

## 机器人辅助腹腔镜治疗儿童肾积水的研究进展

邓富强<sup>1</sup>, 赵彰<sup>2</sup>

(1. 梅州市人民医院小儿外科 广东 梅州 514000; 2. 广州市妇女儿童医疗中心泌尿外科 广东 广州 510000)

**摘要** 肾积水是小儿泌尿系统常见疾病, 致病机制主要是肾盂输尿管连接部梗阻, 肾盂输尿管连接部梗阻所致肾积水的有效治疗方法是手术治疗。近年来, 达芬奇机器人辅助手术在小儿泌尿外科的应用越来越多, 相关研究多集中机器人辅助腹腔镜下肾盂成形术(RALP)应用于肾积水患儿的疗效及安全性。现将该领域的研究进展进行综述。

**关键词** 手术机器人; 腹腔镜手术; 儿童; 肾积水; 肾盂成形术

**中图分类号** R726.9 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 04-0739-04

## Research progress on robot-assisted laparoscopic surgery for pediatric hydronephrosis

DENG Fuqiang<sup>1</sup>, ZHAO Zhang<sup>2</sup>

(1. Department of Pediatric Surgery, Meizhou People's Hospital, Meizhou 514000, China; 2. Department of Urology, Guangzhou Women and Children's Medical Center, Guangzhou 510000, China)

**Abstract** Hydronephrosis is a common disease of the urinary system in children, which is mainly caused by the ureteropelvic junction obstruction (UPJO). The effective treatment way to hydronephrosis caused by UPJO is surgical approach. In recent years, the application of Da Vinci surgical system in pediatric urology has attracted more and more attention, and most studies focused on the efficacy and safety of robot-assisted laparoscopic pyeloplasty in children with hydronephrosis. The research progress of robot-assisted laparoscopic pyeloplasty for pediatric hydronephrosis in children is summarized in this paper.

**Key words** Surgical Robot; Laparoscopic Surgery; Children; Hydronephrosis; Pyeloplasty

产前结构异常筛查出肾积水的患儿多属于生理性肾盂扩大, 产后新生儿相关表现自行缓解消失, 但是仍有部分肾积水患儿病情加重或引起肾功能损害。肾盂输尿管连接处梗阻 (Ureteropelvic Junction Obstruction, UPJO)、膀胱输尿管反流等是引起病理性肾积水的原因, 肾盂输尿管连接部梗阻所致肾积水多见于男童, 具有一定隐匿性, 超声表现为患肾侧输尿管不扩张, 严重者可引起肾皮质压力增大和缺血性病变, 给肾脏带来不可逆性损伤, 离断式肾盂成形术是首选术式<sup>[1-2]</sup>。手术方式可以选择开放

手术, 随着腹腔镜技术和机器人辅助手术的进步, 机器人辅助腹腔镜肾盂成形术在欧美国家已广泛开展。现就近年来关于儿童肾积水的机器人辅助腹腔镜治疗进展进行综述。

## 1 机器人辅助腹腔镜手术的应用优势

自2002年国外学者报道机器人辅助腹腔镜肾盂成形术 (Robot-assisted Laparoscopic Pyeloplasty, RALP) 以来, 该术式在小儿泌尿外科逐渐被推广, 是腹腔镜肾盂成形术治疗儿童肾积水的又一选择。达芬奇机器人手术系统结

收稿日期: 2024-05-06 录用日期: 2024-06-05

Received Date: 2024-05-06 Accepted Date: 2024-06-05

基金项目: 国家自然科学基金 (82200742)

Foundation Item: Notional Natural Science Foundation of China(82200742)

通讯作者: 邓富强, Email: 18688531945@163.com

Corresponding Author: DENG Fuqiang, Email: 18688531945@163.com

引用格式: 邓富强, 赵彰. 机器人辅助腹腔镜治疗儿童肾积水的研究进展 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5 (4): 739-742.

Citation: DENG F Q, ZHAO Z. Research progress on robot-assisted laparoscopic surgery for pediatric hydronephrosis[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(4): 739-742.

合了机器人技术、数字图像处理技术、传感器技术、临床技术等,由床旁机械臂、控制台以及成像系统构成,达芬奇机器人手术系统的应用改变手术治疗模式,现用于泌尿、胃肠、肝胆等多个领域,推动微创手术的发展并取得了良好的效果<sup>[3-5]</sup>。机器人辅助手术的优势在于高分辨率三维视图,使术者对术野信息掌握更清晰,有更灵活的手腕系统,操控手术器械灵活,能提供执行复杂重建手术的能力,手术操作精细化,降低术中损伤,即使对于体腔空间狭小的儿童也适用,术中游离肾盂输尿管前通过观察肾盂至输尿管的蠕动评估患儿恢复情况<sup>[6]</sup>。

## 2 RALP 治疗儿童肾积水的安全性

关于机器人辅助腹腔镜手术治疗原发性膀胱输尿管反流导致肾积水的研究不多,Mittal S等人<sup>[7]</sup>研究机器人辅助腹腔镜输尿管再植术(Robot-assisted Laparoscopic Ureteral Replantation, RALUR)用于原发性膀胱输尿管反流(Vesico-ureteral Reflux, VUR)发现,RALUR术后新发肾积水的发生率为13.5%,术后4~6周肾脏超声显示输尿管出现新发肾积水,在手术1年内自发消退,再干预率非常低。Kim E J等人<sup>[8]</sup>对接受腔外入路机器人辅助腹腔镜下输尿管再植术(RALUR-ev)的原发性VUR患儿资料进行了回顾分析。结果显示,术后1个月时,30.3%(36/119)的肾脏单位出现SFU 1~3级肾积水,但83.9%(26/31)肾积水在中位时间7.9个月(范围:3.4~21.0个月)内完全解决,未解决的4例肾积水均降至SFU 1级,无需干预。

机器人辅助手术治疗肾积水研究多集中在UPJO导致肾积水方面。目前关于UPJO导致肾积水的手术指征为:①Ⅲ~Ⅳ级的肾积水或肾功能迅速恶化;②肾盂输尿管连接部梗阻合并疼痛;③分肾功能<40%且 $T_{1/2}>20$  min;④保守治疗后肾功能降低>10%;⑤合并疼痛、结石和感染等并发症。

腹腔镜下肾盂成形术的术后并发症多为Clavien I~Ⅲ级,有泌尿系统感染、漏尿、血尿、吻合口狭窄、肠梗阻、支架或造瘘管脱位等<sup>[8-10]</sup>。

严格掌握手术适应证及操作技巧,规范处理术中困难是预防和降低儿童肾积水手术并发症的关键。刘德鸿等人<sup>[11]</sup>研究RALP治疗肾积水患儿的安全性,研究结果显示无术中并发症,Clavien I~Ⅱ级并发症发生率为22.6%,包括腰痛、血尿、尿漏、泌尿系感染,经保守治疗后症状消失。吻合不严密,术后护理不当夹闭导尿管可引起漏尿,延长切口引流管留置时间可缓解。术中切除病变段时考虑到输尿管的血供应少游离输尿管,吻合过程中可采用提吊缝针尽可能减少对输尿管的损伤。高建等人<sup>[12]</sup>认为RALP治疗1岁以上儿童安全有效,无中转开放,术中无并发症,1例拔除双J管后吻合口梗阻再次手术。其他患儿利尿性肾核素显像均提示无梗阻,患肾分肾功能较术前明显提高。陈鲁秋等人<sup>[13]</sup>的一项关于UPJO所致的肾盂积水患儿回顾性总结分析结果显示,RALP术中及术后并发症少,1例患儿出现血尿,经保守治疗于术后第3 d缓解,而且该术式优势在于降低术中缝合难度。

Silay M S等人<sup>[14]</sup>探讨了机器人辅助腹腔镜小儿肾盂成形术的可行性和有效性,通过统计资料的分析结果显示机器人手术组的并发症发生率为7.7%,腹腔镜手术组并发症发生率为7.4%,不同手术在患儿并发症发生率相当,机器人辅助腹腔镜小儿肾盂成形术安全有效,两种术式都是可行选择。杨平等<sup>[15]</sup>一项Meta分析评价结果显示,机器人辅助腹腔镜手术后镇痛药的使用率较低,与传统腹腔镜肾盂成形术相比其术后并发症发生率更低,患儿再次手术的发生率更低,但对于小年龄婴幼儿而言其应用有一定局限性。Boysen W R等人<sup>[16]</sup>的一项Meta分析评价结果显示,机器人辅助腹腔镜手术的累计并发症发生率为8.3%。Faria E F等人<sup>[17]</sup>的一项国外前瞻性随机对照试验研究认为RALP在缝合、外科医生舒适度和可视化方面比传统腹腔镜肾盂成形术(Laparoscopic Pyeloplasty, LP)具有更多优势,而且RALP与LP的短期并发症发生率相当。

## 3 RALP 治疗儿童肾积水的疗效

李沛平等人<sup>[18]</sup>的一项对照研究显示,接受

RALP 的患儿与接受 LP 的患儿手术效果相当，术中出血量、术后引流时间和术后住院时间比较，差异均无统计学意义。患肾积水症状减轻，肾功能得到不同程度恢复。机器人辅助手术费用较高，手术时间也较 LP 更长。吕逸清等人<sup>[19]</sup>也得到了类似的结论，RALP 的手术时间较 LP 更长，两组均有 1 例患儿术后肾积水加重，机器人手术可实现与腹腔镜手术类似的疗效。周立军等人<sup>[20]</sup>的研究以重复肾合并上下肾肾盂输尿管连接部梗阻肾积水儿童作为研究对象，应用机器人辅助经典离断式肾盂成形术，腹腔内操作的平均时间为 105 min，术前肾盂分离 31~64 mm，术后肾盂分离降低为 9.8~36 mm，同位素肾图检查可观察左下肾分肾功能及排泄有所好转。

RALP 作为重建手术，其难度及术者技能与手术时间有关，赵扬等人<sup>[21]</sup>分析了影响该手术难度相关因素，结果显示因素包括患儿年龄小、术前尿路感染、小肾盂、肾轴旋转不良和腔静脉后输尿管，可见手术难度因个别病例复杂性形成差异，通过模型的构建可预测儿童 RALP 难度，为术者提供参考依据。

#### 4 RALP 治疗儿童肾积水的入路选择

LP 常用的是经腹腔入路，腹腔能为术者提供较大的操作空间，但是梗阻部位多在腹膜后，儿童行后腹腔入路腹腔镜肾盂成形术的手术空间有限，腹腔内缝合有一定难度。康延杰等人<sup>[22]</sup>的研究显示，经结肠系膜入路手术操作空间大，不增加肠道干扰，可以减少创伤。肾盂与输尿管吻合口选择间断吻合可减少吻合口狭窄发生，缝合吻合口时选择不同颜色可吸收线有助于提高视野辨识度，考虑到术者技术水平对于婴儿抑或是新生儿选择 6-0 可吸收线缝合肾盂输尿管吻合口视觉效果更优<sup>[23]</sup>。机器人手术系统推动了微创手术的精细化发展，关于 RALP 的入路研究多为病案报道，其优势在于能直达 UPJO 处，减少腹腔损伤。胡清烜等人<sup>[24]</sup>对机器人辅助腹腔镜离断式肾盂成形术的不同入路方式治疗儿童肾积水的疗效进行了对照研究，结果显示手

术均顺利完成，无中转开放手术者，综合缩短手术时间和吻合时间考虑，针对肾外型肾积水患儿可应用经结肠系膜入路，针对肾内型肾积水患儿可应用经结肠旁沟入路。Blanc T 等人<sup>[25]</sup>的一项回顾性分析结果表明，腹膜后机器人辅助腹腔镜离断式肾盂成形术在儿童中是可行、安全和有效的，经腹膜后手术所需解剖过程少，患儿肾功能术后有好转。目前对于机器人辅助腹腔镜离断式肾盂成形术的入路选择尚有争议，尚需多中心大样本长期随访观察其效果及安全性。

#### 5 R-LESS 在儿童肾积水术中的应用

传统的三孔腹腔镜技术虽然操作简单，切口较明显，而单孔腹腔镜技术通过单个腹部切口进行，一般选择脐部作为切口，美容效果相对更优，创伤更小、术后恢复快、失血少的同时操作相对困难。机器人辅助单孔腹腔镜手术（Robot-assisted Laparoendoscopic Single-site Surgery, R-LESS）用于儿童肾积水的报道不多，刘慧等人<sup>[26]</sup>报道机器人辅助腹腔镜手术学习曲线短、符合人体工程学，但其住院费用较高，Trocars 孔瘢痕稍大。为满足美容效果，黄光彬等人<sup>[27]</sup>报道了 R-LESS 在患儿肾盂成形术中的应用，结果显示患儿均顺利完成手术，无中转开腹，无中远期并发症，手术切口愈合良好，无感染，瘢痕增生，患儿家属对术后外观均满意。单孔腹腔镜缝合难度高，存在尿瘘风险，但机器人辅助手术可实施精细操作，降低缝合难度，但其器械的使用需助手高度配合，助手通过摄像系统了解手术情况，准确无误地传递和更换手术器械，关于机器人手术系统设计有待于改善。李鋆等人<sup>[28]</sup>研究比较了机器人辅助单孔 +1 腹腔镜手术与单孔腹腔镜手术的效果，研究结果显示术中出血量、并发症、肾实质厚度及肾盂前后径差异均无统计学意义。R-LESS 在缩短手术时间、术中吻合时间上较单孔腹腔镜手术具有一定优势，并且能弥补“同轴效应”缺陷，配合悬吊肾盂技术，能充分暴露视野，能清晰识别小血管，深部打结较容易，+1 孔能使主刀

操纵的机械臂及助手的辅助通道形成三角结构。刘宇静等人<sup>[29]</sup>研究探讨了隐匿切口法 RALP 治疗小儿肾积水的美容效果, 隐匿切口法手术操作空间大, 术后并发症 Clavien I ~ II 级发生率 27.3%, 低于传统通道法的 40%, 提示隐匿切口法术后美容效果更优。Parikh N 等人<sup>[30]</sup>报道 R-LESS 在右侧肾盂输尿管连接处梗阻右侧肾积水患儿的应用效果良好, 没有器械三角测量问题, 降低切口的可见性, 术后无并发症, 无术后不良事件。

综上所述, 机器人辅助手术的实施依赖于术者对手术操作细节的掌握和团队的高度配合, 随着经验的不断积累和手术费用的降低, 未来有望在儿童泌尿外科普及。

**利益冲突声明:** 本文不存在任何利益冲突。

**作者贡献声明:** 邓富强负责设计论文框架, 起草论文, 论文修改, 拟定写作思路, 指导撰写文章并最后定稿; 邓富强、赵彭均负责实验操作, 研究过程的实施, 数据收集, 统计学分析, 绘制图表。

## 参考文献

- [1] 陶承品, 曹永胜, 褚晗, 等. 比较离断性肾盂成形术不同手术方式治疗小儿肾盂输尿管连接部狭窄所致肾积水的效果分析[J]. 重庆医科大学学报, 2023, 48(4): 434-438.
- [2] 刘晓东, 徐万华, 孙俊杰, 等. 经腰部小切口与腹腔镜离断式肾盂成形术治疗婴幼儿 UPJO 的疗效比较[J]. 中华泌尿外科杂志, 2019, 40(11): 829-832.
- [3] Schulster M L, Sidhom D A, Sturgeon K, et al. Outcomes and peri-operative complications of robotic pyelolithotomy[J]. J Robot Surg, 2020, 14(3): 401-407.
- [4] Marano L, Fusario D, Savelli V, et al. Robotic versus laparoscopic gastrectomy for gastric cancer: protocol for umbrella review of systematic reviews and meta-analyses[J]. BMJ Open, 2020, 10(2): e033634.
- [5] Sucandy I, Giovannetti A, Ross S, et al. Institutional first 100 case experience and outcomes of robotic hepatectomy for liver tumors[J]. Am Surg, 2020, 86(3): 200-207.
- [6] 黄光彬, 李庚, 高贺云, 等. 单孔机器人技术在婴幼儿泌尿系手术中的应用[J]. 临床外科杂志, 2023, 31(5): 419-422.
- [7] Mittal S, Eftekharzadeh S, Aghababian A, et al. Incidence and resolution of de novo hydronephrosis after pediatric robot-assisted laparoscopic extravesical ureteral reimplantation for primary vesicoureteral reflux[J]. J Pediatr Urol, 2022, 18(4): 517.e1-517.e5.
- [8] Kim E J, Song S H, Sheth K, et al. Does de novo hydronephrosis after pediatric robot-assisted laparoscopic ureteral re-implantation behave similarly to open re-implantation? [J]. J Pediatr Urol, 2019, 15(6): 604.e1-604.e6.
- [9] 张一帆, 郝春生, 任玉乾. 腹腔镜下 Anderson-Hynes 肾盂输尿管成形术治疗 6 个月以下婴儿肾盂输尿管连接部梗阻[J]. 中国微创外科杂志, 2019, 19(7): 587-591.
- [10] 任伟刚, 段懿星. 后腹腔镜精准辅助小切口离断肾盂成形术治疗小儿肾盂输尿管连接部梗阻(附 22 例报告)[J]. 中国内镜杂志, 2019, 25(1): 89-93.
- [11] 刘德鸿, 周辉霞, 马立飞, 等. 机器人辅助腹腔镜肾盂成形术治疗小婴儿肾积水的初步经验[J]. 中华泌尿外科杂志, 2019, 40(1): 2-7.
- [12] 高建, 张书峰, 王晓晖, 等. 机器人辅助腹腔镜肾盂成形术在儿童肾盂输尿管连接部梗阻中的应用[J]. 中国微创外科杂志, 2022, 22(6): 454-458.
- [13] 陈鲁秋, 崔新海, 陈嘉伟, 等. 小儿机器人肾盂成形术的经验初探[J]. 腹腔镜外科杂志, 2021, 26(5): 371-375.
- [14] Silay M S, Danacioglu O, Ozel K, et al. laparoscopy versus robot-assisted pyeloplasty in children: preliminary results of a pilot prospective randomized controlled trial[J]. World J Urol, 2020, 38(8): 1841-1848.
- [15] 杨平, 李康明, 邹兵, 等. 机器人辅助腹腔镜与传统腹腔镜肾盂成形术治疗小儿肾盂输尿管连接处梗阻的 Meta 分析[J]. 临床小儿外科杂志, 2022, 21(05): 482-489.
- [16] Boysen W R, Gundeti M S. Robot-assisted laparoscopic pyeloplasty in the pediatric population: a review of technique, outcomes, complications, and special considerations in infants [J]. Pediatr Surg Int, 2017, 33(9): 925-935.
- [17] Faria E F. Editorial Comment: Laparoscopy versus robotic-assisted pyeloplasty in children: preliminary results of a pilot prospective randomized controlled trial[J]. Braz J Urol, 2020, 46(4): 655-656.
- [18] 李沪平, 张俊杰, 张胜利, 等. 机器人辅助腹腔镜与传统腹腔镜在儿童肾盂成形术的应用价值[J]. 中华小儿外科杂志, 2022, 43(1): 14-19.
- [19] 吕逸清, 谢华, 黄轶晨, 等. 传统腹腔镜与机器人辅助腹腔镜技术在儿童肾盂成形术中的临床应用对比[J]. 中华小儿外科杂志, 2019, 40(1): 41-44.
- [20] 周立军, 谢华, 陈方, 等. 机器人辅助腹腔镜技术治疗儿童重复肾合并肾盂输尿管连接部梗阻[J]. 中华小儿外科杂志, 2021, 42(10): 907-910.
- [21] 赵扬, 周辉霞, 马立飞, 等. 机器人辅助腹腔镜儿童肾盂成形术手术难度相关因素分析及预测模型建立[J]. 临床泌尿外科杂志, 2023, 38(3): 188-191.
- [22] 康延杰, 杨金辉, 吕文伟, 等. 结肠系膜入路与后腹腔入路腹腔镜肾盂成形术治疗小儿肾积水的疗效对比研究[J]. 腹腔镜外科杂志, 2021, 26(2): 136-139.
- [23] 刘一帆, 高贺云, 张文, 等. 机器人辅助单孔腹腔镜下小婴儿肾盂成形术一例: 国内首例报道[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2022, 3(2): 140-148.
- [24] 胡清烜, 李爽, 杨春雷, 等. 机器人辅助腹腔镜经结肠系膜途径和经结肠旁沟途径离断式肾盂成形术治疗儿童肾积水的对比研究[J]. 中华泌尿外科杂志, 2021, 42(12): 896-900.
- [25] Blanc T, Kohaut J, Elie C, et al. Retroperitoneal approach for ureteropelvic junction obstruction: encouraging preliminary results with robot-assisted laparoscopic repair[J]. Front Pediatr, 2019, 7: 209.
- [26] 刘慧, 范晓晓, 李德儒, 等. 机器人辅助腹腔镜与传统腹腔镜下肾盂成形术在治疗儿童肾盂输尿管连接部梗阻中的对比分析[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2023, 4(5): 477-484.
- [27] 黄光彬, 李庚, 高贺云, 等. 单孔机器人技术在婴幼儿泌尿系手术中的应用[J]. 临床外科杂志, 2023, 31(5): 419-422.
- [28] 李鋈, 陈荆艺, 贾金富, 等. 机器人单孔+1 腹腔镜与单孔腹腔镜肾盂成形术治疗肾盂输尿管连接部梗阻患儿的疗效比较[J]. 中华医学杂志, 2024, 104(5): 371-376.
- [29] 刘宇静, 刘德鸿, 周辉霞, 等. 隐匿切口法与传统通道法机器人辅助腹腔镜小儿肾盂成形术的初步比较[J]. 微创泌尿外科杂志, 2018, 7(1): 6-10.
- [30] Parikh N, Boswell T, Findlay B, et al. Single-port robotic pyeloplasty in a pediatric patient[J]. Videourology, 2020, 35(2): 112.

编辑: 赵敏