

· 肾 SPECT/CT 显像 ·

利尿肾动态显像对儿童肾盂输尿管连接处梗阻肾盂成形术疗效的预测价值

阚英 杨旭 张抒欣 马欢 王巍 杨吉刚
首都医科大学附属北京友谊医院核医学科 100050
通信作者:杨吉刚, Email: 13681221974@163.com

【摘要】目的 探讨利尿肾动态显像对肾盂输尿管连接处梗阻(UPJO)患儿肾盂成形术疗效的预测价值。**方法** 回顾性分析 2016 年 1 月至 2020 年 1 月期间于北京友谊医院行利尿肾动态显像并常规随访至少 2 次的 UPJO 患儿共 170 例[男 136 例,女 34 例,年龄(57.3 ± 51.8)个月;UPJO 位于左侧 130 例,位于右侧 40 例]。记录患儿一般资料、泌尿系统超声(患侧肾皮质、肾盂前后径)、手术方式、手术时间及临床随访情况。以术后临床随访(症状缓解情况、泌尿系统超声及利尿肾动态显像)为综合指标评价疗效,并据其将患儿分为好转组及无变化/恶化组。采用两独立样本 t 检验和 χ^2 检验分析数据;另行 logistic 回归分析利尿肾动态显像各参数对临床疗效的影响;应用受试者工作特征(ROC)曲线分析评价模型的预测价值。**结果** 170 例 UPJO 患儿行肾盂成形术后分为好转组 131 例,无变化/恶化组 39 例。术前分肾功能比例(DRF)及对呋塞米的反应情况(RFS)在 2 组中的差异均有统计学意义($t = -2.083$, $\chi^2 = 12.870$, 均 $P < 0.05$)。单因素 logistic 回归分析显示,年龄[比值比(OR)=1.272, 95% CI: 1.015~1.537]、术前 DRF ($OR = 12.584$, 95% CI: 1.119~24.543) 及术前 RFS ($OR = 11.727$, 95% CI: 2.263~60.780) 与 UPJO 患儿肾盂成形术疗效有关(均 $P < 0.05$)。多因素 logistic 回归分析显示,术前 DRF ($OR = 9.770$, 95% CI: 1.800~19.356) 及 RFS ($OR = 10.599$, 95% CI: 2.012~55.830) 是影响 UPJO 患儿肾盂成形术疗效的关键因素(均 $P < 0.05$)。联合术前 DRF 与 RFS 对 UPJO 患儿肾盂成形术疗效进行预测的灵敏度为 85.7%(96/112),特异性为 63.8%(37/58),ROC 曲线下面积为 0.735(95% CI: 0.66~0.80)。**结论** 术前利尿肾动态显像 DRF 及 RFS 通过反映分肾功能及上尿路引流情况,对 UPJO 患儿手术时机选择及术后疗效评价有重要意义。

【关键词】 肾孟积水;输尿管梗阻;放射性核素显像;^{99m}锝五乙酸盐;外科手术;儿童

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200310-00096

Predictive value of diuretic renal scintigraphy after pyeloplasty in children with ureteropelvic junction obstruction

Kan Ying, Yang Xu, Zhang Shuxin, Ma Huan, Wang Wei, Yang Jigang

Department of Nuclear Medicine, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China

Corresponding author: Yang Jigang, Email: 13681221974@163.com

[Abstract] **Objective** To identify factors of diuretic renography for predicting the therapeutic effect in management of children with ureteropelvic junction obstruction (UPJO) after Anderson-Hynes pyeloplasty.

Methods Between January 2016 and January 2020, 170 children (136 males and 34 females, age: (57.3 ± 51.8) months; UPJO of 130 in left and 40 in right) who were diagnosed as UPJO by diuretic renography and followed up for more than twice in Beijing Friendship Hospital were retrospectively collected. Patients' information including age, gender, symptoms, affected side, types of operation, pre and post diuretic renography and urinary ultrasound, duration of clinical follow-up were collected. Patients were divided into improvement group and no change/deterioration group according to the comprehensive evaluation indicators including postoperative follow-up, urinary ultrasound and diuretic renography. Clinical characteristics of 2 groups were compared by using independent-sample t test and χ^2 test. Predictors of therapeutic effect after Anderson-Hynes pyeloplasty were analyzed by logistic regression analysis and receiver operating characteristic (ROC) curves of independent prognostic factors were further constructed. **Results** After pyeloplasty in 170 children of UPJO, they were divided into improvement group ($n = 131$) and no change/deterioration group ($n = 39$). The differential renal fraction (DRF) and response to furosemide stimulation (RFS) before pyeloplasty were significantly different between 2 groups ($t = -2.083$, $\chi^2 = 12.870$, both $P < 0.05$). Age (odds ratio (OR)=1.272, 95% CI: 1.015~1.537), DRF ($OR = 12.584$, 95% CI: 1.119~24.543) and RFS ($OR = 11.727$, 95% CI: 2.263~60.780) before pyeloplasty were related to the therapeutic effect of UPJO children after py-

eloplasty (all $P<0.05$). Multivariate logistic analysis identified DRF ($OR=9.770$, 95% CI: 1.800–19.356) and RFS ($OR=10.599$, 95% CI: 2.012–55.830) before pyeloplasty were independent predictors of therapeutic effect of UPJO children after pyeloplasty (both $P<0.05$). DRF and RFS combination predicted efficacy with a sensitivity of 85.7% (96/112), specificity of 63.8% (37/58), and area under curve of 0.735 (95% CI: 0.66–0.80). **Conclusion** DRF and RFS after pyeloplasty, which reflecting renal function and upper urinary tract drainage, are important for the timing of surgery and postoperative outcome evaluation in children with UPJO.

[Key words] Hydronephrosis; Ureteral obstruction; Radionuclide imaging; Technetium Tc 99m pentetate; Surgical procedures, operative; Child

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200310-00096

先天性肾盂输尿管连接处梗阻(ureteropelvic junction obstruction, UPJO)是导致儿童肾积水的常见原因。部分先天性UPJO会自行缓解,而部分患儿积水会长期稳定或进行性加重,未经治疗的UPJO可能加速肾功能恶化,甚至导致肾功能丧失。手术干预时机的选择对于UPJO的治疗非常关键,目前关于其手术时机选择及术后疗效评价方法尚存争议。本研究拟利用利尿肾动态显像对UPJO患儿肾盂成形术疗效进行评估,以期对术后疗效进行预测,为临床手术时机的选择提供理论基础。

资料与方法

1.研究对象。回顾性分析2016年1月至2020年1月期间于本科行利尿肾动态显像并常规随访至少2次的患儿共319例,其中男253例,女66例,年龄(56.2 ± 51.7)个月。入组标准:(1)明确诊断为肾积水;(2)患儿均接受肾盂成形术(Anderson-Hynes术);(3)患儿术前及术后均行利尿肾动态显像。排除标准:(1)双侧UPJO患儿;(2)因其他原因行2次肾动态显像患儿(神经母细胞瘤、重复肾、肾母细胞瘤、输尿管下段狭窄、后尿道瓣膜及膀胱输尿管反流等)。所有入组患儿均详细记录年龄、性别、临床症状、病变侧别、泌尿系统超声(患侧肾皮质厚度、肾盂前后径)、手术时间及随访情况。患儿于检查前3d内行泌尿系统超声,随后行离断性肾盂成形术或腹腔镜肾盂成形术,并于术后3~12个月复查利尿肾动态显像及泌尿系统超声。本研究符合《赫尔辛基宣言》的原则。

2.显像方法。采用Symbia T16 SPECT/CT仪(德国Siemens公司), $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -二乙撑三胺五乙酸(diethylene triamine pentaacetic acid, DTPA)由北京原子高科股份有限公司提供,放化纯>95%。患儿检查前留置浅静脉置管,并于检查前30 min饮水,根据不同年龄,饮水量10~300 ml;分别测身高、体质量,检查前排尿。按患儿体质量予口服水合氯醛镇静,剂量为1 mg/kg,静脉“弹丸”式注射 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -DTPA

55.5 MBq,即刻采集肾动态显像。注射显像剂15 min后按体质量注射呋塞米0.5 mg/kg。采用低能高分辨率准直器,能峰140 keV,窗宽20%,矩阵64×64;分别采集血流灌注相(1 s/帧,60帧)及功能相(30 s/帧,60帧);分别测量空针及满针放射性计数。

3.图像分析及结果判断。采集数据经Symbia工作站(德国Siemens公司)进行处理,分别勾画双肾及本底感兴趣区(region of interest, ROI)。根据Gates法,于注射后第2~3 min图像勾画双肾ROI。根据系统软件计算得到分肾功能比例(differential renal fraction, DRF)及半排时间(time to half, $T_{1/2}$)。

由2名有经验的核医学医师共同阅片,分析患侧肾皮质通过时间(parenchymal transit time, PTT)及对呋塞米的反应情况(response to furosemide stimulation, RFS)。根据肾皮质摄取及清除显像剂的速率,将PTT分为正常及延迟。PTT正常:慢动态像第2帧时,肾皮质摄取达高峰,随后肾皮质显影逐渐减淡。存在下列情况之一者,为PTT延迟:(1)慢动态第2~9帧,肾皮质放射性分布无变化;(2)慢动态像第2~7帧,肾盂内未见放射性填充;(3)肾皮质放射性摄取持续增加,放射性清除明显延缓。根据注射呋塞米后至结束时曲线的下降程度分为RFS≥50%及RFS<50%,分别提示非机械性梗阻和机械性梗阻。

4.疗效评价。以术后3~12个月临床随访(症状缓解情况、泌尿系统超声及利尿肾动态显像)为综合评价指标,将疗效分为好转及无变化/恶化。

5.统计学处理。采用IBM SPSS 20.0及Medcalc 19.0软件进行统计学分析。符合正态分布的定量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示;定性资料以频数(百分比)表示。2组间比较采用两独立样本t检验或 χ^2 检验;采用logistics回归分析各参数对临床疗效的影响;采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析验证疗效评价模型的预测价值。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1.一般资料。最终纳入 UPJO 患儿 170 例,其中男 136 例,女 34 例,年龄(57.3 ± 51.8)个月;UPJO 位于左侧 130 例,位于右侧 40 例。初诊临床症状中,孕期发现 80 例(47.1%),以腹痛为首发症状 50 例(29.4%),腹部肿块 1 例(0.6%),体检发现 12 例(7.1%),无症状 5 例(2.9%),泌尿系统感染 22 例(12.9%)。术前、术后 2 次肾动态间隔时间为(9.6±4.8)个月;术后至复查利尿肾动态显像间隔(8.1±5.6)个月。术前利尿肾动态显像示,DRF ≥ 45% 者 89 例(52.4%);PTT 正常者 27 例(15.9%),延迟者 143 例(84.1%); $T_{1/2} \geq 20$ min 者 136 例(80.0%);RFS ≥ 50% 者 8 例(4.7%),RFS < 50% 者 162 例(95.3%)。

2.不同疗效组临床资料的比较(表 1)。170 例 UPJO 患儿行肾盂成形术后,好转组 131 例,无变化/恶化组 39 例。2 组患儿间术前 DRF、术前 RFS 的差异均有统计学意义($t = -2.083$, $\chi^2 = 12.870$, 均 $P < 0.05$);而性别、年龄、病变侧别、术前 PTT、术前 $T_{1/2}$ 的差异均无统计学意义(χ^2 值: 0.299~3.669, $t = 1.739$, 均 $P > 0.05$)。从 RFS 分析,162 例 RFS < 50% 患儿与 8 例 RFS ≥ 50% 患儿的好转率差异亦有统计学意义[79.6% (129/162) 与 2/8; $\chi^2 = 2.135$, $P < 0.05$]。不同疗效组患儿典型肾动态显像图见图 1,2。

3.各临床参数对 UPJO 患儿肾盂成形术后临床疗效的预测价值。单因素 logistic 回归分析显示年龄[比值比(odds ratio, OR)=1.272, 95% CI: 1.015~1.537]、术前 DRF (OR=12.584, 95% CI: 1.119~24.543) 及 RFS (OR=11.727, 95% CI: 2.263~60.780) 与患儿肾盂成形术后疗效有关(均 $P <$

0.05)。多因素 logistics 回归分析显示,术前 DRF ($OR=9.770$, 95% CI: 1.800~19.356) 和 RFS ($OR=10.599$, 95% CI: 2.012~55.830) 是影响 UPJO 患儿肾盂成形术疗效的关键因素(均 $P < 0.05$)。DRF 与 RFS 联合预测疗效的 ROC 曲线下面积为 0.735 (95% CI: 0.66~0.80), 灵敏度为 85.7% (96/112), 特异性为 63.8% (37/58)(图 3)。

进一步对术前 DRF < 20% UPJO 患儿肾盂成形术疗效进行分析,发现 15 例患儿中,8 例患儿梗阻情况及分肾功能有所缓解。

讨 论

UPJO 是常见的小儿先天性泌尿系统畸形,约占 10%~30%^[1],其中 80% 患儿可自行缓解,一部分患儿最终需要行手术治疗^[2]。UPJO 中男童较女童多见,左侧多于右侧,双侧 UPJO 占 10%~40%^[3]。先天性 UPJO 多见于肾盂输尿管连接处狭窄,多由纵行肌纤维或纤维组织代替正常肾盂输尿管连接处平滑肌纤维,导致肾盂输尿管连接处蠕动消失,致使尿液流出受限^[4]。

在绝大多数情况下,先天性肾积水随着新生儿生长发育,一段时间内生理性肾盂扩张可自行缓解。约 25%~30% 的无症状 UPJO 患儿由于局部狭窄导致尿液流出受阻,使得肾小管远端压力增大^[5],肾小球滤过率下降,并激活肾素-血管紧张素系统;上述改变在短期内是可逆的,如果远端压力持续存在,则最终导致肾功能丧失^[6]。因此,早期解除梗阻并改善肾功能是治疗 UPJO 的关键^[7]。

泌尿系统超声通过测量肾皮质厚度^[8]、肾盂前后径^[2]可以对肾盂成形术疗效进行预测,有研究认为联合肾盂前后径与 DRF 制定肾积水严重程度评

表 1 170 例先天性肾盂输尿管连接处梗阻(UPJO)患儿不同疗效组各临床参数的比较

组别	例数	性别(例)		年龄 (月; $\bar{x} \pm s$)	病变侧别(例)		术前 DRF (%; $\bar{x} \pm s$)	术前 PTT(例)		术前 RFS(例)	
		男	女		左侧	右侧		正常	延迟	≥50%	<50%
好转组	131	106	25	53.5±47.2	97	34	44.1±15.2	22	109	2	129
无变化/恶化组	39	30	9	69.9±63.6	33	6	38.3±14.9	5	34	6	33
检验值		0.299		1.739 ^a		1.866	-2.083 ^a		0.355		12.870
P 值		0.584		0.084		0.172	0.039		0.627		0.002
组别	术前 $T_{1/2}$ (例)			术后 DRF (%; $\bar{x} \pm s$)	术后 PTT(例)		术后 RFS(例)		术后 $T_{1/2}$ (例)		
	≥20 min	<20 min			正常	延迟	≥50%	<50%	≥20 min	<20 min	
好转组	109	22		47.9±11.6	109	22	97	34	27	104	
无变化/恶化组	27	12		37.1±15.2	12	27	5	34	31	8	
检验值		3.669		-4.761 ^a		40.279		46.993		46.347	
P 值		0.055		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

注:^a 为 t 值,余为 χ^2 值;DRF 为分肾功能比例,PTT 为肾皮质通过时间,RFS 对呋塞米的反应情况, $T_{1/2}$ 为半排时间

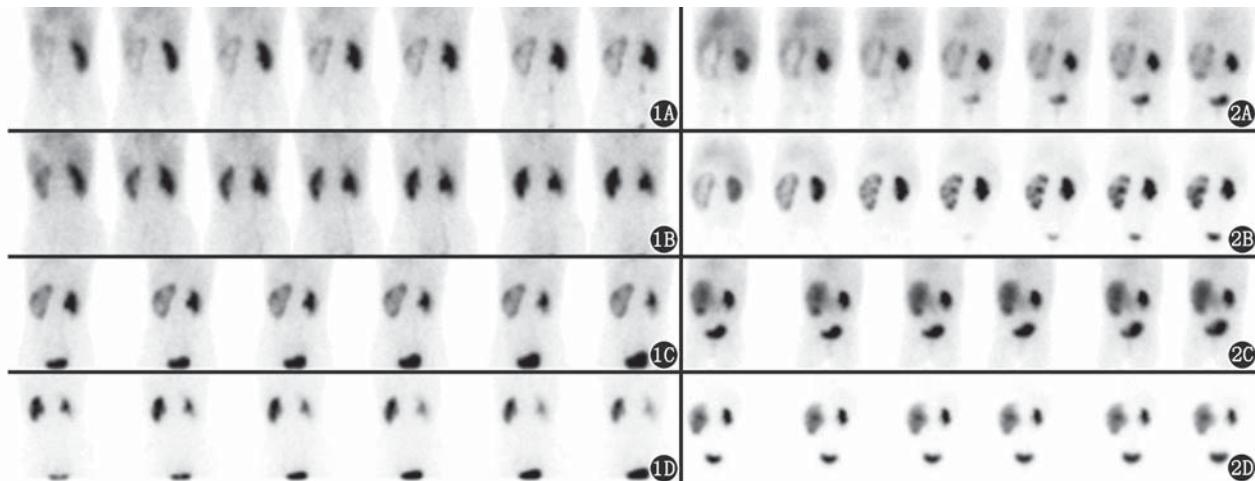


图 1 先天性肾盂输尿管连接处梗阻(UPJO)患儿(男,11岁)肾盂成形术前肾动态显像图。1A.术前实质相;1B.术后实质相;1C.术前利尿显像图;1D.术后利尿显像图。该患儿腹痛、呕吐伴尿量减少1个月余,外院行泌尿系统超声示左侧肾盂扩张,肾盂前后径为1.4 cm,伴左肾皮质不同程度变薄,左肾实质厚度约0.5~1.4 cm,患儿行腹腔镜肾盂成形术前分肾功能比例(DRF)为23%,术后DRF为43%,结果显示术后呋塞米的反应情况(RFS)明显改善 **图 2** UPJO 患儿(男,24月龄)肾盂成形术前后肾动态显像图。2A.术前实质相;2B.术后实质相;2C.术前利尿显像图;2D.术后利尿显像图。该患儿在孕期6个月时超声检查发现左肾积水,患儿24月龄时行腹腔镜肾盂成形术,术前DRF为51%,肾皮质通过时间(PTT)明显延迟;术后DRF为42%,PTT无改善,结果显示术后RFS无变化

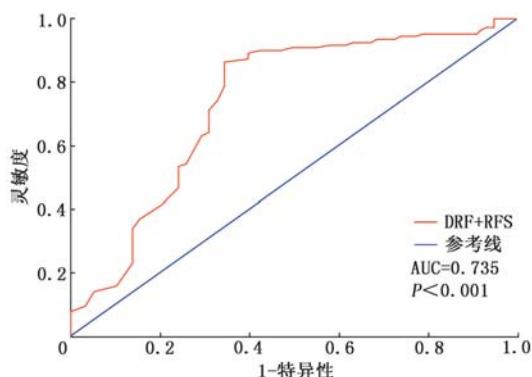


图 3 联合 DRF 与 RFS 对 170 例 UPJO 患儿肾盂成形术后疗效预测的受试者工作特征(ROC)曲线。AUC 为曲线下面积

分(hydronephrosis severity score, HSS)能更好地选择 UPJO 手术时机及预测术后疗效^[9],但其预测效能尚需临床进一步验证。

目前的研究多集中于应用利尿肾动态显像评估 UPJO 患儿肾盂成形术后肾功能的恢复情况,部分研究认为患侧 PTT 延迟是肾盂成形术后肾功能改善的预测指标^[10-11],也有研究认为其能够预测手术时机^[12]。Lee 等^[12]认为 PTT 延迟多因肾盂输尿管连接处狭窄,使肾盂内压力增加,肾小球滤过率降低所致;如果狭窄未解除,将导致肾小球硬化;由于⁹⁹Tc^m-巯基乙酰三甘氨酸(mercaptoacetyltriglycine, MAG₃)从肾实质中排泄延缓,因此该研究应用⁹⁹Tc^m-MAG₃对单侧 UPJO 患儿进行分析,结果表明 PTT 延迟可独立预测手术时机。但 PTT 指标较为主观,临床应用较为受限,并未进一步分析上尿路引流情况。目前,

在临床中,UPJO 患儿行肾盂成形手术治疗的适应证包括:(1)UPJO 并发疼痛或感染;(2)肾动态显像 DRF < 40%;(3)保守治疗后患肾功能下降>10%^[13-14]。手术干预时机的选择对于 UPJO 的治疗非常关键,但目前对于手术干预时机尚存在争议。

利尿肾动态显像能够同时反映分肾功能及上尿路排泄情况,并有助于术后疗效的随访评价。本研究综合分析术前临床参数及利尿肾动态参数(PTT、DRF、T_{1/2} 及 RFS),发现部分术前 PTT 延迟患儿肾盂成形术后,肾功能并未好转,由此推测上尿路引流情况与分肾功能相互作用,共同影响患儿的预后。本研究结果表明,当 RFS<50%,即存在机械性梗阻,或 DRF 较高(>36%)时,UPJO 患儿行肾盂成形手术术后获益更大,且 RFS<50%患儿的好转率明显高于 RFS≥50%的患儿(79.6%与 2/8)。因此,笔者认为当 UPJO 患儿存在机械性梗阻时,早期、尽快解除梗阻有利于防止肾功能进一步恶化。随着肾盂输尿管连接处狭窄的解除,术后利尿肾动态显像可出现不同程度的 DRF 下降,多伴随梗阻缓解及肾盂扩张程度的改善。根据废用性萎缩理论,DRF 下降可能是患肾自我维持程度减低的结果,并非手术失败所致^[15-16]。但当 DRF<20%(尤其<10%)时,肾切除术较肾盂成形术创伤更小,且更便于术后随诊^[15]。本研究进一步研究 15 例 DRF<20%的患儿发现,有 8 例患儿术后 DRF 有明显改善,结果与前期报道一致^[17-20]。

本研究尚有以下不足:(1)为回顾性研究,分析资料较为有限,且可能存在选择偏倚;(2)未纳入其他影像学检查参数,评价结果较为有限,后续将联合多参数影像学检查方法对 UPJO 肾盂成形术疗效预测进一步研究。

当存在上尿路机械性梗阻时,早期解除梗阻挽救肾功能对 UPJO 患儿有重要意义。因此,利尿肾动态显像通过反映分肾功能及上尿路引流情况,对 UPJO 患儿手术时机选择及术后疗效评价具有一定的理论指导作用。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Tubre RW, Gatti JM. Surgical approaches to pediatric ureteropelvic junction obstruction [J]. Curr Urol Rep, 2015, 16(10): 72. DOI: 10.1007/s11934-015-0539-1.
- [2] Cakici EK, Aydog O, Eroglu FK, et al. Value of renal pelvic diameter and urinary tract dilation classification in the prediction of urinary tract anomaly [J]. Pediatr Int, 2019, 61(3): 271-277. DOI: 10.1111/ped.13788.
- [3] Kandur Y, Salan A, Guler AG, et al. Diuretic renography in hydronephrosis: a retrospective single-center study [J]. Int Urol Nephrol, 2018, 50(7): 1199-1204. DOI: 10.1007/s11255-018-1893-y.
- [4] Gosling JA, Dixon JS. Functional obstruction of the ureter and renal pelvis. A histological and electron microscopic study [J]. Br J Urol, 1978, 50(3): 145-152. DOI: 10.1111/j.1464-410x.1978.tb02790.x.
- [5] Koff SA. Postnatal management of antenatal hydronephrosis using an observational approach [J]. Urology, 2000, 55(5): 609-611. DOI: 10.1016/s0090-4295(00)00459-3.
- [6] Murer L, Benetti E, Centi S, et al. Clinical and molecular markers of chronic interstitial nephropathy in congenital unilateral uretero-pelvic junction obstruction [J]. J Urol, 2006, 176(6 Pt 1): 2668-2673; discussion 2673. DOI: 10.1016/j.juro.2006.08.055.
- [7] 张滩平,杨洋,汪添益.关于肾盂输尿管连接部梗阻病因和治疗的认识与争议[J].临床小儿外科杂志, 2018, 17(6): 401-404. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2018.06.001.
- Zhang WP, Yang Y, Wang TY. Recent advances in the etiology and treatment of uteropelvic junction obstruction [J]. J Clin Ped Sur, 2018, 17(6): 401-404. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2018.06.001.
- [8] Hodhod A, Capolicchio JP, Jednak R, et al. Is the renal pyramidal thickness a good predictor for pyeloplasty in postnatal hydronephrosis? [J]. J Pediatr Urol, 2018, 14(3): 277.e1-277.e6. DOI: 10.1016/j.jpurol.2018.01.025.
- [9] Babu R, Venkatachalapathy E, Sai V. Hydronephrosis severity score: an objective assessment of hydronephrosis severity in children—a preliminary report [J]. J Pediatr Urol, 2019, 15(1): 68.e1-68.e6. DOI: 10.1016/j.jpurol.2018.09.020.
- [10] Song SH, Park S, Chae SY, et al. Predictors of renal functional improvement after pyeloplasty in ureteropelvic junction obstruction: clinical value of visually assessed renal tissue tracer transit in ^{99m}Tc-mercaptoacetyltriglycine renography [J]. Urology, 2017, 108: 149-154. DOI: 10.1016/j.urology.2017.05.044.
- [11] 付占立,邸丽娟,范岩,等. ^{99m}Tc-DTPA 肾皮质通过时间延迟预测肾盂输尿管连接部狭窄术后肾功能改善的价值 [J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2014, 34(1): 39-42. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2014.01.012.
- Fu ZL, Di LJ, Fan Y, et al. Delayed parenchymal transit time on ^{99m}Tc-DTPA diuretic renography in predicting functional improvement of ureteropelvic junction obstruction after surgery [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2014, 34(1): 39-42. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2014.01.012.
- [12] Lee JN, Kang JK, Jeong SY, et al. Predictive value of cortical transit time on MAG₃ for surgery in antenatally detected unilateral hydronephrosis caused by ureteropelvic junction stenosis [J]. J Pediatr Urol, 2018, 14(1): 55.e1-55.e6. DOI: 10.1016/j.jpurol.2017.08.009.
- [13] Riedmiller H, Androulakis P, Beurton D, et al. EAU guidelines on paediatric urology [J]. Eur Urol, 2001, 40(5): 589-599. DOI: 10.1159/000049841.
- [14] Krajewski W, Wojciechowska J, Dembowski J, et al. Hydronephrosis in the course of ureteropelvic junction obstruction: an underestimated problem? Current opinions on the pathogenesis, diagnosis and treatment [J]. Adv Clin Exp Med, 2017, 26(5): 857-864. DOI: 10.17219/acem/59509.
- [15] Gnech M, Berrettini A, Lopes RI, et al. Pyeloplasty vs. nephrectomy for ureteropelvic junction obstruction in poorly functioning kidneys (differential renal function <20%): a multicentric study [J]. J Pediatr Urol, 2019, 15(5): 553.e1-553.e8. DOI: 10.1016/j.jpurol.2019.05.032.
- [16] Nayar R, Yadav S, Singh P, et al. Outcomes of pyeloplasty in very poorly functioning kidneys: examining the myths [J]. Urology, 2016, 92: 132-135. DOI: 10.1016/j.urology.2016.02.045.
- [17] Zhang S, Zhang Q, Ji C, et al. Improved split renal function after percutaneous nephrostomy in young adults with severe hydronephrosis due to ureteropelvic junction obstruction [J]. J Urol, 2015, 193(1): 191-195. DOI: 10.1016/j.juro.2014.07.005.
- [18] Bansal R, Ansari MS, Srivastava A, et al. Long-term results of pyeloplasty in poorly functioning kidneys in the pediatric age group [J]. J Pediatr Urol, 2012, 8(1): 25-28. DOI: 10.1016/j.jpurol.2010.12.012.
- [19] Menon P, Rao KL, Bhattacharya A, et al. Outcome analysis of pediatric pyeloplasty in units with less than 20% differential renal function [J]. J Pediatr Urol, 2016, 12(3): 171.e1-7. DOI: 10.1016/j.jpurol.2015.12.013.
- [20] Lone YA, Samujh R, Bhattacharya A, et al. Outcome of poorly functioning kidneys secondary to PUJO preserved by pyeloplasty [J]. J Pediatr Surg, 2017, 52(4): 578-581. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2016.11.039.

(收稿日期:2020-03-10)