

· 临床研究 ·

机器人辅助腹腔镜肾盂成形术治疗 ≤ 6 月龄小婴儿肾积水 44 例*

王双双 王晓晖** 张书峰 高建 王霖 史若义 孙英豪

(郑州大学人民医院 河南省人民医院小儿外科, 郑州 450003)

【摘要】 目的 探讨机器人辅助腹腔镜肾盂成形术(robot-assisted laparoscopic pyeloplasty, RALP)治疗 ≤ 6 月龄小婴儿肾盂输尿管连接部梗阻(ureteropelvic junction obstruction, UPJO)肾积水的疗效及安全性。 方法 回顾性分析 2021 年 1 月 ~ 2023 年 12 月 RALP 治疗 44 例 ≤ 6 月龄小婴儿 UPJO 肾积水的临床资料。年龄 5 天 ~ 6 个月, (72.3 ± 49.7) 天; 体重 $2.9 \sim 8.5$ kg, (5.7 ± 1.6) kg。术前彩超检查肾盂前后径(anteroposterior diameter, APD) (30.2 ± 9.5) mm, 肾实质最薄处厚度 (2.6 ± 1.2) mm。使用达芬奇 Xi 机器人手术系统, 充分暴露肾盂输尿管连接部狭窄段, 剪刀修剪肾盂及输尿管, 6-0 单股线吻合肾盂输尿管。 结果 44 例手术均顺利完成, 无中转传统腹腔镜或开放手术, 无术中并发症。手术时间 $105 \sim 245$ min, 平均 179.8 min, 术中出血量 $2 \sim 10$ ml, 平均 4.9 ml。拔除双 J 管后 6 个月复查彩超, APD (10.5 ± 6.3) mm, 较术前显著减小(配对 t 检验, $t = 19.985$, $P = 0.000$), 肾实质最薄处厚度 (6.8 ± 1.7) mm, 较术前显著增加(配对 t 检验, $t = 18.420$, $P = 0.000$)。拔除双 J 管后随访 6 ~ 12 个月, 无吻合口狭窄、漏尿、再次梗阻。 结论 RALP 治疗 ≤ 6 月龄小婴儿 UPJO 肾积水安全有效。

【关键词】 机器人辅助腹腔镜肾盂成形术; 婴儿; 肾积水; 肾盂输尿管连接部梗阻

文献标识: A 文章编号: 1009-6604(2025)02-0087-05

doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2025.02.005

Robot-assisted Laparoscopic Pyeloplasty for 44 Cases of Hydronephrosis in Infants Younger Than 6 Months Old Wang Shuangshuang, Wang Xiaohui, Zhang Shufeng, et al. Department of Pediatric Surgery, People's Hospital of Zhengzhou University, Henan Provincial People's Hospital, Zhengzhou 450003, China
Corresponding author: Wang Xiaohui, E-mail: 7655100@qq.com

【Abstract】 **Objective** To evaluate the efficacy and safety of robot-assisted laparoscopic pyeloplasty (RALP) in the treatment of obstructive hydronephrosis at ureteropelvic junction in infants ≤ 6 months old. **Methods** Clinical data of 44 infants with ureteropelvic junction obstruction (UPJO) and hydronephrosis treated by RALP from January 2021 to December 2023 were analyzed retrospectively. The average age was (72.3 ± 49.7) d (range, 5 d - 6 months old), and the average weight was (5.7 ± 1.6) kg (range, 2.9 - 8.5 kg). Preoperative ultrasonography showed that the anteroposterior diameter was (30.2 ± 9.5) mm and the thinnest part of the renal parenchyma was (2.6 ± 1.2) mm. By using the da Vinci Xi robotic operating system, the narrow segment of the ureteropelvic junction was fully exposed, the renal pelvis and ureter were trimmed with scissors, and the ureter was anastomosed with 6-0 single strands. **Results** All the 44 operations were completed successfully without conversion to traditional laparoscopic or open surgery. No intraoperative complications occurred. The operation time was $105 - 245$ min (mean, 179.8 min), and the intraoperative blood loss was $2 - 10$ ml (mean, 4.9 ml). Re-examinations of ultrasonography at 6 months after removal of double J tube showed that the anteroposterior diameter was (10.5 ± 6.3) mm, which was significantly decreased than that before operation (paired t test, $t = 19.985$, $P = 0.000$), and the thinnest part of the renal parenchyma was (6.8 ± 1.7) mm, which was significantly increased than that before operation (paired t test, $t = 18.420$, $P = 0.000$). The patients were followed up for 6 - 12 months after removal of double

* 基金项目: 河南省科技攻关项目(222102310133)

** 通讯作者, E-mail: 7655100@qq.com

J tube. There were no complications such as anastomotic stricture, urine leakage, or recurrence of obstruction. **Conclusion** RALP is safe and effective in the treatment of UPJO and hydronephrosis in infants younger than 6 months old.

[Key Words] Robot-assisted laparoscopic pyeloplasty; Infant; Hydronephrosis; Ureteropelvic junction obstruction

肾积水是产前超声检查最常见的泌尿生殖系统异常^[1]。肾盂输尿管连接部梗阻(ureteropelvic junction obstruction, UPJO)是儿童肾积水最常见的病因^[2],约 87% 的病例是由于肾盂输尿管连接部狭窄(ureteropelvic junction)所致,其他还包括输尿管息肉、输尿管开口高位、迷走血管及纤维条索压迫、结石、肿瘤及炎症等^[3]。传统离断性肾盂成形术(Anderson-Hynes 肾盂成形术)是治疗 UPJO 的金标准^[4]。随着医疗技术水平的提高,先天性 UPJO 的治疗趋向于微创^[5]。机器人手术系统具有 3D 视野、15 倍放大效果、7 个自由度及震颤过滤等优势,能更好地执行精细操作。2002 年 Gettman 等^[6]首次报道对 9 例儿童成功实施机器人辅助腹腔镜肾盂成形术(robot-assisted laparoscopic pyeloplasty, RALP),目前机器人手术已成为美国青少年肾盂成形术的金标准^[7],但其在小婴儿中报道相对较少。2021 年 1 月~2023 年 12 月,我科采用 RALP 治疗 44 例小婴儿(≤ 6 月龄)UPJO,本研究回顾性分析此临床资料,探讨 RALP 治疗小婴儿肾积水的安全性及临床效果。

1 临床资料与方法

1.1 一般资料

本组 44 例,男 36 例,女 8 例。左侧 30 例,右侧 14 例。体重 $2.9 \sim 8.5$ kg, (5.7 ± 1.6) kg。年龄 5 d~ 6 个月, (72.3 ± 49.7) d,其中 ≤ 1 个月 8 例。44 例产前检查超声均提示肾积水。5 例因生后肾积水压迫导致腹胀加重,喂养困难,3 例生后复查彩超存在尿外渗,出生 1 个月内手术;余 36 例生后复查肾积水加重,按胎儿泌尿外科协会(Society of Fetal Urology, SFU)先天性肾积水分级系统^[8],16 例由 2 级升高到 4 级,20 例由 3 级升高到 4 级。术前泌尿系超声肾盂前后径(anteroposterior diameter, APD) $20.0 \sim 51.6$ mm, (30.2 ± 9.5) mm,肾实质最薄处厚度 $0.7 \sim 5.7$ mm, (2.6 ± 1.2) mm,均诊断重度肾积水^[9](APD ≥ 30 mm,或 APD ≥ 20 mm 合并肾盏扩张),泌尿系增强 CT(CTU)或磁共振水成像(MRU)

或静脉肾盂造影(IVP)确诊 UPJO。术前血肌酐、尿素氮均正常,未做分肾功能检查。术前尿白细胞 $(1+)$ 2 例, $(2+)$ 3 例, $(3+)$ 1 例,1 例尿白细胞 $(3+)$ 合并细菌计数 $>400/\mu\text{l}$,均抗感染治愈后手术。

纳入标准:初次手术的 UPJO 单侧肾积水,符合至少一项以下手术指征:①彩超检查 APD ≥ 30 mm,或 APD ≥ 20 mm 合并肾盏扩张^[9];② ≤ 1 月龄患儿因积水压迫导致腹胀加重、喂养困难等消化道症状或存在尿外渗;③ ≤ 6 月龄患儿随访肾积水加重, SFU 分级升高 1 级,或 APD 增加 ≥ 10 mm^[8]。

排除标准:①严重泌尿系统感染急性期;②心、肺等脏器功能异常,营养状况差不能耐受手术;③二次手术或双侧肾积水。

1.2 手术方法

术前准备:术前晚及术晨开塞露灌肠。术前禁配方奶 6 h,禁母乳 4 h,禁水 2 h。术前预防性应用抗生素。

使用第四代达芬奇 Xi 手术机器人。全身麻醉,留置胃管、尿管。健侧卧位,患侧抬高 $60^\circ \sim 80^\circ$ 。经脐切口长 $1.5 \sim 2$ cm,置入一次性使用多通道单孔腹腔镜穿刺器(安琪),1 个通道置入 8 mm trocar 建立机器人镜头通道,另 2 个通道作为辅助通道,建立气腹,压力 $8 \sim 10$ mm Hg;2 个操作孔为剑突下 2 cm 处、Pfannenstiel 线与患侧锁骨中线交汇处置入 8 mm trocar。置入 30° 镜头,连接各机械臂。

左侧 30 例视术中情况,22 例经肠系膜裂孔途径,8 例经结肠旁沟途径,右侧 14 例均经结肠旁沟途径,寻找肾盂及输尿管。游离扩张肾盂及上段输尿管,于肾盂体表投影处经皮置入 2-0 可吸收线,悬吊肾盂至合适高度(图 A),剪开肾盂(图 B),去除输尿管狭窄段及多余肾盂组织。采用非钳夹式缝合技术,均外翻式缝合,6-0 单股线沿肾轴方向将肾盂最低点及输尿管纵行切开最低处进行吻合(图 C),吻合 1 针,两侧各加固 1 针,避免撕脱,连续缝合输尿管后壁与肾盂。经脐部辅助孔将双 J 管递至术区,沿输尿管纵轴缓慢放置双 J 管(图 D),双 J 管远

端置入膀胱,近端置入肾盂。沿输尿管走行方向见双 J 管远端置入膀胱为成功。如无法顺行置入双 J 管,可先顺行置入导丝,经尿道口穿出,再逆行置入双 J 管,近端置入肾盂,远端固定于尿道口处。连续缝合输尿管前壁。4-0 可吸收线关闭肾盂裂口(图 E),4-0 可吸收线恢复肠系膜裂孔或结肠旁沟侧腹膜。缝合切口(图 F)。

术后 1~2 天排气后拔除胃管,术后 3 天腹部立

位平片了解双 J 管位置,术后连续 3 天引流量 < 10 ml/24 h 拔除腹腔引流管,术后 5~7 天拔除尿管,术后 7~10 天出院,术后 6~8 周拔除双 J 管。拔除双 J 管后 3、6、12 个月复查泌尿系超声,了解 APD 及肾实质厚度变化。

失败定义为需要对 UPJO 进行二次干预,或在随访期间肾积水恶化^[10]。

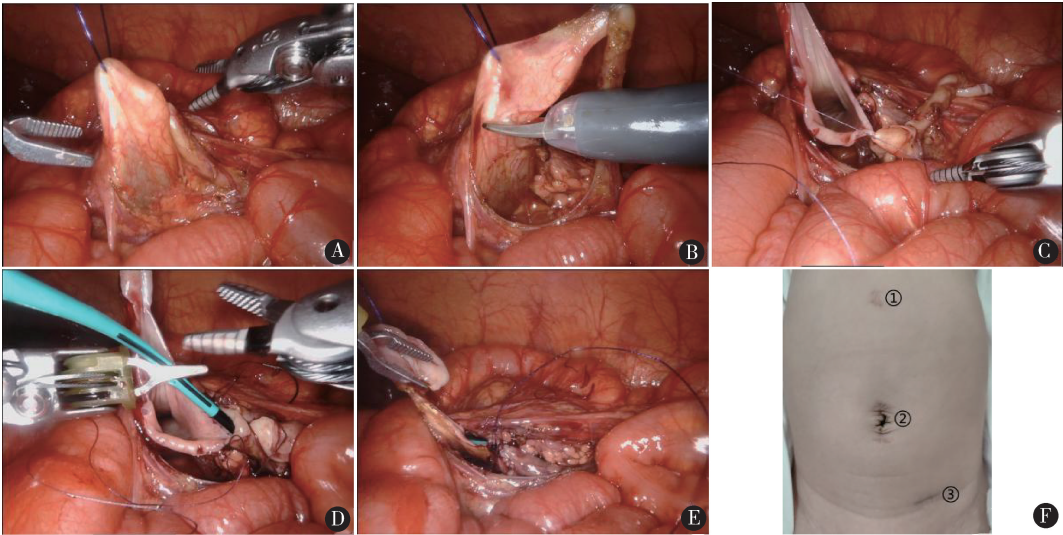


图 1 经左侧肠系膜途径机器人辅助腹腔镜肾盂成形术:A. 经腹壁悬吊肾盂,暴露术野;B. 切开肾盂;C. 沿肾轴方向吻合肾盂及输尿管;D. 顺行置入 4.7F 双 J 管;E. 缝合肾盂裂口;F. 术后 3 个月切口:1 为 1 号臂操作通道,2 为 2 号臂镜头通道及辅助通道,3 为 3 号臂操作通道

2 结果

44 例手术均顺利完成,无中转传统腹腔镜手术或开放手术,无术中并发症。手术时间(179.8 ± 28.2) min (105~245 min),术中出血量(4.9 ± 2.4) ml (2~10 ml)。44 例均成功留置 4.7F 双 J 管,其中 7 例顺行置入双 J 管远端无法置入膀胱内,改逆行置入,远端固定于尿道口处。术后 3 天立位腹平片显示双 J 管位置均正常。术后 6~8 周,7 例双 J 管固定于尿道口处患儿于病房无菌环境下拔除双 J 管,余 37 例输尿管镜下拔除双 J 管。拔除双 J 管后复查彩超,APD 均较术前减小,肾实质最薄处厚度均较术前增加,拔除双 J 管后 6 个月与术前比较见表 1,差异有显著性(均 $P = 0.000$)。拔除双 J 管后随访 6~12 个月,2 例泌尿系感染,保守治疗治愈,均无吻合口狭窄、漏尿、再次梗阻等并发症,无失败病例。

表 1 术前、拔除双 J 管后 6 个月肾盂前后径 (APD) 和肾实质厚度 ($n = 44, \bar{x} \pm s$) mm

时间	APD	肾实质最薄处厚度
术前	30.2 ± 9.5	2.6 ± 1.2
拔除双 J 管后 6 个月	10.5 ± 6.3	6.8 ± 1.7
<i>t</i> 值	19.985	18.420
<i>P</i> 值	0.000	0.000

配对 *t* 检验

3 讨论

开放肾盂成形术一直是治疗 UPJO 肾积水的一线方式,随着医疗水平的提高,微创手术包括腹腔镜肾盂成形术 (laparoscopic pyeloplasty, LP) 和 RALP 逐渐增加,但由于与婴儿的解剖和生理限制有关的技术挑战,在婴儿中采用微创手术较少^[11]。Badawy 等^[12]报道 15 例经后腹腔镜 LP, ≥ 3 月龄的 8 例均腹腔镜完成手术,而 < 3 月龄 7 例中中转开腹 3 例;He

等^[13]回顾 297 例经腹 LP, 认为体重 < 10 kg 是 LP 术后并发症 Clavien 分级较高的预后因素 ($OR = 4.0633, P = 0.009$)。对于年龄小、体重轻的小婴儿, 传统腹腔镜操作空间有限, 吻合难度较高。机器人手术系统可解决这一难题, 其具有 3D 视野、15 倍放大效果、7 个自由度及震颤过滤等优势, 可深入狭小区域内灵活操作, 其防抖动程序使术中操作更加精细, 最大程度减少副损伤, 克服传统 LP 的不足。Kafka 等^[10]报道对 15 例体重 < 10 kg 的 UPJO 行 RALP (年龄 5 ~ 11 个月, 中位数 8 个月, 体重 5.6 ~ 9.8 kg, 中位数 7 kg), 并匹配年龄、体重、性别和侧别相似的 15 例开放肾盂成形术进行比较, 结果显示 2 组手术时间相近 [(67.8 ± 13.4) min vs. (66.5 ± 9.5) min, $P = 0.76$], 2 组均有 1 例 Clavien-Dindo I ~ II 级并发症, RALP 组无失败, OP 组 1 例 UPJO 复发需要二次干预, 认为体重 < 10 kg 的婴幼儿可以行 RALP。本组 44 例年龄 5 d ~ 6 个月, (72.3 ± 49.7) d, 其中 ≤ 1 个月 8 例, 体重 2.9 ~ 8.5 kg, (5.7 ± 1.6) kg, 无并发症发生, 拔除双 J 管后随访 6 ~ 12 个月, 无失败病例, 证实 RALP 可用于小婴儿。

先天性 UPJO 肾积水存在自行消退的可能, 如尿液引流不畅但分肾功能 (differential renal function, DRF) 尚好, 可暂不手术干预, 密切随访彩超及肾功能; 但重度肾积水不太可能自发消退, 并且通常在出生后几年内持续肾功能丧失^[14]。对产前检测到的 UPJO 重度肾积水进行保守治疗可能导致肾功能持续丧失, 且术后无法恢复^[15]。DRF $< 40\%$ 的 UPJO 肾积水患儿早期手术可显著改善 DRF, 延迟行肾盂成形术超过 1 个月将导致术后肾功能改善的可能性降低^[16]。因此, 出生后如存在重度肾积水, 在小婴儿期进行手术是必要的, 目的是降低不可逆性肾功能丧失的风险。一般认为, 术前 DRF $< 40\%$ 且 $T_{1/2} > 20$ min 为手术指征^[17], 然而 Radulovic' 等^[18]的研究表明婴儿肾积水即使存在部分或完全梗阻, 肾功能也可能不会显著受损, 罗添华等^[19]的研究表明, 因为婴儿可能具有肾脏高滤过、对侧肾脏代偿、肾盂顺行性高等特点, DRF $< 40\%$ 不适用于婴儿, 因此, 本组手术决策制定主要依靠彩超肾盂前后径、肾实质厚度、有无肾盏扩张以及 IVP、MRU 或 CTU 等形态学依据。另外, 本组均 ≤ 6 月龄, 无法配

合检查, 且肾动态显像检查具有放射性, 而且术前血肌酐、尿素氮正常, 因此本组均未做 DRF。

目前 RALP 多采用经腹三孔加一辅助孔的方式: 脐部为观察孔, 2 个操作孔在脐部上下对称分布, 辅助孔位于下腹横纹处^[20]。小婴儿或新生儿体腔空间较小, 操作空间有限, 将单孔多通道穿刺器应用于机器人腔镜系统中改善了小儿腹腔空间小的问题^[21]。我科采用以下布孔方式: 脐部置入多通道单孔腹腔镜穿刺器作为机器人镜头通道及辅助通道, 2 个操作孔位于剑突下 2 cm 处和 Pfannenstiel 线与患侧锁骨中线交汇处, 其连线与观察孔呈等腰三角形, 各孔间距 > 4 cm, 能有效避免机械臂碰撞。经脐部多通道单孔腹腔镜穿刺器进行辅助操作, 不另外增设辅助孔, 辅助操作便捷, 避免出现器械碰撞, 且脐部作为天然瘢痕能使切口隐藏其中, Pfannenstiel 线处瘢痕也可完美隐藏, 达到良好的美容效果。

小婴儿输尿管较细, 术中双 J 管置入是难点。有条件的机构可选用 3.0F 双 J 管, 本组 44 例小婴儿均顺利留置 4.7F 双 J 管。我们置入双 J 管的经验如下: ①放置双 J 管时, 术者始终保持沿输尿管纵轴方向缓慢放置, 使受力点均匀落在输尿管壁。切忌钳夹输尿管口, 避免受力不均造成吻合口撕脱。②超滑导丝引导下放置双 J 管过程中, 助手缓慢撤退导丝, 同时保持膀胱半充盈状态, 避免导丝直接穿出尿道, 同时降低置管阻力。③避免膀胱过度充盈或空虚。过度充盈可能使输尿管口末端紧闭, 导致导丝难以进入膀胱内; 过度空虚可能使导丝穿入膀胱黏膜皱襞, 导致双 J 管难以置入膀胱。④避免反复刺激输尿管, 因为管壁水肿可能增大放置难度。⑤如放置过程中双 J 管始终无法顺行置入, 可先顺行置入导丝, 经尿道口穿出, 再逆行置入双 J 管, 双 J 管远端固定于尿道口处。亦可选用小儿膀胱镜逆行置入双 J 管。

本研究的创新性: ①既往 RALP 研究多针对 > 1 岁儿童^[22], 本组为 5 d ~ 6 个月的小婴儿, 其中 ≤ 1 个月 8 例, 手术均成功, 无并发症发生; ②我们的 RALP 布孔方式, 解决小婴儿体腔空间小、手术器械碰撞等难题, 且便于术中辅助操作, 减少助手干扰; ③小婴儿输尿管较细, 术中双 J 管置入是难点, 我们提出自己的经验。本研究的不足在于样本量有限, 随访时间较短, 远期疗效仍需进一步随访, 且无 LP

对照组,无法体现机器人手术的价值。另外,机器人系统手术费用较高。总之,RALP 治疗小婴儿 UPJO 肾积水安全有效。随着技术的进步,期望机器人系统能够更加广泛应用于小婴儿手术。

参考文献

1 Ficara A, Syngelaki A, Hammami A, et al. Value of routine ultrasound examination at 35 – 37 weeks’ gestation in diagnosis of fetal abnormalities. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2020, 55 (1) : 75 – 80.

2 徐新茹,陈江龙,林 珊,等. 机器人辅助单孔加一孔腹腔镜肾盂成形术在儿童 UPJO 中的疗效分析. *中华泌尿外科杂志*, 2023, 44 (7) : 524 – 528.

3 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. *中华小儿外科杂志*, 2022, 43 (1) : 14 – 19.

4 Andolfi C, Adamic B, Oommen J, et al. Robot-assisted laparoscopic pyeloplasty in infants and children: is it superior to conventional laparoscopy. *World J Urol*, 2020, 38 (8) : 1827 – 1833.

5 何雨竹,倪 鑫,张潍平. 儿童先天性肾盂输尿管连接部梗阻性肾积水手术治疗策略研究进展. *临床外科杂志*, 2021, 29 (6) : 501 – 504.

6 Gettman MT, Neururer R, Bartsch G, et al. Anderson-Hynes dismembered pyeloplasty performed using the da Vinci robotic system. *Urology*, 2002, 60 (3) : 509 – 513.

7 Fuchs ME, DaJusta DG. Robotics in pediatric urology. *Int Braz J Urol*, 2020, 46 (3) : 322 – 327.

8 中华医学会小儿外科分会泌尿外科学组. 先天性肾盂输尿管交界处梗阻诊疗专家共识. *中华小儿外科杂志*, 2018, 39 (11) : 804 – 810.

9 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. *中华泌尿外科杂志*, 2019, 40 (1) : 2 – 7.

10 Kafka IZ, Kocherov S, Jaber J, et al. Pediatric robotic-assisted laparoscopic pyeloplasty (RALP) : does weight matter? *Pediatr Surg Int*, 2019, 35 (3) : 391 – 396.

11 Wong YS, Pang KKY, Tam YH. Comparing robot-assisted laparoscopic pyeloplasty vs. laparoscopic pyeloplasty in infants aged 12 months or less. *Front Pediatr*, 2021, 9 : 647139.

12 Badawy H, Saad A, Fahmy A, et al. Prospective evaluation of

retroperitoneal laparoscopic pyeloplasty in children in the first 2 years of life: is age a risk factor for conversion. *J Pediatr Urol*, 2017, 13 (5) : 511. e1 – 511. e4.

13 He Y, Song H, Liu P, et al. Primary laparoscopic pyeloplasty in children: a single-center experience of 279 patients and analysis of possible factors affecting complications. *J Pediatr Urol*, 2020, 16 (3) : 331. e1 – 331. e11.

14 Arena S, Chimenz R, Antonelli E, et al. A long-term follow-up in conservative management of unilateral ureteropelvic junction obstruction with poor drainage and good renal function. *Eur J Pediatr*, 2018, 177 (12) : 1761 – 1765.

15 Subramaniam R, Kouriefs C, Dickson AP. Antenatally detected pelvi-ureteric junction obstruction: concerns about conservative management. *BJU Int*, 1999, 84 (3) : 335 – 338.

16 Jiang D, Tang B, Xu M, et al. Functional and morphological outcomes of pyeloplasty at different ages in prenatally diagnosed society of fetal urology grades 3 – 4 ureteropelvic junction obstruction: is it safe to wait? *Urology*, 2017, 101 : 45 – 49.

17 Chandrasekharam VVS, Babu R, Arlikar J, et al. Functional outcomes of pediatric laparoscopic pyeloplasty: post-operative functional recovery is superior in infants compared to older children. *Pediatr Surg Int*, 2021, 37 (8) : 1135 – 1139.

18 Radulovic’ M, Pucar D, Jaukovic’ L, et al. Diuretic ^{99m}Tc DTPA renography in assessment of renal function and drainage in infants with antenatally detected hydronephrosis. *Vojnosanit Pregl*, 2015, 72 (12) : 1080 – 1084.

19 罗添华,张旭辉,赵德善,等. 肾动态显像在婴儿重度肾积水治疗决策中的应用. *中华核医学与分子影像杂志*, 2023, 43 (5) : 281 – 285.

20 熊祥华,周辉霞,曹华林,等. 机器人辅助腹腔镜小儿上尿路手术的体位、操作通道设计和机械臂安装应用体会. *中华泌尿外科杂志*, 2018, 39 (8) : 601 – 605.

21 王林辉,吴震杰,朱清毅. 中国泌尿外科单孔腹腔镜技术的发展与展望. *中华泌尿外科杂志*, 2020, 41 (11) : 807 – 810.

22 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. *中国微创外科杂志*, 2022, 22 (6) : 454 – 458.

(收稿日期: 2024 – 09 – 22)
(修回日期: 2024 – 12 – 22)
(责任编辑: 王惠群)