、治疗策略及长期随访相关的指南、系统综述、队列研究、病例系列及重要基础/转化研究;排除与主题相关性较弱、资料重复或信息不完整的文献。

人工智能使用情况声明 本文在修订过程中使用人工智能工具辅助进行语言润色、结构梳理、审稿意见回复草拟及检索关键词扩展。所有医学观点、数据引用、参考文献取舍及最终文字内容均由作者独立核对、判断和修改。人工智能工具未用于生成原始研究数据、统计分析结果或图表,作者对全文内容的真实性、准确性和学术责任负责。

参考文献:

[1] VETTERLEIN MW, WEISBACH L, RIECHARDT S, et al. Anterior urethral strictures in children: disease etiology and comparative effectiveness of endoscopic treatment vs. open surgical reconstruction[J]. *Front Pediatr*, 2019(7):5.

[2] FAHIEM-UL-HASSAN M, JADHAV V, MUNIANJANAPPA N, et al. Pediatric urethral strictures and management strategies:

an evolving and learning experience[J]. *J Pediatr Res*, 2021, 8(4):444-450.

[3] ANSARI MS, YADAV P, SRIVASTAVA A, et al. Etiology and characteristics of pediatric urethral strictures in a developing country in the 21st century[J]. *J Pediatr Urol*, 2019, 15(4):403. e1-403. e8.

[4] GNECH M, VAN UITERT A, KENNEDY U, et al. European Association of Urology/European Society for Paediatric Urology guidelines on paediatric urology: summary of the 2024 updates [J]. *Eur Urol*, 2024, 86(5):447-456.

[5] ESCOLINO M, CARACÒ MS, MAZZONE V, et al. The impact of postoperative urinary diversion on surgical outcomes of hypospadias repair: a systematic review and meta-analysis of pediatric literature[J]. *Medicina*, 2025, 61(9):1659.

[6] MOHAMMED YA, ABDELSHAFI A, ALAMEDDINE B, et al. The optimal catheter duration in hypospadias repair: a systematic review[J]. *Uro Precision*, 2025, 3(4):226-235.

[7] ZHENG W, GUO S, SHI X, et al. Clinical outcomes and urodynamic analysis of microsurgery combined with multilayer fascial tissue coverage for new urethra in the treatment of hypospadias in male children [J]. *Front Surg*, 2025 (12): 1668520.

[8] 方一圩, 宋宏程, 孙宁, 等. 影响尿道下裂术后并发症危险因素的多中心研究[J]. *中华小儿外科杂志*, 2023, 44(4):329-337.

[9] LATINI JM, MCANINCH JW, BRANDES SB, et al. SIU/ICUD consultation on urethral strictures: epidemiology, etiology, anatomy, and nomenclature of urethral stenoses, strictures, and pelvic fracture urethral disruption injuries[J]. *Urology*, 2014, 83(3 Suppl):S1-S7.

[10] RAWAT J, SINGH S, PANDEY A, et al. Congenital anterior urethral valves and diverticula[J]. *J Pediatr Surg*, 2023, 58(2):263-265.

[11] LENDVAY TS, SMITH EA, KIRSCH AJ, et al. Congenital urethral stricture[J]. *J Urol*, 2002, 168(3):1156-1157.

[12] HERRERO-LÓPEZ L, CABEZALÍ-BARBANCHO D, GÓMEZ-SÁNCHEZ A, et al. Idiopathic urethral stricture in adolescents: a case series presentation and review of the literature[J]. *Rev Mex Urol*, 2023, 83(2):1-8.

[13] KUMAR KS, MORREL B, VAN HEES CLM, et al. Comparison of lichen sclerosus in boys and girls: a systematic literature review of epidemiology, symptoms, genetic background, risk factors, treatment, and prognosis[J]. *Pediatr Dermatol*, 2022, 39(3):400-408.

[14] DINH H, PURCELL SM, CHUNG C, et al. Pediatric lichen sclerosus: a review of the literature and management recommendations[J]. *J Clin Aesthet Dermatol*, 2016, 9(9):49-54.

[15] POWELL J, WOJNAROWSKA F. Childhood vulvar lichen sclerosus: an increasingly common problem [J]. *J Am Acad Dermatol*, 2001, 44(5):803-806.

[16] ORSZULAK D, DULSKA A, NIZIŃSKI K, et al. Pediatric vulvar lichen sclerosus—a review of the literature [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(13):7153.

[17] 程诗语, 石洁. 外阴硬化性苔藓的临床研究进展[J]. *国际生殖健*

- 康/计划生育杂志,2024,43(3):260-264.
- [18] SIMMS-CENDAN J, HOOVER K, MARATHE K, et al. NASPAG clinical opinion: diagnosis and management of lichen sclerosis in pediatric and adolescent patients [J]. J Pediatr Adolesc Gynecol, 2022, 35(2): 112-120.
- [19] 孙中文, 徐青雨, 马志. 男童外生殖器萎缩性硬化性苔藓的治疗进展[J]. 临床小儿外科杂志, 2022, 21(11): 1086-1089.
- [20] FOX W, MCKENNA PH. Treatment algorithm for the comprehensive management of severe lichen sclerosus in boys based on the pathophysiology of the disease[J]. J Pediatr Urol, 2024, 20: S66-S73.
- [21] DE LA TAILLE A, ZERBIB M. Urologic complications of radiotherapy[J]. Ann Urol (Paris), 2003, 37(6): 345-357.
- [22] 中华医学会小儿外科学分会泌尿学组. 中国儿童尿道下裂术后评估及随访专家共识(2023)[J]. 中华小儿外科杂志, 2025, 46(2): 97-105.
- [23] RU W, LIU H, ZHOU J, et al. Diagnostic accuracy of uroflowmetry for urethral strictures in pediatric hypospadias: TIP versus non-TIP outcomes[J]. Eur J Pediatr Surg, 2025, 35(4): 309-315.
- [24] BORODA J, GITLIN J, FANG A, et al. A comparison of 467 uroflowmetry results in repaired hypospadias vs. normal male flows[J]. J Pediatr Urol, 2024, 20(4): 690. e1-690. e7.
- [25] FRANKIEWICZ M, VETTERLEIN MW, MARKIET K, et al. Ultrasound imaging of male urethral stricture disease: a narrative review of the available evidence, focusing on selected prospective studies[J]. World J Urol, 2024, 42(1): 32.
- [26] European Association of Urology. EAU guidelines on urethral strictures [EB/OL]. [2026-04-21]. <https://uroweb.org/guidelines/urethral-strictures>.
- [27] American Urological Association. Urethral stricture-AUA guideline[EB/OL]. [2026-04-25]. <https://www.auanet.org/guidelines-and-quality/guidelines/urethral-stricture-guideline>.
- [28] KORLACKA K, BRYNIARSKI P. Off-label use of drug-coated balloon (Optilume™) for urethral stricture in a 16-year-old boy: the FIRST pediatric case report[J]. Front Pediatr, 2026(13): 1737866.
- [29] SINGH J. Therapeutic adjuncts in the endoscopic management of urethral stricture disease: past, present, and future [J]. Front Urol, 2024, 4: 1342941.
- [30] WESSELLS H, MOREY A, VANNI A, et al. Urethral stricture disease guideline amendment (2023)[J]. J Urol, 2023, 210(1): 64-71.
- [31] LUCAS J, HIGHTOWER T, WEISS DA, et al. Time to complication detection after primary pediatric hypospadias repair: a large, single center, retrospective cohort analysis[J]. J Urol, 2020, 204(2): 338-344.
- [32] ASHWIN SHEKAR P, ANSARI MS, YADAV P, et al. Presentation, treatment and outcomes of pediatric anterior urethral strictures: 28 years' experience from a referral center [J]. J Pediatr Urol, 2021, 17(3): 398. e1-398. e9.
- [33] XIAO Y. An insight of pathological anatomy of urethral stricture and surgical manipulations for children suffered from hypospadias[J]. BMC Urol, 2023, 23(1): 40.
- [34] ALI MM, KAMEL M, RAGAB A, et al. Holmium laser versus cold knife visual internal urethrotomy for management of short segment urethral stricture: a prospective randomized clinical trial [J]. World J Urol, 2023, 41(7): 1897-1904.
- [35] ANON. Urethral strictures in males treatment & management: approach considerations, surgical therapy, open reconstruction [EB/OL]. 2025 [2026-06-05]. <https://emedicine.medscape.com/article/450903-treatment>.
- [36] HAFEZ AT, EL-ASSMY A, DAWABA MS, et al. Long-term outcome of visual internal urethrotomy for the management of pediatric urethral strictures[J]. J Urol, 2005, 173(2): 595-597.
- [37] GÜLER Y. Outcomes and predictive factors for re-stricture with urethroplasty methods for anterior urethra stricture [J]. Urologia, 2023, 90(2): 315-321.
- [38] HORIGUCHI A, OJIMA K, SHINCHI M, et al. Single-surgeon experience of excision and primary anastomosis for bulbar urethral stricture: analysis of surgical and patient-reported outcomes[J]. World J Urol, 2021, 39(8): 3063-3069.
- [39] SIHOTANG R, MUHAMMAD H, WAHYUDI I, et al. End-to-end anastomotic urethroplasty outcome in anterior and posterior traumatic urethral stricture: a single-center experience[J]. Open Urol Nephrol J, 2024(17): e1874303X316281.
- [40] CHEN S, LI Y, MA N, et al. Staged buccal mucosa graft urethroplasty for proximal hypospadias in children: a short- to mid-term follow-up retrospective study[J]. Eur J Pediatr Surg, 2021, 31(5): 420-426.
- [41] KOJOVIC V, MARJANOVIC M, ILIC P, et al. Surgical approaches for distal urethral strictures after failed hypospadias repair: a systematic review and meta-analysis[J]. Int J Impot Res, 2026, 38(4): 276-285.
- [42] 赵兴, 邓常开, 彭强, 等. 最大尿流率变化在男童生殖器硬化性苔藓样变治疗中的临床意义[J]. 临床小儿外科杂志, 2025, 24(1): 39-44.
- [43] ZHOU G, JIANG M, LIU X, et al. Effect of prolonging the duration of stenting on urethral stricture in proximal hypospadias with severe curvature repair: a prospective cohort study[J]. Eur J Pediatr Surg, 2023, 34(4): 363-367.
- [44] 潘永东, 方晓亮, 徐国锋. 尿道下裂再手术后并发症的危险因素分析[J]. 临床小儿外科杂志, 2025, 24(3): 250-254.
- [45] CHANDRASEKHARAM VVS, BABU R. Single-stage versus two-stage repair for late hypospadias urethral strictures in adults: a systematic review of incidence and meta-analysis of results[J]. Indian J Surg, 2022, 84(5): 905-912.
- [46] GUO Y, MA N, ZHANG J, et al. Surgical management of anterior urethral stricture: a 23-year single-center study[J]. Res Rep Urol, 2025(17): 31-42.
- [47] BAGHAEI H, FAEGH A, JAHANI S, et al. Stem cell therapy for urethra and ureter tissue engineering: a systematic literature review on animal studies[J]. Regen Ther, 2025(30): 92-99.
- [48] CASARIN M, MORLACCO A, DAL MORO F. Tissue engineering and regenerative medicine in pediatric urology: urethral and urinary bladder reconstruction[J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(12): 6360.

(编辑 闫玉梅)