

· 述评 ·

# 儿童尿石症的防治现状与展望

何天衢 赵天望

中南大学湘雅医学院附属儿童医院(湖南省儿童医院)泌尿外科,长沙 410007

通信作者:赵天望,Email:yw508@sina.com



全文二维码

**【摘要】** 近年来,儿童尿石症的发病率在全球范围内逐渐上升。体外冲击波碎石术、逆行肾内手术和经皮肾镜碎石术等微创技术已成为儿童尿石症的主要治疗方式。儿童(特别是婴幼儿)在解剖和生理上与成人存在显著差异,手术规划和管理时需特别考虑这些差异。预防儿童尿石症的关键措施包括合理的液体摄入、饮食管理、代谢评估和药物干预,且应根据个体化病因制定针对性的预防策略。未来,防治策略将更加依赖于个性化和精准化的手术干预及随访管理。小型化手术器械的应用、药物研发进展以及高质量研究的积累将有效推动儿童尿石症的防治进程。

**【关键词】** 尿路结石症; 疾病管理; 外科手术; 儿童

**基金项目:**湖南省儿童泌尿生殖疾病临床医学研究中心(2021SK4017);湖南省卫生健康委科研计划项目(B202304057979)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202411028-001

## Current status and future prospects of prevention and treatment of pediatric urolithiasis

He Tianqu, Zhao Yaowang

Department of Urology, The Affiliated Children's Hospital of Xiangya School of Medicine, Central South University (Hunan Children's Hospital), Changsha 410007, China

Corresponding author: Zhao Yaowang, Email:yw508@sina.com

**【Abstract】** In recent years, the incidence of pediatric urolithiasis has been increasing globally. Minimally invasive techniques, such as extracorporeal shock wave lithotripsy, retrograde intrarenal surgery, and percutaneous nephrolithotripsy, have become the mainstay of treatment for pediatric urolithiasis. Children, especially infants and toddlers, exhibit significant anatomical and physiologic differences from adults, which necessitate special considerations in surgical planning and management. Key measures for preventing pediatric urolithiasis include appropriate fluid intake, dietary management, metabolic evaluation, and pharmacological intervention, with targeted prevention strategies based on individualized etiologies. In the future, prevention and treatment strategies will increasingly rely on personalized and precise surgical interventions and follow-up management. Advances in miniaturized surgical instruments, pharmaceutical development, and the accumulation of high-quality research will effectively promote progress in the prevention and treatment of pediatric urolithiasis.

**【Key words】** Urolithiasis; Disease Management; Surgical Procedures, Operative; Child

**Fund program:** Hunan Pediatric Urogenital Disease Clinical Medicine Research Center(2021SK4017); Hunan Provincial Health Commission Scientific Research Project(B202304057979)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202411028-001

近年来,儿童尿石症的发病率在全球范围内逐渐上升<sup>[1]</sup>。与成人相比,儿童尿石症的病因更加复杂,涉及遗传、代谢紊乱、解剖异常、环境因素和饮食习惯等方面,且复发率较高。据不完全统计,儿童尿石症患者在首次发病后的3年内复发率可达50%<sup>[2]</sup>。高复发率不仅增加了治疗的复杂性,还对儿童的生活质量产生了深远影响。因此,针对儿童尿石症的防治策略需要多层面进行综合考量。随着微创技术的不断进步和小型化器械的发展,体外冲击波碎石术(extracorporeal shock wave lithotripsy, ESWL)、逆行肾内手术(retrograde intrarenal surgery, RIRS)和经皮肾镜碎石术(percutaneous nephrolithotomy, PCNL)等微创技术已成为儿童尿石症的主要治疗方式。尽管治疗手段日益丰富,如何有效预防结石复发仍然是临床实践中面临的重要挑战。

## 一、儿童尿石症的治疗现状

### (一) 药物排石治疗

对于儿童直径  $<5\text{ mm}$  的无症状结石,可考虑采取保守治疗<sup>[3]</sup>。相对于成人,儿童的输尿管顺应性更强,结石更容易自然排出。药物排石疗法(medical expulsive therapy, MET)通常适用于年龄  $>2$  岁且输尿管结石直径  $<10\text{ mm}$  的儿童,最常用的药物为  $\alpha$  受体阻滞剂(如坦索罗辛)<sup>[3-5]</sup>。一项涵盖 6 项随机对照研究(randomized controlled trial, RCT)的 Meta 分析表明,接受 MET 的儿童比对照组更容易自行排出输尿管结石<sup>[6]</sup>。排石过程通常持续 4~6 周,期间需每 2 周复查彩超一次,并保证充足的液体摄入<sup>[3,7]</sup>。需要注意的是,坦索罗辛用于儿童 MET 属于非说明书用药,需谨慎使用并告知潜在不良反应。

### (二) 微创手术治疗

ESWL 是治疗儿童上尿路结石的首选非侵入性方法之一。据文献报道,短期随访的清石率(stone-free rate, SFR)为 57%~97%,长期随访的 SFR 为 57%~92%<sup>[8]</sup>。不同研究对于残留结石再次进行 ESWL 的比例从 13.9%~53.9% 不等,而需要进一步手术干预的比例在 7%~33% 之间。ESWL 的疗效受多种因素影响。Dogan 等<sup>[9]</sup>构建了预测 ESWL 术后 SFR 的列线图,研究显示,年龄、性别、结石大小、结石数量和结石位置是 SFR 的独立影响因素。部分研究还指出,Hounsfield 值和结石成分也是 SFR 的重要影响因素。然而,低剂量 CT 并非一线检查手段,而结石成分通常在术后检测,因此限制了这些指标的应用。由于输尿管支架并不能显著提高 SFR,因此不建议常规置入。但对于结石负荷较大或存在梗阻风险的患儿,手术期间放置支架管有助于减少并发症并缩短住院时间,其预扩张作用也为可能的二次手术清石提供了便利。

在多项指南和共识中,ESWL 被推荐为处理直径  $<2\text{ cm}$  肾结石和直径  $<1\text{ cm}$  下盏结石的首选方法,其适应证与 RIRS 相似。一项基于欧洲泌尿外科协会 74 个成员的调查显示,手术设备可用性分别为:ESWL 87.8%,输尿管软镜(flexible ureteroscopy, fURS)79.7%,mini PCNL 66.2%<sup>[10]</sup>。在中国,儿童 ESWL 设备的覆盖率较低,临床医师更倾向于选择 RIRS 和 PCNL 作为互补的手术方式。在成人人群中,RIRS 已逐渐取代 ESWL 成为治疗肾结石的主要手段<sup>[11]</sup>。基于儿童群体的 Meta 分析表明,对于直径  $<2\text{ cm}$  的肾结石,RIRS 组的 SFR 显著高于 ESWL 组,而两者在并发症发生率方面无显著差异<sup>[12]</sup>。研究显示,RIRS 的 SFR 与年龄和结石位置密切相关<sup>[13]</sup>。在处理下盏结石时,需要重点关注肾下盏结构和 fURS 内置物对前端曲度的影响。

PCNL 通常适用于鹿角形结石、直径  $>2\text{ cm}$  的肾结石或直径  $>1\text{ cm}$  的肾下盏结石<sup>[3-4,7]</sup>。随着 mini PCNL(14-18Fr)、ultra-mini PCNL(11-13Fr)、super-mini PCNL(10-14Fr)和 micro-perc(4.85Fr)等小型化器械的应用,手术创伤显著减少,出血风险降低,术后恢复加快。小型化 PCNL 的应用也增加了无管 PCNL 的可行性。基于 3 项 RCT 的 Meta 分析显示,无管 PCNL 可以缩短住院时间,而手术时间、术后血红蛋白水平和并发症发生率等方面均无显著差异<sup>[14]</sup>。在采用无管化时,术中出血、结石清除情况和梗阻风险需被慎重考虑。传统 PCNL 多采用俯卧位,可能导致患者呼吸顺应性降低<sup>[15]</sup>。相比之下,仰卧位 PCNL 为患者和医师提供了更好的舒适度,并有助于术中气道管理。鞘管入口朝下可以改善肾内液体引流,降低肾内压。一项针对 144 例患儿的 RCT 研究表明,仰卧 PCNL 具有更短的手术时间和住院时间<sup>[16]</sup>。

内镜联合肾内手术(endoscopic combined intrarenal surgery, ECIRS)是一种同时结合 PCNL 和 fURS 的手术方法。ECIRS 既具备 PCNL 的高效碎石能力,又能处理 PCNL 无法探及的肾盏结石,为复杂结石提供了更加全面的治疗方案。已有研究证实,ECIRS 在处理儿童复杂结石方面具有良好的疗效和安全性<sup>[17]</sup>。对于伴有解剖异常的患儿,腹腔镜或机器人辅助手术通常是首选,最常见的适应证为合并肾盂输尿管连接处梗阻。术中可通过腹腔镜套管将 fURS 引入集合系统进行探查和碎石,而后采用腹腔镜手术解除梗阻、去除病因。

### (三) 儿童特点与手术考量

儿童在解剖学和生理学方面与成人存在显著差异,尤其是在婴幼儿阶段。医师在手术规划和过程管理中应充分考虑这些差异,并采取相应措施。由于儿童对麻醉的耐受力较差,应尽量减少手术和麻醉次数。在儿童患者中,术中留置的输尿管支架通常需要在全身麻醉下再次取出。一篇综述总结了非全身麻醉下取出支架的几种方法,包括留置带尾线支架、带线胃管辅助取出以及磁吸取出等方式<sup>[18]</sup>。早期的 SWL 通常使用高能量设备,需在全身麻醉下进行。随着新一代碎石设备的应用,能量输出得到优化,碎石过程更加精准,对于大龄儿童可尝试在镇静下完成<sup>[3,19]</sup>。儿童的泌尿系统尚未发育完全,输尿管相对细小。进行 RIRS

时输尿管导引鞘(ureteral access sheath,UAS)的置入失败率为 21%~61%,通常需要预置输尿管支架 2~4 周<sup>[3,20-22]</sup>。研究表明,术前使用 1 周的坦索罗辛可以降低预置输尿管支架的需求,从而为减少手术次数提供了一种选择<sup>[21]</sup>。

儿童的免疫系统在出生后逐渐发育成熟,但在早期阶段对感染的抵抗力较差。对于部分结石嵌顿或梗阻严重的患儿,尿常规可能出现假阴性。因此,术前应完善降钙素原、C 反应蛋白等感染指标的检测,以指导抗菌药物的合理使用。由于发热是儿童尿石症术后较为常见的并发症,在进行 PCNL 或输尿管镜手术时,控制肾盂内压力显得尤为重要。应尽量降低灌注液的压力和流速,保持入量与出量的动态平衡,同时避免膀胱过度充盈。研究表明,UAS 可以增加 35%~80% 的灌注流量,同时降低 57%~75% 的肾内压<sup>[23]</sup>。为降低并发症风险,应选择合适的镜体与 UAS 组合,例如 7.5Fr 的 fURS 与 10/12Fr 的 UAS,确保有足够的空间供灌注液流出<sup>[24]</sup>。近期一项多中心前瞻性研究评价了一种前端可弯曲并具有抽吸功能的 UAS,结果显示术后无患儿出现脓毒血症,且 SFR 达 100%<sup>[25]</sup>。此外,一款具备实时监测肾内压功能的一次性 fURS(Litho Vue Elite)已初步应用于临床,其在提高手术安全性方面展现出了潜在优势<sup>[26]</sup>。

由于儿童体表面积相对较大,体温调节能力较差,术中应特别注意保温,避免体表长时间暴露,并使用温盐水作为灌注液体,以防体温过低。此外,儿童通常以腹式呼吸为主,这可能导致手术过程中肾脏活动度较大,进而影响碎石操作的精确性。通过短暂的呼吸暂停控制呼吸运动,可提供更加稳定的操作环境。

## 二、儿童尿石症的预防现状

儿童尿石症的预防可分为高危人群的预防和预防复发两大方面。预防措施应首先着眼于可改变的风险因素。目前已知的风险因素包括饮食(尤其是水摄入)、环境、种族、药物使用、代谢异常、解剖异常及遗传等。明确这些风险因素有助于早期识别高危儿童,并采取针对性的预防措施。对于有代谢异常或家族史的儿童,则需要更为个性化的监测和管理。

### (一)代谢评估与基因检测

所有确诊为尿石症的儿童都应接受代谢评估,以识别结石形成的代谢原因,并为个性化预防提供依据<sup>[3-5,7,27]</sup>。全面的代谢评估应包括血清学检查、24 h 尿液分析以及结石成分分析。24 h 尿液分析需测定尿量、肌酐、钙、钠、钾、草酸、枸橼酸、尿酸、镁及胱氨酸等指标<sup>[27]</sup>。最常见的代谢异常是高钙尿(占 34%~50%),其次是低枸橼酸尿、高尿酸尿<sup>[28]</sup>。胱氨酸尿症和原发性高草酸尿症是儿童尿石症中最常见的遗传性代谢紊乱,而婴儿高钙血症、家族性低镁血症伴高钙尿症、原发性远端肾小管酸中毒、Bartter 综合征等则相对少见。由于基因检测费用较高,目前并无指南或共识推荐常规进行检测。大多数罕见遗传病具有特定的代谢特点,可通过临床特征和代谢评估进行初步识别。基因检测应在全面代谢评估后有选择性地,作为补充手段。随访通常每 6 个月进行一次,基础检查项目包括超声检查和 24 h 尿液代谢分析。超声主要用于评估结石复发及肾积水情况,而 24 h 尿液代谢分析则用于指导饮食结构调整或药物治疗的优化。对于遗传代谢性疾病(如胱氨酸尿症和原发性高草酸尿症等),由于结石复发率较高,建议进行更为密切的随访以便及时监测和干预。

### (二)液体摄入和饮食管理

增加液体摄入是预防儿童结石形成的基础措施。充足的液体摄入可稀释尿液,减少结石形成的机会。建议儿童每日液体摄入量应达到 1 500~2 000 mL/m<sup>2</sup>,以确保尿量充足<sup>[3]</sup>。不同年龄段儿童每日尿量目标为:婴儿应保持尿量在 750 mL 以上,5 岁以下儿童应大于 1 000 mL,5~10 岁儿童应超过 1 500 mL,青少年则应达到 2 000 mL 以上<sup>[29]</sup>。由于夜间是尿结晶形成的高风险时段,建议儿童在睡前适量饮水<sup>[30]</sup>。

饮食管理也是预防儿童尿石症的重要环节。低钠饮食尤为关键,过量的钠摄入会增加尿钙排泄。高蛋白饮食则会增加尿液中尿酸、草酸和钙的排泄,降低枸橼酸盐水平,导致尿液 pH 值下降,进而促进草酸钙结石的形成<sup>[31]</sup>。尽管儿童在成长过程中需要足够的蛋白质,但应避免过量摄入动物蛋白,特别是对于曾发生草酸钙结石的儿童<sup>[3]</sup>。枸橼酸盐作为结石抑制剂,其浓度与结石形成风险呈负相关。因此,富含枸橼酸盐的食物(如柑橘)应融入儿童的日常饮食中,以增加尿液中枸橼酸盐的浓度,降低结石风险。钙的适量摄入同样重要,过量摄入可能增加结石风险,而钙摄入不足则可能导致骨骼发育问题,并增加草酸盐的吸收,进而促进结石形成<sup>[29]</sup>。



### (三) 药物治疗

药物预防主要基于特定的代谢异常进行个体化治疗。对于高钙尿症,氢氯噻嗪是首选药物,可显著减少尿钙排泄<sup>[7]</sup>。低枸橼酸尿症则可通过枸橼酸钾碱化尿液并增加枸橼酸排泄。高尿酸尿症的预防主要通过碱化尿液,常用药物为枸橼酸钾,剂量需根据尿 pH 值调整<sup>[32]</sup>。对于胱氨酸结石,硫普罗宁可显著提高胱氨酸的溶解度,同时通过枸橼酸钾或碳酸氢钠碱化尿液<sup>[33]</sup>。对于原发性高草酸尿症,可使用大剂量维生素 B6 以增强丙氨酸乙醛酸转化酶活性,减少尿中草酸排泄。此外,Lumasiran 为原发性高草酸尿症 1 型(primary hyperoxaluria type 1, PH1) 提供了革命性的治疗选择,临床试验已证明其在儿童群体中的有效性和安全性,目前在国内少数医院可申请使用。

### (四) 解剖异常

解剖结构异常也是儿童结石形成的重要风险因素。先天性结构畸形可能导致尿路梗阻,增加结石形成的风险。在病史采集方面,应特别关注结石与肾积水发生的先后顺序,这对于准确判断潜在的解剖异常具有重要意义。临床实践中,鉴别结石嵌顿引起的尿路梗阻与先天性尿路梗阻继发的结石形成常面临一定挑战。前者通常起病急骤,伴有典型的临床症状。而后者继发的结石多位于肾盏内,即使位于梗阻段,患儿的临床表现通常较轻或进展缓慢。在影像学检查方面,输尿管壁的炎性反应及水肿常提示结石嵌顿发生在先。然而,当肾盂输尿管连接处的小结石伴随严重肾积水,或结石呈现典型的“鸟嘴状”形态时,应高度怀疑潜在的先天性解剖异常。对于此类患儿,治疗策略应以解除梗阻和去除病因为重点,而非仅限于单纯的碎石治疗。

### (五) 药物使用相关风险

药物诱导的尿石症在儿童中相对少见,但某些药物具有较高风险,如头孢曲松、磺胺类抗生素、抗病毒药物(如茚地那韦)、抗癫痫药物(如托吡酯)、利尿剂(如呋塞米)以及过量的维生素 C、维生素 D 等。由于儿童的代谢特点与成人不同,长期用药或高剂量使用时,发生药物诱导尿石症的风险更高。大多数情况下,停用相关药物后,结石可逐渐自行消退。因此,详细的用药史采集、合理的药物选择、剂量调整以及定期监测是预防药物相关结石的关键措施。

### 三、儿童尿石症的防治展望

精准化和个体化的手术方式是未来发展的重点,其目标应始终围绕提高清石率、减少并发症、尽可能减少辐射暴露以及减少麻醉和手术次数。诺模图是一种直观且量化的预测工具,通过整合多维度数据,为临床医师提供科学且个性化的决策支持。目前,已有许多学者在儿童领域构建了针对不同手术方式清石率的临床预测模型。然而,这些模型在实际应用中仍面临诸多挑战,包括数据质量的限制、模型验证的可靠性以及变量选择的科学性和合理性,这些问题亟待进一步解决以提升模型的临床实用性和推广价值。基于儿童的解剖特点,手术器械的小型化始终是临床的迫切需求。小型化器械不仅能减少手术创伤,还能降低术前预扩张的需求。PCNL 在这一方面已卓有成效,而 6.3Fr 的一次性 fURS 也开始在临床应用。一次性 fURS 的优势在于提高了手术效率、降低了感染风险并减少设备损耗。然而,高成本和资源浪费仍是不可忽视的问题,通过关键组件的回收再利用有望解决这一困境。钬激光作为一种新兴的碎石技术,具有更高的碎石效率、更低的能量消耗和更短的手术时间。尽管钬激光在儿科应用尚处于早期阶段,其潜力已初步得到验证,未来有望成为儿童尿石症手术治疗的主流选择。此外,三维重建、虚拟现实和混合现实等数字化技术正逐步应用于临床,为儿童尿石症的术前规划、术中导航和手术训练开辟了新的视野。

由于儿童尿石症患者的复发率较高,长期管理和随访需进一步标准化和个性化。未来的预防策略应更加依赖于 24 h 尿液分析等代谢评估的动态监测,以便及时调整预防和治疗方案。与此同时,儿童尿石症的靶向治疗和药物研发也应受到更多关注。Chen 等<sup>[34]</sup>利用基因编辑技术成功修复了 PH1 大鼠模型中的 AGXT 基因突变,显著降低了草酸盐水平。此外,一些研究表明,植物多糖能够有效降低草酸钙结石形成的风险<sup>[35]</sup>。这些研究都为儿童尿石症的防治提供了新的思路。多学科团队的合作在儿童尿石症的长期管理中应发挥更大作用,肾病学、内分泌学、遗传学及社会工作者的参与将有助于对疾病进行更加全面的管理。

尽管近年来关于儿童尿石症的研究有所增加,但大多数研究的证据质量较低,缺乏大规模的 RCT 研究。未来需要更多高质量的、多中心 RCT 研究,以验证现有的治疗方法并探索新的治疗策略。儿童肾结石手术

的疗效比较、儿童经皮肾碎石术、儿童输尿管镜检查等项目为标准化数据收集和分析提供了良好模板,有望进一步推动儿童尿石症的研究和临床实践<sup>[36-38]</sup>。

总之,儿童尿石症的防治充满了机遇与挑战。随着手术器械、治疗理念和随访管理的不断进步,未来的防治工作将更加精准化和个性化。通过优化手术策略、完善随访方案并推动高质量研究,儿童尿石症的防治水平有望取得显著进展。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

## 参 考 文 献

- [1] Issler N, Dufek S, Kleta R, et al. Epidemiology of paediatric renal stone disease; a 22-year single centre experience in the UK [J]. BMC Nephrol, 2017, 18(1): 136. DOI: 10.1186/s12882-017-0505-x.
- [2] Tasian GE, Kabariti AE, Kalmus A, et al. Kidney stone recurrence among children and adolescents [J]. J Urol, 2017, 197(1): 246-252. DOI: 10.1016/j.juro.2016.07.090.
- [3] Zeng GH, Zhu W, Somani B, et al. International Alliance of Urolithiasis (IAU) guidelines on the management of pediatric urolithiasis [J]. Urolithiasis, 2024, 52(1): 124. DOI: 10.1007/s00240-024-01621-z.
- [4] 中华医学会儿科学分会泌尿学组, 中国泌尿系结石联盟. 儿童泌尿系结石诊疗中国专家共识 [J]. 中华泌尿外科杂志, 2021, 42(2): 81-88. DOI: 10.3760/cma.j.cn112330-20210111-00017.  
Urolithiasis Group of Chinese Urological Association, China Alliance of Urolithiasis. Chinese expert consensus on diagnosis and management of paediatric urolithiasis [J]. Chin J Urol, 2021, 42(2): 81-88. DOI: 10.3760/cma.j.cn112330-20210111-00017.
- [5] Tekgül S, Stein R, Bogaert G, et al. European Association of Urology and European Society for Paediatric Urology guidelines on paediatric urinary stone disease [J]. Eur Urol Focus, 2022, 8(3): 833-839. DOI: 10.1016/j.euf.2021.05.006.
- [6] Bacchus MW, Locke RA, Kwenda EP, et al. Medical expulsive therapy (MET) for ureteral calculi in children: systematic review and meta-analysis [J]. Front Urol, 2022, 2: 866162. DOI: 10.3389/fruro.2022.866162.
- [7] 中华医学会儿科学分会泌尿学组. 儿童肾结石诊疗的临床专家共识 [J]. 临床小儿外科杂志, 2021, 20(2): 107-113. DOI: 10.12260/lxewkzz.2021.02.002.  
Group of Urology, Branch of Pediatric Surgery, Chinese Medical Association. Clinical expert consensus on managing kidney stones in children [J]. J Clin Ped Sur, 2021, 20(2): 107-113. DOI: 10.12260/lxewkzz.2021.02.002.
- [8] Güzel R, Yildirim Ü, Sarica K. Contemporary minimal invasive surgical management of stones in children [J]. Asian J Urol, 2023, 10(3): 239-245. DOI: 10.1016/j.ajur.2023.02.001.
- [9] Dogan HS, Altan M, Citamak B, et al. A new nomogram for prediction of outcome of pediatric shock-wave lithotripsy [J]. J Pediatr Urol, 2015, 11(2): 84. e1-84. e6. DOI: 10.1016/j.jpuro.2015.01.004.
- [10] Bañuelos Marco B, Haid B, Radford A, et al. Guideline adherence of paediatric urolithiasis: an EAU members' survey and expert panel roundtable discussion [J]. Children (Basel), 2022, 9(4): 504. DOI: 10.3390/children9040504.
- [11] Geraghty RM, Jones P, Somani BK. Worldwide trends of urinary stone disease treatment over the last two decades: a systematic review [J]. J Endourol, 2017, 31(6): 547-556. DOI: 10.1089/end.2016.0895.
- [12] Geraghty R, Lombardo R, Yuan C, et al. Outcomes of flexible ureteroscopy vs extracorporeal shock wave lithotripsy for renal stones in pediatric patients: a European Association of Urology urolithiasis guidelines systematic review and meta-analysis [J]. J Urol, 2023, 210(6): 876-887. DOI: 10.1097/JU.0000000000003696.
- [13] Sen H, Baydilli N, Ozturk M, et al. Factors effecting the success of retrograde intrarenal surgery in pediatric patients with renal stones: the experience of two tertiary centres with 368 renal units [J]. J Pediatr Urol, 2024, 20(3): 403. e1-403. e9. DOI: 10.1016/j.jpuro.2024.01.004.
- [14] Nouralizadeh A, Simforoosh N, Shemshaki H, et al. Tubeless versus standard percutaneous nephrolithotomy in pediatric patients: a systematic review and meta-analysis [J]. Urologia, 2018, 85(1): 3-9. DOI: 10.5301/uj.5000270.
- [15] Cox RG, Ewen A, Bart BB. The prone position is associated with a decrease in respiratory system compliance in healthy anaesthetized infants [J]. Paediatr Anaesth, 2001, 11(3): 291-296. DOI: 10.1046/j.1460-9592.2001.00646.x.
- [16] Eryilmaz R, Ertas K, Aslan R, et al. Comparison of supine-prone percutaneous nephrolithotomy methods in the treatment of kidney stones in pediatric patients: prospective randomized study [J]. Urolithiasis, 2024, 52(1): 73. DOI: 10.1007/s00240-024-01543-w.
- [17] Quiroz Y, Ferretti S, Campobasso D, et al. First worldwide multicentric series of mini-ECIRS in children: outcomes from two tertiary endourology centers [J]. J Endourol, 2024, 38(11): 1141-1147. DOI: 10.1089/end.2024.0168.
- [18] Juliebø-Jones P, Pietropaolo A, Haugland JN, et al. Current status of ureteric stents on extraction strings and other non-cystoscopic removal methods in the paediatric setting: a systematic review on behalf of the European Association of Urology (EAU) Young Academic Urology (YAU) urolithiasis group [J]. Urology, 2022, 160: 10-16. DOI: 10.1016/j.urology.2021.11.022.
- [19] Grabsky A, Tsaturyan A, Musheghyan L, et al. Effectiveness of ultrasound-guided shockwave lithotripsy and predictors of its success rate in pediatric population: a report from a national reference center [J]. J Pediatr Urol, 2021, 17(1): 78. e1-78. e7. DOI: 10.1016/j.jpuro.2020.10.014.
- [20] Bortnick E, Kurtz MP, Cilento BG Jr, et al. Is cerebral palsy associated with successful ureteral access during the initial attempt at ureteroscopy for urolithiasis in children and young adults? [J]. J Pediatr Urol, 2023, 19(4): 369. e1-369. e6. DOI: 10.1016/j.jpuro.2023.04.014.
- [21] McGee LM, Sack BS, Wan JL, et al. The effect of preoperative tamsulosin on ureteroscopic access in school-aged children [J]. J Pediatr Urol, 2021, 17(6): 795. e1-795. e6. DOI: 10.1016/j.jpuro.2021.08.021.

- [22] Campbell P, Mudd B, Craig K, et al. One and done: feasibility and safety of primary ureteroscopy in a pediatric population[J]. J Pediatr Urol, 2024, 20(2): 224. e1-224. e7. DOI:10.1016/j.jpuro. 2023. 10. 031.
- [23] De Coninck V, Keller EX, Rodríguez-Monsalve M, et al. Systematic review of ureteral access sheaths: facts and myths[J]. BJU Int, 2018, 122(6): 959-969. DOI:10.1111/bju. 14389.
- [24] Juliebø-Jones P, Keller EX, Tzelvels L, et al. Paediatric kidney stone surgery: state-of-the-art review [J]. Ther Adv Urol, 2023, 15: 17562872231159541. DOI:10.1177/17562872231159541.
- [25] Gauhar V, Madarriaga YQ, Somani B, et al. Is flexible and navigable suction ureteral access sheath (FANS-UAS) the next best development for retrograde intrarenal surgery in children? Results of a prospective multicentre study[J]. World J Urol, 2024, 42(1): 627. DOI:10.1007/s00345-024-05337-y.
- [26] Bhojani N, Koo KC, Bensaadi K, et al. Retrospective first-in-human use of the LithoVue™ Elite ureteroscope to measure intrarenal pressure[J]. BJU Int, 2023, 132(6): 678-685. DOI:10.1111/bju. 16173.
- [27] 丛小明, 孙西钊. 儿童泌尿系统结石的代谢评估[J]. 临床小儿外科杂志, 2020, 19(8): 661-665. DOI:10.3969/j. issn. 1671-6353. 2020. 08. 001.  
Cong XM, Sun XZ. Metabolic evaluations of pediatric nephrolithiasis[J]. J Clin Ped Sur, 2020, 19(8): 661-665. DOI:10.3969/j. issn. 1671-6353. 2020. 08. 001.
- [28] Saadeh SA. Pediatric nephrolithiasis: risk factors, evaluation, and prevention[J]. Pediatr Ann, 2020, 49(6): e262-e267. DOI:10.3928/19382359-20200518-01.
- [29] Carmen Tong CM, Ellison JS, Tasian GE. Pediatric stone disease: current trends and future directions[J]. Urol Clin North Am, 2023, 50(3): 465-475. DOI:10.1016/j. ucl. 2023. 04. 009.
- [30] Rodriguez A, Saez-Torres C, Mir C, et al. Effect of sample time on urinary lithogenic risk indexes in healthy and stone-forming adults and children [J]. BMC Urol, 2018, 18(1): 116. DOI:10.1186/s12894-018-0430-8.
- [31] Önal B, Kırılı EA. Pediatric stone disease: current management and future concepts[J]. Turk Arch Pediatr, 2021, 56(2): 99-107. DOI:10.5152/TurkArchPediatr. 2021. 20273.
- [32] Skolarikos A, Somani B, Neisius A, et al. Metabolic evaluation and recurrence prevention for urinary stone patients: an EAU guidelines update[J]. Eur Urol, 2024, 86(4): 343-363. DOI:10.1016/j. eururo. 2024. 05. 029.
- [33] 赵天望, 李创业. 儿童遗传性肾结石的治疗进展[J]. 临床小儿外科杂志, 2020, 19(8): 666-671. DOI:10.3969/j. issn. 1671-6353. 2020. 08. 002.  
Zhao YW, Li CY. Recent advances in the treatment of hereditary nephrolithiasis in children[J]. J Clin Ped Sur, 2020, 19(8): 666-671. DOI:10.3969/j. issn. 1671-6353. 2020. 08. 002.
- [34] Chen ZT, Zhang DX, Zheng R, et al. In vivo base editing rescues primary hyperoxaluria type 1 in rats[J]. Kidney Int, 2024, 105(3): 496-507. DOI:10.1016/j. kint. 2023. 11. 029.
- [35] Wang Z, Liu L, Zhao YW, et al. Carboxymethylated Desmodium styracifolium polysaccharide reduces the risk of calcium oxalate kidney stone formation by inhibiting crystal adhesion and promoting crystal endocytosis[J]. J Cell Physiol, 2024, 239(6): e31272. DOI:10.1002/jcp. 31272.
- [36] Ellison JS, Lorenzo M, Beck H, et al. Comparative effectiveness of paediatric kidney stone surgery (the PKIDS trial): study protocol for a patient-centred pragmatic clinical trial[J]. BMJ Open, 2022, 12(4): e056789. DOI:10.1136/bmjopen-2021-056789.
- [37] Juliebø-Jones P, Ulvik Ø, Beisland C, et al. Paediatric percutaneous nephrolithotomy (P-PCNL) reporting checklist[J]. Scand J Urol, 2023, 58: 115-119. DOI:10.2340/sju. v58. 13392.
- [38] Juliebø-Jones P, Ulvik Ø, Beisland C, et al. Paediatric Ureteroscopy (P-URS) reporting checklist: a new tool to aid studies report the essential items on paediatric ureteroscopy for stone disease[J]. Urolithiasis, 2023, 51(1): 35. DOI:10.1007/s00240-023-01408-8.

(收稿日期: 2024-11-13)

**本文引用格式:** 何天衢, 赵天望. 儿童尿石症的防治现状与展望[J]. 临床小儿外科杂志, 2025, 24(1): 1-6. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202411028-001.

**Citing this article as:** He TQ, Zhao YW. Current status and future prospects of prevention and treatment of pediatric urolithiasis[J]. J Clin Ped Sur, 2025, 24(1): 1-6. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202411028-001.