

## ·专题·儿童肾积水分肾功能评估·

<sup>99m</sup>Tc 双半胱氨酸利尿肾动态显像  
“超正常”现象在儿童单侧 UPJO  
诊治中的价值

全文二维码



开放科学码

施美华<sup>1</sup> 姜大朋<sup>2</sup> 邵虹<sup>1</sup>

**【摘要】 目的** 探讨单侧肾盂输尿管连接部狭窄(ureteropelvic junction obstruction, UPJO)患者出现<sup>99m</sup>Tc 双半胱氨酸利尿肾动态显像“超正常”现象(患肾 DRF  $\geq 55\%$ )的临床意义,同时分析导致肾功能被高估的因素。 **方法** 收集上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心 2014 年 1 月至 2020 年 5 月接受肾盂成形术且临床资料完整的 107 例单侧 UPJO 患者为研究对象。根据是否存在“超正常”现象(Supra-normal DRF, SNDRF)分为 SNDRF 组( $n=14$ )与非 SNDRF 组( $n=93$ ),总结两组病例的临床症状及影像学等检查结果。 **结果** 在 107 例符合入组标准的患者中,共有 14 例术前肾动态显像提示存在 SNDRF,两组术前 APD 值分别为( $29.2 \pm 13.9$ )mm 和( $34.93 \pm 11.19$ )mm,差异有统计学意义( $P=0.035$ )。SNDRF 组术前平均 DRF 为 56.5%。利用术前 APD 预测 SNDRF 时,其最佳阈值为 26.5 mm。 **结论** SNDRF 与积水肾盂增大有关。术前 APD  $\geq 26.5$  mm 是超正常功能的可靠预测因子。对于伴或不伴 SNDRF 严重积水的肾脏,肾功能都有被高估的可能,应谨慎解释 DRF,手术适应证不应完全依赖 DRF。

**【关键词】** 肾盂输尿管连接部梗阻;肾/放射性核素显像;诊断技术,泌尿科

**【中图分类号】** R726.9 R692.2 R692.7

**Value of “supra-normal” phenomenon on  $\sim (99)\text{Tc} \sim \text{m-ethylenedicycysteine diuretic renography in children with unilateral UPJO. Shi Meihua}^1, \text{Jiang Dapeng}^2, \text{Shao Hong}^1$ .** 1. Department of Urology; 2. Department of Radiology, Shanghai Children's Medical Center, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200127, China. Corresponding author: Shao Hong, Email: jdp509@163.com

**【Abstract】 Objective** To explore the clinical significance of “supra-normal” phenomenon for  $\sim (99)\text{Tc} \sim \text{m-ethylenedicycysteine diuretic renography}$  and predict the causative factors of renal function overestimation in children with unilateral UPJO (differential renal function DRF  $\geq 55\%$ ). **Methods** A total of 107 children with unilateral UPJO undergoing pyeloplasty with complete clinical data from January 2014 to May 2020 were collected. They were divided into two groups of SNDRF and non-SNDRF according to with or without supra-normal function. Their clinical symptoms and imaging abnormalities were summarized. **Results** Among them, 14 cases showed preoperative SNDRF. The preoperative anteroposterior pelvic diameter (APD) ( $29.2 \pm 13.9$ ) mm vs. ( $34.93 \pm 11.19$ ) mm,  $P=0.035$ ). Mean preoperative DRF was 56.5% in SNDRF group. Thus the optimal threshold point of APD for identifying supra-normal function was 26.5 mm. **Conclusion** Supra-normal function is correlated with expanding hydronephrosis. A preoperative APD  $\geq 26.5$  mm is a reliable predictor of supra-normal function. Preoperative renal function is overestimated either in SNDRF patients or severe hydronephrotic kidneys. DRF should be interpreted cautiously in kidneys with severe hydronephrosis. Surgical indication should not be dependent entirely upon DRF.

**【Key words】** Ureteropelvic Junction Obstruction; Kidney/RI; Diagnostic Techniques, Urological

DOI: 10.12260/lcxewkzz.2021.04.006

**作者单位:** 1. 上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心影像诊断中心(上海市, 200127); 2. 上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心泌尿外科(上海市, 200127)

**通信作者:** 邵虹, Email: shaohong@scmc.com.cn

利尿肾动态显像提供的分肾功能(differential renal function, DRF)是评估肾脏功能受损程度的有效指标<sup>[1]</sup>。在儿童单侧肾盂输尿管连接部梗阻(ureteropelvic junction obstruction, UPJO)病例中,受损肾脏的 DRF 降低, DRF 低于 40% 是目前国际上

常采用的手术指征之一<sup>[2]</sup>。但是在临床工作中也会遇到积水侧肾脏 DRF 高于对侧的情况,患肾 DRF  $\geq 55\%$  即被称为分肾功能“超正常”现象(Supra-normal differential renal function, SDRF),存在于在 9%~21% 的单侧 UPJO 患者中<sup>[3-5]</sup>。这类肾积水患者应该继续随访还是及时手术尚无定论,也没有明确证据表明此类肾积水临床转归是否良好。

关于 SDRF 发生的病理生理学机制仍不明确。有学者认为 SDRF 的发生与使用的示踪剂类型有关,也有学者认为与扩张的集合系统形成的蓄水池效应有关,还有学者认为是感兴趣区划取过大造成的一种人工误差<sup>[6,7]</sup>。有学者提出:肾脏体积增加或梗阻后肾滤过功能增强可以解释 SDRF 的生理机制<sup>[3,8,9]</sup>。目前最为普遍接受的观点是 Pippi-Salle 等<sup>[10]</sup>通过实验得出的结论:积水肾脏几何空间结构的变化和肾实质内示踪剂相对分布的改变会影响示踪剂的检测度,进而导致诊断过程中积水肾的功能被高估。无论如何,SDRF 在临床工作中确实存在,为了进一步探索 SDRF 存在与否的单侧 UPJO 患者术后恢复效果有无差异以及 SDRF 发生的相关因素,本研究回顾分析了上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心泌尿外科 2014 年 1 月至 2020 年 5 月收治的临床资料完整的单侧 UPJO 患者的临床资料,探讨 SDRF 病例的临床特点,现报告如下。

## 材料与方法

### 一、临床资料

利用上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心集成化电子病例信息系统收集 2014 年 1 月至 2020 年 5 月收治的 107 例单侧 UPJO 且接受肾盂成形术患者的临床资料。此外,本组病例术前及术后超声、利尿肾图检查均在本院完成。排除标准:双侧肾积水、孤立肾 UPJO、膀胱输尿管反流伴 UPJO、重复肾 UPJO、神经源性膀胱、后尿道瓣膜、马蹄肾及复发性肾积水。SDRF 病例定义为单侧 UPJO,患肾 DRF  $\geq 55\%$ 。本组病例根据患肾 DRF 是否超过 55% 分为 SDRF 组和非 SDRF 组。收集肾年龄、性别、UPJO 病因、侧别、手术年龄、手术入路、术前及术后评估时间、肾盂前后径(anteroposterior pelvic diameter, APD)、肾长径及肾横径等参数。

### 二、术前评估及术后随访

所有病例行超声检查及利尿肾图(diuretic renogram, DR)检查,部分病例行排尿膀胱尿道造影及核

磁共振水成像检查。利尿剂应用情况:注射造影剂后 15 min 注射呋塞米,婴儿剂量为 1 mg/kg,1 岁以上儿童为 0.5 mg/kg,最大剂量为 40 mg。参照欧洲核医学协会儿科委员会关于儿科肾动态现象指南<sup>[11]</sup>,在肾脏功能叠加图上,沿肾脏轮廓勾画感兴趣区,具体参见图 1。肾盂成形术手术指征包括:梗阻性肾图且 DRF  $< 40\%$ , SFU IV 度积水随访过程中积水程度加重或 DRF 下降  $> 10\%$ , 出现腰/腹部疼痛、泌尿系统感染、结石等情况。SDRF 病例的手术原因:随访过程中肾积水加重, SFU 分级由 III 级上升至 IV 级者 10 例;出现腰/腹部疼痛 5 例;泌尿系统感染 1 例;并发泌尿系统结石 2 例。采取开放式手术或腹腔镜下 Anderson-Hynes 术。术后随访方案包括:术后 3 个月、6 个月、12 个月各行一次泌尿系统超声检查,术后 6 个月行利尿肾图检查以评估 DRF。

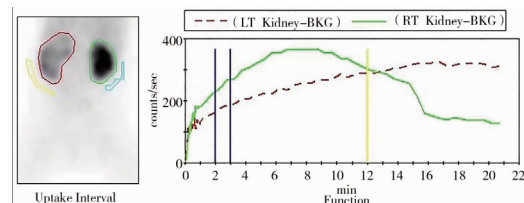


图 1 肾脏感兴趣区的勾画

Fig. 1 Drawing of renal regions of interest

### 三、统计学方法

采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析。对于年龄等不符合正态分布的计量资料采用中位数和四分位间距  $[M, (P_{25}, P_{75})]$  表示,两组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验。对于术前 DRF、术前 APD 值等符合正态分布的计量资料采用均数加减标准差  $(\bar{x} \pm s)$  表示,两组比较采取独立样本  $t$  检验,各组内手术前后 DRF 比较采取配对  $t$  检验。采用受试者特征工作曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)评价术前 APD 作为 SDRF 预测因子的准确性,并计算曲线下面积(area under curve, AUC)。以  $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。

## 结果

### 一、基本情况

107 例中,符合 SDRF 诊断的单侧 UPJO 14 例,占接受手术治疗的单侧 UPJO 病例的 13.1%。患者血肌酐值及尿素氮值均正常。SDRF 组术前 APD 高于非 SDRF 组( $P < 0.05$ )。两组病例术前基线特征见表 1。

表 1 两组患者术前临床特点、超声及 DR 检查结果

Table 1 Preoperative clinical characteristics, ultrasound and DR results of two groups

分组	病例数	性别[n(%)]		侧别[n(%)]		手术时年龄 [月, $M(P_{25}, P_{75})$ ]	手术方式[n(%)]		术前 DRF [% , ( $\bar{x} \pm s$ ) ]	术前 APD [mm, ( $\bar{x} \pm s$ ) ]	术前 APD > 26.5 mm [n, %]
		男	女	左	右		开放	腹腔镜			
非 SDRF 组	93	79	14	72	21	12(2.5~72)	19	74	41.62 ± 7.97	29.2 ± 13.9	36(38.7)
SDRF 组	14	12	2	11	3	5(1.75~63)	4	10	56.5 ± 1.5	34.93 ± 11.19	11(78.6)
$\chi^2/Z/t$ 值	-	0.006		0.009		1.425	0.478		5.742	2.741	7.85
$P$ 值	-	0.940		0.923		0.230	0.489		<0.001	0.035	0.005

表 2 两组患者术后肾功能变化情况( $\bar{x} \pm s$ )Table 2 Postoperative changes of renal function in two groups( $\bar{x} \pm s$ )

分组	术前 DRF(%)	术后 DRF(%)	$t$ 值	$P$ 值
SDRF 组	56.93 ± 1.94	52.44 ± 4.45	3.399	<0.002
非 SDRF 组	43.9 ± 8.42	42.8 ± 6.41	1.005	0.316

## 二、术前 APD 预测 SDRF 的准确性

根据 ROC 曲线,术前 APD 是预测 SDRF 的可靠预测因子( $AUC = 0.661$ ,  $95\% CI: 0.533 \sim 0.789$ ), 灵敏度为 0.786, 特异度为 0.516。ROC 曲线分析术前 APD 对 SDRF 预测的临界值为 26.5 mm, 见图 2。

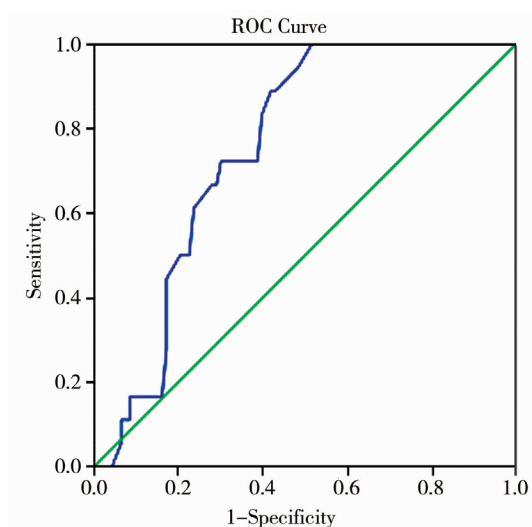


图 2 术前 APD 预测 SDRF 的 ROC 曲线

Fig. 2 ROC curve of preoperative APD for predicting SDRF

## 三、术后肾功能变化及积水复发情况

SDRF 组术后肾功能较术前明显下降( $t = 3.399$ ,  $P = 0.002$ ), DRF 达到 55% 以下的病例占 85.7%, 有 57.1% 的病例术后 DRF 下降 > 5%。非 SDRF 组术后肾功能变化较术前无统计学意义( $t = 1.005$ ,  $P = 0.316$ ), 见表 2。线性回归分析结果提示 SDRF 病例中手术前后分肾功能的差值与年龄( $R^2 = 0.001$ ,  $P = 0.929$ )及术前 APD 值( $R^2 = 0.141$ ,  $P = 0.186$ )无关。SDRF 组病例中有 1 例(7.1%)

术后积水复发, 非 SDRF 组中有 5 例(5.4%)复发。

## 讨论

SDRF 在儿童重度肾积水病例的临床诊疗中一直存有争议, 因为这类病例会出现超声结果与 DR 结果的不一致。关于该现象的发生可能与多种因素有关, 主要包括: 应用不同示踪剂所带来的一种技术误差、放射性核素给药后评估 DRF 时间的早晚不同、选取感兴趣区的人工误差、DRF 计算方法或本底活性是否减除等<sup>[3,7,12-14]</sup>。也有学者认为它是积水肾脏某阶段病理状态的体现, 为一过性肾血流量增加或梗阻造成的反应性肾高滤状态<sup>[3,8,9]</sup>。Pippi-Salle 等<sup>[10]</sup>认为: 肾盂显著扩张后的异常形态可能会干扰同位素的释放, 因此, 需要共轭视图才能纠正 SDRF 现象。SDRF 的发生对临床医生有哪些指导意义? 有哪些病例会更容易出现 SDRF 现象? 遇到这类病例时更需要综合分析, 谨慎对待。

Moon 等<sup>[9]</sup>提出可借助 SDRF 预测 SFU 3 级、4 级肾积水新生儿是否需要手术治疗, 具有 SDRF 现象的患者常提示机械性梗阻, 更需要密切随访或及时手术。同样, 有部分学者认为 SDRF 是由于感兴趣区选择过大或 DRF 评估时间过早引起, 因此, 对于单侧 UPJO 伴有 SDRF 的患者不仅不能放松警惕, 还应密切监测, 如果积水程度逐渐加重或肾图提示排泄时间延长应尽早手术<sup>[10,14]</sup>。Cho 等<sup>[1]</sup>认为, SDRF 通常在输尿管梗阻解除后 DRF 会降低甚至恢复至正常范围, 这种观点更加支持了 SDRF 的本质是输尿管梗阻后的一过性反应这一理论。此外, Cho 等<sup>[1]</sup>总结的 33 例 SDRF 病例中术后 DRF 显著下降的比例为 70%, 本组 SDRF 病例中亦有 57.1% 术后 DRF 下降幅度 > 5%。SDRF 病例中少数患者术后 DRF 没有显著下降, 可能是由于这部分病例患肾处于高滤过状态或代偿性反应在术后

早期尚未恢复。既往文献报道 SNDRF 病例中 DRF 是否显著下降与年龄及 APD 值有关,年龄小及 APD 值越高的病例,术后 DRF 显著下降的比例更高<sup>[3,5]</sup>。但本组 SNDRF 病例中并未证实这一特点,可能与病例数较少或术后复查 DR 周期短有关。

本研究发现,术前 APD 是预测 SNDRF 的有效指标,当 APD 阈值为 26.5 mm 时,预测 SNDRF 的灵敏度和特异度分别为 0.786 和 0.516,这说明 SNDRF 与 APD 的增加有关。Wehbi 等<sup>[16]</sup>表明,APD 每增加 1 mm,观察到前后位视图之间 DRF 显著差异的概率增加 2%,APD > 25 mm 的患者出现有意义差异的可能性更大。结合超声表现和 SNDRF,提示这类病例需要手术的可能性更大,Pippi-Salle 亦提出过这一观点<sup>[10]</sup>。尽管 DRF 是临床决策中最重要的客观参数之一,但至今 DRF 的测量方法尚未标准化。测量 DRF 时,采用独帧的后位(肾静态)图像还是选择合并(肾动态)图像所获得的几何平均值来计算 DRF 尚无定论<sup>[15]</sup>。总之,重度肾积水与肾实质厚度和肾盂形态改变有关,在肾脏扫描时使用共轭视图可以更准确地解释肾盂形状变化引起的 DRF 测量误差。

本研究的结论是从小样本病例的分析中得出的,未接受手术治疗的患者不包括在本研究中,这是本研究主要的缺陷。因此,无法分析非 SNDRF 患者的肾脏几何特征与 DRF 演变的关联性。此外,本组病例术后 6 个月复查利尿肾图,术后 1 年 DRF 恢复比较显著,对于长期疗效的随访更有意义。后期的临床病例应考虑将核素复查时间延后。最后,本组病例利尿肾图图像均经核医学科两位医师复核。即便如此,由于不同医师会有不同的个人习惯,仍有导致误差发生的可能,为避免这种误差的发生,多个中心核医学科医师共同制定统一的标准尤为重要。

综上所述,本研究认为 SNDRF 与术前 APD 增加有关。这一发现说明了 SNDRF 与严重肾积水有关,主要原因是肾脏的几何特征被改变。APD  $\geq$  26.5 mm 是术前 SNDRF 的可靠预测因子。术前具有 SNDRF 的患者在肾盂成形术后 DRF 变化显著,有理由认为术前 DRF 在严重肾积水病例中可能被高估。因此,对于术前功能异常或严重肾积水(APD  $\geq$  26.5 mm)的患者,无论 DRF 如何,肾积水加重或肾图提示排泄时间显著延长的病例,均应进行严密监测。

## 参考文献

- 1 Cho SY, Kim IS, Lee SB, et al. Nature and fate of supranormal differential renal function: lessons from long-term follow-up after pyeloplasty [J]. *Urology*, 2013, 81 (1): 163–167. DOI:10.1016/j.urology.2012.09.017.
- 2 Nordenström J, Koutozi G, Holmdahl G, et al. Changes in differential renal function after pyeloplasty in infants and children [J]. *J Pediatr Urol*, 2020, 16(3): 329. e1–e8. DOI:10.1016/j.jpuro.2020.02.002.
- 3 Rickard M, Braga LH, Gandhi S, et al. Comparative outcome analysis of children who underwent pyeloplasty for ureteropelvic junction obstruction associated with or without supranormal differential renal function [J]. *Urology*, 2017, 99: 210–214. DOI:10.1016/j.urology.2016.07.016.
- 4 姜大朋, 史政洲, 赵海腾, 等. 单侧肾盂输尿管连接部梗阻患儿分肾功能“超正常”现象及其临床意义 [J]. *中华小儿外科杂志*, 2019, 40(9): 817–820. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2019.09.010.
- Jiang DP, Shi ZZ, Zhao HT, et al. “Supra-normal” phenomenon of differential renal function in children with unilateral ureteropelvic junction obstruction and its clinical significance [J]. *Chin J Pediatr Sur*, 2019, 40(9): 817–820. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2019.09.010.
- 5 Martín-Solé O, Soria-Gondek A, Pérez-Bertólez S, et al. Value of supranormal function on 99m Tc-mercaptoacetyl triglycine renal scan in paediatric patients with obstructive hydronephrosis [J]. *BJU Int*, 2019, 124 (5): 842–848. DOI:10.1111/bju.14781.
- 6 Fung LC, McLorie GA, Khoury AE, et al. Contradictory supranormal nuclear renographic differential renal function: fact or artifact [J]. *J Urol*, 1995, 154 (2 Pt 2): 667–670. DOI:10.1097/00005392-199508000-00088.
- 7 Inanir S, Biyikli N, Noshari O, et al. Contradictory supranormal function in hydronephrotic kidneys: fact or artifact on pediatric MAG-3 renal scans [J]. *Clin Nucl Med*, 2005, 30 (2): 91–96. DOI:10.1097/00003072-200502000-00004.
- 8 Capolicchio G, Jednak R, Dinh L, et al. Supranormal renographic differential renal function in congenital hydronephrosis: fact, not artifact [J]. *J Urol*, 1999, 161 (4): 1290–1294. DOI:10.1016/S0022-5347(01)61671-9.
- 9 Moon DH, Park YS, Jun NL, et al. Value of supranormal function and renogram patterns on 99mTc-mercaptoacetyl-triglycine scintigraphy in relation to the extent of hydronephrosis for predicting ureteropelvic junction obstruction in the newborn [J]. *J Nucl Med*, 2003, 44(5): 725–731.



- 17 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. DOI:10.3969/j.issn.1009-6604.2019.07.004.  
Zhang YF,Hao CS,Ren YQ. Laparoscopic Anderson-Hynes pyeloureteroplasty for ureteropelvic junction obstruction in infants aged under 6 months[J]. Chinese Journal of Minimally Invasive Surgery, 2019, 19(7):587-591. DOI:10.3969/j.issn.1009-6604.2019.07.004.
- 18 柴红超,周云,王静茹,等.肾积水患者并发症危险因素 Logistic 回归分析[J]. 临床军医杂志,2019,47(11):1268-1269,1275. DOI:10.16680/j.1671-3826.2019.11.40.  
Chai HC,Zhou Y,Wang JR,et al. Logistic regression analysis of risk factors for complications in children with hydro-

nephrosis[J]. Clinical Journal of Medical Officers,2019,47(11):1268-1269,1275. DOI:10.16680/j.1671-3826.2019.11.40.

(收稿日期:2020-12-29)

**本文引用格式:**徐宏业,张玲玲,杜国强,等.腹腔镜肾盂成形术后双 J 管相关泌尿系统感染的危险因素分析[J]. 临床小儿外科杂志,2021,20(4):334-339. DOI:10.12260/lxewkzz.2021.04.007.

**Citing this article as:** Xu HY,Zhang LL,Du GQ,et al. Analysis of risk factors of double J stent-related infection after laparoscopic pyeloplasty[J]. J Clin Ped Sur,2021,20(4):334-339. DOI:10.12260/lxewkzz.2021.04.007.

(上接第 333 页)

- 10 Pippi Salle JL,Cook A,Papanikolaou F,et al. The importance of obtaining conjugate views on renographic evaluation of large hydronephrotic kidneys;an in vitro and ex vivo analysis[J]. J Urol,2008,180(4):1559-1565. DOI:10.1016/j.juro.2008.06.010.
- 11 Gordon I,Piepsz A,Sixt R. Auspices of Paediatric Committee of European Association of Nuclear Medicine. Guidelines for standard and diuretic renogram in children[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging,2011,38(6):1175-1188. DOI:10.1007/s00259-011-1811-3.
- 12 Aktaş GE,Sankaya A. Correction of differential renal function for asymmetric renal area ratio in unilateral hydronephrosis[J]. Ann Nucl Med,2015,29(9):816-824. DOI:10.1007/s12149-015-1009-z.
- 13 Aktaş GE,İnanir S. Relative renal function with MAG-3 and DMSA in children with unilateral hydronephrosis[J]. Ann Nucl Med,2010,24(9):691-695. DOI:10.1007/s12149-010-0397-3.
- 14 Ham WS,Jeong HJ,Han SW,et al. Increased nephron volume is not a cause of supranormal renographic differential renal function in patients with ureteropelvic junction obstruction[J]. J Urol,2004,172(3):1108-1110. DOI:10.

1097/01.ju.0000135324.17766.5f.

- 15 Merguerian PA. Should geometric mean calculation of differential renal function be used when evaluating children with moderate to severe hydronephrosis[J]. J Urol,2016,195(2):247-248. DOI:10.1016/j.juro.2015.11.003.
- 16 Wehbi E,Salle A,Kanaroglou N,et al. Measurement of differential renal function by scintigraphy in hydronephrotic kidneys;importance of conjugate views for accurate evaluation[J]. J Urol,2016,195(2):471-475. DOI:10.1016/j.juro.2015.09.085.

(收稿日期:2020-12-09)

**本文引用格式:**施美华,姜大朋,邵虹.<sup>99m</sup>Tc 双半胱氨酸利尿肾动态显像“超正常”现象在儿童单侧 UPJO 诊治中的价值[J]. 临床小儿外科杂志,2021,20(4):330-333,339. DOI:10.12260/lxewkzz.2021.04.006.

**Citing this article as:** Shi MH,Jiang DP,Shao H. Value of “supra-normal” phenomenon on <sup>99m</sup>Tc ~ m-ethylenedicycysteine diuretic renography in children with unilateral UPJO. [J]. J Clin Ped Sur,2021,20(4):330-333,339. DOI:10.12260/lxewkzz.2021.04.006.