围产期泌尿系统扩张：产前及产后影像学检查、预防性抗生素使用和随访建议的临床报告

C. D. Anthony Herndon, MD, FAAP,[1] Hansel J. Otero, MD, FAAP,[2] David Hains, MD, FAAP,[3] Rebecca M. Sweeney, MD, FAAP,[4] Gina M. Lockwood, MD, MS, FAAP,[5] and the Section on Urology, Section on Nephrology, Section on Radiology, and Section on Hospital Medicine

[1]Department of Urology, Children's Hospital of Richmond at VCU, Richmond, Virginia; [2]Department of Radiology, Children's Hospital of Philadelphia, Philadelphia, Pennsylvania; [3]Division of Pediatric Nephrology and Hypertension, Riley Hospital for Children, Indianapolis, Indiana; [4]Oxford University Hospital NHSFT, Oxford, United Kingdom; and [5]Department of Urology, University of Iowa Health Care, Iowa City, Iowa

围产期泌尿系统扩张 (urinary tract dilation，UTD) 的发生率约为所有妊娠的 1%，是产前发现的第 2 大常见先天性异常，仅次于心脏畸形。UTD 的病因包括暂时性扩张、膀胱输尿管反流 (vesicoureteral reflux，VUR) 及泌尿生殖系统梗阻。绝大多数此类情况无需手术干预，但部分患者的泌尿系统及肾脏疾病风险增加。本临床报告旨在回顾当前用于评估围产期 UTD 的影像学检查方法，讨论 UTD 的风险分层、预防性抗生素的应用指征，以及下尿路影像学检查和肾脏核素扫描 (renal scintigraphy，RS) 的使用。最终，此类患儿的管理应个体化，并且基于循证医学让医生与父母或监护人进行共同决策。

本报告未涵盖双侧重度 UTD 病例的评估与治疗，尤其是怀疑男性患儿有膀胱出口梗阻高风险时，应立即咨询肾病科或者泌尿外科专科医生。

引　言

随着对围产期 UTD 自然病程认识的深入，其产前检测的临床价值不断显现。20 世纪 80 年代，胎儿超声 (ultrasonography，US) 技术的进步使 1% ～ 3% 的妊娠发现胎儿肾积水，这一发现彻底改变了输尿管肾盂连接部 (ureteropelvic junction，UPJ) 梗阻和 VUR 等疾病的诊断模式。UTD 的早期发现曾促使临床盲目建议预防性使用抗生素、行下尿路影像学检查及早期手术干预，以期预防泌尿道感染 (urinary tract infection，UTI) 或肾功能损害。然而，这些初衷良好的推荐措施缺乏循证依据。所幸，多数患者的治疗结局良好，这也促使近 10 年来形成了更实用的诊疗策略。

为此，学界正全力构建一种优化检测效益、减少非循证评估与治疗的诊疗模式。近期，前瞻性的注册研究揭示了 UTD 的消退率，明确了 UTI 的危险因素，并优化了抗生素预防性应用策略 [1–4]。

本报告为儿科医生提供了有效理解 UTD 和进行家长患教的一个框架，内容涵盖如何进行 UTD 的监测、预防性抗生素的使用、泌尿生殖影像学检查及专科转诊等内容。需要特别说明的是，本报告主要针对无膀胱出口梗阻风险 (如后尿道瓣膜等病因) 的 UTD 患儿。对于双侧重度 UTD 的病例 [常伴双侧肾盂输尿管积水、膀胱及尿道异常和 (或) 羊水过少]，其产前及产后管理需采用不同模式。

UTD 的产前评估

胎儿发育与 UTD 的产前检测

American Academy of Pediatrics
DEDICATED TO THE HEALTH OF ALL CHILDREN™
苏州大学附属儿童医院　苏州大学

The article(s) originally appeared in English in the 2025, Volume 156 of Pediatrics, published by the American Academy of Pediatrics (AAP), and are hereby authorized for translation into Chinese by Children's Hospital of Soochow University.

胎儿泌尿生殖系统发育始于妊娠早期，尿液生成约在妊娠 14 周开始，并持续至出生后 [5]。妊娠早期 US 可有效检测肾脏及膀胱。多项研究报道，US 检测 UTD 的敏感度高达 91%[6]。最严重的异常通常在首次筛查 US 中即可显现，美国推荐的首次系统 US 检查时间为妊娠 18 ～ 22 周 [7, 8]。UTD 相关病理可能显著影响肾脏发育及最终功能，因此首次筛查 US 发现的异常需转诊至专科机构进行综合 US 检查及其他系统筛查。

UTD 的病因及其对肾脏和膀胱的影响

产前 UTD 的确切病因在 US 诊断中难以明确，其病因多样，包括暂时性或生理性扩张、VUR 及各种梗阻性尿路病变（如 UPJ 梗阻、后尿道瓣膜、输尿管囊肿、异位输尿管、UPJ 梗阻等）。UTD 对肾单位及患者的具体影响差异显著，可从无症状到 UTI 风险增加、肾瘢痕形成以及肾发育不良。

产前 UTD 的自然病程

多数产前 UTD 病例为暂时性且可自行消退。2 项荟萃分析显示，自发消退率为 64% ～ 75%[9, 10]，近期观察性研究报道的消退率为 25% ～ 55%[11, 12]。

UTD 严重程度与诊断及预后的关联

多项研究表明，产前 UTD 程度越轻，自发消退的可能性越大 [10–15]；反之，程度越重则更可能由梗阻性尿路病变引起 [9,14,16,17]。Lee 等的荟萃分析发现，产前 UTD 程度越重，特定病理包括 UPJ 梗阻和后尿道瓣膜的风险越高 [9]。相比之下，VUR 与扩张程度的相关性较弱 [9,18]。

尽管最终需手术干预的产前 UTD 患儿的比例较低 [19]，但多项研究显示产前肾盂积水越严重，手术干预的可能性越大 [11, 12, 15, 17, 20]。UTD 在妊娠第 2 孕期至第 3 孕期加重的患儿更可能需要手术治疗 [21]。

产前检测的目标

产前检测的主要获益是为 UTD 患儿提供咨询儿科专科医生的机会。产前讨论应围绕鉴别诊断、围产期干预指征、可能需要的产后影像学检查以及对 UTI 高风险患儿预防性抗生素应用的推荐展开。其中，影像学检查包括肾脏和膀胱超声检查（renal and bladder ultrasonography，RBUS）、排尿性膀胱尿道造影（voiding cystourethrogram，VCUG）和（或）功能成像。补充材料中提供了临床决策流程图以指导实践。

影像学检查的历史时间安排

在美国，低风险妊娠孕妇通常接受 2 次产前 US 检查，高风险妊娠孕妇则需更多次检查。历史上，产前 UTD 诊断确立后的产前及产后随访影像学检查的频率和时间安排缺乏共识。Lee 等 2006 年的荟萃分析 [9] 发现，各机构方案的差异显著，推荐意见从模糊的如“按需连续检查”，到具体的如“妊娠 32 ～ 34 周检查 1 次”，从稀疏的如“妊娠晚期检查 1 次”，到频繁的如“每月检查 1 次”。本指南基于现有证据，旨在明确理想的随访频率和时间安排。

产前 US 的技术与局限性

建议遵循标准化的产前 US 技术，以确保不同研究间的准确性和一致性，从而为未来研究探索特定产前表现与潜在病因的相关性奠定基础。**测量胎儿肾盂前后径（anteroposterior renal pelvis diameter，APD）时，胎儿脊柱应位于时钟 6 点或 12 点位置，并且每次 US 检查时，需保持体位一致**。所有产前检查的具体数值，包括 7 项 UTD 参数（表 1），均应告知所有的产后诊疗医生（包括新生儿初检医生和儿科初级保健医生），因为他们将指导后续管理。在条件允许的情况下，应向临床医生提供影像资料以供复核。产前 US 的准确性不仅取决于操作者经验，还受胎儿体位的影响 [18]。多数情况下，应作为筛查工具，为深入的产后评估奠定基础，以明确 UTD 的具体病因。若 US 检查受限（如羊水过少或无羊水），胎儿 MRI 可能有一定的价值，但目前尚无充分证据支持其广泛推广，并且可及性有限。

表 1　肾脏和膀胱 US 评估项目

US 参数	测量指标或表现	说明事项
APD	mm	取肾脏横切面测量肾盂最大径线，测量时需保持胎儿脊柱位于 6 点或 12 点钟方位 各时期正常参考值范围： ·胎龄＜ 28 周：＜ 4 mm ·胎龄≥ 28 周：＜ 7 mm ·出生后：＜ 10 mm
肾盏扩张情况		
中央部（肾盏）	存在或不存在	主观评估
周边部（小肾盏）	存在或不存在	主观评估
肾实质厚度	正常或异常	主观评估
肾实质回声表现	正常或异常	回声强度，皮髓质分界清晰度，皮质囊肿存在情况
输尿管显影	正常或异常	US 下可见即视为扩张异常，但新生儿期输尿管间歇性显影属正常现象
膀胱评估	正常或异常	膀胱壁厚度，输尿管囊肿，后尿道扩张
不明原因羊水过少	存在或不存在	

产前与产后 UTD 的 US 分类系统

产前诊断 UTD 后通常需要产后影像学检查。历史上曾采用多种分级系统对 US 所示 UTD 进行分类和风险分层，但应用不统一[22]。近期研究的焦点在于建立可跨时间和专业通用的分类系统。

APD

APD 测量是历史上最常用的 US 评估 UTD 的方法。APD 是肾脏横切面中点处肾盂的客观测量值，其正常范围与孕周相关。已确立的产前正常限值：＜ 28 周时，APD ＜ 4 mm；≥ 28 周时，APD ＜ 7 mm。该系统的优势在于报告的客观性，但缺点包括依赖操作者经验，并且未考虑集合系统其他部分（输尿管或膀胱）的异常。对于梗阻性病变，该系统对重度扩张的特异度较高，多项研究将妊娠晚期 APD ≥ 15 mm 作为预测 UPJ 梗阻的阈值[17,23,24]。

胎儿泌尿学会分级系统

胎儿泌尿外科学会 (Society for Fetal Urology，SFU) 分级系统是对肾脏扩张和肾实质完整性的主观评估[25]（图 1），目前这是产后评估最常用的系统[26]。SFU 系统在评估 UPJ 梗阻的肾功能及手术干预必要性方面有较高的阳性预测值，其优点是易于学习和应用，但缺点包括儿童泌尿外科以外的专科医生采用率低、主观性强且未纳入集合系统全部结构（输尿管和膀胱）。

UTD 分级系统

2014 年，来自 8 个参与 UTD 诊断和管理的专业学会代表召开多学科共识会议，旨在统一分级系统，并且建立临床术语标准[18]，目标是建立产前及产后 US 检查和报告生成的标准化流程。同时，学界共识界定了代表生理性扩张的产后正常值 (APD ＜ 10 mm)，以减少低效检查和干预。UTD 这一术语被用于描述所有程度的产前及产后 UTD，取代了肾盂积水、肾盂扩张、肾盏扩张和肾盂肾盏扩张等术语。UTD 系统结合了 APD 和 SFU 系统的客观与主观特征，测量指标包括 APD、中央肾盏扩张、周围肾盏扩张、肾实质外观及厚度、输尿管外观、膀胱外观和不明原因羊水过少（表 1）。

产前风险分层与管理

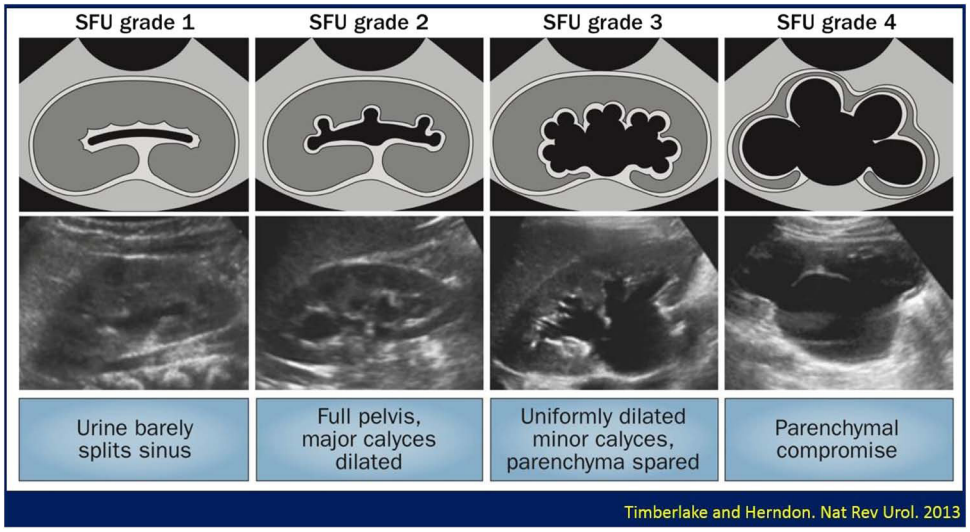


图 1　胎儿泌尿学会分级系统

产前 UTD 的诊断阈值取决于 US 检查时的孕周（是否小于或者大于 28 周）（图 2）。对于 2 个孕周组，胎儿均分为低风险组 (UTD A1，A 代表产前）或高风险组 (UTD A2-3)。除产前及产后系统的共有参数外，产前系统还额外考量是否存在不明原因羊水过少。与产后分类不同，产前系统合并了中高风险组，这

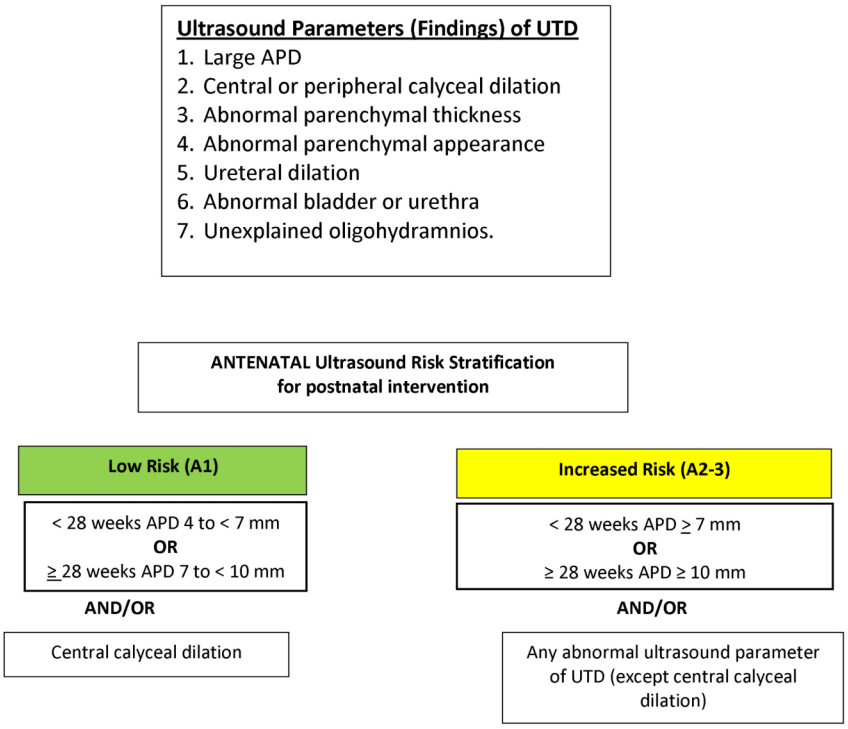


图 2　产前 US 风险分层。*分层基于最严重的 US 发现。例如，胎儿 APD 在 UTD A1 范围内，但伴有周边肾盏扩张时，应归类为 UTD A2–3。

	Follow-Up Ultrasound	Urology/Nephrology Consultation
Low Risk (A1)	Repeat once prenatally at ≥ 32 weeks	Not indicated prenatally
Increased Risk (A2-3)	Repeat every 4 weeks until delivery	Consider prenatal consult

图 3　基于孕 32 周前 US 检查的产前管理建议

与产前 US 难以准确区分中央型与周围型肾盏扩张有关。在产前及产后风险分类中，最严重的异常表现用于确定更高风险类别（如：若存在输尿管扩张，但 ≥ 28 周时，APD ＜ 10 mm，则胎儿仍归为 UTD A2-3）。

产前管理方案系基于 US 检查时机和 UTD 严重程度制定。若妊娠 28 周前诊断为低风险 UTD，则仅需在妊娠 32 周后复查 1 次 US；若为中高风险 UTD，则建议每 4 周进行系列 US 监测。专科会诊［泌尿外科和（或）肾病科］的需求和时机，同样根据疾病严重程度而定（图 3）。

UTD 的产后评估

为明确 UTD 分类及产后的确切病因，常需联合多种影像学检查。各项检查的应用指征、风险及获益见表 2。

表 2　产后影像学检查的风险和获益评估

特征 / 影像学检查方式	解剖结构 vs 功能评估	解剖结构评估				时长 / min	检查前准备	电离辐射	肾毒性	相对费用
		肾脏	膀胱	输尿管	尿道					
US	解剖结构	是	是	仅在异常时	是	30	无	否	否	$
VCUG	解剖结构	集合系统（如有反流情况）	是	是（如有反流情况）	是	30	导尿管置入 (UC)	是	否	$$
对比增强排尿性超声尿路造影 (contrast-enhanced voiding urosonography，ceVUS)	解剖结构	集合系统（如有反流或扩张情况）	是	是（如有扩张或反流情况）	是	30	导尿管置入 (UC)	否	否	$$
锝 -99m 二乙三胺五乙酸 (MAG 3) 利尿肾图	功能	肾功能	否	否	否	90	静脉注射肝素化盐水 / 导尿管置入 (H/UC)	是	否	$$$
磁共振尿路造影 (MR Urography，MRU)	解剖结构与功能	解剖结构与功能	是	是	是	60	静脉注射对比剂 / 导尿管置入 / 口服对比剂 (S/H/UC)	否	否**	$$$$

S/H/UC：指完成检查所需的镇静 (sedation，S)、静脉补液 (hydration，H) 及导尿管置入 (urinary catheter，UC)。通常仅对 6 个月至 5 岁患儿进行镇静处理。**钆基对比剂用于 MRU 检查时，存在以下潜在风险，包括轻度过敏样反应和肾源性系统性纤维化（一种罕见疾病，多见于接受钆剂且患有终末期肾病的患者）。

RBUS

RBUS 是评估围产期 UTD 患儿的初始首选影像学检查。产后肾盂肾盏系统及输尿管的扩张程度有助于指导进一步的检查和干预 [18,27]，其优势包括无创性、广泛可及性、操作快捷、无电离辐射且成本低于其他影像学方法 [28]。此外，RBUS 对患儿体位要求宽松，即便是婴儿，亦可采用仰卧位、俯卧位或被抱着直立位接受检查，然而需注意的是，俯卧位扫描可能使高达 10% 的新生儿肾盂扩张程度被高估，尤其在首次检查时应考虑此因素 [29]。为准确评估 UTD，RBUS 应在出生 48 h 后进行，因为新生儿生理性第 3 间隙积液丢失且通常需要在出生后 7 ～ 10 d 才能完全恢复，所以出生后 48 h 内行超声检查可能低估扩张程度 [30–34]。

产后 US 的标准化操作及规范报告对保持结果的一致性至关重要（表 1）。首次产后 US 检查可作为风险分级的关键依据。总体而言，扩张程度越重，手术可能性越高 [20, 35, 36]。

VCUG

透视下 VCUG 是诊断及分级 VUR 的金标准 [37, 38]，约 15% 的产前孤立性 UTD 患儿存在 VUR[39–41]。该检查还可发现导致 UTD 的膀胱或尿道结构异常。美国儿科学会泌尿外科与放射科联合发布的指南已明确其技术、图像采集及解读标准 [38]。VCUG 操作主要是经导尿管注入碘对比剂充盈膀胱后，采用脉冲透视技术获取图像。关键图像包括：不同充盈水平的膀胱图像、排尿期尿道图像及排尿后即刻的肾区图像，以此明确反流存在与否及分级 [37, 38]。对低容量排尿婴儿，多周期膀胱充盈成像有助于提高诊断的准确性 [37]。

产后 US 检查正常并不能排除 VUR[42]。集合系统不扩张或轻度扩张患儿的 VUR 发生率仍可达 25%[43]。幸运的是，产前检测到的 UTD 相关 VUR 大多可自发消退 [42,44]。历史上曾有学者建议对所有产前 UTD 患儿进行 VCUG 检查，导致临床实践的差异显著 [45]。调查显示：26% ～ 57% 的小儿泌尿外科医生会对 P2 级 UTD 患儿推荐 VCUG 联合抗生素，而对 P3 级患儿的推荐率可高达 85% ～ 88%[46]。目前学界普遍认为，无症状新生儿及婴儿的 UTD 本身不应作为 VCUG 指征，其最佳应用仍需进一步研究 [19]。

对比增强排尿性超声尿路造影 (contrast-enhanced voiding urosonography，ceVUS)

除 VCUG 外，ceVUS 可提供相似的断信息 [47,48]，并且对 VUR 的检出敏感度更高，多数患者可显示更高分级反流 [49,50]，但因设备普及度有限，其应用受到制约。

若选择 ceVUS 替代 VCUG，则采用 US 替代透视成像，碘对比剂替换为 US 微泡造影剂。虽然肾脏及膀胱图像采集方式与常规 RBUS 类似，但需通过经耻骨上或经会阴途径获取排尿期尿道图像。

RS

RS 通过追踪静脉注射放射性示踪剂在肾脏的摄取及集合系统的排泄过程进行评估。RS 通过探测患者体内 γ 射线，反映示踪剂在全身的分布情况。评估 UTD 最常用的示踪剂为 ^{99m}Tc-MAG3（锝 -99m 标记巯基乙酰三甘氨酸），其通过肾小管分泌进入集合系统 [51–54]，即使在肾小球滤过率降低、水肿或腹腔积液患者中，仍能保持优质的成像效果 [55]。其他可用于评估肾功能的示踪剂包括 ^{99m}Tc-DMSA (99m 锝标记的二巯基琥珀酸）和 ^{99m}Tc-DTPA (99m 锝标记的二亚乙基三胺五乙酸）。其中，^{99m}Tc-DMSA 主要结合于肾皮质小管，而 ^{99m}Tc-DTPA 用于测量肾小球滤过率 [51–54]。

RS 检查 (^{99m}Tc-MAG3) 需确保患者充分水化（静脉或口服补液）。检查前留置导尿管以避免膀胱过度充盈而影响示踪剂排泄，并排除重度 VUR 可能导致的假阳性结果。尽管存在辐射顾虑，但有效剂量较低，肾功能正常者 95% 以上的示踪剂可在 3 h 内清除 [51,56,57]，患儿检查后可安全离院。

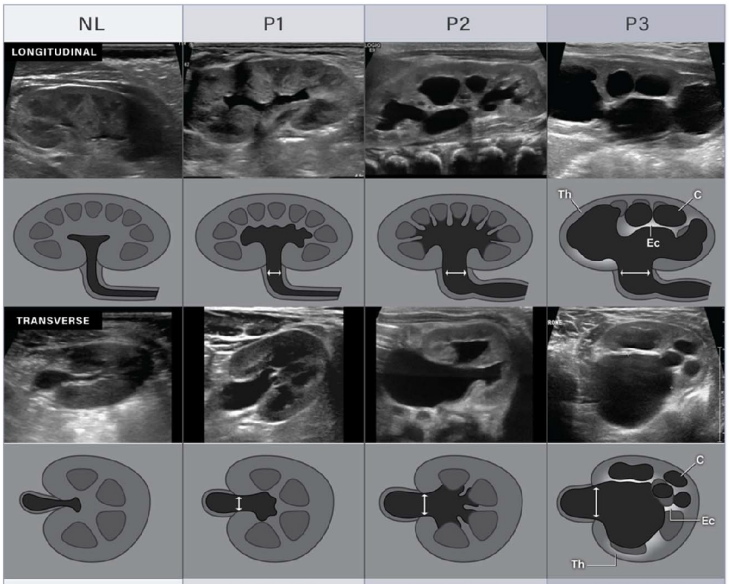
对于 UTD 患者，RS 用于评估基线的分肾功能，分肾功能是单侧肾所占总体功能的比例（若功能下降则提示需干预），RS 也可鉴别梗阻性与非梗阻性

POSTNATAL Ultrasound Risk Stratification
Based upon imaging obtained >48 hours after birth

Low Risk (P1)	Intermediate Risk (P2)	High Risk (P3)
APD 10 to <15 mm **AND/OR** Central calyceal dilation	At least ONE of the following (but nothing in the high-risk list): APD ≥15 mm Peripheral calyceal dilation Ureteral dilation	Findings in P2 AND Any ONE of the following: Abnormal parenchymal thickness Abnormal parenchymal appearance Abnormal bladder Abnormal urethra

Ultrasound Parameters (findings) of UTD
1. Central or peripheral calyceal dilation
2. Abnormal parenchymal thickness
3. Abnormal parenchymal appearance
4. Ureteral dilation
5. Abnormal bladder or urethra

(A)



NORMAL FINDINGS	P1 FINDINGS	P2 FINDINGS		P3 FINDINGS
AP renal pelvic diameter <10 mm	AP renal pelvic diameter 10-15 mm	AP renal pelvic diameter >15 mm		AP renal pelvic diameter: >15 mm
Calyceal dilation None	Calyceal dilation Central	Calyceal dilation Central & peripheral		Calyceal dilation: Central & peripheral
Parenchyma: Normal	Parenchyma: Normal	Parenchyma: Normal		Parenchyma: Abnormal (Thinning, echogenic, or cysts)
Ureters, bladder, urethra: Normal	Ureters, bladder, urethra: Normal	Ureters: Abnormal	Bladder, urethra: Normal	Ureters, bladder, urethra: Abnormal

(B)

图 4　新生儿 UTD 分级系统
(A) 新生儿 US 风险分层标准；分级依据最严重的 US 表现。例如：若 APD 处于 UTD P1 范围，但存在肾皮质外盏扩张，则归类为 UTD P2；若存在肾实质异常，无论 APD 测量值如何，均归类为 UTD P3。(B) 新生儿 UTD 分级定义及管理建议。

集合系统扩张。^{99m}Tc-MAG3 RS 测量 2 个关键参数：其　　一是反映分肾功能的肾实质摄取率（示踪剂从血液

循环首次通过肾脏的摄取量）；二是通过 30 min 清除率评估，以确定自 UPJ 至输尿管膀胱连接部的集合系统是否存在梗阻及其严重程度。若 15 ～ 20 min 后集合系统仍有示踪剂滞留，则注射利尿剂（呋塞米 1.0 mg / kg，最大剂量为 40 mg）以鉴别伴有严重梗阻的扩张系统与无梗阻的扩张系统 [58]。扩张但非梗阻的系统对利尿剂有反应，而真正梗阻的系统因示踪剂无法通过狭窄段加速清除而持续滞留。这对临床决策至关重要，因为只有梗阻性病变需要手术干预。需注意手术后既往扩张的集合系统可能无法完全回

UTD Classification	Definition	Initial Postnatal US	Urology/Nephrology Consultation
Incomplete or Unclear Classification		Follow postnatal evaluation similar to UTD A1	Follow postnatal evaluation similar to UTD A1
Resolved at Last Prenatal Ultrasound		If prior US were all A1 --> No postnatal evaluation or surveillance required	
		If any prior US was A2-3 --> Manage according to recommendations for "Increased Risk (A2-3)" below.	
Low Risk (A1)	≥ 28 weeks APD 7 to <10 mm **AND/OR** central calyceal dilation	≥48 hrs to 6 weeks of age Need not delay discharge*	May consider with outpatient follow-up
Increased Risk (A2-3)	≥ 28 weeks APD ≥10 mm **OR** any abnormal parameter (except central calyceal dilation)	Prior to discharge. Ideally after 48 hr of life.	Recommended prior to discharge

The ultrasound should be prioritized and can either be ordered prior to discharge or at the first primary care visit to allow for imaging within 4-6 weeks of life.

图 5　基于产前 US 检查的推荐产后管理方案

UTD Classification	Definition/Circumstance	Follow-Up Ultrasound (2nd Postnatal Ultrasound)	Antibiotic Prophylaxis	VCUG/ceVUS	MAG3/fMRU	Urology/Nephrology Consultation
Resolved		3-9 month of age	Not recommended	Not recommended	Not recommended	Not recommended
Low Risk (P1)	APD 10 to <15 mm **AND/OR** central calyceal dilation	3-6 months of age	Not recommended	Not recommended	Not recommended	Outpatient
Intermediate Risk (P2)	APD ≥15 mm **AND/OR** peripheral calyceal dilation	1-3 months of age	Use shared decision making to determine use	Use shared decision making to determine need	Use shared decision making to obtain at >6 weeks of age	Inpatient consult or expedited outpatient referral
	Ureteral dilation ≥7 mm	1-3 months of age	Recommended	Recommended within 1-3 months of age	Use shared decision making to obtain at >6 weeks of age	Inpatient consult or expedited outpatient referral
High Risk (P3)	Findings in P2 **AND** abnormal parenchymal thickness **or** appearance **or** abnormal bladder	1 month of age	Recommended	Recommended within 1-3 months of age	Recommended at >6 weeks of age.	Inpatient consult or expedited outpatient referral

fMRU indicates functional magnetic resonance urography.

图 6　基于产后初次 US 检查的推荐后续管理方案。fMRU 指功能性磁共振尿路成像。目前大多数评估 UTD 和（或）VUR 患儿 UTI 危险因素的研究，均排除了已知泌尿系统畸形的病例。建议将此类确诊患儿视为高风险人群，因其多合并梗阻性尿路病变或 VUR。

缩至正常，这并不代表手术失败。正常人 ^{99m}Tc-MAG3 分肾功能值范围为 42% ～ 58%[58]，故以 40% 作为肾功能受损的阈值。

婴儿 UTD 的 RS 结果准确性依赖于充分的肾血流灌注及肾脏发育程度，故该检查在理想情况下，应推迟至出生后至少 6 ～ 12 周进行。新生儿期肾成熟度不足会导致 ^{99m}Tc-MAG3 摄取率低及皮质通过时间延长。虽然理论上任何年龄均可检查，但临床上常延迟至出生后 6 ～ 12 周进行 RS 以减少误差 [59–62]。早于出生后 6 ～ 12 周的 RS 检查可能高估或低估肾功能，并且对预后的预测价值有限 [63, 64]。

磁共振尿路造影 (MR urography，MRU)

MRU 是一种可靠且安全的诊断工具，可替代 RS 评估分肾功能，并提供扩张集合系统的精细解剖信息 [65]。MRU 能够全面显示肾实质和尿路形态特征，在新生儿 UTD 诊断和术前评估中显示出优势 [66, 67]。与 RS 类似，MRU 可鉴别代偿性扩张与梗阻性扩张系统、确定梗阻部位并评估分肾功能。尽管 MRU 具备单次检查即可提供高质量解剖和功能数据且无辐射的优势，但存在的次要缺陷是低龄患儿需镇静或全身麻醉、成本较高以及普及度相对受限 [28]。

检查方案与 RS 相似，对患者需使用静脉水化和呋塞米利尿剂，但 MRU 需在成像前给予利尿剂以提高分辨率。在动态扫描过程中，首先获取主动脉及肾脏的增强信号，继而捕捉泌尿系统初始引流动态（多数病例可见），最终据此计算定量参数并生成增强 - 排泄曲线 [68]。增强 - 排泄曲线可显示主动脉、肾实质、肾盂和肾盏随时间变化的信号强度，其空间分辨率优于核医学检查。通过分析增强剂动力学获取的关键临床功能信息，可精准鉴别梗阻性与非梗阻性肾集合系统 [69]。

围产期 UTD 产后风险分层

根据现行 UTD 分类标准（图 4A、4B），产后患儿通过 RBUS 结果分为 3 级风险：低危 (UTD P1)、中危 (UTD P2) 和高危 (UTD P3) [18]。该分层有助于临床医生决定是否需要进一步开展如下尿路影像学检查 (VCUG 或 ceVUS) 或功能成像检查。

UTD 的产后管理

近 20 年来，研究重点聚焦于 UTD 患者的转归数据分析，旨在优化临床决策依据，明确哪些患者可切实从额外评估和治疗中获益。上述研究为 UTD 患者的产前及产后管理提供了建议，涵盖 US 监测频率、专科转诊指征、是否需要额外影像学检查及预防性抗生素应用等，但部分问题尚未达成共识（图 5 和 6）。

UTD 管理中的 UTI、肾瘢痕形成及抗生素的预防使用

UTI 的诊断和治疗不在本报告讨论范围内。本文所述 UTI 特指发热性 UTI，即临床拟诊为肾盂肾炎。影像学确认肾盂肾炎并非必须。

近期研究致力于探讨以下问题：UTD 患者发生 UTI 和肾瘢痕的发生率、UTI 发生的时间窗、特定人群是否有更高风险，以及预防性抗生素使用能否降低这些风险。本报告总结了当前证据，但该领域研究活跃，结论可能随新证据出现而更新。

UTD 患儿的 UTI 发生率及高危亚组人群

产前诊断 UTD 患儿的 UTI 发生率估计为 8% ～ 22%，并且扩张程度与 UTI 发生呈线性相关 [9]。SFU 多中心前瞻性肾积水注册研究 (2008—2020 年纳入 801 例患者）的新近数据表明，单侧肾积水患儿的总体 UTI 发生率为 4.2%，其中重度肾积水患儿的 UTI 发生率为 6.0%，轻度肾积水患儿为 3.2%[70]。该研究的另一份报告指出，在 200 余例患者中，输尿管扩张≥ 7 mm 是 UTI 的重要危险因素 [71]。这些发现与既往多项研究的结果一致，重度 UTD[3, 4, 72–78] 或肾盂输尿管积水 [3, 72, 76, 78, 79] 患儿的 UTI 发生率更高。其他高危因素包括女性性别 [1, 3, 15, 73, 75,80–82]、包皮完整 [1, 3, 19, 72, 73, 75]

及梗阻性尿路病变[78]（表 3A）。关于 UTD 合并 VUR 是否比单纯 UTD 更易发生 UTI 的研究结论尚不一致[1, 3, 15, 72–75, 77]。需要注意的是，多数研究排除了出生时已知尿路畸形（如孤立肾）的患儿，这些高危人群见表 3B。

对诊疗时机的认知将直接影响临床医生和患儿家属的决策。产后首次 US 检查前的 UTI 发生率较低 (1.4%)[83]。长期数据显示：SFU 多中心前瞻性注册研究数据表明在 213 例产前 UTD 患儿队列中，约 89% 的 UTI 发生在 1 岁以前[4]。

UTI 与肾瘢痕形成

预防 UTI 旨在避免短期并发症（如菌血症）和长期后遗症（如肾瘢痕、高血压、慢性肾病及肾功能衰竭）。Shaikh 等[84] 结合 RIVUR 和 CUTIE 研究数据的最新分析表明，UTI 次数越多，肾瘢痕形成风险越高，与单次 UTI 患儿相比，2 次 UTI 使肾瘢痕风险增加 12 倍，3 次 UTI 则增加 14 倍。已接受如厕训练、存在肾积水、高级别 VUR 或输尿管重复畸形的患儿的肾瘢痕风险也更高[85]。

表 3A　UDT 患儿的 UTI 危险因素

女性
包皮完整 (UTD P2 / P3 级)
UTD P3 级
远端输尿管扩张≥ 7 mm
VUR
梗阻性尿路病（表现为双侧 UTD)

表 3B　出生时已知存在泌尿系统疾病的儿童

肾盂输尿管连接部梗阻
后尿道瓣膜
异位输尿管
重复输尿管
孤立肾
多囊性发育不良肾
膀胱憩室
神经源性膀胱
膀胱外翻
脊柱裂
马蹄肾
交叉融合异位肾
泄殖腔外翻

连续抗生素预防使用在 UTD 患儿中的有效性

历史上，对产前 UTD 患儿，常经验性连续使用抗生素 (continuous antibiotic prophylaxis，CAP) 以预防 UTI 及后续的肾损伤。迄今尚无研究直接评估 CAP 对 UTD 患儿肾瘢痕的影响。多项研究包括部分荟萃分析探讨了 CAP 在其他人群（如 VUR 患儿）中预防肾瘢痕的效果，均未发现肾瘢痕减少的证据，尽管这些研究未能具备足够的统计学效力以解答该临床问题[85–93]。

近年来的研究对 CAP 在 UTD（尤其是低风险 UTD) 患者中的疗效提出质疑。Easterbrook 等 2017 年的荟萃分析发现，CAP 组 (9.9%) 与非 CAP 组 (7.5%) 的 UTI 率无显著差异[73]。Braga 等的早期研究显示，CAP 仅对重度 UTD 患者有效（需治疗数 NNT = 7)，对轻度者无效[74]。需注意这 2 项分析均未纳入随机对照研究。Holzman 等 2021 年的研究发现，CAP 对输尿管扩张 ≥ 7 mm 合并 VUR 的高风险 UTD 患者有效[71]；但同年 SFU 肾积水的注册研究数据显示，CAP 对单侧 UPJ 型肾积水无益，即使校正 UTD 分级或其他风险因素（如女性）后，结论相同[70]。其他 4 项综述和近期的 2 项观察性研究也存在差异性结果[72, 80, 81, 83, 94, 95]。

部分研究表明，包皮环切术对 UTD 男童预防 UTI 的效果与抗生素相当。鉴于多数 UTI 发生在 1 岁以内，1 岁后的发生率较低，临床医师可考虑在 12 月龄停用 CAP，除非患儿存在 VUR 或输尿管扩张 ≥ 7 mm。

多项针对非 UTD（如 VUR) 患儿的研究评估了 CAP 导致的细菌耐药性。2 项荟萃分析显示，CAP 使多重耐药感染风险增加了 6.5 ～ 9 倍[86,96]。Cochrane 综述也发现了类似趋势，但无统计学意义[97]。目前，CAP 对微生物组的影响也日益受到关注。

在美国，阿莫西林是新生儿 UTI 预防性用药的首选抗生素，因其可覆盖部分革兰阴性杆菌

和肠球菌。2 月龄后首选甲氧苄啶 - 磺胺甲噁唑 (trimethoprim-sulfamethoxazole，TMP-SMX)，该药的尿浓度高且耐药率低，但校正胎龄不足 2 月者使用 TMP-SMX 可能引起高胆红素血症而导致核黄疸。呋喃妥因同样有效，其主要经尿排泄，且组织穿透性弱，对肠道微生物组的影响较小。若选用头孢菌素，建议使用一代头孢以降低耐药风险 [98]。临床决策应基于本地耐药谱分析数据，综合参考医院耐药监测报告或社区抗生素敏感性数据源。

在 CAP 治疗之前，应与家人讨论 CAP 的益处和风险进行共同决策。一般而言，梗阻性 UTD 可能性越高，CAP 获益越大，其价值超越诱发多重耐药菌感染的潜在风险。

UTD 常见病因的产后诊断及辅助检查需求

UTD 的具体病因多通过产后 RBUS 或前述辅助检查确诊。产前 UTD 最常见的病因包括暂时性或生理性扩张、UPJ 梗阻和 VUR (表 4)。

暂时性 UTD

暂时性泌尿道扩张是 UTD 最常见的病因。近期的 2 项大型前瞻性研究证实，90% ～ 100% 的 P1 级 UTD 患儿在 4 岁前可自行缓解 [1, 2]。

表 4　尿路扩张的病因分类

非梗阻性 UTD 的病因	梗阻性尿路疾病的病因
- 暂时性或生理性扩张	输尿管梗阻
- VUR	- UPJ 梗阻
	- 输尿管囊肿
	- 异位输尿管
	- 梗阻性巨输尿管
	尿道梗阻
	- 后尿道瓣膜
	- 尿道闭锁
	- 其他

UPJ 梗阻

多数 UPJ 型 UTD 患者无需手术，可通过系列影像学检查进行观察随访 [81, 99]。多项研究表明，产前 APD 阈值可预测 UPJ 梗阻的手术可能 [17, 23, 100]。最新的一项纳入逾千例患者的研究证实，将 APD 临界值设定为 15 mm 可有效预测手术干预需求，并且产后测量值较产前更具临床指导价值 [36]。对高风险患者可行肾功能成像评估，但具体实践方案存在差异，部分学者主张采用连续 US 监测策略 [46, 99, 101, 102]。

VUR

过去 10 年内，对 VUR 及其肾功能影响的认识已显著更新。传统观点认为，产前诊断为 UTD 的患者需接受 VUR 筛查，因研究显示高达 31% 的产前 UTD 患儿存在 VUR[9, 103-105]。然而，产前 UTD 程度与 VUR 严重程度相关性较弱 [9]。基于 UTD 而筛查 VUR 的临床价值存在争议，因为无 UTI 且膀胱功能正常者行 VUR 筛查的意义尚不明确。VUR 患儿可分为 2 类：更常见的是反复发热性 UTI 患儿 (多为女性)，其肾瘢痕较少且 VUR 分级较低；较少见的是产前筛查发现的高级别 VUR 伴显著肾发育不良 (“反流性肾病”) 但无 UTI 的患儿 [103]。后者的 VUR 自愈率高且 UTI 发生率低 (尤其在包皮环切后)，提示对单纯产前 UTD 进行 VUR 筛查的意义可能不大。

在进一步前瞻性研究明确产前 UTD 患者筛查 VUR 的价值之前，应与家庭共同决策是否行 VCUG 或 ceVUS。性别、包皮状态和 (或) 输尿管扩张等危险因素可能减少预防性使用抗生素减轻 UTI 和 (或) 肾瘢痕形成的获益。

对严重的双侧 UTD 或孤立肾伴 UTD 的考量

本报告建议不针对严重的双侧 UTD 病例。伴输尿管扩张、膀胱形态异常及羊水过少的严重双侧 UTD

患者，需评估是否存在膀胱出口部梗阻，如后尿道瓣膜、尿道闭锁、Prune-Belly 综合征、盆腔肿块和脊柱裂等病因。产前怀疑膀胱出口梗阻者，临床医生应向患儿家长提供全面的咨询，内容涵盖鉴别诊断方案、对膀胱及肾功能的潜在影响以及产后评估与管理的可行策略。

产后怀疑膀胱出口梗阻的新生儿，需在出生 48 h 内经儿童泌尿外科和肾内科专科医师会诊，并给予膀胱减压、影像学检查和预防抗生素应用。虽然检测血清肾功能指标也是相当必要，但需注意新生儿早期的血肌酐水平。

关 键 建 议

1. UTD 的新生儿出院后必须获得规范照护，这包括随访影像学检查和专科医生随诊。临床治疗团队需共同制定诊疗计划，并通过多学科协作落实。所有医疗提供者与患者家庭或照护者之间需明确沟通职责划分，清晰界定以下责任，包括 UTI 风险监测与诊断、检查开具与结果解读、随访实施以及诊疗计划传达。应评估每一个家庭对随访照护的社会经济需求，并且在出院前协调必要支持措施以降低就医障碍。应评估每个家庭的社会经济需求，并在出院前协调落实必要支持措施，以降低就医障碍。

2. UTD 应按分级系统产前 (A1-3) 和产后 (P1-3) 进行分类。

3. **胎儿脊柱处于 6 点或 12 点位置时测量 APD，并且在每次进行 US 时，保持体位一致** [18]。

4. **低风险妊娠 (UTD A1 级)：若在孕 32 周前确诊，需在 ≥ 32 周时复查 US[18]，以评估病情变化**。产前 UTD 可能改善、稳定或进展。研究显示，孕中期 APD 在 4 ～ 8 mm 的病例中，约 80% 可在产前自行缓解 [106-108]。对任何持续存在的 UTD，均需进行产后评估。

5. **低风险 (UTD A1) 且孕 32 周后 US 显示缓解者：无需产后评估或监测**。虽然部分产前缓解的 UTD 患儿产后仍可能出现 UTD，但其发生 UT、肾功能恶化或需手术干预的风险极低 [109]。对于产前分类不完整的轻度或已缓解病例，应按 UTD A1 进行产后评估。

6. **对于妊娠期评估为低风险 (UTD A1 级) 且孕 32 周后持续存在的病例，产后评估应包括在出生后 48 h 至 6 周内进行 RBUS 检查**。US 检查应推迟至出生 48 h 后实施，以代偿胎儿娩出后发生的血容量减少现象。此类第 3 间隙液效应在出生后 24 ～ 48 h 逐步重新分布，可导致此期间实施的 US 检查低估 UTD 的程度 [110]。若临床情况稳定，此类低风险新生儿无需延长住院时间。为确保出生后 4 ～ 6 周再次进行 US 评估，可在出院前或首次初级保健访视时，开具 US 检查医嘱。特殊临床情况疑似膀胱出口梗阻 (后尿道瓣膜) 时，需在出生后 48 h 内行 US 检查，以评估是否需进行紧急的泌尿道减压干预。

7. **妊娠期间任何阶段诊断为高风险 (UTD A2-3 级) 的胎儿，应在分娩前每 4 周复查 1 次 US，以评估病情进展**。定期监测至关重要，因为 UTD 可能加重，并影响后续管理方案及分娩地点的选择 (普通医院 *vs* 三级医疗中心)。

8. **对于妊娠期曾诊断为高风险 (UTD A2-3 级) 的新生儿，应在住院期间进行 RBUS 检查，以评估是否需要预防使用抗生素或进一步行影像学检查。理想的检查时机为出生 48 h 之后**。住院时间除非怀疑膀胱出口梗阻，否则无需单纯为等待 US 检查而延长住院时间。

9. **高风险 (UTD A2-3 级) 妊娠应进行产前肾脏科和泌尿科会诊**。产前诊断的重要价值：为家庭提供充分的产前咨询，尤其是当新生儿可能需要紧急手术干预或存在肾功能严重受损风险时。提前沟通有助于家庭充分理解病情，并制定产后照护计划。会诊方式可采取面对面或远程会诊，与产科医生协作，共同制定产后管理方案。产前多学科会诊可使 UTD A2-3 级和双侧 UTD 的患儿获益。本指南不涉及 UTD 的胎儿干预指征，但部分医疗中心可针对膀胱出口梗阻提供干预措施，此时应与家庭充分讨论相关风险与获益。

10. **产后 US 需记录探头方向和患者体位**。在肾脏横断面 (对应肾门血管区域) 的中点位置测量 APD。测

量值应取肾皮质范围内的最大直径。应使用 UTD 分类系统的标准术语进行报告。执行产后 US 检查的医务人员应严格遵循 UTD 分级系统规定的标准化技术操作和报告规范，以确保不同研究之间数据的高度一致性 [18]。

11. **对于需要产后 US 监测的患儿，在终止 UTD 监测前，至少应完成 2 次肾脏 US 检查**。若首次 US 显示 UTD 已缓解，仍需在 3 ～ 6 个月后复查以确认持续缓解。研究显示，21% ～ 28% 的产前 UTD 患儿的首次产后 US 结果正常，但其中 45% 在后续复查中再次出现异常 [111]。

12. **经产后首次 US 检查确认为低风险 (UTD P1) 的患儿，建议在 3 ～ 6 个月内复查 US。不推荐项目：VCUG 或 ceVUS 检查、肾功能显像及抗生素预防**。预后特征：多数 UTD P1 患儿在 24 ～ 48 月龄自然缓解 [3,112]，Zee 等报道 90% 的 P1 患者在 48 月龄前缓解 [1]，Braga 研究显示 90% 在 4 岁前缓解 [2]。UTD 程度不能预测 VUR 的存在以及轻重程度，因此 UTD 分级不能单独作为进行产后 VCUG 或 ceVUS 的指征。UTI 风险应作为 VCUG 检查的主要判断标准。2 项大型的注册研究证实，低风险患儿早期行 VCUG 和抗生素预防无显著获益 [4, 112]。UTD 低风险患儿梗阻性尿路疾病的发生风险小于 %，除非扩张进展，否则无需进行肾功能显像 [1, 2]。

13. **经首次产后 US 检查确认为中风险 (UTD P2) 的患儿，建议在 1 ～ 3 个月复查 US。需基于患者的具体情况，考虑以下检查及干预措施，包括 VCUG 或 ceVUS 检查、肾功能显像检查以及预防性抗生素使用**。目前，在中风险患儿群体中，VCUG 或 ceVUS 检查、抗生素预防治疗以及肾功能显像对于预防 UTI 和肾功能损害的临床效用，尚缺乏充分的证据支持。应与患儿家属进行充分的知情讨论，内容包括检查项目的风险与获益、抗生素预防治疗的利弊评估、未来发生 UTI 的可能性、VUR 的预期检出率、治疗方案的选择以及疾病的自然病程等 [4, 112]。

14. **单侧或双侧输尿管直径 ≥7 mm，增加 UTI 风险。对该人群推荐预防使用抗生素以及进行 VCUG 或 ceVUS 检查** [71]。其他 UTI 危险因素包括女性、未行包皮环切术以及特定的泌尿系统诊断 [3, 4]。随访中，**临床医生应考虑在 12 月龄停用抗生素预防，除非确诊 VUR 或持续存在输尿管扩张 ⩾ 7 mm**。

15. **确诊为高风险 (UTD P3) 的患儿，应在产后首次 US 检查 1 个月后复查 US。推荐实施 VCUG 或 ceVUS 检查、抗生素预防治疗以及肾功能显像**。该组患儿具有以下最高风险：泌尿系感染 UTI，肾功能进行性恶化，需外科干预 [3, 4, 112]。VCUG 或 ceVUS 检查可在新生儿住院期间完成，若无膀胱出口梗阻（如后尿道瓣膜）疑虑，可推迟至第 2 次 US 检查时进行。持续存在 UTD P3 者，肾功能显像常规在 6 ～ 12 周龄实施。经 VCUG 或 ceVUS 排除 VUR 后，预防性抗生素的使用疗程需根据所怀疑的诊断来确定。

16. **肾功能显像检查应至少推迟至出生后 6 ～ 12 周进行，以确保肾血流发育完善，达到最佳的检测准确性**。出生后数月内肾脏尚未成熟，对 99mTc-MAG3 的摄取率较低，并且皮质通过时间延长。6 ～ 12 周龄前进行肾功能评估可能高估或低估实际的肾功能。肾功能显像检查通常不能准确预测远期结果 [63, 64]。

17. **所有 UTD 患儿均可根据以下情况转诊至肾内科和（或）儿童泌尿外科，具体取决于接诊医师对以下能力的专业把握度，包括 UTD 随访监测方案制定能力，以及向家长解析疾病对长期健康影响及自然病程的能力**。对以下高风险患儿建议早期进行专科会诊：肾功能恶化风险较高者 (UTD P2-3 级）以及可能需要手术干预者，以便早期开展共同决策。可采用远程医疗或线上会诊形式。

18. **所有已知 UTD 患儿若出现发热症状，均需考虑 UTI，尤其是未接受过下尿路影像学检查者。若 UTD 患儿确诊发热性 UTI，则应进行 VCUG 或 ceVUS 以评估是否存在 VUR**。当首次尿液分析提示 UTI 时，建议优先采用导尿标本尿液以降低污染率，避免过度检测和治疗。目前，对于伴上呼吸道症状或其他明确发热源的患儿，是否需要进行常规尿检，尚无共识，但需强调的是，即使存在其他症状，仍应高度警惕合并 UTI 的可能性。临床评估应以可疑症状为导向，

并采用共同决策模式。

缩略语

APD：anteroposterior renal pelvis diameter（肾盂前后径）

CAP：continuous antibiotic prophylaxis（持续抗生素预防）

ceVUS：contrast-enhanced voiding urosonography（对比增强排尿性超声尿路造影）

MRU：magnetic resonance urography（磁共振尿路成像）

RBUS：renal and bladder ultrasonography（肾脏膀胱超声检查）

RS：renal scintigraphy（肾静态显像）

SFU：Society for Fetal Urology（胎儿泌尿学会）

UPJ：ureteropelvic junction（输尿管肾盂连接部）

US：ultrasonography（超声）

UTD：urinary tract dilation（泌尿系统扩张）

UTI：urinary tract infection（尿路感染）

VCUG：voiding cystourethrogram（排尿性膀胱尿道造影）

VUR：vesicoureteral reflux（膀胱输尿管反流）

99mTc-DMSA：technetium-99m-labeled dimercaptosuccinic acid（锝 [99mTc] 二巯丁二酸）

99mTc-DTPA：technetium-99m-labeled diethylenetriamine penta-acetic acid（锝 [99mTc] 喷替酸盐）

99mTc-MAG3：technetium-99m-labeled mercaptoacetyl triglycine（锝 [99mTc] 巯基乙酰基三甘氨酸）

（张婷 译　严向明 校）

联系人：丁欣 etyxcbzx@suda.edu.cn

参考文献

1 Zee RS, Herndon CDA, Cooper CS, et al. Time to resolution: A prospective evaluation from the Society for Fetal Urology hydronephrosis registry. J Pediatr Urol. 2017;13(3):316.e1–316.e5. PubMed doi: 10.1016/j.jpurol.2016.12.012

2 Braga LH,McGrathM, Farrokhyar F, Jegatheeswaran K,Lorenzo AJ. Society for Fetal Urology classification vs urinary tract dilation grading system for prognostication in prenatal hydronephrosis: a time to resolution analysis. J Urol. 2017;0(0). PubMed doi: 10.1016/j.juro.2017.11.077

3 Braga LH, Farrokhyar F, D'Cruz J, Pemberton J, Lorenzo AJ. Risk factors for febrile urinary tract infection in children with prenatal hydronephrosis: a prospective study. J Urol. 2015;193(5)(suppl): 1766–1771. PubMed doi: 10.1016/j.juro.2014.10.091

4 Zee RS, Herbst KW, Kim C, et al. Urinary tract infections in children with prenatal hydronephrosis: A risk assessment from the Society for Fetal Urology Hydronephrosis Registry. J Pediatr Urol. 2016;12(4):261.e1–261.e7. PubMed doi: 10.1016/j.jpurol.2016.04.024

5 Park JM. Embryology of the genitourinary tract. In: Partin AW, Dmochowski R, Kavoussi L, Peters C, Wein A, eds. CambellWalsh Urology. 11th ed. Elsevier; 2016:2823–2848.

6 Gonçalves LF, Jeanty P, Piper JM. The accuracy of prenatal ultrasonography in detecting congenital anomalies. Am J Obstet Gynecol. 1994;171(6):1606–1612. PubMed doi: 10.1016/0002-9378(94)90411-1

7 Committee on Practice Bulletins—Obstetrics and the American Institute of Ultrasound in Medicine. Practice Bulletin No. 175: Ultrasound in pregnancy. Obstet Gynecol. 2016;128(6):e241– e256. PubMed doi: 10.1097/AOG.0000000000001815

8 American College of Obstetricians and Gynecologists. ACOG Practice Bulletin No. 101: Ultrasonography in pregnancy. Obstet Gynecol. 2009;113(2 Pt 1):451–461. PubMed doi: 10.1097/AOG.0b013e31819930b0

9 Lee RS, Cendron M, Kinnamon DD, Nguyen HT. Antenatal hydronephrosis as a predictor of postnatal outcome: a meta-analysis. Pediatrics. 2006;118(2):586–593. PubMed doi: 10.1542/peds.2006- 0120

10 Sidhu G, Beyene J, Rosenblum ND. Outcome of isolated antenatal hydronephrosis: a systematic review and meta-analysis. Pediatr Nephrol. 2006;21(2):218–224. PubMed doi: 10.1007/s00467-005-2100-9

11 Barbosa JABA, Chow JS, Benson CB, et al. Postnatal longitudinal evaluation of children diagnosed with prenatal hydronephrosis: insights in natural history and referral pattern. Prenat Diagn. 2012;32(13):1242–1249. PubMed doi: 10.1002/pd.3989

12 Andrés-Jensen L, Jørgensen FS, Thorup J, et al. The outcome of antenatal ultrasound diagnosed anomalies of the kidney and urinary tract in a large Danish birth cohort. Arch Dis Child. 2016;101(9):819–824. PubMed doi: 10.1136/archdischild-2015-309784

13 Madden-Fuentes RJ, McNamara ER, Nseyo U, Wiener JS, Routh JC, Ross SS. Resolution rate of isolated low-grade hydronephrosis diagnosed within the first year of life. J Pediatr Urol. 2014;

10(4):639–644. PubMed doi: 10.1016/j.jpurol.2014.07.004

14 Duin LK, Willekes C, Koster-Kamphuis L, Offermans J, Nijhuis JG. Fetal hydronephrosis: does adding an extra parameter improve detection of neonatal uropathies? J Matern Fetal Neonatal Med. 2012;25(7):920–923. PubMed doi: 10.3109/14767058.2011.600365

15 Coelho GM, Bouzada MCF, Pereira AK, et al. Outcome of isolated antenatal hydronephrosis: a prospective cohort study. Pediatr Nephrol. 2007;22(10):1727–1734. PubMed doi: 10.1007/s00467-007-0539-6

16 Psooy K, Pike J. Investigation and management of antenatally detected hydronephrosis. Can Urol Assoc J. 2009;3(1):69–72. PubMed doi: 10.5489/cuaj.1027

17 Coplen DE, Austin PF, Yan Y, Blanco VM, Dicke JM. The magnitude of fetal renal pelvic dilatation can identify obstructive postnatal hydronephrosis, and direct postnatal evaluation and management. J Urol. 2006;176(2):724–727. PubMed doi: 10.1016/j.juro. 2006.03.079

18 Nguyen HT, Benson CB, Bromley B, et al. Multidisciplinary consensus on the classification of prenatal and postnatal urinary tract dilation (UTD classification system). J Pediatr Urol. 2014;10(6): 982–998. PubMed doi: 10.1016/j.jpurol.2014.10.002

19 Sencan A, Carvas F, Hekimoglu IC, et al. Urinary tract infection and vesicoureteral reflux in children with mild antenatal hydronephrosis. J Pediatr Urol. 2014;10(6):1008–1013. PubMed doi: 10.1016/j. jpurol.2014.04.001

20 Dias CS, Silva JMP, Pereira AK, et al. Diagnostic accuracy of renal pelvic dilatation for detecting surgically managed ureteropelvic junction obstruction. J Urol. 2013;190(2):661–666. PubMed doi: 10.1016/j.juro.2013.02.014

21 Signorelli M, Cerri V, Taddei F, Groli C, Bianchi UA. Prenatal diagnosis and management of mild fetal pyelectasis: implications for neonatal outcome and follow-up. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol. 2005;118(2):154–159. PubMed doi: 10.1016/j.ejogrb.2004.04.023

22 Swenson DW, Darge K, Ziniel SI, Chow JS. Characterizing upper urinary tract dilation on ultrasound: a survey of North American pediatric radiologists' practices. Pediatr Radiol. 2015;45(5):686–694. PubMed doi: 10.1007/s00247-014-3221-8

23 Dhillon HK. Prenatally diagnosed hydronephrosis: the Great Ormond Street experience. Br J Urol. 1998;81(S2)(suppl 2): 39–44. PubMed doi: 10.1046/j.1464-410X.1998.0810s2039.x

24 Hothi DK, Wade AS, Gilbert R, Winyard PJD. Mild fetal renal pelvis dilatation: much ado about nothing? Clin J Am Soc Nephrol. 2009;4(1):168–177. PubMed doi: 10.2215/CJN.00810208

25 Fernbach SK, Maizels M, Conway JJ. Ultrasound grading of hydronephrosis: introduction to the system used bythe Societyfor Fetal Urology. Pediatr Radiol. 1993;23(6):478–480. PubMed doi: 10.1007/ BF02012459

26 Zanetta VC, Rosman BM, Bromley B, et al. Variations in management of mild prenatal hydronephrosis among maternal-fetal medicine obstetricians, and pediatric urologists and radiologists. J Urol. 2012;188(5):1935–1939. PubMed doi: 10.1016/j.juro.2012.07. 011

27 Ismail A, Elkholy A, Zaghmout O, et al. Postnatal management of antenatally diagnosed ureteropelvic junction obstruction. J Pediatr Urol. 2006;2(3):163–168. PubMed doi: 10.1016/j.jpurol.2005.07.005

28 Viteri B, Calle-Toro JS, Furth S, Darge K, Hartung EA, Otero H. Stateof-the-art renal imaging in children. Pediatrics. 2020;145(2):e20190829. PubMed doi: 10.1542/peds.2019-0829

29 Calle-Toro JS, Maya CL, Gorfu Y, Dunn E, Darge K, Back SJ. Supine versus prone positioning for ultrasound evaluation of postnatal urinary tract dilation in children. Pediatr Radiol. 2020;50(3):357–362. PubMed doi: 10.1007/s00247-019-04546-7

30 Djahangirian O, Young I, Dorgalli C, et al. Safe discharge parameters for patients with isolated antenatal hydronephrosis. J Pediatr Urol. 2018;14(4):321.e1–321.e5. PubMed doi: 10.1016/j.jpurol.2018.04.016

31 Zhang L, Liu C, Li Y, Sun C, Li X. Determination of the need for surgical intervention in infants diagnosed with fetal hydronephrosis in China. Med Sci Monit. 2016;22:4210–4217. PubMed doi: 10. 12659/MSM.897665

32 Wiener JS, O'Hara SM. Optimal timing of initial postnatal ultrasonography in newborns with prenatal hydronephrosis. J Urol. 2002;168(4 Pt 2):1826–1829. PubMed doi: 10.1016/S0022-5347 (05)64423-0

33 Laing FC, Burke VD, Wing VW, Jeffrey RB Jr, Hashimoto B. Postpartum evaluation of fetal hydronephrosis: optimal timing for follow-up sonography. Radiology. 1984;152(2):423–424. PubMed doi: 10.1148/radiology.152.2.6539930

34 Dejter SW Jr, Gibbons MD. The fate of infant kidneys with fetal hydronephrosis but initially normal postnatal sonography. J Urol. 1989;142(2 Pt 2):661–662. PubMed doi: 10.1016/S0022-5347(17)38846-8

35 Passerotti CC, Kalish LA, Chow J, et al. The predictive value of the first postnatal ultrasound in children with antenatal hydronephrosis. J Pediatr Urol. 2011;7(2):128–136. PubMed doi: 10.1016/j. jpurol.2010.09.007

36 Arora S, Yadav P, KumarM, et al. Predictors for the need of surgery in antenatally detected hydronephrosis due to UPJ obstruction–a prospective multivariate analysis. J Pediatr Urol. 2015;11(5): 248.e1–248.e5. PubMed doi: 10.1016/j.jpurol.2015.02.008

37 American College of Radiology. ACR Practice Guideline for

the Performance of Voiding Cystourethrography in Children. Amended 2006. Accessed March 25, 2025. https://raflibrary. com/wp-content/uploads/2022/08/VCUG-Pedi-Guidelines-VCUGPedi-Guidelines.pdf

38 Frimberger D, Mercado-Deane M-G, McKenna PH, et al; SECTION ON UROLOGY; SECTION ON RADIOLOGY. Establishing a standard protocol for the voiding cystourethrography. Pediatrics. 2016;138(5): e20162590. PubMed doi: 10.1542/peds.2016-2590

39 Phan V, Traubici J, Hershenfield B, Stephens D, Rosenblum ND, Geary DF. Vesicoureteral reflux in infants with isolated antenatal hydronephrosis. Pediatr Nephrol. 2003;18(12):1224–1228. PubMed doi: 10.1007/s00467-003-1287-x

40 Gloor JM, Ramsey PS, Ogburn PL Jr, Danilenko-Dixon DR, DiMarco CS, Ramin KD. The association of isolated mild fetal hydronephrosis with postnatal vesicoureteral reflux. J Matern Fetal Neonatal Med. 2002;12(3):196–200. PubMed doi: 10.1080/jmf.12.3.196.200

41 van Eerde AM, Meutgeert MH, de Jong TPVM, Giltay JC. Vesicoureteral reflux in children with prenatally detected hydronephrosis: a systematic review. Ultrasound Obstet Gynecol. 2007;29(4): 463–469. PubMed doi: 10.1002/uog.3975

42 Brophy MM, Austin PF, Yan Y, Coplen DE. Vesicoureteral reflux and clinical outcomes in infants with prenatally detected hydronephrosis. J Urol. 2002;168(4 Pt 2):1716–1719. PubMed doi: 10.1097/ 00005392-200210020-00014

43 Berrocal T, Pinilla I, Gutiérrez J, Prieto C, de Pablo L, Del Hoyo ML. Mild hydronephrosis in newborns and infants: can ultrasound predict the presence of vesicoureteral reflux. Pediatr Nephrol. 2007;22(1):91–96. PubMed doi: 10.1007/s00467-006-0285-1

44 Estrada CR, Peters CA, Retik AB, Nguyen HT. Vesicoureteral reflux and urinary tract infection in children with a history of prenatal hydronephrosis–should voiding cystourethrography be performed in cases of postnatally persistent grade II hydronephrosis? J Urol. 2009;181(2):801–806. PubMed doi: 10.1016/j.juro. 2008.10.057

45 Vemulakonda VM, Chiang G, Corbett ST. Variabilityin use ofvoiding cystourethrogram during initial evaluation of infants with congenital hydronephrosis. Urology. 2014;83(5):1135–1138. PubMed doi: 10.1016/j.urology.2013.11.011

46 Jackson JN, Zee RS,Martin AN, Corbett ST, Herndon CDA. A practice pattern assessment of members of the Society of Pediatric Urology for evaluation and treatment of urinary tract dilation. J Pediatr Urol. 2017;13(6):602–607. PubMed doi: 10.1016/j. jpurol.2017.03.032

47 Papadopoulou F, Efremidis SC, Oiconomou A, et al. Cyclic voiding cystourethrography: is vesicoureteral reflux missed with standard voiding cystourethrography? Eur Radiol. 2002;12(3):666– 670. PubMed doi: 10.1007/s003300101108

48 Riccabona M, Vivier PH, Ntoulia A, et al; ESPR Uroradiology Task Force. ESPR uroradiology task force imaging recommendations in paediatric uroradiology, part VII: standardised terminology, impact of existing recommendations, and update on contrastenhanced ultrasound of the paediatric urogenital tract. Pediatr Radiol. 2014;44(11):1478–1484. PubMed doi: 10.1007/s00247-014- 3135-5

49 Papadopoulou F, Anthopoulou A, Siomou E, Efremidis S, Tsamboulas C, Darge K. Harmonic voiding urosonography with a second-generation contrast agent for the diagnosis of vesicoureteral reflux. Pediatr Radiol. 2009;39(3):239–244. PubMed doi: 10.1007/s00247-008-1080-x

50 Darge K. Voiding urosonography with US contrast agents for the diagnosis of vesicoureteric reflux in children. II. Comparison with radiological examinations. Pediatr Radiol. 2008;38(1):54–63. PubMed doi: 10.1007/s00247-007-0528-8

51 Taylor AT. Radionuclides in nephrourology, part 1: Radiopharmaceuticals, quality control, and quantitative indices. J Nucl Med. 2014;55(4):608–615. PubMed doi: 10.2967/jnumed.113.133447

52 Taylor A Jr, Nally JV. Clinical applications of renal scintigraphy. AJR Am J Roentgenol. 1995;164(1):31–41. PubMed doi: 10.2214/ajr.164. 1.7998566

53 Ziessman HA. Genitourinary system. In: Ziessman HA, O'Malley J, Thrall J, eds. Nuclear Medicine: The Requisites. 4th ed. Elsevier; 2014:168–203.

54 Mujoomdar M, Russell E, Dionne F, et al. Optimizing Health System Use of Medical Isotopes and Other Imaging Modalities. Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2012.

55 Piepsz A, Ham H. Measurement of GFR in children: means of radionuclide technique. In: Prigent A, Piepsz A, eds. Functional Imaging in Nephro-Urology. Routledge; 2006:11–18, 31–35.

56 Stabin M, Taylor A Jr, Eshima D, Wooter W. Radiation dosimetry for technetium-99m-MAG3, technetium-99m-DTPA, and iodine-131-OIH based on human biodistribution studies. J Nucl Med. 1992;33(1): 33–40. PubMed

57 Durand E, Chaumet-Riffaud P, Grenier N. Functional renal imaging: new trends in radiology and nuclear medicine. Semin Nucl Med. 2011;41(1):61–72. PubMed doi: 10.1053/j.semnuclmed.2010.08.003

58 Esteves FP, Taylor A, Manatunga A, Folks RD, Krishnan M, Garcia EV. 99mTc-MAG3 renography: normal values for MAG3 clearance and curve parameters, excretory parameters, and residual urine volume. AJR Am J Roentgenol. 2006;187(6):W610–7. PubMed doi: 10. 2214/AJR.05.1550

59 Wong JC, Rossleigh MA, Farnsworth RH. Utility of technetium-99mMAG3 diuretic renography in the neonatal period. J Nucl

Med. 1995;36(12):2214–2219. PubMed

60 Bayne CE, Majd M, Rushton HG. Diuresis renography in the evaluation and management of pediatric hydronephrosis: What have we learned? J Pediatr Urol. 2019;15(2):128–137. PubMed doi: 10.1016/j.jpurol.2019.01.011

61 Chung S, Majd M, Rushton HG, Belman AB. Diuretic renography in the evaluation of neonatal hydronephrosis: is it reliable? J Urol. 1993;150(2 Pt 2):765–768. PubMed doi: 10.1016/S0022-5347(17)35609-4

62 Shulkin BL, Mandell GA, Cooper JA, et al. Procedure guideline for diuretic renography in children 3.0. J Nucl Med Technol. 2008; 36(3):162–168. PubMed doi: 10.2967/jnmt.108.056622

63 Treves ST, Baker A, Fahey FH, et al. Nuclear Medicine in the First Year of Life. PubMed doi: 10.2967/jnumed.110.084202

64 Gordon I, Piepsz A, Sixt R; Auspices of Paediatric Committee of European Association of Nuclear Medicine. Guidelines for standard and diuretic renogram in children. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2011;38(6):1175–1188. PubMed doi: 10.1007/s00259- 011-1811-3

65 Pavicevic PK, Saranovic DZ, Mandic MJ, et al. Efficacy of Magnetic Resonance urography in detecting crossing renal vessels in children with ureteropelvic junction obstruction. Ann Ital Chir. 2015; 86(5):443–449. PubMed

66 McMann LP, Kirsch AJ, Scherz HC, et al. Magnetic resonance urography in the evaluation of prenatally diagnosed hydronephrosis and renal dysgenesis. J Urol. 2006;176(4 Pt 2):1786–1792. PubMed doi: 10.1016/j.juro.2006.05.025

67 Leppert A, Nadalin S, Schirg E, et al. Impact of magnetic resonance urography on preoperative diagnostic workup in children affected by hydronephrosis: should IVU be replaced? J Pediatr Surg. 2002;37(10):1441–1445. PubMed doi: 10.1053/jpsu.2002. 35408

68 Khrichenko D, Darge K. Functional analysis in MR urography - made simple. Pediatr Radiol. 2010;40(2):182–199. PubMed doi: 10.1007/s00247-009-1458-4

69 Jones RA, Perez-Brayfield MR, Kirsch AJ, Grattan-Smith JD. Renal transit time with MR urography in children. Radiology. 2004; 233(1):41–50. PubMed doi: 10.1148/radiol.2331031117

70 Chamberlin JD, Braga LH, Davis-Dao CA, et al. Continuous antibiotic prophylaxis in isolated prenatal hydronephrosis. J Pediatr Urol. 2022;18(3):363.e1–363.e7. PubMed doi: 10.1016/j.jpurol. 2022.03.027

71 Holzman SA, Braga LH, Zee RS, et al. Risk of urinary tract infection in patients with hydroureter: An analysis from the Society of Fetal Urology Prenatal Hydronephrosis Registry. J Pediatr Urol. 2021; 17(6):775–781. PubMed doi: 10.1016/j.jpurol.2021.09.001

72 Silay MS, Undre S, Nambiar AK, et al. Role of antibiotic prophylaxis in antenatal hydronephrosis: A systematic review from the European Association of Urology/European Society for Paediatric Urology Guidelines Panel. J Pediatr Urol. 2017;13(3):306–315. PubMed doi: 10.1016/j.jpurol.2017.02.023

73 Easterbrook B, Capolicchio JP, Braga LH. Antibiotic prophylaxis for prevention of urinary tract infections in prenatal hydronephrosis: An updated systematic review. Can Urol Assoc J. 2017; 11(1–2Suppl1):S3–S11. PubMed doi: 10.5489/cuaj.4384

74 Braga LH, Mijovic H, Farrokhyar F, Pemberton J, DeMaria J, Lorenzo AJ. Antibiotic prophylaxis for urinary tract infections in antenatal hydronephrosis. Pediatrics 2013;131(1):e251–e261. PubMed doi: 10.1542/peds.2012-1870

75 Zareba P, Lorenzo AJ, Braga LH. Risk factors for febrile urinary tract infection in infants with prenatal hydronephrosis: comprehensive single center analysis. J Urol. 2014;191(5)(suppl):1614– 1618. PubMed doi: 10.1016/j.juro.2013.10.035

76 Herz D, Merguerian P, McQuiston L. Continuous antibiotic prophylaxis reduces the risk of febrile UTI in children with asymptomatic antenatal hydronephrosis with either ureteral dilation, highgrade vesicoureteral reflux, or ureterovesical junction obstruction. J Pediatr Urol. 2014;10(4):650–654. PubMed doi: 10.1016/j. jpurol.2014.06.009

77 Szymanski KM, Al-Said AN, Pippi Salle JL, Capolicchio JP. Do infants with mild prenatal hydronephrosis benefit from screening for vesicoureteral reflux? J Urol. 2012;188(2):576–581. PubMed doi: 10.1016/j.juro.2012.04.017

78 Lee JH, Choi HS, Kim JK, et al. Nonrefluxing neonatal hydronephrosis and the risk of urinary tract infection. J Urol. 2008;179(4): 1524–1528. PubMed doi: 10.1016/j.juro.2007.11.090

79 Braga LH, Pemberton J, Heaman J, DeMaria J, Lorenzo AJ. Pilot randomized, placebo controlled trial to investigate the effect of antibiotic prophylaxis on the rate of urinary tract infection in infants with prenatal hydronephrosis. J Urol. 2014;191(5)(suppl):1501–1507. PubMed doi: 10.1016/j.juro.2013.10.033

80 Leigh J, Rickard M, Sanger S, Petropoulos J, Braga LH, Chanchlani R. Antibiotic prophylaxis for prevention of urinary tract infections in the first year of life in children with vesicoureteral reflux diagnosed in the workup of antenatal hydronephrosis: a systematic review. Pediatr Nephrol. 2020;35(9):1639–1646. PubMed doi: 10. 1007/s00467-020-04568-6

81 Braga LH, McGrath M, Farrokhyar F, Jegatheeswaran K,Lorenzo AJ. Associations of initial Societyfor Fetal Urology grades and urinary tract dilatation risk groups with clinical outcomes in patients with isolated prenatal hydronephrosis. J Urol. 2017;197(3 Pt 2): 831–837. PubMed doi: 10.1016/j.juro.2016.08.099

82 Walsh TJ, Hsieh S, Grady R, Mueller BA. Antenatal hydronephrosis and the risk of pyelonephritis hospitalization during the first

year of life. Urology. 2007;69(5):970–974. PubMed doi: 10.1016/j.urology. 2007.01.062

83 Varda BK, Finkelstein JB, Wang HH, Logvinenko T, Nelson CP. The association between continuous antibiotic prophylaxis and UTI from birth until initial postnatal imaging evaluation among newborns with antenatal hydronephrosis. J Pediatr Urol. 2018;14(6): 539.e1–539.e6. PubMed doi: 10.1016/j.jpurol.2018.04.022

84 Shaikh N, Haralam MA, Kurs-Lasky M, Hoberman A. Association of renal scarring with number of febrile urinary tract infections in children. JAMA Pediatr. 2019;173(10):949–952. PubMed doi: 10.1001/jamapediatrics.2019.2504

85 Hoberman A, Greenfield SP, Mattoo TK, et al; RIVUR Trial Investigators. Antimicrobial prophylaxis for children with vesicoureteral reflux. N Engl J Med. 2014;370(25):2367–2376. PubMed doi: 10.1056/NEJMoa1401811

86 Wang HHS, Gbadegesin RA, Foreman JW, et al. Efficacy of antibiotic prophylaxis in children with vesicoureteral reflux: systematic review and meta-analysis. J Urol. 2015;193(3):963–969. PubMed doi: 10.1016/j.juro.2014.08.112

87 Hewitt IK, Pennesi M, Morello W, Ronfani L, Montini G. Antibiotic prophylaxis for urinary tract infection-related renal scarring: a systematic review. Pediatrics. 2017;139(5):e20163145. PubMed doi: 10.1542/peds.2016-3145

88 Hari P, Hari S, Sinha A, et al. Antibiotic prophylaxis in the management of vesicoureteric reflux: a randomized double-blind placebocontrolled trial. Pediatr Nephrol. 2015;30(3):479–486. PubMed doi: 10.1007/s00467-014-2943-z

89 Mattoo TK, Chesney RW, Greenfield SP, et al; RIVUR Trial Investigators. Renal scarring in the randomized intervention for children with vesicoureteral reflux (RIVUR) trial. Clin J Am Soc Nephrol. 2016;11(1):54–61. PubMed doi: 10.2215/CJN.05210515

90 Wang ZT, Wehbi E, Alam Y, Khoury A. A reanalysis of the RIVUR Trial using a risk classification system. J Urol. 2018;199(6):1608–1614. PubMed doi: 10.1016/j.juro.2017.11.080

91 Pennesi M, Travan L, PeratonerL, et al; North East Italy Prophylaxis in VUR study group. Is antibiotic prophylaxis in children with vesicoureteral reflux effective in preventing pyelonephritis and renal scars? A randomized, controlled trial. Pediatrics. 2008;121(6): e1489–e1494. PubMed doi: 10.1542/peds.2007-2652

92 Montini G, Rigon L, Zucchetta P, et al; IRIS Group. Prophylaxis after first febrile urinary tract infection in children? A multicenter, randomized, controlled, noninferiority trial. Pediatrics. 2008;122(5): 1064–1071. PubMed doi: 10.1542/peds.2007-3770

93 Garin EH, Olavarria F, Garcia Nieto V, Valenciano B, Campos A, Young L. Clinical significance of primary vesicoureteral reflux and urinary antibiotic prophylaxis after acute pyelonephritis: a multicenter, randomized, controlled study. Pediatrics. 2006; 117(3):626–632. PubMed doi: 10.1542/peds.2005-1362

94 Faiz S, Zaveri MP, Perry JC, Schuetz TM, Cancarevic I. Role of antibiotic prophylaxis in the management of antenatal hydrone phrosis,vesicoureteralreflux, and ureterocele in infants. Cureus. 2020; 12(7):e9064. PubMed doi: 10.7759/cureus.9064

95 Wong NC, Koyle MA, Braga LH. Continuous antibiotic prophylaxis in the setting of prenatal hydronephrosis and vesicoureteral reflux. Can Urol Assoc J. 2017;11(1–2S):20. PubMed doi: 10.5489/cuaj.4387

96 Selekman RE, Shapiro DJ, Boscardin J, et al. Uropathogen resistance and antibiotic prophylaxis: a meta-analysis. Pediatrics. 2018;142(1):e20180119. PubMed doi: 10.1542/peds.2018-0119

97 Williams G, Craig JC. Long-term antibiotics for preventing recurrent urinary tract infection in children. Cochrane Database Syst Rev. 2019;4(4):CD001534. PubMed doi: 10.1002/14651858.CD001534.pub4

98 Fusco NM, Islam S, Polischuk E. Optimal antibiotics at hospital discharge for children with urinary tract infection. Hosp Pediatr. 2020;10(5):438–442. PubMed doi: 10.1542/hpeds.2019-0301

99 Herndon CDA. The role of ultrasound in predicting surgical intervention for prenatal hydronephrosis. J Urol. 2012;187(5):1535– 1536. PubMed doi: 10.1016/j.juro.2012.02.011

100 Shamshirsaz AA, Ravangard SF, Egan JF, et al. Fetal hydronephrosis as a predictor of neonatal urologic outcomes. J Ultrasound Med. 2012;31(6):947–954. PubMed doi: 10.7863/jum.2012.31.6. 947

101 Burgu B, Aydogdu O, Soygur T, Baker L, Snodgrass W, Wilcox D. When is it necessary to perform nuclear renogram in patients with a unilateral neonatal hydronephrosis? World J Urol. 2012; 30(3):347–352. PubMed doi: 10.1007/s00345-011-0744-6

102 Erickson BA, Maizels M, Shore RM, et al. Newborn society of fetal urology grade 3 hydronephrosis is equivalent to preserved percentage differential function. J Pediatr Urol. 2007;3(5):382–386. PubMed doi: 10.1016/j.jpurol.2007.01.196

103 Herndon CD, McKenna PH, Kolon TF, Gonzales ET, Baker LA, Docimo SG. A multicenter outcomes analysis of patients with neonatal reflux presenting with prenatal hydronephrosis. J Urol. 1999; 162(3 Pt 2):1203–1208. PubMed doi: 10.1016/S0022-5347(01)68134-5

104 Nguyen HT, Herndon CDA, Cooper C, et al. The Society for Fetal Urology consensus statement on the evaluation and management of antenatal hydronephrosis. J Pediatr Urol. 2010;6(3):212–231. PubMed doi: 10.1016/j.jpurol.2010.02.205

105 Upadhyay J, McLorie GA, Bolduc S, Bägli DJ, Khoury AE, Farhat W. Natural history of neonatal reflux associated with prenatal

hydronephrosis: long-term results of a prospective study. J Urol. 2003; 169(5):1837–1841. PubMed doi: 10.1097/01.ju.0000062440.92454.cf

106 Feldman DM, DeCambre M, Kong E, et al. Evaluation and follow-up of fetal hydronephrosis. J Ultrasound Med. 2001;20(10):1065–1069. PubMed doi: 10.7863/jum.2001.20.10.1065

107 Podevin G, Mandelbrot L, Vuillard E, Oury JF, Aigrain Y. Outcome of urological abnormalities prenatally diagnosed by ultrasound. Fetal Diagn Ther. 1996;11(3):181–190. PubMed doi: 10.1159/000264300

108 Sairam S, Al-Habib A, Sasson S, Thilaganathan B. Natural history of fetal hydronephrosis diagnosed on mid-trimester ultrasound. Ultrasound Obstet Gynecol. 2001;17(3):191–196. PubMed doi: 10.1046/j.1469-0705.2001.00333.x

109 Scarborough PL, Ferrara E, Storm DW. Should prenatal hydronephrosis that resolves before birth be followed postnatally? Analysis and comparison to persistent prenatal hydronephrosis. Pediatr Nephrol. 2015;30(9):1485–1491. PubMed doi: 10.1007/ s00467-015-3080-z

110 Maclaurin JC. Changes in body water distribution during the first two weeks of life. Arch Dis Child. 1966;41(217):286–291. PubMed doi: 10.1136/adc.41.217.286

111 Aksu N, Yavas¸can O, Kangin M, et al. Postnatal management of infants with antenatally detected hydronephrosis. Pediatr Nephrol. 2005;20(9):1253–1259. PubMed doi: 10.1007/s00467- 005-1989-3

112 Capolicchio J-P, Braga LH, Szymanski KM. Canadian Urological Association/Pediatric Urologists of Canada guideline on the investigation and management of antenatally detected hydronephrosis. Can Urol Assoc J. 2018;12(4):85–92. PubMed doi: 10.5489/ cuaj.5094

【英文原件请参阅 *PEDIATRICS 2025;156(1):e2025071814*】