

## · 论著 ·

# 排尿性尿路超声造影对儿童原发性膀胱输尿管反流的诊断价值



全文二维码

邹翔宇<sup>1</sup> 孙佩璇<sup>2</sup> 石静<sup>2</sup> 赵海腾<sup>1</sup> 姜大朋<sup>1</sup> 钟量<sup>1</sup> 杜隽<sup>2</sup> 孙杰<sup>1</sup><sup>1</sup>上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心小儿泌尿外科,上海 200127; <sup>2</sup>上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心超声科,上海 200127

通信作者:孙杰,Email:sunjie@scmc.com.cn

**【摘要】 目的** 探讨排尿性尿路超声造影(contrast-enhanced voiding urosonography, CeVUS)对儿童原发性膀胱输尿管反流(vesicoureteral reflux, VUR)的诊断价值。**方法** 回顾性分析上海儿童医学中心 2018 年 12 月至 2020 年 6 月 116 例[232 个肾盂-输尿管单位(pyelo-ureter units, PUUs)]因临床疑为 VUR 而行初筛的患儿以及 VUR 术后随访资料,116 例均行 CeVUS,分析 CeVUS 的应用安全性以及诊断阳性率。同时收集 24 例患儿(共 48 个 PUUs)的排尿性 X 线膀胱尿路造影(voiding cystourethrography, VCUG)数据进行结果比对,分析其诊断灵敏度、特异度以及一致性。**结果** 116 例均成功行 CeVUS 检查,无一例发生不良反应。CeVUS 诊断阳性 69 例,诊断阳性率为 59.5%。232 个 PUUs 中,反流阳性 103 个,诊断阳性率为 44.4%。24 例(48 个 PUUs)行 VCUG 检测患儿中,VCUG 检测反流阳性 PUUs 23 个,CeVUS 检测反流阳性 PUUs 25 个,共同阳性诊断 21 个。以 VCUG 结果为金标准,CeVUS 诊断 VUR 的灵敏度为 91.3%,特异度为 84%,阳性预测值为 84%,阴性预测值为 91.3%。CeVUS 和 VCUG 对 VUR 的诊断有较高的一致性(Kappa 值=0.75)。48 个 PUUs 中,VCUG 诊断为无反流 25 个,其中 CeVUS 诊断无反流 21 个;同时 CeVUS 检测到Ⅱ级反流 4 个,CeVUS 与 VCUG 检查总体一致性为 72.9%。另外,对于高级别反流,VCUG 诊断为Ⅳ~Ⅴ级 VUR 15 个中,CeVUS 诊断为Ⅲ级 1 个,其余均为Ⅳ~Ⅴ级;两项检查均诊断为Ⅳ级 7 个、Ⅴ级 3 个,Ⅳ~Ⅴ级诊断一致性为 66.7%。**结论** CeVUS 对检测和分级原发性膀胱输尿管反流具有一定的诊断意义,且安全、无放射性,可作为膀胱输尿管反流的筛查手段以及术后随访工具。

**【关键词】** 膀胱输尿管返流/诊断; 尿路造影术; 超声增强造影剂; 儿童**基金项目:**国家自然科学基金(81900618);上海“科技创新行动计划”扬帆计划(18YF1415000)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202006044-010

## Role of contrast-enhanced voiding urosonography in the diagnosis of pediatric vesicoureteral reflux

Zou Xiangyu<sup>1</sup>, Sun Peixuan<sup>2</sup>, Shi Jing<sup>2</sup>, Zhao Haiteng<sup>1</sup>, Jiang Dapeng<sup>1</sup>, Zhong Liang<sup>1</sup>, Du Jun<sup>2</sup>, Sun Jie<sup>1</sup><sup>1</sup> Shanghai Children's Medical Center, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine Department of Urology, Shanghai 200127, China; <sup>2</sup> Shanghai Children's Medical Center, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine Department of Sonog, Shanghai 200127, China

Corresponding author: Sun Jie, Email: sunjie@scmc.com.cn

**【Abstract】 Objective** To determine the value of contrast-enhanced voiding urosonography (CeVUS) for diagnosing vesicoureteral reflux (VUR) in children. **Methods** A total of 116 cases (232 pyelo-ureter units, PUUs) of suspicious VUR and postoperative children were admitted from December 2018 to June 2020. The safety and positive rate were analyzed. Twenty-four children (48 PUUs) were compared with voiding cystourethrography (VCUG) for its sensitivity, specificity, and consistency. **Results** All of them were examined successfully and no adverse reactions occurred. The diagnosis was positive for CeVUS ( $n=69$ ) with a positive rate of 59.5%. Among 232 PUUs, 103 were positive for VUR with a positive diagnostic rate of 44.4%. Moreover, among 24 patients (48 PUUs) 23 were detected by VCUG, 25 by CeVUS and 21 were all positive. As compared with VCUG, CeVUS had a sensitivity of 91.3%, a specificity of 84.0%, a positive predictive value of 84% and a negative predictive value of 91.3%. Contrast-enhanced ultrasound and VCUG had a high con-

sistency in the examination of VUR (Kappa = 0.75). Among them, VCUG diagnosed no reflux in 25 PUUs and CeVUS in 21 PUUs with 4 grade II VUR. The overall consistency rate was 72.9%. Moreover, VCUG diagnosed 15 grade IV - V VUR, except CeVUS III diagnosed 1 with a consistency rate of 66.7% in grade IV - V VUR. **Conclusion** CeVUS has certain diagnostic significance in detecting and grading VUR with its safety and non-radioactive characteristics. It is considered as a first choice for suspected or post-operated VUR in children.

**【Key words】** Vesico-Ureteral Reflux/DI; Urography; Enhanced Contrast Agent; Child

**Fund program:** National Natural Science Foundation of China (81900618), Shanghai Sailing Program (18YF1415000)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202006044-010

膀胱输尿管反流 (vesicoureteral reflux, VUR) 是由于膀胱与输尿管连接部异常,导致膀胱尿液逆流进入输尿管以及肾盂,大部分为先天性,是儿童期常见的泌尿系统疾病<sup>[1]</sup>。VUR 常合并反复尿路感染,严重时可引起肾脏瘢痕形成,造成肾损伤。部分反流性肾病可出现高血压,甚至进展为终末期肾病。因此对 VUR 患儿予以早期诊断和干预治疗,对于减轻肾脏瘢痕形成、保护肾脏功能尤为重要<sup>[2-3]</sup>。

目前对于 VUR 的诊断主要依靠排尿性膀胱尿道造影 (voiding cystourethrography, VCUG) 以及放射性核素膀胱造影术 (radionuclide cystography, RNC) 等,这些方法的最大缺点是存在放射暴露,用于儿童原发性 VUR 的筛查及术后随访有一定风险<sup>[4]</sup>。采用无辐射的超声检查代替放射性成像诊断 VUR 是理想的方法,尤其是近年来增强超声造影剂的临床应用,使得 VUR 的诊断敏感性以及准确性均大大提高<sup>[5-6]</sup>。但目前对于利用超声增强造影剂的排尿性尿路超声造影 (contrast-enhanced voiding urosonography, CeVUS) 技术在儿童原发性 VUR 筛选以及术后随访评估方面的应用价值还需要进一步的临床验证。因此本研究拟采用 CeVUS 对临床可疑 VUR 患儿以及 VUR 术后随访患儿进行排尿性尿路超声造影检查,同时结合部分患儿的 VCUG 检查结果,探讨 CeVUS 的诊断价值。

## 材料与方法

### 一、研究对象

回顾性收集 2018 年 12 月至 2020 年 6 月上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心收治的临床疑诊为 VUR (表现为反复尿路感染与输尿管扩张) 以及 VUR 术后 (尿道瓣膜疾病) 患儿共 116 例 (排除重复肾、输尿管以及异位输尿管开口畸形患

儿) 作为研究对象,其中反复尿路感染以及普通超声检查显示输尿管扩张 105 例, VUR 术后随诊 11 例;男 61 例,女 55 例;年龄 1 个月至 14 岁 6 个月,平均年龄 35 个月。所有患儿在门诊或入院时完成尿常规检查,对确认无尿路感染者行 CeVUS 检测,作为初筛。24 例诊断为输尿管狭窄或高级别反流 (III ~ V 级反流) 拟行输尿管再植术的患儿,于术前进一步完善 VCUG 检查,收集检查结果并与 CeVUS 数据进行比对。

### 二、研究方法

#### (一) 仪器与造影剂

采用 Philip Epiq5 彩色多普勒诊断仪,配备 CPS 造影软件、C5-1 凸阵探头和 L12-5 高频线阵探头,造影模式下机械指数分别为 0.06 和 0.08。同时使用 SonoVue (Bracco, Italy) 超声造影剂。注入 5 mL 无菌生理盐水,摇匀至冻干粉完全消失,制成磷脂包裹的六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 微泡溶液,并溶解于 500 mL 生理盐水中备用。

#### (二) 检查步骤

①根据科学公式计算患儿膀胱容量:大于 1 岁患儿膀胱容量 = [(年龄 + 2) × 30] mL, 1 岁以内患儿膀胱容量 = [38 + (2.5 × 月龄)] mL; ②检查过程:患儿检查前留置 Foley's 导尿管,排空尿液后夹闭导尿管<sup>[7]</sup>; ③患儿取仰卧位,不使用镇静剂,以二维及彩超模式观察肾脏状况,记录肾脏大小和结构是否异常、肾实质厚度、集合系统及输尿管是否扩张; ④造影剂灌注:用一次性输液皮条将导尿管与生理盐水连接,且以输液器对导尿管自高处进行盐水灌注 (高于膀胱平面 1 m 左右),适度调节灌注高度,根据预估膀胱容量的大小选择灌注终点容量<sup>[8]</sup>。造影剂经导尿管注入后,动态存储图像。嘱患儿做排尿动作,不配合者可按压膀胱,实时观察膀胱、输尿管及肾盂肾盏造影剂增强情况; ⑤使用 6-4 MHz 扇形 L12-5 高频线阵探头,

男童在矢状面将探头放置在阴囊水平,经盆腔在矢状面将探头放置在下腹壁正对耻骨区域;女童经盆腔在矢状面将探头放置在下腹壁正对耻骨区域进行检查。患儿排尿时可显示膀胱颈和整个尿道,经盆腔在矢状面及会阴部水平观察后尿道,了解有无尿液反流及后尿道病变。记录检查过程中以及检查后患儿不良反应(有无腹痛、发热或继发尿路感染等)。

### (三)图像观察及 VUR 分级

如超声造影剂出现在输尿管或肾盂,则可诊断为膀胱输尿管反流。反流程度分级根据国际反流性肾病协会提出的 5 级分类方法, Darge 提出的 VUS 评价 VUR 程度方法基本同 VCUG<sup>[9]</sup>。I 级:仅限于输尿管检测到微泡;II 级:微泡出现在肾盂,但无明显肾盂扩张;III 级:微泡出现在肾盂,肾盂明显扩张,肾盏轻度扩张;IV 级:微泡出现在肾盂,肾盂、肾盏明显扩张;V 级:肾盂检测到微泡,肾盂、肾盏严重扩张,输尿管扭曲,肾盂形态异常。

### 三、图像及统计学处理

采用 SPSS 21.0 进行数据的整理与分析。反流的分级和计数主要基于肾输尿管单位进行,每个肾输尿管单位包含 1 个肾盂和 1 根独立开口于膀胱的输尿管。以 VCUG 诊断结果为金标准,计算 CeVUS 诊断 VUR 的灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值。截取膀胱输尿管及肾盂 VUS 图像拼接后行 VCUG 的图像比较。采用 Kappa 分析法评价两种方法诊断 VUR 及评定 VUR 分级的一致性。

## 结 果

### 一、整体情况

本研究共检查了 116 例患儿 232 个肾输尿管单位(pyelo-ureter units, PUUs),检查过程顺利,无一例出现腹痛、发热或继发尿路感染等。116 例中,男性 61 例(122 个 PUUs),诊断为左侧 VUR 11 例,右侧 VUR 3 例,双侧 VUR 20 例,总计 VUR 34 例(55.7%)。女性 55 例(110 个 PUUs),诊断为左侧 VUR 14 例,右侧 VUR 7 例,双侧 VUR 14 例,总计 VUR 35 例(63.6%)。全部患儿中,诊断为左侧 VUR 25 例,右侧 VUR 10 例,双侧 VUR 34 例,共计 69 例(59.5%),详见表 1。

232 个 PUUs 中,男性 122 个, I 级 VUR 3 个, II 级 VUR 17 个, III 级 VUR 13 个, IV 级 VUR 16 个, V 级 VUR 5 个,总计 VUR 54 个(44.3%);女性 110

个, I 级 VUR 1 个, II 级 VUR 16 个, III 级 VUR 13 个, IV 级 VUR 14 个, V 级 VUR 5 个,总计 VUR 49 个(44.5%)。全部 PUUs 中, I 级 VUR 4 个, II 级 VUR 33 个, III 级 VUR 26 个, IV 级 VUR 30 个, V 级 VUR 10 个,总计 VUR 103 个(44.4%),详见表 2。

### 二、VUS 和 VCUG 结果对比

24 例患儿 VCUG 检测发现 PUUs 48 个,其中无反流 PUUs 25 个, CeVUS 诊断反流 21 个,共同阳性 PUUs 21 个。以 VCUG、CeVUS 诊断 VUR 灵敏度为 91.3%,特异度为 84%,阳性预测值为 84%,阴性预测值为 91.3%,详见表 3。

对 VUR 反流进行分级显示, VCUG 检测到 II 级 VUR 2 个, CeVUS 检测到 II 级 VUR 4 个。VCUG 检测到 III 级 VUR 6 个, IV 级 VUR 10 个, V 级 VUR 5 个。CeVUS 与 VCUG 共同诊断阴性 21 个,反流 III 级 4 个、IV 级 7 个、V 级 3 个,总体一致性为 72.9% [(21+4+7+3)/48]。在 15 例 IV ~ V 级 VUR 患儿中,两项检查均诊断为 IV 级 7 个、V 级 3 个,一致性为 66.7% [(3+7)/15],详见表 4。

进一步行 CeVUS 检查可见造影剂充盈膀胱,肾

表 1 CeVUS 诊断 VUR 阳性结果列表

Table 1 List of positive results of CeVUS for VUR

性别	数量	VUR 诊断(n)				诊断 阳性率(例,%)
		左	右	双侧	总数	
男	61	11	3	20	34	34(55.7)
女	55	14	7	14	35	35(63.6)
总计	116	25	10	34	69	69(59.5)

表 2 CeVUS 诊断 VUR 分级结果

Table 2 CeVUS diagnosis of VUR grading

性别	PPUs (n)	VUR 诊断(n)					诊断 阳性率(例,%)
		I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	
男	122	3	17	13	16	5	54(44.3)
女	110	1	16	13	14	5	49(44.5)
总计	232	4	33	26	30	10	103(44.4)

表 3 CeVUS 和 VCUG 判断反流阳性对比(n)

Table 3 Comparison of positive reflux by CEVUS versus VCUG(n)

变量	VCUG		
	阳性	阴性	总数
VUS	21	4	25
	2	21	23
	23	25	48



表 4 CeVUS 和 VCUG 判断反流分级结果比较(n)

Table 4 Comparison of judgment of reflux classification between CeVUS versus VCUG(n)

变量		VCUG 诊断						总数
		阴性	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	
VUS 诊断	阴性	21	0	1	1	0	0	23
	I 级	0	0	0	0	0	0	0
	II 级	4	0	0	0	0	0	4
	III 级	0	0	1	4	1	0	6
	IV 级	0	0	0	1	7	2	10
	V 级	0	0	0	0	2	3	5
	总数	25	0	2	6	10	5	48

脏、输尿管显影以及后尿道图像详见图 1。获取不同部位多层面图像并进行拼接,可以获得与 VCUG 相似的肾、输尿管以及膀胱形态(图 2)。

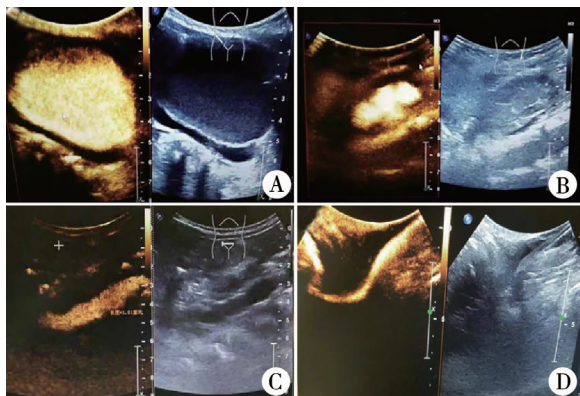


图 1 CeVUS 检查图像 注 可见被造影剂充盈的膀胱(1A),肾脏显影(1B),输尿管显影以及后尿道的图像(1C,1D)

Fig. 1 The image of CeVUS. Contrast-enhanced bladder (1A), kidney (1B), ureter (1C) and posterior urethra (1D)

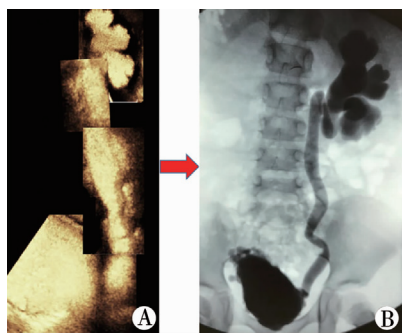


图 2 CeVUS 和 VCUG 图像对比。CeVUS 图像拼接成像(2A), VCUG 成像(2B)

Fig. 2 Comparison of CeVUS versus VCUG imaging. CeVUS imaging (2A) versus VCUG imaging (2B)

## 讨论

传统 VUR 的诊断主要依靠 VCUG,但 VCUG 具有一定的放射性,尤其对于儿童,即使是低量放射

也会增加肿瘤的患病风险<sup>[10]</sup>。超声造影检查因简便、无放射性损伤而被人们广泛运用于多种疾病的诊断。早在 20 世纪 70 年代,人们已经开始利用超声进行儿童 VUR 的诊断,由于 B 型超声和多普勒超声诊断 VUR 的灵敏度及特异度均较低,人们开始将目标转向增强超声造影剂<sup>[11-12]</sup>。自 20 世纪末开始,人们将 CeVUS 运用于 VUR 的临床诊断;近来新型超声造影剂的批准使用为 CeVUS 的诊断提供了更可靠的图像质量<sup>[13]</sup>。2016 年 12 月六氟化硫脂质微球造影剂(Lumason)在美国获得 FDA 批准运用于儿童 VUR 的临床诊断,2017 年 6 月获欧洲药品管理局批准,使其临床应用有了可能性<sup>[14]</sup>。

CeVUS 通过增强造影剂膀胱灌注,利用无放射性超声技术动态观察整个尿路的成像情况,诊断 VUR 安全可靠,同时具有比 VCUG 更高的灵敏度及诊断准确率<sup>[15-16]</sup>。本研究结果也证明该检查安全有效。在与 VCUG 的对比检测中,对于无反流患儿的诊断,CeVUS 检测一致率为 84% (21/25),同时 CeVUS 检测到 4 个 II 级 VUR,证明 CeVUS 对无 VUR 患儿具有一定的诊断价值,同时 CeVUS 对于无反流患儿的诊断可能存在一定的假阳性结果,这值得临床关注。高级别 VUR 的诊断对于患儿的外科治疗具有一定的指导作用,本研究发现 VCUG 诊断 IV ~ V 级反流与 CeVUS 诊断相似,证明 CeVUS 在高级别 VUR 中具有与 VCUG 相似的诊断价值,可较好地指导 VUR 的临床治疗。

CeVUS 在 VUR 的临床诊断中具有与 VCUG 相似的临床价值,但其对尿道形态的成像不如 VCUG 直观,从而限制了其对梗阻性疾病(如后尿道瓣膜)导致 VUR 的原发病的诊断价值<sup>[12]</sup>。近年来随着相关造影检查技术的成熟,已有文献报道利用 CeVUS 进行男童及女童的尿道成像,并用其诊断尿道瓣膜相关疾病。本研究对男童行膀胱灌注后尿道检测,发现通过实时动态观察可以获得满意的正常后尿道形态,然而对于后尿道相关病变的检查以及与 VCUG 的对比仍然需要更多病例的经验积累。另外,CeVUS 除了对 VUR 进行诊断外,对肾盂以及输尿管先天性畸形也具有重要诊断意义<sup>[14]</sup>。但 CeVUS 对于复杂尿路畸形的诊断,往往依赖于超声医生的临床熟练程度,必要时需结合 VCUG 以及膀胱镜检查以确诊。

对于反复发生尿路感染的高级别 VUR,外科手术是治疗的首选,但由于儿童存在生长发育变化的特点,该类患儿常需要定期随访,以评估远期效果。

CeVUS 的无放射性为长期、多次 VUR 检查诊断提供了可能性,已有文献提出在女性 VUR 患儿的初次检查以及确诊 VUR 患儿的随诊中,CeVUS 可以取代 VCUG<sup>[17]</sup>。本研究尝试对 VUR 术后随访患儿进行 CeVUS 检查,发现随着年龄增长,部分患儿输尿管或肾盂可见到造影剂,同时仍保持术前输尿管及肾盂扩张形态。因此对于此类患儿尿液反流的诊断,不能单纯依靠肾脏及输尿管的形态,而需要结合患儿临床症状以及肾功能改变评估手术治疗效果。另外,本研究仍存在一定的局限性:其一是 CeVUS 检查与 VCUG 对比的患儿数量有限,需要后续进一步积累数据研究;其二,整个尿路的成像需要获取多层面的数据,存在一定的人为误差,故在显影层面不清以及尿路情况复杂需要进一步手术治疗的情况下,推荐行 VCUG 以及内镜检查。

综上,CeVUS 作为一种无辐射隐患的检查方法,对 VUR 及其术后随诊评估具有了重要的诊断价值。此外,该方法对超声医生的操作经验有一定的依赖性,必要时需结合 VCUG 或膀胱镜进一步明确诊断。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 文献检索为邹翔宇、孙佩璇、孙杰,论文调查设计为邹翔宇、钟量、杜隽、孙杰,数据收集与分析为邹翔宇、孙佩璇、石静、杜隽,论文结果撰写为邹翔宇、孙杰,论文讨论分析为邹翔宇、赵海腾、姜大朋、孙杰

## 参 考 文 献

- [1] 张北叶. 原发性膀胱输尿管反流诊断与治疗的最新趋势[J]. 临床小儿外科杂志, 2019, 18(10): 817-819. DOI: 10.3969/j. issn. 1671-6353. 2019. 10. 003.  
Zhang BY. Recent diagnostic & therapeutic trends of primary vesicoureteral reflux[J]. J Clin Ped Sur, 2019, 18(10): 817-819. DOI: 10.3969/j. issn. 1671-6353. 2019. 10. 003.
- [2] 中华医学会儿科分会泌尿外科学组. 儿童原发性膀胱输尿管反流的专家共识[J]. 临床小儿外科杂志, 2019, 18(10): 811-816. DOI: 10.3969/j. issn. 1671-6353. 2019. 10. 002.  
Pediatric Urology Group, Branch of Pediatric Surgery, Chinese Medical Association; Expert Consensus on Management of Primary Vesicoureteral Reflux in Children[J]. J Clin Ped Sur, 2019, 18(10): 811-816. DOI: 10.3969/j. issn. 1671-6353. 2019. 10. 002.
- [3] Oukhouya MA, Andaloussi S, Tazi M, et al. Long-term evolution of vesicoureteral reflux in children[J]. Pan Afr Med J, 2019, 19(33): 304. DOI: 10.11604/pamj. 2019. 33. 304. 18966.
- [4] Arlen AM, Merriman LS, Kirsch JM, et al. Early effect of American Academy of Pediatrics Urinary Tract Infection Guidelines on radiographic imaging and diagnosis of vesicoureteral reflux in the emergency room setting[J]. J Urol, 2015, 193(5): 1760-1765. DOI: 10.1016/j. juro. 2014. 06. 100.
- [5] Yi H, Cui X, Cai B, et al. A quantitative grading system of vesicoureteral reflux by contrast enhanced voiding urosonography [J]. Med Ultrason, 2020, 22(3): 287-292. DOI: 10.11152/mu-2311.
- [6] Arlen AM, Cooper CS. New trends in voiding cystourethrography and vesicoureteral reflux: Who, when and how? [J]. Int J Urol, 2019, 26(4): 440-445. DOI: 10.1111/iju. 13915.
- [7] 伏雯, 刘国昌, 周路遥, 等. 超声造影对膀胱输尿管反流诊断价值的探讨[J]. 临床小儿外科杂志, 2013, 12(4): 306-310. DOI: 10.3969/j. issn. 1671-6353. 2013. 04. 015.  
Fu W, Liu GC, Zhou LY, et al. Diagnosis of vesicoureteral reflux in children: Role of voiding ultrasonography[J]. J Clin Ped Sur, 2013, 12(4): 306-310. DOI: 10.3969/j. issn. 1671-6353. 2013. 04. 015.
- [8] Duran C, del Riego J, Riera L, et al. Voiding urosonography including urethronography: high-quality examinations with an optimized procedure using a second-generation US contrast agent [J]. Pediatr Radiol, 2012, 42(6): 660-667. DOI: 10.1007/s00247-012-2360-z.
- [9] Darge K, Troeger J. Vesicoureteral reflux grading in contrast-enhanced voiding urosonography[J]. Eur J Radiol, 2002, 43(2): 122-128. DOI: 10.1016/S0720-048X(02)00114-6.
- [10] Brenner D, Elliston C, Hall E, et al. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT[J]. Am J Roentgenol, 2001, 176(2): 289-296. DOI: 10.2214/ajr. 176. 2. 1760289.
- [11] Chua ME, Kim JK, Mendoza JS, et al. The evaluation of vesicoureteral reflux among children using contrast-enhanced ultrasound: a literature review[J]. J Pediatr Urol, 2019, 15(1): 12-17. DOI: 10.1016/j. jpurol. 2018. 11. 006.
- [12] Velasquez M, Emerson MG, Diaz E, et al. The learning curve of contrast-enhanced 'microbubble' voiding urosonography-validation study[J]. J Pediatr Urol, 2019, 15(4): 385. e1-e6. DOI: 10.1016/j. jpurol. 2019. 04. 015.
- [13] Lee T, Ellimootil C, Marchetti KA, et al. Impact of clinical guidelines on voiding cystourethrogram use and vesicoureteral reflux incidence[J]. J Urol, 2018, 199(3): 831-836. DOI: 10.1016/j. juro. 2017. 08. 099.
- [14] Duran C, Beltran VP, Gonzalez A, et al. Contrast-enhanced voiding urosonography for vesicoureteral reflux diagnosis in children [J]. Radiographics, 2017, 37(6): 1854-1869. DOI: 10.1148/rg. 2017170024.
- [15] Sithisarunkul N, Uthairat M, Dissaneewate P, et al. Characteristics and findings of childhood urinary tract infection in the last decade[J]. Urol Int, 2019, 102(4): 456-461. DOI: 10.1159/000497443.
- [16] Papadopoulou F, Anthopoulou A, Siomou E, et al. Harmonic voiding urosonography with a second-generation contrast agent for the diagnosis of vesicoureteral reflux [J]. Pediatr Radiol, 2009, 39(3): 239-244. DOI: 10.1007/s00247-008-1080-x.
- [17] Darge K, Papadopoulou F, Ntoulia A, et al. Safety of contrast-enhanced ultrasound in children for non-cardiac applications: a review by the Society for Pediatric Radiology (SPR) and the International Contrast Ultrasound Society (ICUS) [J]. Pediatr Radiol, 2013, 43(9): 1063-1073. DOI: 10.1007/s00247-013-2746-6.  
(收稿日期: 2020-06-18)

**本文引用格式:** 邹翔宇, 孙佩璇, 石静, 等. 排尿性尿路超声造影对儿童原发性膀胱输尿管反流的诊断价值[J]. 临床小儿外科杂志, 2022, 21(2): 151-155. DOI: 10.3760/cma. j. cn101785-202006044-010.

**Citing this article as:** Zou XY, Sun PX, Shi J, et al. Role of contrast-enhanced voiding urosonography in the diagnosis of pediatric vesicoureteral reflux [J]. J Clin Ped Sur, 2022, 21(2): 151-155. DOI: 10.3760/cma. j. cn101785-202006044-010.