

## · 综述 ·

# 尿动力检查评估儿童下尿路功能障碍的研究进展



全文二维码

杨帅 周钊凯 文建国

郑州大学第一附属医院泌尿外科 河南省小儿尿动力国际联合实验室, 郑州 450052

通信作者: 文建国, Email: wenjg@hotmail.com

**【摘要】** 儿童下尿路功能障碍(lower urinary tract dysfunction, LUTD)临床上多见,部分患儿存在治疗困难的现象,甚至引起上尿路功能损害。尿动力检查(urodynamic study, UDS)是评估儿童 LUTD 的重要检查手段,有助于精准诊断 LUTD 和指导制定个体化治疗方案。我国许多医院尚未开展儿童 UDS,严重影响了儿童 LUTD 的诊治水平。本文对 UDS 评估儿童 LUTD 的研究进展进行综述,为 LUTD 的临床诊治提供参考。

**【关键词】** 尿动力学; 下尿路症状; 诊断; 儿童

**基金项目:** 国家自然科学基金(U1904208)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202212006-018

## Urodynamic evaluations of lower urinary tract dysfunction in children

Yang Shuai, Zhou Zhaokai, Wen Jianguo

Department of Urology, First Affiliated Hospital, Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

Corresponding author: Wen Jianguo, Email: wenjg@hotmail.com

**【Abstract】** Lower urinary tract dysfunction (LUTD) is a common clinical problem in children. It affects not only the quality-of-life of children and their families, but also causes psychological and behavioral disorders as well as upper urinary tract injury. Urodynamic study (UDS) is a golden standard for evaluating and managing pediatric LUTD. According to its results, individual treatment protocols may be formulated. However, many domestic hospitals have not yet standardized UDS for children so that it seriously hinders a proper management of LUTD. Therefore paying greater attention to popularizing UDS is essential for improving the diagnosis and treatment of LUTD in children. This reviews summarized recent advances and clinical applications of UDS in evaluating pediatric LUTD so as to provide references for clinical practices.

**【Key words】** Urodynamics; Lower Urinary Tract Symptoms; Diagnosis; Child

**Fund program:** National Natural Science Foundation of China (U1904208)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202212006-018

下尿路功能障碍(lower urinary tract dysfunction, LUTD)是指逼尿肌和(或)尿道功能异常引起的不同下尿路症状(lower urinary tract symptoms, LUTS)<sup>[1]</sup>。根据尿动力检查(urodynamic study, UDS)结果对 LUTD 进行分类治疗已成为国际共识<sup>[1]</sup>。目前我国许多医院尚未开展 UDS,尤其是儿童 UDS 的开展更为滞后,严重影响了 LUTD 的诊治水平。重视儿童 UDS 的开展是提高我国儿童 LUTD 诊治水平的基础。本文就 UDS 评估儿童 LUTS 的研究进展进行综述。

### 一、LUTD 的病因与分类

婴儿出生后初期不能自主控制排尿,一般为生理性 LUTD,至 2 岁时具有日间控制排尿能力,而夜间控制排尿能力需至 3~5 岁才发育成熟<sup>[2-3]</sup>。儿童 LUTD 临床多见,17%~

22% 的 5 岁以上儿童存在 LUTD<sup>[4]</sup>。近年来,我国学者开始进行儿童 LUTD 的流行病学调查,尚小平等<sup>[5]</sup>于 2018 年调查了 8 560 名儿童,结果显示中国 5 岁以上儿童日间尿失禁的患病率为 4.50%;Xing 等<sup>[6]</sup>对 10 133 名儿童进行膀胱过度活动症(overactive bladder, OAB)的问卷调查,发现 5~14 岁儿童 OAB 总患病率为 9.01%。此外,研究显示 LUTD 患儿出现情绪与行为问题的可能性是正常儿童的 2.6 倍,且 LUTD 可引起重度膀胱输尿管反流(vesicoureteral reflux, VUR),进而导致肾功能损害,威胁患儿生命<sup>[7]</sup>。

LUTD 按照病因可分为神经源性 LUTD(neurogenic lower urinary tract dysfunction, NLUTD)和非神经源性 LUTD(non-neurogenic lower urinary tract dysfunction, NNLUTD)。NLUTD

通常伴有神经系统或解剖结构上的异常,而 NNLUTD 可能是由于不良如厕行为和(或)存在抑制排尿控制能力成熟的行为因素,导致无法形成正常排尿习惯所致。Li 等<sup>[8]</sup>对 24 121 名儿童的调查研究显示,对较小年龄儿童进行正确的如厕训练可以降低 LUTD 的发病率。

## 二、尿动力检查方法

UDS 的核心内容是膀胱压力/尿流率测定<sup>[9]</sup>。诊断儿童 LUTD 需要结合患儿病史、体格检查、功能性排尿障碍评分系统、尿常规、尿路超声、UDS 等,其中 UDS 是评估逼尿肌功能、膀胱顺应性和尿道括约肌功能状态的最好方法,可对 LUTD 进行量化评估,并预测上尿路损伤<sup>[10]</sup>。根据 UDS 时是否使用测压管,分为无创 UDS 和微创 UDS。

### (一)无创 UDS

1. 排尿日记:国际儿童尿控协会(International Children's Continence Society, ICCS)将排尿日记评估(voiding diary, VD)纳入膀胱功能障碍无创检查项目,通过 VD 记录 24 h 液体摄入和排尿情况,获得日间和夜间的排尿次数、排尿量、尿失禁情况等信息,可以了解 LUTD 患儿排尿情况<sup>[1]</sup>;如膀胱活动低下儿童 VD 表现为排尿次数减少,排尿间隔延长,排尿量增大。通过 VD 可以了解夜间是否多尿,帮助确定夜遗尿是否由夜间多尿引起,并指导制定治疗方案和随访治疗效果。日间尿失禁评估需要记录 VD 2~3 d,遗尿患儿至少需要记录 VD 7 d,同时记录大便失禁情况。LUTD 儿童大多合并便秘等肠道症状<sup>[1]</sup>。婴幼儿多使用尿不湿进行 4 h 的排尿观察,通过尿不湿称重评估排尿量,以评估是否存在 LUTD;同时行超声残余尿测定(post void residual, PVR),计算膀胱最大容量<sup>[11]</sup>。4 h 排尿观察和 VD 均为评估儿童 LUTD 的初步检查手段。

2. 自由尿流测定:对于怀疑 LUTD 的儿童,自由尿流测定(urine flow measurement, UFM)是一线非侵入性检查。儿童行 UFM 时应注意膀胱容量至少需达到预期膀胱容量的 50%,且至少需重复检测 2 次。ICCS 推荐 5 种公认的尿流率曲线(即钟形尿流率曲线、间断尿流率曲线、Staccato 尿流率曲线、低平尿流率曲线、塔型尿流率曲线)作为分析儿童 UFM 的参考<sup>[11]</sup>。研究显示,正常儿童也可出现以上异常尿流率曲线,发生率 2.8%~37%,约 3.8% 的儿童在重复检查时出现异常曲线<sup>[12]</sup>。因此对出现异常曲线的儿童,重复检查是必要的。

UFM 结合 B 超测量 PVR 能够提供关于膀胱功能的更多信息,与单纯测定 UFM 相比,更能全面评价下尿路功能。ICCS 建议于 UFM 后行超声检查 PVR。当小儿 PVR 在 5~20 mL 时应予重复测量,如重复测量结果不一致应再次测量。年龄≤6 岁的儿童重复测量 PVR >20 mL 或 >10% 预测膀胱容量,为 PVR 增多;>6 岁的儿童重复性 PVR >10 mL 或 6% 的膀胱容量,为 PVR 增多<sup>[13]</sup>。早在 1989 年,有研究显示,小儿残余尿量 >20 mL 提示排尿异常,且与年龄、性别和膀胱最大容量无关<sup>[14]</sup>。

儿童下尿路的超声研究不仅包括 PVR 和膀胱体积,还

包括膀胱壁厚(bladder wall thickness, BWT)<sup>[15]</sup>。下尿路超声不仅限于下尿路的形态学分析,还包括动态分析(如评估膀胱充盈和膀胱排空,以及评估盆底肌肉运动和肌肉耐力)<sup>[16]</sup>。

盆底肌电图是一种无创评估方法,可以提供盆底和肛门外括约肌的功能信息。UFM 结合肌电图检查可以减少微创 UDS 的使用频率,在 NNLUTD 诊治中作用显著。研究显示, OAB 患者排尿期间没有盆底活动,而功能性排尿障碍患者在排尿期间会出现括约肌的强直性收缩(肌电图上的尖峰)<sup>[1]</sup>。功能性排尿障碍患者在逼尿肌收缩和排尿开始前盆底放松的时间较长,这一观点已被广泛接受<sup>[17]</sup>。

3. 家庭尿流测定:随着便携式尿流计评估排尿功能的研究逐渐增多,家庭尿流测定(home-uroflowmetry, HUFM)的推广成为可能<sup>[18-20]</sup>。HUFM 能同时记录电子 VD,提高排尿信息记录的准确性和依从性。多数患儿在陌生环境下紧张,膀胱充盈不足或过度充盈,以致不能记录到典型的排尿曲线,导致测量结果不能真实反映患儿实际排尿情况<sup>[18]</sup>。在家中进行 HUFM 不仅保护了患者隐私,而且不受时间限制,无需刻意充盈膀胱,并可通过重复测量获得平均结果<sup>[19]</sup>。蒲青松等<sup>[21]</sup>在比较 HUFM 和 UFM 的研究中发现, HUFM 的结果更加符合患儿生理状态,在条件允许情况下应优先选取 HUFM 评估 PNE 患儿膀胱功能。此外,基于声音的 SUF(sono-uroflowmetry)在 HUFM 中的应用显示出巨大潜力<sup>[22]</sup>。尽管人们很早就认识到排尿发出的声音可以用来诊断 LUTD,但查阅文献对于 SUF 的研究仍然很少<sup>[23]</sup>。

### (二)微创 UDS

微创 UDS 包括膀胱/压力容积测定(cystometry, CMG)、膀胱压力/流率测定(pressure/flow study, PFS)、影像尿动力检查(video-urodynamics study, VUDS)、同位素尿动力检查、美蓝溶液尿动力检查以及动态尿动力检查等<sup>[1]</sup>。CMG 主要记录膀胱充盈期膀胱感觉、逼尿肌活动、膀胱顺应性、膀胱容量及漏尿点压力等。Lyu 等<sup>[24]</sup>研究发现不同充盈阶段尿动力参数预测上尿路扩张的作用不同,膀胱充盈后期逼尿肌漏尿点压力 >20 cmH<sub>2</sub>O(1 cmH<sub>2</sub>O=0.098 kPa),即显示出预测上尿路损害的高灵敏度。微创 UDS 常用的测压导管有液体传导测压导管(water filled catheters, WFC)和气体传导测压导管(air charged catheters, ACC),ACC 因操作简单、影像少和更符合医院感染防控要求而在临床应用越来越广<sup>[25]</sup>。但 ACC 与 WFC 所测数据是否一致,ACC 是否可以取代 WFC 仍存在争议。张少华等<sup>[26]</sup>研究显示,ACC 测定结果和 WFC 测量压力有明显差别,提示 ACC 不能通用以前 WFC 的正常值,需要建立 ACC 的标准参考数据。

PFS 适用于:①不明原因的 PVR 增加;②了解逼尿肌功能;③了解最大膀胱容量和最大逼尿肌压力是否安全;④了解膀胱功能障碍与 VUR 的关系;⑤了解尿道出口的功能;⑥作为尿动力学依据协助制定治疗方案;⑦了解 LUTD 病情进展和治疗效果;⑧怀疑或确诊为 NLUTD<sup>[11,27]</sup>。

特殊 UDS 是在普通 UDS 的基础上进行技术改进。诊断

为尿失禁及可疑泌尿系畸形者(输尿管开口异位)可选择美蓝溶液行尿动力学检查<sup>[27]</sup>。需要额外了解膀胱 PVR,膀胱、输尿管以及 VUR,膀胱颈口开合情况,尿道及盆底结构时,可选择 VUDS。在普通 UDS 的结果与症状及其他临床结果不一致的情况下,应考虑使用同步膀胱尿道压力测定和动态 UDS 评估膀胱尿道功能<sup>[10]</sup>。当普通 UDS 和 VUDS 不能发现问题及 LUTS 治疗效果不好时,需要进行同步膀胱尿道压力测定和动态尿动力测定<sup>[28]</sup>。前者可以发现尿道不稳定;后者可在膀胱自然充盈情况下检查膀胱压力变化,更符合膀胱自然充盈和排空的情况。贾明智等<sup>[29]</sup>研究发现,动态尿动力可以诊断难治性单症状夜遗尿症患儿是否伴有膀胱功能障碍,在评估膀胱顺应性、最大逼尿肌收缩压力、逼尿肌过度活动等方面较普通 UDS 更为精确。

### 三、UDS 检查在儿童 LUTD 中的应用

儿童 LUTD 临床多见且病因复杂,根据病因可分为 NNLUTD 和 NLUTD。与前者有关的疾病主要是膀胱过度活动症、功能性排尿障碍等;与后者有关的疾病主要有先天性椎管发育畸形、骶骨发育不全、肛门直肠畸形、尿路解剖异常等。这些疾病的 UDS 表现及适应证各不相同。

#### (一) NNLUTD

NNLUTD 一般无明显神经损害,预后较好。UDS 主要表现为膀胱过度活动、排尿功能障碍、膀胱收缩乏力、膀胱出口梗阻和排尿延迟等。症状较轻者,仅需使用简单的无创 UDS (包括 UFM 和超声)即可确定 PVR;发现问题后再行 PFS 或 VUDS<sup>[30]</sup>。VUDS 能帮助确定 VUR 和逼尿肌-括约肌协同失调 (detrusor-sphincter dyssynergia, DSD) 等。对于难治性 NNLUTD 建议先行 VUDS 再予精准治疗。

1. 膀胱过度活动症: OAB 的主要症状是尿急,通常伴有尿频和夜尿,伴或不伴急迫性尿失禁,无尿路感染或其他明确病理改变<sup>[31]</sup>。OAB 患儿的膀胱容量可能小于相应年龄的预期容量, PFS 常表现出逼尿肌过度活动 (detrusor overactivity, DO) 或逼尿肌不稳定。但 OAB 患儿的 UDS 参数并不一定与症状相关。在一项多中心研究中,仅约 33% 的尿急患儿在 UDS 上有 DO。需要引起重视的是,约 65% 的尿急患儿治疗后出现了 DO<sup>[32]</sup>。Hua 等<sup>[33]</sup>回顾性分析 126 例 OAB 患儿的膀胱压力和尿道压力同步测量结果,发现尿道不稳定在 OAB 的发生发展中起重要作用,作者认为同步膀胱尿道测量是一项准确诊断 OAB 的有价值的 UDS 技术。

2. 功能性排尿障碍: 功能性排尿障碍儿童在排尿时习惯性收缩尿道括约肌或盆底,并在重复 UFM 中表现出 Staccato 排尿模式,当同时记录肌电活动时,可以间接观察到尿道括约肌的状态<sup>[1]</sup>。在年龄较大的合并 VUR 患儿中,UDS 发现 VUR 严重程度与逼尿肌压力和肾瘢痕程度相关,提示功能性排尿障碍合并 VUR 的患儿很有必要行 UDS 检查<sup>[34]</sup>。Ural 等<sup>[35]</sup>研究表明,高充盈压是导致原发 LUTD 儿童 VUR 的首要因素。

#### (二) NLUTD

NLUTD 的 UDS 表现包括严重的逼尿肌和(或)尿道括约

肌功能低下或亢进、膀胱充盈期高压、膀胱顺应性下降和安全容量减少、DSD。在 NLUTD 患儿中早期进行 UDS 有助于预防上尿路恶化,并为制定有效的治疗方案奠定基础。因此,ICCS 推荐针对 NLUTD 常规进行 UDS 以帮助进行膀胱功能分类,指导制定治疗方案,并依靠 UDS 定期随访<sup>[14,30]</sup>。

1. 先天性椎管发育畸形: NLUTD 的最常见原因是脊柱裂引起的脊髓发育不良<sup>[36]</sup>。在脊髓神经发育不良婴儿中,逼尿肌-括约肌活动根据尿动力可以分为 3 种类型: 正常 (26%)、DSD 伴或不伴逼尿肌顺应性差 (37%) 和膀胱完全失神经支配 (36%), 其中 DSD 最易出现上尿路损害<sup>[37]</sup>。通过 UDS 早期发现 DSD 并及时干预,可显著减少膀胱失代偿、肾输尿管狭窄和 VUR 等,从而避免泌尿系统的不可逆损伤<sup>[38]</sup>。一项包括 30 名儿童的横断面研究显示,延迟出现可触及的膀胱肿块、复发尿路感染、BWT 增加、双侧 VUR、PVR 增加和漏尿点压力 >40 cmH<sub>2</sub>O 是上尿路损伤的潜在危险因素。这项研究强调了 BWT 作为神经源性膀胱上尿路损伤预测指标的潜力<sup>[39]</sup>。

2. 骶骨发育不全: 骶骨发育不全是指部分或完全缺乏最下端椎体,其典型体征是臀部扁平合并上臀裂消失,常在进行检查时被发现,约 1/3 的患儿随着年龄的增长而出现尿失禁、尿路感染等。研究显示,25%~50% 的患者存在逼尿肌不稳定和括约肌失神经支配,15%~20% 的患者可能有正常的下尿路功能<sup>[40]</sup>。推荐 MRI 用于评估所有骶骨发育不全的患者,当 MRI 显示骶骨或脊髓异常时,应考虑 UDS<sup>[41]</sup>。

3. 肛门直肠畸形: 肛门直肠畸形患儿常因脊髓拴系综合征或医源性损伤引起神经源性膀胱。上运动神经元病变患儿常表现为 DO 伴或不伴 DSD; 下运动神经元病变患儿伴感觉障碍和广泛括约肌失神经支配<sup>[42]</sup>。建议所有接受手术修复的儿童使用 UDS,特别是术后仍有症状的患儿<sup>[43]</sup>。UDS 在这些儿童中的作用和检查时机一直存在争议。文献表明,即使没有脊髓拴系综合征或损伤的证据,由于可能存在神经源性膀胱,所有肛门直肠畸形患者都应接受 UDS 评估<sup>[44]</sup>。

4. 尿路解剖异常: 儿童常见尿路解剖异常包括后尿道瓣膜、尿道狭窄、输尿管异位或囊肿、VUR 或膀胱外翻。UDS 可以确定这些儿童的膀胱尿道功能状态及确定是否需要进一步的内科或外科治疗,并评估治疗效果<sup>[45]</sup>。在对该类患儿的随访和进一步治疗中,应考虑定期行 UFM 和 PVR 评估。

5. 其他: 脊髓损伤儿童发生上尿路损伤的风险较高,膀胱顺应性降低和高漏尿点压是上尿路损伤的主要危险因素。儿童脊髓损伤的 UDS 诊断和治疗结果与成人相似。建议对患儿行 UDS,最迟不能超过脊髓损伤后 6 周。重点测量逼尿肌顺应性,以确定 VUR 和输尿管积水的潜在风险。脑瘫患儿也存在 LUTD,UDS 常表现为膀胱顺应性低、DO、低敏感性膀胱和膀胱容量低。尿流率和 PVR 评估被认为是脑瘫患儿下尿路功能的一线评估方法<sup>[46]</sup>。

#### 四、展望与总结

LUTD 病因复杂,临床多见,单凭临床表现很难确定 LUTD 是因为逼尿肌或括约肌功能障碍引起,还是二者共同



作用所致。UDS 是确定膀胱尿道功能障碍最理想的客观检查手段,能为临床精准治疗逼尿肌或括约肌功能障碍提供依据。当前,儿童尿动力学的发展仍然面临许多挑战。儿童处在生长和发育过程中,使得 UDS 评估及结果与成人相比,难以采用相同的标准。微创 UDS 对于 NLUTD 的随访至关重要,而目前对于最佳随访时间和随访频率暂无统一标准;儿童 UDS 的结果易受到临床环境的干扰,目前可以采用 HUFM 和动态尿动力检查来消除这些干扰。总之,UDS 对儿童 LUTD 的诊断、治疗和随访有重要意义,各级医院需要积极开展 UDS,使之成为一项 LUTD 的常规评估方法。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

### 参 考 文 献

- [1] Austin PF, Bauer SB, Bower W, et al. The standardization of terminology of lower urinary tract function in children and adolescents: update report from the standardization committee of the International Children's Continence Society[J]. *Neurourol Urodyn*, 2016, 35(4): 471-481. DOI: 10. 1002/nau. 22751.
- [2] Nieuwhof-Leppink AJ, Schroeder RPJ, van de Putte EM, et al. Daytime urinary incontinence in children and adolescents[J]. *Lancet Child Adolesc Health*, 2019, 3(7): 492-501. DOI: 10. 1016/S2352-4642(19)30113-0.
- [3] Wen JG, Lu YT, Cui LG, et al. Bladder function development and its urodynamic evaluation in neonates and infants less than 2 years old[J]. *Neurourol Urodyn*, 2015, 34(6): 554-560. DOI: 10. 1002/nau. 22626.
- [4] Marciano RC, Cardoso MGF, Vasconcelos MA, et al. Behavioral disorders and impairment of quality of life in children and adolescents with lower urinary tract dysfunction[J]. *J Pediatr Urol*, 2018, 14(6): 568. e1-568. e7. DOI: 10. 1016/j. jpuro. 2018. 07. 017.
- [5] 尚小平, 杨静, 汪玺正, 等. 儿童日间尿失禁流行病学调查及尿不湿的应用对其影响分析[J]. *中华医学杂志*, 2018, 98(18): 1434-1438. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0376-2491. 2018. 18. 013.  
Shang XP, Yang J, Wang XZ, et al. Epidemiological survey and analysis of the effect of using diapers on daytime urinary incontinence on children[J]. *Natl Med J China*, 2018, 98(18): 1434-1438. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0376-2491. 2018. 18. 013.
- [6] Xing D, Wang YH, Wen YB, et al. Prevalence and risk factors of overactive bladder in Chinese children: a population-based study[J]. *Neurourol Urodyn*, 2020, 39(2): 688-694. DOI: 10. 1002/nau. 24251.
- [7] Dourado ER, de Abreu GE, Santana JC, et al. Emotional and behavioral problems in children and adolescents with lower urinary tract dysfunction: a population-based study[J]. *J Pediatr Urol*, 2019, 15(4): 376. e1-376. e7. DOI: 10. 1016/j. jpuro. 2018. 12. 003.
- [8] Li X, Wen JG, Xie H, et al. Delayed in toilet training association with pediatric lower urinary tract dysfunction: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Pediatr Urol*, 2020, 16(3): 352. e1-352. e8. DOI: 10. 1016/j. jpuro. 2020. 02. 016.
- [9] Wen JG, Djurhuus JC, Rosier PFW, et al. ICS educational module: cystometry in children[J]. *Neurourol Urodyn*, 2018, 37(8): 2306-2310. DOI: 10. 1002/nau. 23729.
- [10] Stein R, Bogaert G, Dogan HS, et al. EAU/ESPU guidelines on the management of neurogenic bladder in children and adolescent part I diagnostics and conservative treatment[J]. *Neurourol Urodyn*, 2020, 39(1): 45-57. DOI: 10. 1002/nau. 24211.
- [11] Bauer SB, Nijman RJM, Drzewiecki BA, et al. International Children's Continence Society standardization report on urodynamic studies of the lower urinary tract in children[J]. *Neurourol Urodyn*, 2015, 34(7): 640-647. DOI: 10. 1002/nau. 22783.
- [12] Clothier JC, Wright AJ. Dysfunctional voiding: the importance of non-invasive urodynamics in diagnosis and treatment[J]. *Pediatr Nephrol*, 2018, 33(3): 381-394. DOI: 10. 1007/s00467-017-3679-3.
- [13] Chang SJ, Chiang IN, Hsieh CH, et al. Age- and gender-specific nomograms for single and dual post-void residual urine in healthy children[J]. *Neurourol Urodyn*, 2013, 32(7): 1014-1018. DOI: 10. 1002/nau. 22342.
- [14] 文建国, 郭先娥, 童尔昌. 正常小儿膀胱尿道压力测定[J]. *中华小儿外科杂志*, 1989, 10(6): 347-350. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0253-3006. 1989. 06. 011.  
Wen JG, Guo XE, Tong EC. Cystometry and urethrometry in normal children[J]. *Chin J Pediatr Surg*, 1989, 10(6): 347-350. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0253-3006. 1989. 06. 011.
- [15] Van Batavia JP, Combs AJ. The role of non-invasive testing in evaluation and diagnosis of pediatric lower urinary tract dysfunction[J]. *Curr Urol Rep*, 2018, 19(5): 34. DOI: 10. 1007/s11934-018-0784-1.
- [16] Tangel S, Gökçe Mİ, Özayaz A, et al. Evaluation of a new ultrasound measurement tool for the diagnosis of dysfunctional voiding in pediatric population: full/empty bladder wall thickness ratio[J]. *Urology*, 2014, 83(6): 1369-1372. DOI: 10. 1016/j. urology. 2013. 12. 036.
- [17] Malykhina AP, Brodie KE, Wilcox DT. Genitourinary and gastrointestinal co-morbidities in children: the role of neural circuits in regulation of visceral function[J]. *J Pediatr Urol*, 2017, 13(2): 177-182. DOI: 10. 1016/j. jpuro. 2016. 04. 036.
- [18] Long Depaquit T, Michel F, Gaillet S, et al. [Home uroflowmetry techniques and clinical relevance: a narrative review][J]. *Prog Urol*, 2022, 32(17): 1531-1542. DOI: 10. 1016/j. puro. 2022. 07. 142.
- [19] Shaderkin IA, Lebedev GS, Shaderkina VA, et al. Outpatient urodynamic monitoring in patients with BPH: world and Russian experience[J]. *Urologiia*, 2021, (6): 152-159. DOI: 10. 18565/u-urology. 2021. 6. 152-159.
- [20] 张孟要, 张会清, 文建国. 健康青少年男性体重指数与尿流率的相关性分析[J]. *重庆医学*, 2022, 51(8): 1358-1362, 1366. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-8348. 2022. 08. 019.  
Zhang MY, Zhang HQ, Wen JG. Correlation analysis between body mass index and urinary flow rate in healthy male adolescents[J]. *Chongqing Med*, 2022, 51(8): 1358-1362, 1366. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-8348. 2022. 08. 019.
- [21] 蒲青崧, 李琦, 杨兴欢, 等. 家庭和门诊尿流率检查评估遗尿患儿膀胱功能的比较研究[J]. *中华小儿外科杂志*, 2022, 43(4): 354-358. DOI: 10. 3760/cma. j. cn421158-20210709-00342.
- [22] Pu QS, Li Q, Yang XH, et al. Comparison between home-uroflowmetry and office-uroflowmetry in assessing bladder function of children with primary nocturnal enuresis[J]. *Chin J Pediatr Surg*, 2022, 43(4): 354-358. DOI: 10. 3760/cma. j. cn421158-20210709-00342.
- [22] Lee YJ, Kim MM, Song SH, et al. A novel mobile acoustic uroflowmetry: comparison with contemporary uroflowmetry[J]. *Int*

- Neurourol J, 2021, 25 (2): 150-156. DOI: 10. 5213/inj. 2040 250. 125.
- [23] Arjona L, Enrique Diez L, Bahillo Martinez A, et al. UroSound: a smartwatch-based platform to perform non-intrusive sound-based uroflowmetry [J/OL]. IEEE J Biomed Health Inform, 2022. https://doi.org/10. 1109/JBHI. 2022. 3140590. DOI: 10. 1109/JBHI. 2022. 3140590.
- [24] Lyu L, Yao YX, Liu EP, et al. A study of urodynamic parameters at different bladder filling stages for predicting upper urinary tract dilatation [J]. Int Neurourol J, 2022, 26 (1): 52-59. DOI: 10. 5213/inj. 2142244. 122.
- [25] 赵海涛, 廖利民. 液体和气体尿动力学测压导管的比较 [J]. 中国康复理论与实践, 2019, 25 (1): 55-59. DOI: 10. 3969/j. issn. 1006-9771. 2018. 00. 012.
- Zhao HT, Liao LM. Comparison of water filled and air charged urodynamic pressure measuring catheters [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2019, 25 (1): 55-59. DOI: 10. 3969/j. issn. 1006-9771. 2018. 00. 012.
- [26] 张少华, 孙新惠, 文建国, 等. 空气与液体尿动力学测定方法在老年良性前列腺增生患者检查中的对比研究 [J]. 中华老年医学杂志, 2022, 41 (9): 1087-1091. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0254-9026. 2022. 09. 014.
- Zhang SH, Sun XH, Wen JG, et al. Comparative study of air-charged urodynamic and water-filled urodynamic examinations of elders with benign prostatic hyperplasia [J]. Chin J Geriatr, 2022, 41 (9): 1087-1091. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0254-9026. 2022. 09. 014.
- [27] Nieuwhof-Leppink AJ, Hussong J, Chase J, et al. Definitions, indications and practice of urotherapy in children and adolescents: a standardization document of the International Children's Continence Society (ICCS) [J]. J Pediatr Urol, 2021, 17 (2): 172-181. DOI: 10. 1016/j. jpurol. 2020. 11. 006.
- [28] 文建国. 重视儿童下尿路功能障碍, 推进尿动力学检查临床应用 [J]. 中华医学杂志, 2022, 102 (38): 2981-2983. DOI: 10. 3760/cma. j. cn112137-20220531-01194.
- Wen JG. Pay attention to lower urinary tract dysfunction and clinical application of urodynamic studies in children [J]. Natl Med J China, 2022, 102 (38): 2981-2983. DOI: 10. 3760/cma. j. cn112137-20220531-01194.
- [29] 贾智明, 文建国, 朱文, 等. 动态尿动力学和常规尿动力学检查评估难治性单症状性夜遗尿症的对比 [J]. 中华医学杂志, 2021, 101 (2): 142-146. DOI: 10. 3760/cma. j. cn112137-2020 0519-01591.
- Jia ZM, Wen JG, Zhu W, et al. Evaluation of refractory monosymptomatic nocturnal enuresis with ambulatory urodynamic monitoring and conventional urodynamics [J]. Natl Med J China, 2021, 101 (2): 142-146. DOI: 10. 3760/cma. j. cn112137-2020 0519-01591.
- [30] Stöhrer M, Goepel M, Kondo A, et al. The standardization of terminology in neurogenic lower urinary tract dysfunction: with suggestions for diagnostic procedures. International Continence Society Standardization Committee [J]. Neurourol Urodyn, 1999, 18 (2): 139-158. DOI: 10. 1002/(sici)1520-6777(1999)18:2<139::aid-nau9>3.0.co;2-u.
- [31] Nørgaard JP, van Gool JD, Hjalms K, et al. Standardization and definitions in lower urinary tract dysfunction in children. International Children's Continence Society [J]. Br J Urol, 1998, 81 (Suppl 3): 1-16. DOI: 10. 1046/j. 1464-410x. 1998. 00025. x.
- [32] Kaufman MR, DeMarco RT, Pope JC4th, et al. High yield of urodynamics performed for refractory nonneurogenic dysfunctional voiding in the pediatric population [J]. J Urol, 2006, 176 (4 Pt 2): 1835-1837. DOI: 10. 1016/j. juro. 2006. 03. 125.
- [33] Hua CY, Wen YB, Zhang Y, et al. The value of synchro-cystourethrometry for evaluating the relationship between urethral instability and overactive bladder [J]. Int Urol Nephrol, 2018, 50 (3): 441-449. DOI: 10. 1007/s11255-017-1783-8.
- [34] Sjöström S, Sillén U, Bachelard M, et al. Bladder/bowel dysfunction in pre-school children following febrile urinary tract infection in infancy [J]. Pediatr Nephrol, 2021, 36 (6): 1489-1497. DOI: 10. 1007/s00467-020-04853-4.
- [35] Ural Z, Ulman I, Avanoğlu A. Bladder dynamics and vesicoureteral reflux: factors associated with idiopathic lower urinary tract dysfunction in children [J]. J Urol, 2008, 179 (4): 1564-1567. DOI: 10. 1016/j. juro. 2007. 11. 095.
- [36] El Desoky SM, Banakhar M, Khashoggi K, et al. Voiding dysfunction in children: causes, management, and prognosis: a single-center retrospective study [J]. Saudi Med J, 2021, 42 (8): 869-877. DOI: 10. 15537/smj. 2021. 42. 8. 20210327.
- [37] Drzewiecki BA, Bauer SB. Urodynamic testing in children: indications, technique, interpretation and significance [J]. J Urol, 2011, 186 (4): 1190-1197. DOI: 10. 1016/j. juro. 2011. 02. 2692.
- [38] Rondon A. When to start clean intermittent catheterization (CIC) in children with neurogenic bladder dysfunction [J]. Int Braz J Urol, 2022, 48 (1): 52-53. DOI: 10. 1590/S1677-5538. IBJU. 2020. 0989. 1.
- [39] Prakash R, Puri A, Anand R, et al. Predictors of upper tract damage in pediatric neurogenic bladder [J]. J Pediatr Urol, 2017, 13 (5): 503. e1-503. e7. DOI: 10. 1016/j. jpurol. 2017. 02. 026.
- [40] Guzman L, Bauer SB, Hallett M, et al. Evaluation and management of children with sacral agenesis [J]. Urology, 1983, 22 (5): 506-510. DOI: 10. 1016/0090-4295(83)90230-3.
- [41] Borg H, Holmdahl G, Olsson I, et al. Impact of spinal cord malformation on bladder function in children with anorectal malformations [J]. J Pediatr Surg, 2009, 44 (9): 1778-1785. DOI: 10. 1016/j. jpedsurg. 2009. 03. 001.
- [42] Wood RJ, Levitt MA. Anorectal malformations [J]. Clin Colon Rectal Surg, 2018, 31 (2): 61-70. DOI: 10. 1055/s-0037-16 09020.
- [43] Fuchs ME, Halleran DR, Bourgeois T, et al. Correlation of anorectal malformation complexity and associated urologic abnormalities [J]. J Pediatr Surg, 2021, 56 (11): 1988-1992. DOI: 10. 1016/j. jpedsurg. 2021. 02. 051.
- [44] King SK, Krois W, Lacher M, et al. Optimal management of the newborn with an anorectal malformation and evaluation of their continence potential [J]. Semin Pediatr Surg, 2020, 29 (6): 150996. DOI: 10. 1016/j. sempedsurg. 2020. 150996.
- [45] Tang LF, Bi YL, Fan Y, et al. Posterior urethral valves with lower urinary tract symptoms: perspective on urodynamics [J]. J Invest Surg, 2021, 34 (10): 1066-1071. DOI: 10. 1080/08941939. 2020. 1749328.
- [46] Jiang WB, Sun HZ, Gu BJ, et al. Urodynamic study findings and related influential factors in pediatric spastic cerebral palsy [J]. Sci Rep, 2022, 12 (1): 6962. DOI: 10. 1038/s41598-022-11057-3.

(收稿日期: 2022-12-02)

**本文引用格式:** 杨帅, 周钊凯, 文建国. 尿动力学检查评估儿童下尿路功能障碍的研究进展 [J]. 临床小儿外科杂志, 2023, 22 (6): 588-592. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101785-202212006-018.

**Citing this article as:** Yang S, Zhou ZK, Wen JG. Urodynamic evaluations of lower urinary tract dysfunction in children [J]. J Clin Ped Sur, 2023, 22 (6): 588-592. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101785-202212006-018.