



# CT 灌注成像和 SPECT 对兔膀胱输尿管反流模型致肾脏积水的肾功能评估

冯磊<sup>1</sup> 张潍平<sup>1</sup> 彭芸<sup>2</sup> 韩文文<sup>1</sup> 杨洋<sup>1</sup> 于静<sup>1</sup> 林德富<sup>1</sup>  
刘勇<sup>2</sup> 张祺丰<sup>2</sup> 杨吉刚<sup>3</sup>

**【摘要】 目的** 探讨 CT 灌注成像及单光子发射计算机断层成像(SPECT)对兔膀胱输尿管反流模型所致积水肾脏肾功能的评估价值。**方法** 将 10 周龄雄性新西兰兔 40 只随机分为两组,假手术组 10 只,打开膀胱后直接关闭伤口,模型组 30 只,打开膀胱后选择左输尿管内口,完全切开黏膜下输尿管及部分壁内段输尿管。术前两组行 VCU 检查,以排除先天性反流,术后 1 个月两组行 VCU 检查,验证反流模型是否成功。两组成功模型于术前、术后 3 个月、术后 6 个月分别行左肾 CT 灌注成像和 SPECT 检查,前者测得肾脏皮质及髓质的血容量(BV)、血流量(BF)、平均通过时间(MTT)及表面通透性(PS),后者测得肾小球滤过率(GFR)、达峰时间(Tb)及半排时间(T1/2)等参数,以病理检查为佐证,进行 CT 灌注扫描和 SPECT 各项参数的统计学相关性分析。**结果** 假手术组建模成功率为 80%;模型组建模成功率为 66.7%。术前两组 BV、BF、MTT、PS、GFR、Tb 及 T1/2 无显著性差异( $P>0.05$ )。术后 3 个月模型组 BV、BF、PS 及 GFR 较术前有不同程度下降,Tb 及 T1/2 延长,MTT 变化不显著;术后 6 个月模型组 BV、BF、PS 及 GFR 明显下降,Tb 及 T1/2 较前延长,MTT 无明显变化。BF、BV、PS 与 GFR 有正相关( $P<0.05$ );MTT 与 GFR 无相关性。病理结果显示左侧积水肾脏体积缩小,肾盂、输尿管扩张,肾实质瘢痕表现为肾髓质纤维化的间质性肾炎。**结论** 在输尿管反流模型中,CT 灌注参数中的皮髓质血流量、血容量、表面通透性与 SPECT 测得的相应 GFR 有高度正相关,可作为肾功能状态的评定指标,具有一定的临床指导意义。

**【关键词】** 膀胱输尿管返流; 体层摄影术,发射型计算机,单光子; 模型,动物; 肾; 水肿; 评价研究

**The renal function study of CT perfusion and SPECT of hydronephrosis due to vesicoureteral reflux in the rabbit model.** FENG Lei, ZHANG Wei-ping, PENG Yun, et al. Beijing Children's Hospital, Beijing 100045, China

**【Abstract】 Objective** To evaluate the value of CT perfusion imaging and SPECT in assessing renal function of hydronephrosis in animal models. **Methods** Forty New Zealand rabbits (10-week-old, Male) were used and randomly assigned to two groups: sham-operated group, 10 rabbits were just opened and closed the anterior wall of the bladder longitudinally; experimental group, 30 rabbits were used to establish an experimental model of left VUR using an unroofing surgical procedure. Voiding cystourethrograms were obtained before and one month after surgery, to identify whether the VUR was established successfully. CT perfusion and SPECT were performed on the two groups preoperative. Three months and six months after surgery, CT perfusion and SPECT were performed on both groups again, respectively. The former parameters including blood volume (BV), blood flow (BF), mean transit time (MTT), permeability surface (PS), and the latter including glomerular filtration rate (GFR), peak time (Tb) and semi-scheduled time (T1/2) were assessed. The parameters were assessed and the statistical significance of differences was determined, in terms of pathologic diagnoses. Pathology result and statistical analyses were performed simultaneously on the GFR of SPECT and CT perfusion parameters. **Results** The success rate of animal model was 80% and 66.7%, respectively. The results of CT perfusion and

doi:10.3969/j.issn.1671-6353.2015.06.013

基金项目: 1,北京市教育委员会科技计划面上项目,项目号: KM201210025018; 2,首都发展科研专项,项目号: 首发 2014-2-2093

作者单位: 1,首都医科大学附属北京儿童医院外科(北京市, 100045); 2,首都医科大学附属北京儿童医院影像中心(北京市, 100045); 3,首都医科大学附属友谊医院放射科(北京市, 100050), 通讯作者: 张潍平, E-mail: zhangwpp@163.com

SPECT showed; the BV、BF、MTT、PS、GFR、Tb and T1/2 were no significant difference between the two groups ( $P>0.05$ ); three months after surgery, the parameters including BV、BF、PS and GFR were decreased; Tb and T1/2 extended; MTT were no obviously variable in both groups ( $P>0.05$ ). six months after surgery, BV、BF、PS and GFR were decreased significantly; Tb and T1/2 extended markedly; MTT were no obviously variable in both groups as before ( $P>0.05$ ). **Conclusions** CT perfusion parameters including BV、BF、PS in renal cortex and medulla had good positive correlation with GFR. We have shown that CT perfusion can be used to evaluate renal function in ongoing management.

**【Key words】** Vesico-Ureteral Reflux; Tomography, Emission-Computed, Single-Photon; Models, Animal; Kidney; Edema; Evaluation Studies

膀胱输尿管反流是由于膀胱输尿管连接部瓣膜作用不全以致尿液自膀胱反流入输尿管、肾盂<sup>[1]</sup>。由于膀胱输尿管反流的存在,常常引起小儿反复泌尿系感染,感染的尿液反流入肾组织引起肾实质损害,可导致肾瘢痕形成、肾脏发育延迟,引起反流性肾病,最终导致成年后高血压和终末期肾病(end-stage renal disease, ESRD)<sup>[2]</sup>。由于膀胱输尿管反流在临床的重要意义,需要对其导致的肾脏损害进行全面评估,以为患儿手术治疗效果、肾脏功能转归提供安全的可行性定量指标。常规检查如排尿性膀胱尿道造影(voiding cystourethrography, VCUG)、静脉尿路造影(intravenous urography, IVU)、单光子发射计算机断层成像(SPECT)、高场强磁共振泌尿系水成像技术(MRU)等各有侧重点及不足,完整的泌尿系检查往往需要几个常规影像检查组合进行才能完成。本文提出两种膀胱输尿管反流动物模型制作的最常用方法,进一步提出 CT 灌注成像及 SPECT 及肾功能的评估方法,希望藉此评价其对膀胱输尿管反流所致积水肾脏的显影能力和肾功能的评估价值,为临床选择最佳检查方法提供参考。

## 材料与方法

### 一、临床资料

选择标准实验用雄性新西兰兔,10 周龄,体重 2.5~3.0 kg。麻醉剂-乌拉坦(50 g, 97%);造影剂-碘海醇(350 mg/mL);注射用对比剂-非离子型造影剂优维显(300 mgI/mL);99 m 锝(99 m Technetium, 99 mTc)标记后生成的<sup>99m</sup>Tc-DTPA。

### 二、方法

选用 Smyth TB 报道的方法。选用 10 周龄雄性新西兰兔 40 只,体重量 2.5~3.0 kg,随机分为两组,假手术组 10 只,模型组 30 只。将乌拉坦晶体用 0.9% NaCl 配制成 20% 溶液,按体重 4 mg/kg 经兔耳缘静脉注射麻醉。待兔麻醉稳定后,四肢外展仰

卧固定于手术台,用 6F 普通导尿管导尿,排空膀胱。常规术区备皮、消毒。下腹壁正中切口暴露膀胱,切开膀胱。模型组选择左输尿管内口,完全切开黏膜下输尿管及部分壁内段输尿管,直至输尿管导管松弛,尿液喷出为止(图 1)。假手术组仅切开膀胱。充分止血后关闭膀胱及腹壁(图 2)。正常饲养。术后 3 d 内连续腹腔注射头孢呋辛 50 mg · kg<sup>-1</sup> · d<sup>-1</sup>,以预防感染。

### 三、影像学检查

术前分别行 CT 灌注及 SPECT,前者测得正常情况下左肾皮质及髓质血容量(BV)、血流量(BF)、平均通过时间(MTT)及表面通透性(PS),后者测得肾脏 GFR、达峰时间(Tb)及半排时间(T1/2)等参数。检验无差异后于术后 1 个月两组行 VCU 检查,验证反流模型是否成功。术后 3 个月、6 个月两组分别行左肾 SPECT 及 CT 灌注扫描,获得以上各项参数。

### 四、病理检查

CT 灌注及 SPECT 完成后,将兔子处死,取出双侧肾及输尿管做病理检查。采用 HE 染色,观察两组肾脏及输尿管的病理学改变。

### 五、统计学处理

应用 SPSS17.0 统计学软件处理,分别将两组样本中测得的 CT 灌注参数及 GFR 值行配对 *t* 检验比较,结果用( $\bar{x} \pm s$ )表示;并将两者进行比较,使用 Pearson 相关性分析。 $P<0.05$  为差异有统计学意义, $P<0.01$  为差异有显著统计学意义。

## 结果

### 一、动物模型建立结果

术后 3 个月建模成功率为 66.7%。假手术组建模成功率为 80%(表 1)。最后假手术组 8 只,模型组 20 只符合标准,并完成 CT 灌注、SPECT 检查。

### 二、VCU 结果

表 1 术后 3 个月内两组动物建模成功率(单位:只)							
分组	总数	麻醉死亡	术后死亡	感染死亡	其它原因死亡	建模失败	成功率(%)
假手术组	10	0	1	0	1	0	80
模型组	30	1	2	1	1	5	66.7

术前两组均未见反流征象。术后 1 个月假手术组行 VCU 检查未见反流发生,模型组 VCU 提示绝大部分模型建立成功(成功率 66.7%),呈现不同程度

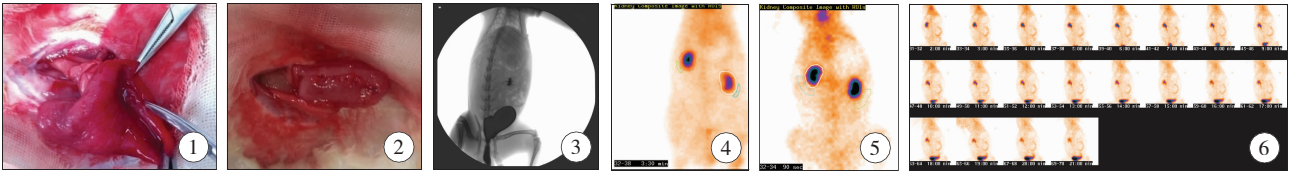


图 1 切开黏膜下及部分壁内段输尿管;图 2 关闭膀胱;图 3 VCU 提示Ⅲ级反流;图 4 模型组左肾显影减退,灌注减少;图 5 假手术组双肾显影未见明显变化;图 6 模型组左肾减退迟于右肾,说明左肾排泄迟于右肾。

- 四、CT 灌注成像结果
1. 术前肾脏功能相关结果:术前两组行 CT 灌注成像,选取主动脉、肾皮质、肾髓质三个感兴趣区,所得三者的时间-密度曲线(TDC),以及由此获得的肾脏皮质及髓质的血流量(BF)、血容量(BV)、平均通过时间(MTT)以及表面通透性(PS)等参数,进行两两 *t* 检验比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。
2. 术后肾脏功能相关结果:术后 3 个月,模型

- 度反流,其中 I 级反流 3 只,Ⅱ级反流 7 只,Ⅲ级反流 10 只(图 3);右侧肾盂及输尿管未见异常。
- 三、SPECT 结果
1. 术前两组行 SPECT,总 GFR,左、右分肾 GFR,两两 *t* 检验比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。
2. 术后 3 个月、6 个月扫描两组,得出扫描曲线及图像(图 4~6)。

组左肾皮质 BF、BV 下降,髓质 BF、BV 亦下降,差异有统计学意义( $P<0.05$ );皮髓质的 PS 下降,差异亦具有统计学意义( $P<0.05$ )。术后 6 个月,皮髓质 BF、BV、PS 明显下降,差异具有显著统计学意义( $P<0.01$ )。两组左肾皮髓质 MTT 未见明显变化,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。动脉的各个参数未见明显变化,差异无统计学意义( $P>0.05$ )(表 2、表 3)。

表 2 两组术前、术后 3 个月、术后 6 个月左肾 3 个感兴趣区 BF、BV 值					
区域		假手术组		模型组	
		BF( mL/min/100 g)	BV( mL/100 g)	BF( mL/min/100 g)	BV( mL/100 g)
动脉	术前	995.57 ± 3.62	56.71 ± 5.28	996.37 ± 2.35	62.73 ± 3.55
	术后 3 个月	994.37 ± 4.19▲	57.06 ± 4.92▼	985.16 ± 3.17△	63.29 ± 5.27▽
	术后 6 个月	992.14 ± 6.27▲	55.80 ± 4.77▼	973.14 ± 5.41△	60.38 ± 3.72▽
皮质	术前	717.39 ± 56.53	54.29 ± 7.65	705.22 ± 41.39	50.86 ± 6.26
	术后 3 个月	709.32 ± 30.15◆	53.06 ± 6.53■	462.85 ± 81.59◇	33.75 ± 10.39□
	术后 6 个月	713.18 ± 34.72◆	52.69 ± 5.81■	205.16 ± 92.40◇	18.61 ± 7.90□
髓质	术前	156.43 ± 12.81	25.33 ± 1.92	147.18 ± 13.66	26.37 ± 1.85
	术后 3 个月	143.67 ± 15.29★	23.76 ± 1.61●	89.29 ± 7.24☆	15.28 ± 11.72○
	术后 6 个月	141.83 ± 17.64★	23.95 ± 1.33●	42.17 ± 10.23☆	7.34 ± 4.21○

注:两组血流量(BF)比较:动脉<sup>▲△</sup> $P=0.57$ ,皮质<sup>◆◇</sup> $P=0.019$ ,髓质<sup>★☆</sup> $P=0.034$ 。动脉<sup>▲△</sup> $P=0.53$ ,皮质<sup>◆◇</sup> $P=0.003$ ,髓质<sup>★☆</sup> $P=0.015$ 。两组血容量(BV)比较:动脉<sup>▼▽</sup> $P=0.65$ ,皮质<sup>■□</sup> $P=0.007$ ,髓质<sup>●○</sup> $P=0.028$ ,动脉<sup>▼▽</sup> $P=0.62$ ,皮质<sup>■□</sup> $P=0.00009$ ,髓质<sup>●○</sup> $P=0.0013$ 。

表 3    两组术前、术后 3 个月、术后 6 个月左肾 3 个感兴趣区 MTT 及 PS 值					
区域		假手术组		模型组	
		MTT(S)	PS( mL/min/100 g)	MTT(S)	PS( mL/min/100 g)
动脉	术前	1.99 ± 0.007	5.37 ± 3.66	1.99 ± 0.005	5.18 ± 4.07
	术后 3 个月	1.99 ± 0.005▲	5.09 ± 3.92▼	1.96 ± 0.003△	3.96 ± 3.75▽
	术后 6 个月	1.99 ± 0.006▲	4.91 ± 3.15▼	1.93 ± 0.004△	2.41 ± 3.16▽

续表 3 两组术前、术后 3 个月、术后 6 个月左肾 3 个感兴趣区 MTT 及 PS 值

区域		假手术组		模型组	
		MTT(S)	PS(mL/min/100 g)	MTT(S)	PS(mL/min/100 g)
皮质	术前	2.64 ± 0.15	96.20 ± 24.11	2.78 ± 0.24	83.44 ± 17.51
	术后 3 个月	2.51 ± 0.28 <sup>◆</sup>	88.27 ± 21.54 <sup>■</sup>	2.63 ± 0.31 <sup>◇</sup>	54.38 ± 27.86 <sup>□</sup>
	术后 6 个月	2.56 ± 0.23 <sup>◆</sup>	83.06 ± 19.35 <sup>■</sup>	2.59 ± 0.28 <sup>◇</sup>	33.19 ± 17.15 <sup>□</sup>
髓质	术前	26.31 ± 10.29	52.27 ± 29.21	31.52 ± 4.9	48.76 ± 25.39
	术后 3 个月	24.76 ± 11.82 <sup>★</sup>	46.03 ± 28.06 <sup>●</sup>	29.28 ± 6.1 <sup>☆</sup>	35.39 ± 20.86 <sup>○</sup>
	术后 6 个月	25.05 ± 9.58 <sup>★</sup>	43.80 ± 24.55 <sup>●</sup>	28.33 ± 6.7 <sup>☆</sup>	23.58 ± 17.62 <sup>○</sup>

注：两组平均通过时间(MTT)比较：动脉<sup>▲△</sup>*P* = 0.62, 皮质<sup>◆◇</sup>*P* = 0.46, 髓质<sup>★☆</sup>*P* = 0.55, 动脉<sup>▲△</sup>*P* = 0.59, 皮质<sup>◆◇</sup>*P* = 0.40, 髓质<sup>★☆</sup>*P* = 0.51。两组表面通透性(PS)比较：动脉<sup>▽▽</sup>*P* = 0.47, 皮质<sup>■□</sup>*P* = 0.027, 髓质<sup>●○</sup>*P* = 0.031, 动脉<sup>▽▽</sup>*P* = 0.45, 皮质<sup>■□</sup>*P* = 0.000 6, 髓质<sup>●○</sup>*P* = 0.001 9。

讨 论

目前国内外制作膀胱输尿管反流动物模型的方法主要有两种,即膀胱黏膜下输尿管切开法和膀胱黏膜下输尿管切开+边缘缝合法<sup>[3,4]</sup>。前者主要是完全切开黏膜下输尿管及部分壁内段输尿管,直至输尿管导管松弛,尿液喷出为止,此过程破坏了输尿管开口的抗反流结构,使膀胱黏膜下隧道消失,从而发生反流;后者是在切开膀胱壁内段输尿管的基础上,缝合输尿管边缘,防止其黏连造成尿液不能上行<sup>[5]</sup>。应用膀胱黏膜下输尿管切开法制作反流模型成功率较高,符合膀胱输尿管反流的要求,术后 1 个月行 VCU 可见左侧反流,证实了模型建立成功。多数模型制作不成功是因为膀胱壁内段切开不够长,但与是否缝合边缘无明显关系<sup>[6]</sup>。壁内段切开越长,反流发生率及严重程度越高,且膀胱黏膜组织薄弱,边缘不易缝合,手术操作困难,因此多数学者并不提倡缝合切开的输尿管边缘。本动物实验就是采用了单纯输尿管开口切开法,简单易行,而且获得了 66.7% 的建模成功率。动物模型的制作有助于了解膀胱输尿管反流及反流性肾病的发病机理、自然过程、病理改变以及治疗方法。尿液的肾内反流系经肾盂肾小管漏入肾间质,引起间质炎症和纤维化。纤维化始于髓质,先发生肾乳头的瘢痕收缩,进而形成皮质凹陷性瘢痕<sup>[7]</sup>。上述肾内反流导致肾损害的机制在 Hodson 等所建立的动物模型上已得到证实。VUR 对肾的损害取决于反流程度及持续时间。Ⅰ度反流无影响,Ⅱ度反流可能有些影响,Ⅲ度反流常不可避免导致肾损害。弥漫性肾损害伴肾盂积水表现类似梗阻性肾病,但肾影增大较轻,肾盂输尿管扩张而无梗阻,肾实质变薄为不均匀性或伴

有凹入改变;弥漫性肾损害伴严重萎缩肾或小肾表现为肾体积显著缩小,肾长径仅为 3~7 cm,类似梗阻后肾萎缩或肾发育不全,但肾外形不光滑,一或多个肾盏呈杵状,肾实质变薄不均等。单侧有病变时,对侧肾常呈代偿性肥大。病理改变发生于反流肾脏的皮质层,多数肾功能衰竭的发生都与肾皮质的灌注下降有关,因此肾皮质的血流灌注直接影响着肾功能状况<sup>[8,9]</sup>。

本实验中,我们对两组术前进行了 VCU 及 SPECT 检查,前者用于除外术前反流,后者证实了两组总肾功能,左、右肾功能无差异。99mTc-DTPA 进入循环系统后经肾动脉进入肾脏。在注射显像剂后即见肾实质放射性均匀分布。模型组灌注相肾盂处可见缺损,随时间推移该缺损区放射性浓集;肾皮质显像延迟,患肾形态增大,肾实质变薄,放射性分布变浅、变淡,而肾盂区放射性浓集排泄明显变慢;定量表现为达峰时间及半排时间延长;左肾 GFR 明显下降。积水肾脏随时间变化,实质变薄,肾盂不同程度扩张,受肾盂扩张压迫,肾小球不同程度萎缩,肾素-血管紧张素-醛固酮系统活化,使积水肾脏血流量变小,核素灌注期显像延迟<sup>[10,11]</sup>。肾血流量变小引起滤过压减小,进而引起肾小球滤过率变小,即 GFR 变小,从而导致尿液生成延缓和排出减少。

多层螺旋 CT 泌尿系成像技术(CTU)是利用外周静脉注射造影剂后经肾脏排泄,进行泌尿系范围内快速容积扫描,利用扫描信息反映肾脏功能,还可同时进行血管重建,显示泌尿系与血管的关系<sup>[12]</sup>。本实验中,通过 CT 灌注发现,左肾皮髓质 BF、BV、PS 降低,与积水后肾实质压迫变薄、间质纤维增生、肾脏血流灌注减少及后期的肾小球、肾小管不同程度萎缩有关。而两组 BF、BV、PS 数值排列顺序均为:主动脉>皮质>髓质,这与肾脏的解剖结构有

关,肾动脉从主动脉分支进入肾门,是肾脏主要血供,因此血流最丰富,分支进入肾脏后,肾皮质以肾小球为主,肾小球主要成分是毛细血管,因此血管分布密,血流灌注强,而髓质以肾小管为主,血管分布少<sup>[13]</sup>。三个感兴趣区 MTT 无明显变化,说明灌注量取决于血管开放程度,而不是平均通过时间。本实验中,我们将模型动物 CT 灌注参数与 GFR 进行相关性分析,发现皮髓质的 BF、BV、PS 与 GFR 呈正相关<sup>[14]</sup>。MTT 与 GFR 无相关性,考虑 GFR 主要取决于毛细血管血流灌注、开放、渗透情况,受平均通过时影响小<sup>[15]</sup>。

IVU 是根据肾是否显影、显影时间及肾盂肾盏的形态等判定患肾的损害程度,可以了解泌尿系内部结构及其功能。但 IVU 仅能粗略判断肾功能,很多 IVU 不显影的肾中仍然有不少具有肾功能;而且肾功能不良时需延迟摄片,增加摄片次数及放射的暴露量,对正处于生长发育期的儿童可能产生不利影响;当肾显影差或肾功能丧失时,其诊断价值明显受限。

自 1986 年 Hennig 首先提出应用核磁共振技术进行泌尿系显像(简称 MRU)诊断以来,MRU 成为直接利用尿液信号成像的新的尿路造影技术,不仅能显示积水扩张的程度等,而且对于重度积水,特别是肾功能衰竭 IVU 不显影的患者,仍能清晰显示尿路全貌,尿路积水越重,图像越清晰,特别适用于中、重度扩张的尿路。但 MRU 属于 2D 扫描,在对原始图像进行重建时,存在图像丢失的问题;空间分辨率低,对于微小病变检出率低;且 MRU 检查时间偏长,患幽闭恐惧症及呼吸不配合的患者无法行 MRU 检查<sup>[16]</sup>。

以上研究说明,CT 灌注成像技术与 SPECT 可作为肾脏形态及功能状态的评估方法,对分肾功能评定有重要价值。SPECT 是目前评价双肾灌注功能及 GFR 的金标准,可为临床手术时机的选择提供了良好的参考依据。CT 灌注成像技术能够比较全面的、定量的评估肾反流所致肾脏积水的肾功能变化,二者可作为肾功能状态的评定指标。

## 参 考 文 献

- 1 黄澄如,实用小儿泌尿外科学[M]. 北京:人民卫生出版社,2006,292-306.
- 2 Kamil ES. Recent advances in the understanding and management of primary vesicoureteral reflux and reflux nephropa-

- thy[J]. Curr Opin Nephrol Hypertens, 2000, 9(2): 139-142.
- 3 Minki Baek, Sung Hyun Paick, et al. Urodynamic and Histological Changes in a Sterile Rabbit Vesicoureteral Reflux Model[J]. Korean Med Sci, 2010, 25: 1352-1358.
- 4 Toka HR, Toka O, Hariri A, et al. Congenital anomalies of kidney and urinary tract[J]. Semin Nephrol, 2010, 30: 374-386.
- 5 Fonseca FF, Tanno FY, Nguyen HT. Current options in the management of primary vesicoureteral reflux in children[J]. Pediatr Clin North Am, 2012, 59: 819-834.
- 6 Aydin E. Early renal parenchymal histological changes in an experimental model of vesico-ureteral reflux and the role of apoptosis[J]. Urol, 2008, 42: 213-219.
- 7 Harriet J, Paltiel MD. Effect of chronic, low-pressure, sterile vesicoureteral reflux on Renal growth and function in a porcine model: a radiologic and pathologic study[J]. Radiology, 2012, 217: 507-515.
- 8 Ataei N, Madani A, Habibi R, et al. Evaluation of acute pyelonephritis with DMSA scans in children presenting after the age of 5 years[J]. Pediatr Nephrol, 2005, 20: 1439-1444.
- 9 李楠, 刘鑫, 侯英. 肾积水患儿术后肾形态及功能恢复的比较研究[J]. 临床小儿外科杂志, 2014, 13(4): 282-286.
- 10 Orcun Celik, Tumay Ipekci, Ozgu Aydogdu, Selcuk Yucel. Current Medical Diagnosis and Management of Vesicoureteral Reflux in Children[J]. Nephro Urol Mon, 2014; 6(1): e13534.
- 11 Swerkerson S, Jodal U, Sixt R, et al. Relationship among vesicoureteral reflux, urinary tract infection and renal damage in children[J]. Urol, 2007, 178: 647-651.
- 12 Serdar Tekgu, Hubertus Riedmiller, et al. EAU guidelines on vesicoureteral reflux in children[J]. Eur Uro, 2012, 62: 534-542.
- 13 Peters C, Rushton HG, Minevich E. Vesicoureteral reflux associated renal damage: congenital reflux nephropathy and acquired renal scarring[J]. Urol, 2010, 184: 265-273.
- 14 Jonathan C, Routh A, Guy A, Bogaert. Vesicoureteral Reflux: Current Trends in Diagnosis, Screening, and Treatment [J]. Eur Uro, 2012, 61: 773-782.
- 15 Dinckan A, Aliosmanoglu I, Kocak H, et al. Surgical correction of vesico-ureteric reflux for recurrent febrile urinary tract infections after kidney transplantation [J]. BJU Int, 2013, 112(4): E366-371.
- 16 Suroj Supavekin, Wantanee S, Desai M. The role of DMSA renal scintigraphy in the first episode of urinary tract infection in childhood [J]. The Japanese Nuclear Medicine, 2012, 14: 671-677.

(收稿日期: 2015-04-08)