

· 专家论坛 ·

前尿道狭窄的精准诊疗:现状、突破与前瞻

傅 强,刘 猛

(上海市第六人民医院泌尿外科,上海 200233)

Precision diagnosis and treatment of anterior urethral stricture: current status, breakthroughs, and prospects

FU Qiang, LIU Meng

(Department of Urology, Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai 200233, China)

ABSTRACT: Anterior urethral stricture is a common benign disease in male urology. Its diagnosis and treatment are undergoing a profound transformation from traditional empirical approaches to precise and individualized systems. In terms of current status, a multimodal integrated assessment system has been established for diagnosis; sonourethrography, magnetic resonance urethrography, and artificial intelligence-assisted techniques have significantly improved the accuracy of morphological and functional evaluation of strictures. In terms of treatment, individualized stratified strategies are implemented according to the 2023 American Urological Association (AUA) guidelines. Endoscopic minimally invasive procedures combined with antifibrotic agents or drug-coated balloons are the first choice for short-segment bulbar strictures, while oral mucosa urethroplasty remains the gold standard for medium-to-long segment and complex strictures. In terms of breakthroughs, mechanistic studies have revealed the key roles of aberrant activation of the transforming growth factor- β (TGF- β) signaling pathway, imbalance of the matrix metalloproteinase system, and dysregulation of the complement cascade in urethral spongiosum fibrosis, providing a theoretical basis for targeted antifibrotic therapy. In the field of regenerative medicine, small intestinal submucosa scaffolds and mesenchymal stem cell injection have shown preliminary clinical feasibility, and five-year long-term follow-up data of drugcoated balloons have confirmed their sustained efficacy. In terms of prospects, artificial intelligence-driven multimodal prediction models will enable precise risk stratification for postoperative recurrence. Three-dimensional bioprinting technology is expected to construct biomimetic urethral substitutes to address the challenge of long-segment stricture repair. Robotassisted surgical systems will gradually gain popularity in the reconstruction of complex pelvic floor strictures. In summary, the diagnosis and treatment of anterior urethral stricture are moving toward a deeply integrated direction of precise evaluation, minimally invasive intervention, and functional restoration, with the prospect of further reducing recurrence rates and improving long-term patient outcomes.

KEY WORDS: anterior urethral stricture; reconstruction and repair; oral mucosa urethroplasty; regenerative medicine; tissue engineering; artificial intelligence; robot-assisted surgery

摘要:前尿道狭窄是男性泌尿外科常见良性疾病,其诊疗正经历从传统经验模式向精准化、个体化体系的深刻转变。现状方面,诊断方案已形成多模态整合评估体系;超声尿道造影、磁共振尿道造影及人工智能辅助技术显著提升了狭窄形态与功能评估精度;治疗方案则依据 2023 年美国泌尿外科协会(AUA)指南实施个体化分层策略,短段球部狭窄首选腔内微创联合抗纤维化药物或药物涂层球囊,中长段及复杂狭窄以口腔黏膜尿道成形术为金标准。突破方面,机制研究揭示了转化生长因子- β (TGF- β)信号通路异常激活、基质金属蛋白酶系统失衡及补体级联紊乱在尿道海绵体纤维化中的关键作用,为靶向抗纤维化治疗提供了理论支点;再生医学领域,小肠黏膜下层支架及间充质干细胞注射已初步展现临床可行性,药物涂层球囊 5 年远期随访数据证实其持续疗效。前瞻方面,人工智能驱动的多模态预测模型将实现术后复发风险的精准分层;3D 生物打印技术有望构建仿生尿道替代物,解决长段狭窄修复难题;机器人辅助手术系统在盆底复杂狭窄重建中的应用将逐步普及。综上,前尿道狭窄诊疗正朝着精准评估、微创干预与功能重塑深度融合的方向发展,未来有望进一步降低狭窄复发率、改善患者远期预后。

关键词:前尿道狭窄;修复重建;口腔黏膜尿道成形术;再生医学;组织工程;人工智能;机器人手术

中图分类号:R699.6

文献标志码:A

DOI:10.12483/j.issn.1009-8291.202605056

CSTR:32408.14.j.CN61-1374.202605056

收稿日期:2026-05-29

修回日期:2026-07-30

作者简介:傅强,主任医师,教授,博士生导师。研究方向:各种尿路狭窄及缺损的修复与重建,复杂性肾癌,膀胱癌,前列腺癌等泌尿系肿瘤的手术治疗,泌尿微创外科手术。E-mail:jamesqfu@aliyun.com;刘猛,博士研究生。研究方向:各种尿路狭窄及缺损的修复,再生医学。E-mail:565063403@qq.com,系共同第一作者。

前尿道狭窄是男性泌尿外科最常见的良性尿道疾病之一,以尿道管腔局限性狭窄及排尿功能异常为核心临床表现,严重降低患者生活质量。现状而言,在中国人口老龄化持续加剧的背景下,老年男性前尿道狭窄患病率呈逐年上升趋势^[1]。该病因复杂多样,相关病理生理调控机制至今尚未完全阐明^[1-3]。临床将其分为创伤性、医源性、感染性、炎症性、先天性及特发性六大类,其中医源性因素(前列腺增生手术、根治性前列腺切除术及前列腺癌放疗等)占比最高,创伤性因素次之^[4];先天性狭窄以尿道下裂术后继发狭窄为主,炎症性病因中硬化性苔藓相关性狭窄临床多见^[5];仍有约 17.8% 的患者病因不明,归为特发性前尿道狭窄^[6-8]。在前尿道狭窄的机制研究方面,近年来已取得重要突破。其核心病理生理过程为尿道黏膜及海绵体组织受损后激活局部炎症应答,大量炎症细胞浸润并释放多种细胞因子,诱导成纤维细胞异常增殖及胶原过度沉积,最终导致尿道海绵体纤维化与瘢痕组织增生。近年研究逐步揭示,转化生长因子- β (transforming growth factor- β , TGF- β) 信号通路异常激活、基质金属蛋白酶(matrix metalloproteinases, MMPs)系统失衡以及补体级联信号通路紊乱共同参与并调控该纤维化进程^[9-11]。这些发现打破了以往仅将尿道狭窄视为单纯“机械性管腔缩窄”的局限,为靶向抗纤维化治疗提供了理论支点。面向未来,前尿道狭窄的研究与临床管理需聚焦前瞻性策略。一方面,应基于现有病因-机制框架,构建整合临床、影像及分子标志物的术后复发预测模型,实现风险分层;另一方面,针对 TGF- β 、MMPs 及补体通路的关键节点开发新型药物或生物材料,结合术后早期动态尿流率监测^[12-13],有望实现从“被动处理狭窄复发”向“主动抑制纤维化进程”的转变。本文系统梳理了前尿道狭窄的诊疗现状,研究的最新突破,展望了精准化、微创化与再生重建相融合的未来方向,以期优化临床诊疗方案、降低术后复发率、改善患者远期预后提供理论依据与实践参考。

1 前尿道狭窄的诊疗现状

近年来,前尿道狭窄的诊疗体系已从传统单一检查向多模态整合评估方向发展,核心目标是精准获取狭窄部位、长度、严重程度、海绵体纤维化范围及周围组织关系,为治疗决策提供全面依据^[14]。术前无创评估方面,尿流率联合排尿后残余尿量(post-void residual volume, PVR)测定仍是初步筛查的核心工具,2023 年欧洲泌尿外科协会指南强调其在症状量化与疗效监测中的基础价值^[15];国际前列腺症状评

分(international prostate symptom score, IPSS)与尿道狭窄症状指数的联合应用显著提升了症状评估的特异性,弥补了客观检查与主观感受的差异^[16]。临床需警惕共存的膀胱过度活动/膀胱活动低下症等下尿路症状新综合征,此类患者同时存在储尿期与排尿期症状,易与前尿道狭窄症状混淆,需通过尿动力学检查精准鉴别^[17]。影像学诊断领域呈现传统技术优化与新兴技术突破并行的态势。顺行+逆行尿道造影虽仍是评估狭窄长度与位置的经典标准,但有研究显示其对海绵体纤维化程度评估不足,需结合其他影像学方法^[18]。超声尿道造影(sonourethrography, SUG)凭借无辐射、实时动态观察优势,成为近年研究热点,3D-SUG 可精确测量狭窄段截面积与海绵体厚度^[19],尤其适用于儿童与反复评估患者;2024 年人工智能(artificial intelligence, AI)辅助 3D-SUG 技术实现了狭窄段自动识别与参数量化,将评估时间缩短了 60%,并提高了不同医师间评估的一致性^[20]。磁共振尿道造影(magnetic resonance urethrography, MRU)在复杂狭窄评估中优势显著,多参数 MRU(动态增强+弥散加权成像)可清晰显示纤维化区域与正常组织边界,对闭塞性狭窄的诊断敏感度达 96%,为术前规划提供关键信息^[21-22]。2025 年最新研究表明,MRU 定量参数可作为预测术后复发的影像学标志物^[21]。内镜诊断已从单纯观察向精准评估+治疗引导一体化发展,2022 年推出的窄带成像尿道镜可清晰显示黏膜微小病变与血管异常,提高了炎症性狭窄(如硬化性苔藓)的早期诊断率^[23]。评估体系的创新还体现在生物标志物与 AI 的应用:血清炎症指标(如中性粒细胞/淋巴细胞比值)、尿液纤维化标志物(如 TGF- β 1、MMP-9)的联合检测,可无创评估疾病活动度与复发风险^[24];机器学习算法通过整合临床、影像学与实验室数据,构建的术前预测模型能精准预测尿道狭窄发生及术后复发风险^[25]。综合评估流程的标准化是近年重要进展,2023 年美国泌尿外科协会(American Urological Association, AUA)修订指南推荐采用“症状评估→无创检查→影像学→选择性内镜”的阶梯式评估路径,避免过度检查^[26]。多学科团队(multidisciplinary team, MDT)评估模式在复杂病例中应用增多,通过结合泌尿外科、影像科、病理科专家意见显著提升了治疗决策的科学性。这些进展推动了前尿道狭窄评估从“解剖描述”向“功能—解剖—分子”3D 评估体系转变,为个体化治疗奠定基础。

2 前尿道狭窄治疗的最新进展

2.1 治疗理念与分层策略 近年来,前尿道狭窄的

治疗已形成“个体化分层治疗”体系,围绕“微创优先、重建精准、减少复发、保护功能”的目标,在腔内微创治疗、尿道重建术、药物辅助治疗及新兴再生医学疗法等领域取得显著突破,有效改善了不同类型患者治疗结局。2023年AUA修订指南明确了治疗分层原则,根据狭窄长度、部位、病因及患者基础状况,制定阶梯式治疗方案,为临床决策提供了标准化依据^[27]。

2.2 腔内微创治疗及其辅助技术 腔内微创治疗仍是短段(长度 <2 cm)球部尿道狭窄的首选方案^[11],近年重点聚焦于技术优化与复发率控制。传统尿道扩张术与直视下尿道内切开术(direct vision internal urethrotomy, DVIU)因复发率较高,已逐渐与辅助药物联用^[28]。丝裂霉素C(mitomycin C, MMC)作为常用抗纤维化辅助药物,通过抑制成纤维细胞增殖和胶原合成,可显著降低短段前尿道狭窄的复发风险。2023年XU等^[29]研究显示,DVIU联合MMC腔内注射球部尿道狭窄的复发率较单纯DVIU显著降低。药物涂层球囊(drug-coated balloon, DCB)是近年微创治疗的重大突破,其表面负载的紫杉醇可局部释放,发挥抗增殖、抗纤维化作用,尤其适用于复发性球部尿道狭窄,2年无再干预率达77%^[30]。但AUA指南强调,DCB目前仅推荐用于复发性球部尿道狭窄,其在阴茎段尿道狭窄中的疗效仍需进一步验证^[26]。此外,类固醇类药物(如曲安奈德、甲泼尼龙),可延长狭窄复发时间且副作用轻微,已成为DVIU术后常规辅助方案^[31]。

2.3 尿道成形术的术式优化与移植选择 尿道成形术仍是中长段(长度 >2 cm)、复杂性前尿道狭窄的金标准,近年在移植选择、手术方式优化及长期疗效评估方面取得重要进展^[32]。口腔黏膜(颊黏膜、舌黏膜)仍是首选移植,颊黏膜尿道成形术通常取一侧颊黏膜,经尿道背侧或腹侧镶嵌修复狭窄段,适用于大多数球部及阴茎部狭窄^[32]。舌黏膜尿道成形术则取舌侧缘黏膜,因厚度较薄、弹性好,更适用于远端尿道及尿道口重建,尤其适用于既往口腔手术史或双侧颊黏膜已取用的患者^[33]。颊黏膜具有坚韧耐磨、取材便利、供区并发症低的优点是长段狭窄的首选移植;舌黏膜血供更丰富、术后感觉恢复快,是理想的替代材料^[34]。2021年的一项Meta分析证实,颊黏膜与舌黏膜移植用于尿道狭窄的治疗成功率无显著差异($RR=1.03$),但颊黏膜更坚韧耐磨,舌黏膜因厚度较薄,更适用于远端尿道及尿道口重建^[34]。2025年的一项研究显示,改良Kulkarni法一期舌黏膜尿道成形术治疗复杂前尿道狭窄通畅率达89%,且供体部位并发症发生率较低^[35]。对于长段闭塞性

狭窄,分期尿道成形术仍是主要术式;2025年一项综合分析表明,分期手术的长期通畅率达89%以上,且能有效降低术后尿失禁风险^[11]。2023年AUA指南明确推荐口腔黏膜作为尿道成形术的标准移植,其中颊黏膜为一线选择^[26]。欧洲泌尿外科学会在2023指南强调应根据狭窄部位、长度及患者口腔条件个体化选择黏膜类型^[15]。此外有关并发症的长期随访数据表明,尿道成形术远期整体疗效可靠,狭窄长度增加、硬化性苔藓、盆腔放疗及感染病因是术后复发的独立高危因素^[36]。

2.4 药物治疗与纤维化机制靶向干预 前尿道狭窄的手术治疗理念已从单纯解剖重建向尿控功能重塑转变,这与女性压力性尿失禁手术从病因治疗到尿控重塑的理念变革高度契合^[37],核心目标为恢复尿道通畅性的同时最大化保留排尿控尿功能。药物治疗的研究重点转向纤维化机制靶向干预,为无法耐受手术的患者提供新选择。前尿道狭窄的核心病理机制与TGF- β /Smads、Wnt/ β -连环蛋白等信号通路异常激活相关,靶向这些通路的药物研发已取得进展^[3]。TGF- β 抑制剂可抑制成纤维细胞向肌成纤维细胞转化,减少胶原沉积,局部应用TGF- β 抑制剂可显著改善狭窄段组织纤维化程度^[38]。MMPs抑制剂联合补体调控药物,可调控尿道组织胶原代谢紊乱、抑制炎症级联反应并减轻病理性纤维化,目前仍处于基础机制与前期转化研究阶段,尚未进入大规模临床应用^[10]。此外,口服血管紧张素转换酶抑制剂(如卡托普利)作为抗纤维化辅助药物,在动物实验中已证实可减轻尿道损伤后的纤维化反应^[31]。

2.5 再生医学与组织工程尿道重建 再生医学与组织工程技术为前尿道狭窄治疗带来新方向,尤其适用于长段狭窄或缺损患者。组织工程尿道以种子细胞结合生物支架构建,可避免自体移植物的供体部位损伤,目前常用种子细胞包括尿道上皮细胞、间充质干细胞等。小肠黏膜下层作为常用生物支架,可提供良好的机械支持和细胞黏附环境,促进尿道组织再生。2024年一项独立队列研究显示,组织工程尿道重建长段前尿道狭窄取得良好的临床效果^[39]。细胞治疗方面,间充质干细胞移植可通过旁分泌作用抑制炎症反应、促进组织修复。2026年首个人体前瞻性先导性研究初次证实了干细胞病灶内注射作为尿道狭窄辅助治疗的安全性及可行性^[40]。

2.6 综合治疗模式与规范化随访管理 综合治疗模式的完善也是近年重要进展,MDT评估结合阶梯式治疗路径可显著提升复杂病例治疗效果^[15]。对于尿道修复重建失败的高危人群,尿道会阴造口术作为长

期替代治疗方案,可有效改善患者排尿功能和生活质量^[26]。术后规范化随访管理可改善远期预后,术后规律尿流动力学监测、个体化辅助干预及健康生活方式管理有助于减少狭窄复发。这些进展推动前尿道狭窄治疗从“单一治疗”向“多维度、个体化综合治疗”转变,提升治疗效果,改善患者生活质量。

3 未来展望

前尿道狭窄的诊疗正朝着精准化、微创化与再生重建相融合的方向发展。未来该领域将围绕以下几个核心维度实现系统性突破。

AI辅助的个体化决策将成为新常态。基于机器学习算法与炎症生物标志物的多模态预测模型,其性能已显著优于传统方法。泛免疫炎症值被确认为尿道成形术后复发的独立预测因子,而机器学习逻辑回归模型的灵敏度达0.80、特异度达0.76,曲线下面积达0.82^[24]。未来随着影像组学与尿液标志物的整合,术前决策将实现从“经验判断”向“数据驱动精准分层”的全面转型。

生物工程技术的突破有望解决长段尿道修复中自体移植物供体区损伤与远期挛缩的核心问题。高强度3D生物打印可基于仿生生物墨水与多层结构精准搭建可模拟天然尿道上皮与肌层分层的同源性支架替代物,被评价为具有革命性潜力的方向^[41]。随着支架修饰与干细胞共培养技术的优化,组织工程尿道必将逐步成为长段狭窄缺损的可靠修复方案。

药物涂层球囊的适应证拓展与远期疗效验证将继续重塑微创治疗格局。基于ROBUST I试验的5年完整随访数据,Optilume DCB在短段复发性球部狭窄患者中展现出持久的疗效;Kaplan-Meier评估的5年免重复干预率达71.7%,平均IPSS从25.2分显著降至7.2分,最大尿流率及排尿后PVR的客观改善均得到再次确认^[42]。该技术已为众多患者提供了确切的低创替代疗法,但未来能否横向扩展至阴茎段狭窄,仍需更大样本的真实世界研究来验证。

机器人辅助系统的优势将在盆底复杂狭窄病例重建中逐步显现。开放式尿道吻合术长期受限於术野不清晰与器械活动受限,而机器人辅助系统在高精度重建中的临床可行性已获证实。最新评价已从循证层面全面论证了这一趋势,但高昂的设备成本与专科培训瓶颈仍是规模化普及的主要障碍^[43]。

综上所述,随着AI、生物工程、微创器械与机器人技术的协同发展,前尿道狭窄的诊疗将逐步迈入以个体化评估、精准修复与功能保留为核心的新时代。

参考文献:

- [1] 司徒曼, 宋鲁杰, 金重睿, 等. 改良 Kulkarni 法一期舌黏膜尿道成形术治疗前尿道狭窄的疗效[J]. 中华泌尿外科杂志, 2024, 45(10): 721-726.
- [2] 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.
- [3] LUO H, LOU KC, XIE LY, et al. Pharmacotherapy of urethral stricture[J]. Asian J Androl, 2024, 26(1): 1-9.
- [4] 徐涛, 张维宇. GnRH 激动剂还是拮抗剂? 前列腺癌去势治疗的挑战与优化[J]. 现代泌尿外科杂志, 2025, 30(5): 367-374.
- [5] 赵军. 男性硬化性苔藓样尿道狭窄的诊治策略[J]. 现代泌尿外科杂志, 2024, 29(11): 941-944, 974.
- [6] LI O, COHEN AJ. The future of anterior urethral strictures and urethroplasty in adult men: a narrative review[J]. AME Med J, 2023, 8(12): e9933.
- [7] SANKIN A, DAVE P, CHERRILL LR, et al. Low-grade urothelial carcinoma recurs at a tempo that naturally accelerates over time[J]. Urology, 2024, 193: 166-172.
- [8] GRIMES MD, TESDAHL BA, SCHUBBE M, et al. Histopathology of anterior urethral strictures: toward a better understanding of stricture pathophysiology[J]. J Urol, 2019, 202(4): 748-756.
- [9] GUTIERREZ WR, LUO Y, DAHMOUSH L, et al. Deep phenotyping the anterior urethral stricture: characterizing the relationship between inflammation, fibrosis, patient history, and disease pathophysiology[J]. J Urol, 2024, 212(1): 153-164.
- [10] GAO J, LIU H, LI L, et al. Comprehensive proteomic characterization of urethral stricture disease in the Chinese population[J]. Front Mol Biosci, 2024, 11: 1401970.
- [11] MINAMI T, HORIGUCHI A, SHINCHI M, et al. Surgical and patient-reported outcomes of staged urethroplasty for anterior urethral strictures: a comprehensive analysis[J]. Int J Urol, 2025, 32(4): 441-446.
- [12] 黄海, 彭世荣. 中国人口老龄化背景下老年尿失禁早期干预的挑战及前景[J]. 现代泌尿外科杂志, 2025, 30(4): 275-278.
- [13] CHAPMAN D, KINNAIRD A, ROURKE K. Independent predictors of stricture recurrence following urethroplasty for isolated bulbar urethral strictures[J]. J Urol, 2017, 198(5): 1107-1112.
- [14] WONG HP, SO WZ, FONG KY, et al. Advances in urethral stricture diagnostics and urethral reconstruction beyond traditional imaging: a scoping review[J]. Cent Eur J Urol, 2022, 75(3): 528-535.
- [15] EUROPEAN ASSOCIATION OF UROLOGY. Urethral strictures: EAU guidelines. 2023. <https://uroweb.org/guidelines/urethral-strictures>. Accessed May 10, 2026.
- [16] WESSELS SG, HEYNS CF. Prospective evaluation of a new visual prostate symptom score, the international prostate symptom score, and uroflowmetry in men with urethral stricture disease[J]. Urology, 2014, 83(1): 220-224.

- [17] 白志明. 共存的膀胱过度活动-膀胱活动低下症——一个下尿路症状的新综合征[J]. 现代泌尿外科杂志, 2024, 29(10): 852-854, 864.
- [18] SEHGAL N, PRIYADARSHI V. Impact of adding urethral sonography with retrograde urethrography in preoperative assessment of anterior urethral stricture[J]. J Med Ultrasound, 2024, 32(3): 209-214.
- [19] CHEN L, FENG C, LV XG, et al. Three-dimensional computerized model based on the sonourethrogram: a novel technique to evaluate anterior urethral stricture [J]. J Urol, 2018, 199(2): 568-575.
- [20] FENG C, LU QJ, XUE JD, et al. Optimizing anterior urethral stricture assessment: leveraging AI-assisted three-dimensional sonourethrography in clinical practice [J]. Int Urol Nephrol, 2024, 56(12): 3783-3790.
- [21] HENZ CONCATTO N, SCHUCH A, DE OLIVEIRA CAETANO T, et al. Multiparametric MR urethrography: dynamic comprehensive evaluation of the male urethra [J]. Radiographics, 2025, 45(9): e240164.
- [22] KUCUKER K, DUZGUN D, SAGLAM B, et al. The role of magnetic resonance imaging in preoperative evaluation of anterior obliterative urethral strictures[J]. Diagnostics (Basel), 2025, 15(19): 2415.
- [23] REVELS JW, WANG SS, WEAVER JS, et al. A multimodality review of male urethral imaging: pearls and pitfalls with an update on urethral stricture treatment[J]. Br J Radiol, 2022, 95(1134): 20211034.
- [24] TOKUC E, Eksi M, KAYAR R, et al. Inflammation indexes and machine-learning algorithm in predicting urethroplasty success [J]. Investig Clin Urol, 2024, 65(3): 240-247.
- [25] ALTINTAS E, ŞAHİN A, BABAYEV H, et al. Machine learning algorithm predicts urethral stricture following transurethral prostate resection[J]. World J Urol, 2024, 42(1): 324.
- [26] AMERICAN UROLOGICAL ASSOCIATION. Urethral stricture disease guideline. 2023 [EB/OL]. <https://www.auanet.org/guidelines-and-quality/guidelines/urethral-stricture-guideline>. Accessed May 10, 2026.
- [27] CABRAL JD, ALKASSIS M, KHALAFALLA K, et al. Contemporary trends in the management of urethral stricture disease in the era of the AUA guidelines[J]. Urology, 2025, 206: 173-179.
- [28] CHEN H, YIN F, ZHONG H, et al. Prophylactic adjuvant therapy for postoperative recurrence of urethral stricture: a narrative review [J]. Transl Androl Urol, 2025, 14(10): 3413-3427.
- [29] XU C, ZHU Z, LIN L, et al. Efficacy of mitomycin C combined with direct vision internal urethrotomy for urethral strictures: a systematic review and meta-analysis[J]. Urol Int, 2023, 107(4): 344-357.
- [30] ESTAPHANOUS P, KHALIFA AO, MAKAR Y. Efficacy and safety of Optilume drug-coated balloon for urethral stricture treatment: a systematic review and meta-analysis[J]. Cureus, 2024, 16(11): e74069.
- [31] SOLIMAN C, PAN HYC, MULHOLLAND CJ, et al. Effect of local steroids on urethral strictures: a systematic review and meta-analysis[J]. Investig Clin Urol, 2022, 63(3): 273-284.
- [32] CHAPPLE C, ANDRICH D, ATALA A, et al. SIU/ICUD consultation on urethral strictures: the management of anterior urethral stricture disease using substitution urethroplasty[J]. Urology, 2014, 83(3 Suppl): S31-S47.
- [33] SIMONATO A, GREGORI A, AMBRUOSI C, et al. Lingual mucosal graft urethroplasty for anterior urethral reconstruction [J]. Eur Urol, 2008, 54(1): 79-85.
- [34] WANG A, CHUA M, TALLA V, et al. Lingual versus buccal mucosal graft for augmentation urethroplasty: a meta-analysis of surgical outcomes and patient-reported donor site morbidity[J]. Int Urol Nephrol, 2021, 53(5): 907-918.
- [35] TAKEKAWA K, Horiguchi A, SHINCHI M, et al. One-sided dorsal onlay urethroplasty with penile invagination (Kulkarni urethroplasty) for complex anterior urethral strictures: a single-center experience[J]. Int J Urol, 2025, 32(6): 749-755.
- [36] CALVO CI, FENDER K, HOY N, et al. Affirming long-term outcomes after contemporary urethroplasty: the adverse impact of increasing stricture length, lichen sclerosus, radiation, and infectious strictures[J]. J Urol, 2024, 211(3): 455-464.
- [37] 罗德毅, 沈宏, 张洁. 从病因治疗到重塑尿控——女性压力性尿失禁的手术治疗观念变更及当前的金标准术式[J]. 现代泌尿外科杂志, 2025, 30(1): 8-12.
- [38] FENG H, HUANG X, FU W, et al. A Rho kinase inhibitor (FASUDIL) suppresses TGF- β mediated autophagy in urethra fibroblasts to attenuate traumatic urethral stricture (TUS) through re-activating Akt/mTOR pathway: an in vitro study[J]. Life Sci, 2021, 267: 118960.
- [39] PALMINTERI E, TOSO S, PRETO M, et al. Small intestinal submucosa graft bulbar urethroplasty is a viable technique: results compared to buccal mucosa graft urethroplasty after propensity score matching[J]. World J Urol, 2024, 42(1): 123.
- [40] ORTAC M, OZERVARLI MF, TANTEKIN SA, et al. A first-in-human pilot study of Wharton's jelly-derived mesenchymal stem cell injection for urethral stricture: safety and preliminary efficacy[J]. World J Urol, 2026, 44(1): 308.
- [41] ESKANDAR K. 3D-bioprinted urethral grafts: revolutionizing urethral stricture treatment [J]. Arab J Urol, 2025, 23(4): 330-340.
- [42] MANN RA, VIRASORO R, DELONG JM, et al. Long-term outcomes of recurrent bulbar urethral stricture treatment with the Optilume drug-coated balloon: five-year results from the ROBUST I study[J]. J Urol, 2025, 213(1): 90-98.
- [43] MANTICA G, CHERIGO F, BIALEK Ł, et al. The use of robotic surgery for the management of urethral strictures and bladder neck contractures: a systematic review[J]. Actas Urol Esp (Engl Ed), 2025, 49(1): 11-19.

(编辑 闫玉梅)