

## 儿童 UPJO 肾盂收缩频率与积水程度相关性的初步研究

魏春<sup>1</sup> 何大维<sup>1,4</sup> 高洁<sup>1</sup> 陆鹏<sup>1</sup> 吴盛德<sup>1</sup> 华燚<sup>1</sup>  
刘丰<sup>1</sup> 张德迎<sup>1</sup> 刘星<sup>1</sup> 林涛<sup>1</sup> 魏光辉<sup>1,2,3,4</sup>

**【摘要】 目的** 探讨儿童肾盂输尿管连接部梗阻(ureteropelvic junction obstruction, UPJO)不同程度肾积水下肾盂收缩频率的变化情况。 **方法** 收集2015年10月至2016年6月于重庆医科大学附属儿童医院经B超确诊为单侧肾积水的患儿24例,年龄7个月至13岁2个月,中位年龄4岁。术前所有患儿行积水侧输尿管导管逆行置入,21例同时行对侧输尿管导管逆行置入。通过Laborie尿动力检测仪连接输尿管导管进行上尿路动力学检测,记录肾盂2 min收缩频率和肾盂收缩时肾盂内压力变化情况,在后续进行腹腔镜下肾盂输尿管成形术时记录术中积水侧肾盂2 min收缩频率。完成尿动力检测后所有患儿进行逆行肾盂输尿管造影。对比尿动力仪和术中记录的肾盂收缩频率,同时对不同积水程度下积水侧与健侧肾盂收缩频率进行比较。 **结果** 共12例UPJO患儿通过上尿路动力学检测同时记录到双侧肾盂收缩频率。术中记录的肾盂2 min收缩频率的中位数和四分位间距分别为7.5(IQR:4.5~10.5)次,与尿动力仪记录的肾盂2 min收缩频率的中位数和四分位间距分别为7.0(IQR:3.8~8.5)次,差异无统计学意义( $Z = -1.38, P = 0.167$ )。对于轻中度肾积水,通过尿动力仪记录到的积水侧肾盂2 min收缩频率的中位数和四分位间距分别为8.5(IQR:7.0~11.5)次,而健侧肾盂2 min收缩频率的中位数和四分位间距分别为6.0(IQR:5.0~7.5)次,差异有统计学意义( $Z = -2.23, P = 0.026$ )。对于重度积水,积水侧的肾盂2 min收缩频率的中位数和四分位间距分别为6.0(IQR:4.0~6.5)次,而健侧肾盂2 min收缩频率的中位数和四分位间距分别为10.5(IQR:8.5~11.2)次,差异有统计学意义( $Z = -2.21, P = 0.027$ )。 **结论** 通过输尿管导管进行上尿路动力学检测可成功记录到肾盂的收缩情况。对于UPJO导致的单侧肾积水,在轻中度积水时,积水侧的肾盂收缩频率明显高于健侧。而对于重度肾积水,积水侧肾盂的收缩频率较对侧明显下降。

**【关键词】** 肾盂输尿管连接部梗阻;肾盂;肾盂积水;儿童

**【中图分类号】** R726.9 R693 R692.2

**Renal pelvis peristalsis frequency in different degrees of hydronephrosis caused by ureteropelvic junction obstruction in children.** Wei Chun<sup>1</sup>, He Dawei<sup>1,4</sup>, Gao Jie<sup>1</sup>, Lu Peng<sup>1</sup>, Wu Shengde<sup>1</sup>, Hua Yi<sup>1</sup>, Liu Feng<sup>1</sup>, Zhang Deying<sup>1</sup>, Liu Xing<sup>1</sup>, Lin Tao<sup>1</sup>, Wei Guanghui<sup>1,2,3,4</sup>. 1. Department of Urology, Affiliated Children's Hospital, Chongqing Medical University; 2. Ministry of Education Key Laboratory of Child Development & Disorder; 3. Key Laboratory of Pediatrics in Chongqing, Chongqing International Science & Technology Cooperation Center for Child Development & Disorders; 4. Chongqing Key Laboratory of Children Urogenital Development & Tissue Engineering, Chongqing 400014, China. Corresponding author: He Dawei, Email: dw.he@163.com

**【Abstract】 Objective** To evaluate renal pelvis peristalsis for different degrees of hydronephrosis. **Methods** Between October 2015 and June 2016, 24 children with unilateral hydronephrosis as diagnosed by ultrasound were included. All children underwent retrograde ureteral catheter catheterization to hydronephrosis

DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2019.04.008

**基金项目:** 国家临床重点专科建设项目[国卫办医函(2013)544];重庆市科委科技惠民计划项目(编号: cstc2016kjhmpt100-9)

**作者单位:** 1. 重庆医科大学附属儿童医院泌尿外科; 2. 儿童发育疾病研究教育部重点实验室; 3. 儿科学重庆市重点实验室, 重庆市儿童发育重大疾病诊治与预防国际科技合作基地; 4. 儿童泌尿生殖发育与组织工程重点实验室(重庆市, 400014)

**通讯作者:** 何大维, Email: dw.he@163.com

pelvis through cystoscopy and 21 cases underwent simultaneous catheterization to the contralateral pelvis. Both ureteral catheters were connected to the pressure sensor of Laborie and renal pelvis peristalsis frequency of 2 minutes was recorded. Then retrograde ureteropyelography was performed for confirming the position of catheter. Renal pelvis peristalsis frequency was also recorded in the following laparoscopic pyeloureteroplasty and compared with the frequency recorded by Laborie. Also renal pelvis peristalsis frequency was compared between different degrees of hydronephrosis. **Results** Bilateral renal pelvic peristalsis frequency of 2 minutes was successfully recorded by LABORIE in 12 patients. The 2 min pelvis peristalsis frequency (median and four minute intervals) were 7.0 (IQR:3.8 - 8.5) respectively and 2 min pelvis peristalsis frequency (median and four minute intervals) recorded by surgery 7.5 (IQR:4.5 - 10.5). No significant difference ( $Z = -1.38, P = 0.167$ ) was observed. For mild - moderate degree hydronephrosis, 2 min peristalsis frequency of hydronephrosis pelvis (median and four minute intervals) (8.5(IQR:7.0 - 11.5)) was significantly higher ( $Z = -2.23, P = 0.026$ ) than that at normal side (6.0(IQR:5.0 - 7.5)). The 2 min pelvis peristalsis frequency for severe degree hydronephrosis (median and four minute intervals) (6.0(IQR:4.0 - 6.5)) was lower than normal pelvis (10.5(IQR:8.5 - 11.2)),  $Z = -2.21, P = 0.027$ . **Conclusion** Renal pelvis peristalsis frequency may be recorded by a retrogradely inserted ureteral catheter. For unilateral hydronephrosis due to ureteropelvic junction obstruction, pelvis peristalsis frequency of mild - moderate hydronephrosis is higher than normal side. However, for severe hydronephrosis, peristalsis frequency of hydronephrosis pelvis is lower than normal pelvis.

**[Key words]** Ureteropelvic Junction Obstruction; Kidney Pelvis; Hydronephrosis; Child

先天性肾积水是儿童常见的泌尿系统疾病之一,肾盂输尿管连接部梗阻(ureteropelvic junction obstruction, UPJO)是最主要的病因<sup>[1]</sup>。上尿路正常功能包括通畅的解剖结构和正常的泵功能。对于肾积水的病因,往往更为关注的是是否存在解剖性的梗阻,而对上尿路动力学的关注和研究相对较少。临床上经常遇到解剖梗阻解除后肾积水仍然不能完全缓解的问题,因此关注肾积水患儿的上尿路动力学是非常必要的。Whitaker 在 1973 年提出了恒流肾盂测压来判断肾积水患儿是否存在梗阻,之后又有学者提出了肾盂恒压灌注来评估上尿路的通畅性,这 2 种方法均在一定程度上定量反应梗阻的程度和上尿路的泵功能,但均需通过肾造瘘管完成,故在临床上运用相对较少<sup>[2-4]</sup>。有研究表明 B 超显示的肾积水程度是术后肾功能恢复的影响因素之一<sup>[5,6]</sup>。故本研究拟通过膀胱镜逆行插入输尿管导管进行上尿路动力学检查,希望通过肾盂蠕动情况的测定来探索上尿路动力学情况与肾盂积水程度的关系。

## 材料与方法

### 一、一般资料

本研究共纳入单侧肾积水患儿 24 例,其中左肾积水 23 例,右肾积水 1 例,既往均无泌尿系统手术史。男童 22 例,女童 2 例;年龄 7 个月至 13 岁 2 个月,中位年龄 4 岁。临床表现为腰腹痛 9 例,腹部包

块 5 例,体检或产检发现肾积水并逐渐加重者 10 例。所有患儿经 B 超诊断为肾积水且无输尿管扩张。根据美国胎儿学会的积水分度标准:轻度,仅有肾盂积水扩张;中度,可见肾盂和肾盏积水扩张;重度,除集合系统积水扩张外,可见肾皮质变薄<sup>[7]</sup>。本组轻中度积水 10 例,重度积水 14 例。

### 二、方法

1. 膀胱镜下逆行输尿管插管:于静脉复合麻醉下行双侧或单侧输尿管导管逆行置入术,导管均为 F3 的输尿管导管,24 例均进行了积水侧输尿管导管逆行置入术,21 例同时对侧输尿管导管逆行置入术。术中以观察到输尿管导管有尿液顺利流出为进入肾盂的初步判断标准,术后所有患儿留置尿管,以避免膀胱压力升高对上尿路的功能测定造成影响。

2. 上尿路尿动力学检测:患儿麻醉复苏后,在安静平躺且输尿管导管有尿的情况下,确保无菌操作将双侧输尿管导管连接于 Laborie 尿动力仪的压力传感器,传感器的位置位于耻骨联合平面。对尿动力仪参数置零后,分别记录左右侧肾盂 2 min 收缩频率和肾盂收缩时肾盂内压力的升高情况。

3. 逆行肾盂输尿管造影:完成尿动力检测后逆行肾盂输尿管造影,以明确输尿管病变部位,同时进一步确认输尿管导管的位置以协助判断尿动力结果的可信度,造影完成后拔出输尿管导管。

4. 记录术中肾盂收缩频率:所有患儿因出现反复患侧腰痛或随访过程中积水程度逐渐加重而进

行了腹腔镜肾盂输尿管成形术,术中气腹压力为9~10 kPa。在暴露肾盂输尿管后剪开肾盂输尿管前,记录积水侧肾盂2 min收缩频率。

三、统计学处理

采用SPSS 19.0统计软件进行数据处理。计数资料采用例数表示,计量资料采用M(P<sub>25</sub>~P<sub>75</sub>)表示。尿动力学检查和术中记录到的积水侧肾盂2 min收缩频率的对比以及尿动力学检查记录到的积水侧和正常侧的肾盂2 min收缩频率的对比均采用配对秩和检验。以P<0.05为差异有统计学意义。

结果

共12例患儿通过尿动力学检查同时成功记录

到双侧肾盂的收缩频率。8例仅记录到一侧的收缩频率,5例积水侧及1例健侧记录到的是规律的频率较高的呼吸波(图1A),3例健侧未插管。1例患侧虽可记录到收缩波,但输尿管导管未插入肾盂,故排除。3例双侧尿动力学检查均失败,其中1例由于输尿管导管未插入肾盂,1例由于积水侧输尿管导管堵塞而健侧记录到的是高频呼吸波,另1例由于健侧未插管而积水侧记录到的是高频收缩波。在腹腔镜下肾盂输尿管成形术中,共收集6例患儿积水侧的肾盂2 min收缩频率,其中位数和四分位间距分别为7.5(IQR:4.5~10.5)次,而尿动力仪记录的肾盂2 min收缩频率为7.0(IQR:3.8~8.5)次,差异无统计学意义(Z=-1.38,P=0.167),见表1。

表1 术中和尿动力仪记录的肾盂2 min收缩频率对比

Table 1 Comparison of 2 min pelvic peristalsis frequency as recorded during surgery and Laborie

病例编号	1	2	3	4	5	6	M(P <sub>25</sub> ~P <sub>75</sub> )	Z值	P值
术中肾盂2 min收缩频率	3	8	5	10	7	12	7.5(4.5~10.5)	-1.38	0.167
尿动力学检查记录肾盂2 min收缩频率	4	7	3	7	8	10	7.0(3.8~8.5)		

通过尿动力学方法,共收集到6例轻中度肾积水患儿的双侧肾盂2 min收缩频率,分析发现积水侧的肾盂2 min收缩频率中位数和四分位间距分别

为8.5(IQR:7.0~11.5)次,而健侧的肾盂2 min收缩频率分别为6.0(IQR:5.0~7.5)次,差异具有统计学意义(Z=-2.23,P=0.026),见表2、图1B。

表2 轻中度积水患儿积水侧和健侧肾盂2 min收缩频率对比

Table 2 Comparison of 2min pelvic peristalsis between hydronephrosis pelvis and normal side in children with mild-to-moderate hydronephrosis

病例编号	1	2	3	4	5	6	M(P <sub>25</sub> ~P <sub>75</sub> )	Z值	P值
积水侧肾盂2 min收缩频率	13	7	7	10	11	7	8.5(7.0~11.5)	-2.23	0.026
健侧肾盂2 min收缩频率	7	6	5	6	9	5	6.0(5.0~7.5)		

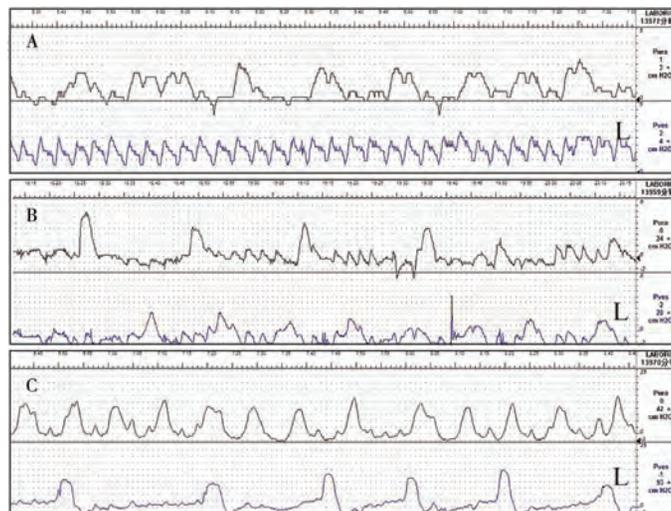


图1 通过尿动力仪记录的肾盂收缩波形曲线 注 A:左肾轻度积水,右肾正常,左侧肾盂收缩频率高于右侧;B:左肾重度积水,右肾正常,左侧肾盂收缩频率较对侧低;C:左肾中度积水,右肾正常,左侧记录到呼吸动度产生的波形,未记录到肾盂收缩波

Fig. 1 Peristaltic wave of renal pelvis as recorded by Laborie

通过尿动力学方法,共收集到6例重度肾积水患儿的双侧肾盂2 min收缩频率,分析发现积水侧的肾盂2 min收缩频率中位数和四分位间距分别为6.0 (IQR:4.0~6.5)次,而健侧的肾盂2 min收缩频率分

别为10.5(IQR:8.5~11.2)次,差异具有统计学意义( $Z = -2.21, P = 0.027$ ),见图1C、表3。

通过尿动力仪连接输尿管导管同时记录到肾盂收缩时肾盂内压力升高的情况见表4。

表3 重度积水患儿积水侧和健侧肾盂2min收缩频率对比

Table 3 Comparison of 2min pelvic peristalsis between hydronephrosis pelvis and normal side in children with severe hydronephrosis

病例编号	1	2	3	4	5	6	M(P <sub>25</sub> ~P <sub>75</sub> )	Z值	P值
积水侧肾盂2 min收缩频率	8	4	6	6	4	6	6.0(4.0~6.5)	-2.21	0.027
健侧肾盂2 min收缩频率	11	7	12	11	9	10	10.5(8.5~11.2)		

表4 通过尿动力仪连接输尿管导管记录的肾盂收缩时肾盂内压力变化

Table 4 Changes of internal pressure in renal pelvis during pelvis contraction as recorded by Laborie

病例编号	轻中度肾积水肾盂压力(cmH <sub>2</sub> O)		重度肾积水肾盂压力(cmH <sub>2</sub> O)	
	积水侧	健侧	积水侧	健侧
1	2.0~3.1	2.5~2.8	7.6~9.3	1.0~1.4
2	1.4~3.4	4.0~5.7	11.5~14.1	4.6~5.3
3	3.0~3.6	3.0~5.0	7.9~14.6	10.0~14.7
4	3.2~4.3	3.0~6.0	4.7~13.3	7.6~11.6
5	2.9~4.2	3.4~11.4	3.5~5.6	2.3~2.6
6	1.4~2.0	2.0~2.7	1.5~4.3	4.6~6.6

所有患儿在行尿动力学检测的过程中无腹痛等情况发生,在进行逆行肾盂输尿管造影时均证实为UPJO所致肾积水,造影结束后1例发生尿路感染,尿培养为普通变形杆菌,给予抗感染治疗后痊愈。部分患儿插管后有轻微的肉眼血尿,在拔出输尿管导管后血尿均能自行好转。无其他并发症出现。

本研究中24例患儿中有9例术前反复出现患侧腰痛,而另外15例在随访过程中积水逐渐加重并达到了手术指征,均行腹腔镜下肾盂输尿管成形术,术后症状消失,积水缓解。

### 讨论

上尿路功能的完整性包括通畅的解剖结构和正常的泵功能,对于肾积水的患儿,临床往往更关注的是解剖通畅性,而忽略了泵功能。肾盂扩张的程度并不总是和解剖梗阻呈正相关,如果尿路上皮或者肌层缺陷导致功能性梗阻,则可能出现解剖梗阻解除后尿路扩张,这也有助于解释部分肾积水患儿术后在达到解剖通畅后仍长期保持不同程度积水的原因<sup>[8,9]</sup>。

在正常情况下,肾盂和输尿管均可被看作管状结构,通过起搏细胞的控制产生自发且协调的蠕动,从而将尿液以尿小球的形式由肾盂排入膀胱,

且随着尿量的增加,在输尿管内可能出现较长的“尿柱”<sup>[10,11]</sup>。肾盂和输尿管的收缩起源于肾小盏及其附着于肾实质部位的一类特殊的平滑肌细胞和Cajal样细胞,由于缺乏传入神经的支配,这些细胞的电活动都是自发性的,并通过细胞间的连接以2~6 cm/s的速度向下传播<sup>[11-14]</sup>。人类肾脏具有多个肾盏,故上尿路也存在多个“起搏点”,各个肾盏之间通过细胞间的连接相互整合和传递电信号。最近有研究表明自主神经可能在肾盂和输尿管的收缩中起到间接调节作用<sup>[8,14]</sup>。

对于先天性肾积水患儿,目前并不清楚是由于起搏细胞本身存在发育、分化的异常而导致积水,还是由于积水导致起搏细胞损害并进一步加重积水,抑或两种因素共同参与肾积水的发生发展,所以对肾盂起搏细胞进行进一步的研究将有助于对肾积水病理生理机制的认识<sup>[15]</sup>。

在梗阻导致肾积水时,早期主要的表现是尿液引流不畅而并未出现组织学改变,此时仅表现为肾盂和输尿管代偿性收缩频率增加<sup>[16]</sup>。随着积水程度的增加,集合系统和起搏点出现组织学改变,肌层和固有层的Cajal样细胞显著减少,使肾盂和输尿管的收缩频率明显下降甚至消失<sup>[16-18]</sup>。同时由于肾盂积水扩张,导致细胞间的连接受到破坏,影响各起搏点之间电活动的传播和整合,从而使肾盂和

输尿管的收缩出现明显的不协调和减弱<sup>[19]</sup>。

本研究通过膀胱镜逆行插入输尿管导管对上尿路进行尿动力学检查,发现在轻中度肾积水时,积水侧的肾盂收缩频率明显高于健侧。而当积水进一步加重并导致肾皮质明显变薄等组织学改变时,发现积水肾盂的收缩频率明显下降,这也和上述组织学研究结果一致。目前对于人类肾积水时梗阻近端及梗阻部位起搏细胞变化的研究还鲜有报道,因此有必要对其进行进一步研究。

目前对上尿路动力学的研究相对较少,既往动物实验中通过肾造瘘管进行肾盂测压,发现在慢性梗阻时,首先表现为肾盂压力的升高,并且出现收缩增强,但随着病程进展,由于肾实质的萎缩而出现肾盂压力降低<sup>[20]</sup>。Whitaker<sup>[2]</sup>在1970年提出了恒流肾盂测压来判断肾积水的患儿是否存在梗阻,由此引发了对上尿路梗阻病理生理机制研究的热潮。但在梗阻程度较重时,恒流灌注容易造成肾内反流,故Woodbury等<sup>[4]</sup>提出了行恒压肾盂灌注实验来检测上尿路是否通畅,这2种方法均能提供上尿路动力学的定量资料,从而反应上尿路是否通畅,但这2种方法均需通过肾造瘘完成,故对于无肾造瘘的患儿来说,该项检查具有较大的创伤而应用较少。最近有动物实验利用近红外荧光成像动态观察输尿管的收缩情况,由于该方法无放射线暴露,故可能成为UPJO诊断的又一方法,并且该方法还可用于上尿路功能的评估<sup>[21]</sup>。

本研究的创新之处在于通过输尿管导管来进行上尿路动力学检测。由于部分肾积水患儿需要在术前通过膀胱镜逆行插入输尿管导管进行逆行肾盂输尿管造影,故为上尿路动力学检测创造了条件,且并未增加额外的创伤。该方法能较准确地记录肾盂收缩的情况,更有利于手术指征和预后的判断。由于肾盂压力易受腹腔内压力、呼吸运动、尿量、输尿管导管本身的阻力等因素影响,故本研究中仅记录了肾盂收缩时肾盂内压力的升高值,而对其能否准确反应肾盂内的真实压力以及临床意义仍需进一步研究。

肾盂的动力学及输尿管的收缩均是上尿路动力学中的重要研究内容<sup>[22]</sup>。本研究主要关注积水时梗阻近端肾盂收缩频率的变化,为上尿路动力学的研究提供了一种可选择的方法,同时为上尿路的动力学研究提供了可供尝试的方向。在检测过程中,应使患儿保持安静,必要时可以适当使用镇静药物,以减少腹压对上尿路动力学的影响。对于正

常的上尿路,在置入输尿管支架管或输尿管导管后,尿液主要从管周引流,而当外周压迫较明显时,尿液主要通过管内引流<sup>[23]</sup>。对于UPJO导致的肾积水,在插入输尿管导管后可能造成输尿管梗阻,故进行尿动力学检查的时间不宜过长,以免加重梗阻而导致检查结果不能准确反应积水的情况。另外,在检测过程中应注意无菌操作,以免增加尿路感染的风险。

由于本研究样本量相对较少,仅将肾积水根据传统的B超分度方法分为轻中度和重度,故需进一步增加样本量来研究不同积水程度下上尿路动力学改变的情况,以利于对肾积水手术指征和预后的评估。该方法需要将输尿管导管逆行插入肾盂中,对于导管的定位较困难。若导管位置较高,则记录的波容易受到呼吸运动的影响,这也是该项实验成功率相对较低的原因之一,在后续的研究中可以考虑使用超声定位协助插管使导管达到最佳位置。同时肾盂的收缩频率除了受积水程度的影响外,还可能与积水持续时间、分肾功能、尿量、腹腔气腹压力等因素有关,因此在后续的研究中对这些因素进行大样本多因素的研究是非常必要的。

对于UPJO导致的肾积水,通过膀胱镜下逆行插入的输尿管导管进行尿动力检测可记录梗阻近端肾盂的收缩情况。在积水程度较轻时,积水侧的肾盂收缩频率明显高于健侧。而对于重度肾积水,积水侧肾盂的收缩频率较对侧明显下降。

## 参 考 文 献

- 1 Kitchens DM, Herndon CD. Antenatal hydronephrosis [J]. *Curr Urol Rep*, 2009, 10(2): 126-133.
- 2 Whitaker RH. The Whitaker test [J]. *Urol Clin North Am*, 1979, 6(3): 529-539.
- 3 孙劲松, 林涛. 先天性肾盂输尿管连接部梗阻致肾积水的研究进展 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2010, 9(2): 138-141. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2010.02.023. Sun JS, Lin T. Research progress of hydronephrosis caused by congenital ureteropelvic junction obstruction [J]. *J Clin Ped Sur*, 2010, 9(2): 138-141. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2010.02.023.
- 4 Woodbury PW, Mitchell ME, Scheidler DM, et al. Constant pressure perfusion: a method to determine obstruction in the upper urinary tract [J]. *J Urol*, 1989, 142(2 Pt 2): 632-635; discussion 667-638.
- 5 李益卫, 乔中伟, 赵瑞芬. 小儿肾积水肾盂成形术后分肾功能的改变及其影响因素分析 [J]. *中华小儿外科杂志*,

- 2016, 37 (1): 59-62. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2016.01.013.
- Li YW, Qiao ZW, Zhao RF, et al. Pyeloplasty and predictors in children with hydronephrosis [J]. *Chin J Pediatr Surg*, 2016, 37 (1): 59-62. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2016.01.013.
- 6 李楠, 刘鑫, 侯英, 等. 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, (4): 282-286. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2014.04.006.
- Li N, Liu X, Hou Y, et al. Comparative study for the recovery of renal function and form after pyeloplasty [J]. *J Clin Pediatr Surg*, 2014, (4): 282-286. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2014.04.006.
- 7 Nguyen HT, Herndon CD, Cooper C, et al. The Society for Fetal Urology consensus statement on the evaluation and management of antenatal hydronephrosis [J]. *J Pediatr Urol*, 2010, 6 (3): 212-231. DOI: 10.1016/j.jpuro.2010.02.205.
- 8 Nguyen MJ, Higashi R, Ohta K, et al. Autonomic and sensory nerve modulation of peristalsis in the upper urinary tract [J]. *Auton Neurosci*, 2016, 200: 1-10. DOI: 10.1016/j.autneu.2015.07.425.
- 9 Chevalier RL. Prognostic factors and biomarkers of congenital obstructive nephropathy [J]. *Pediatr Nephrol*, 2016, 31 (9): 1411-1420. DOI: 10.1007/s00467-015-3291-3.
- 10 周芳坚, 齐范, 申鹏飞, 等. 上尿路输送尿液功能的临床尿动力学研究 [J]. *中华泌尿外科杂志*, 1998, 19 (4). DOI: 10.3760/j.issn:1000-6702.1998.04.012.
- Zhou FJ, Qi F, Shen PF, et al. Urodynamic study of urine transport of the upper urinary tract [J]. *Chin J Urol*, 1998, 19 (4). DOI: 10.3760/j.issn:1000-6702.1998.04.012.
- 11 Hammad FT. Electrical propagation in the renal pelvis, ureter and bladder [J]. *Acta Physiol (Oxf)*, 2015, 213 (2): 371-383. DOI: 10.1111/apha.12392.
- 12 Gosling JA, Dixon JS. Species variation in the location of upper urinary tract pacemaker cells [J]. *Invest Urol*, 1974, 11 (5): 418-423.
- 13 张长城, 李希成. 输尿管动作电位和蠕动活动的起步点 [J]. *生理科学进展*, 1983, 14 (1): 74-77.
- Zhang CC, Li XC. The starting point of ureteral action potential and peristalsis [J]. *Prog Physiol Sci*, 1983, 14 (1): 74-77.
- 14 Lang RJ, Exintaris B, Teele ME, et al. Electrical basis of peristalsis in the mammalian upper urinary tract [J]. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 1998, 25 (5): 310-321. DOI: 10.1111/j.1440-1681.1998.tb02357.x.
- 15 Feeney MM, Rosenblum ND. Urinary tract pacemaker cells: current knowledge and insights from nonrenal pacemaker cells provide a basis for future discovery [J]. *Pediatr Nephrol*, 2014, 29 (4): 629-635. DOI: 10.1007/s00467-013-2631-4.
- 16 Hammad FT, Lammers WJ, Stephen B, et al. Propagation characteristics of the electrical impulse in the normal and obstructed ureter as determined at high electrophysiological resolution [J]. *BJU Int*, 2011, 108 (2 Pt 2): E36-E42. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2010.09793.x.
- 17 Balıkcı O, Turunc T, Bal N, et al. Comparison of Cajal-like cells in pelvis and proximal ureter of kidney with and without hydronephrosis [J]. *Int Braz J Urol*, 2015, 41 (6): 1178-1184. DOI: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2014.0427.
- 18 Koleda P, Apoznanski W, Wozniak Z, et al. Changes in interstitial cell of Cajal-like cells density in congenital ureteropelvic junction obstruction [J]. *Int Urol Nephrol*, 2012, 44 (1): 7-12. DOI: 10.1007/s11255-011-9970-5.
- 19 Djurhuus JC, Constantinou CE. Chronic ureteric obstruction and its impact on the coordinating mechanisms of peristalsis (pyeloureteric pacemaker system) [J]. *Urol Res*, 1982, 10 (6): 267-270. DOI: 10.1007/BF00255872.
- 20 Struthers NW. The role of manometry in the investigation of pelvi-ureteral function [J]. *Br J Urol*, 1969, 41 (2): 129-162.
- 21 Rowe CK, Franco FB, Barbosa JA, et al. A novel method of evaluating ureteropelvic junction obstruction: dynamic near infrared fluorescence imaging compared to standard modalities to assess urinary obstruction in a swine model [J]. *J Urol*, 2012, 188 (5): 1978-1985. DOI: 10.1016/j.juro.2012.07.002.
- 22 Kinn AC. Progress in urodynamic research on the upper urinary tract: implications for practical urology [J]. *Urol Res*, 1996, 24 (1): 1-7.
- 23 Ramsay JW, Payne SR, Gosling PT, et al. The effects of double J stenting on unobstructed ureters. An experimental and clinical study [J]. *Br J Urol*, 1985, 57 (6): 630-634. DOI: 10.1111/j.1464-410X.1985.tb07021.x.

(收稿日期: 2017-05-17)

**本文引用格式:** 魏春, 何大维, 高洁, 等. 儿童 UPJO 肾盂收缩频率与积水程度相关性的初步研究 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2019, 18 (4): 288-293. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2019.04.008.

**Citing this article as:** Wei C, He DW, Gao J, et al. Renal pelvis peristalsis frequency in different degrees of hydronephrosis caused by UPJO in children [J]. *J Clin Pediatr Surg*, 2019, 18 (4): 288-293. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2019.04.008.