

冠状面小视野高分辨 DWI 在输尿管狭窄评估中的应用

王玮, 杨俊哲, 徐康洁, 李玮, 薛珂, 刘婧, 邱建星

【摘要】 目的:探究冠状面小视野(FOV)高分辨 DWI(MicroV DWI)对于输尿管狭窄影像评估的应用价值。方法:本研究前瞻性连续入组 51 例于 3.0T 行全泌尿系磁共振检查的输尿管狭窄伴积水患者。所有患者具备两组 DWI 图像:①常规全泌尿系全 FOV 轴面单激发平面回波成像(SS-EPI) DWI (C-DWI);②输尿管狭窄段冠状面小 FOV 高分辨 DWI(M-DWI)。两位读片者独立盲法定性评价 C-DWI 和 M-DWI 的图像质量,包括锐利度、变形、伪影及病变显示。对于输尿管狭窄段,定性分析狭窄处输尿管病变 DWI 图像信号增高程度,并定量测量两组 ADC 图中输尿管狭窄处的平均 ADC 值。两位读片者在两组图像上(组 1: T₂WI+C-DWI; 组 2: T₂WI+C-DWI+M-DWI)主观判断输尿管狭窄的良恶性。输尿管狭窄的良恶性最终通过临床、实验室检查、内镜及手术获取。结果:两位读片主观评价一致性好(Kappa=0.711~0.867)。M-DWI 图像锐利度、变形、伪影及病变显示均较 C-DWI 主观评分显著提高(P<0.05)。对于狭窄段定性分析在两组 DWI 图像上恶性狭窄大部分表现为信号明显增高,良性狭窄大部分表现为信号轻度或无增高,两组 DWI 图像上对于狭窄段信号增高程度的判断一致性好(读片者 1:Kappa=0.771;读片者 2:Kappa=0.670)。对于狭窄段 ADC 值的定量分析 M-DWI 的 ADC 值较 C-DWI 降低(P<0.001),但两组 ADC 值一致性好(ICC=0.916),两组 ADC 图上恶性狭窄 ADC 值均显著低于良性狭窄(P<0.001)。对于输尿管狭窄段良恶性判断,组 2(T₂WI+C-DWI+M-DWI)较组 1(T₂WI+C-DWI)对于输尿管恶性狭窄的诊断效能提高(组 1 AUC=0.863,组 2 AUC=0.962; P=0.021)。结论:冠状面小 FOV 高分辨 M-DWI 较常规全 FOV SS-EPI C-DWI 提高图像质量及输尿管狭窄的病变显示能力。在常规序列中额外加扫输尿管狭窄段小 FOV 高分辨 DWI 可提高输尿管良性狭窄的鉴别诊断能力。

【关键词】 输尿管疾病; 磁共振成像; 泌尿道; 癌, 基底细胞

【中图分类号】 R693; R445.2; R730.261; R322.63 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2022)06-0742-07

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.06.012

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Comparison of coronal reduced field-of-view diffusion-weighted imaging (DWI) and conventional axial DWI in the assessment of ureteral stenosis WANG Wei, YANG Jun-zhe, XU Kang-jie, et al. Department of Radiology, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China

【Abstract】 Objective: To investigate the value of coronal reduced field-of-view (FOV) high-resolution DWI (MicroV DWI) for the differentiation of benign and malignant ureteral stenosis. **Methods:** This prospective study enrolled 51 consecutive patients with ureteral stenosis and hydronephrosis who underwent urinary MRI examination at 3.0T. All patients have two sets of DWI images: (1) conventional axial full FOV (single shot planar echo imaging (SS-EPI) DWI (C-DWI); (2) coronal reduced FOV DWI (MicroV DWI, M-DWI) at ureteral stenosis. Two readers independently evaluated the image quality of C-DWI and M-DWI, including sharpness, distortion, artifacts and lesion conspicuity. Two readers qualitatively analyzed the signal intensity of two DWI images. One reader quantitatively measured the average ADC values at the ureteral stenosis. Two readers defined benign or malignant of the ureteral stenosis subjectively on two sets of images (set 1: T₂WI+C-DWI; set 2: T₂WI+C-DWI+M-DWI). The reference standards were obtained by combining clinical data, laboratory examination, en-

作者单位:100034 北京,北京大学第一医院医学影像科(王玮、杨俊哲、徐康洁、李玮、刘婧、邱建星);201807 上海,上海联影医疗科技股份有限公司中央研究院(薛珂)

作者简介:王玮(1987-),女,北京人,博士,主治医师,主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者:邱建星, E-mail: qjx761225@126.com

doscopy, or surgery. **Results:** Inter-reader agreement was good ($Kappa=0.711\sim 0.867$). Image quality of M-DWI was significantly improved compared with C-DWI ($P<0.05$). For qualitative analysis of signal intensity on DWI, two DWI images had good consistency (reader 1: $Kappa=0.771$; reader 2: $Kappa=0.670$). The ADC value of M-DWI was lower than that of C-DWI ($P<0.001$), and ADC value measurements were in good consistency ($ICC=0.916$). The ADC value of malignant stenosis were significantly lower than that of benign stenosis for both DWI ($P<0.001$). For differentiation of benign and malignant ureteral stenosis, set 2 ($T_2WI+C-DWI+M-DWI$) showed better diagnostic efficiency than set 1 ($T_2WI+C-DWI$) (AUC of set 1 = 0.863, AUC of set 2 = 0.962; $P=0.021$). **Conclusion:** Compared with the conventional full FOV SS-EPI DWI, the coronal high-resolution reduced-FOV M-DWI may provide higher image quality and improve ureteral stenosis visualization. Adding M-DWI to routine sequence may improve the diagnostic efficiency in the differential diagnosis of benign and malignant ureteral stenosis.

【Key words】 Ureteral diseases; Magnetic resonance imaging; Urinary tract; Carcinoma, basal cell

临床上输尿管良、恶性病变均可能会造成输尿管管腔狭窄,继而造成输尿管及肾脏集合系统的梗阻积水,影响肾脏功能。对于输尿管狭窄的良恶性病因鉴别以及检出恶性狭窄对于临床诊疗是非常必要的。多参数全泌尿系磁共振能够全面的评估泌尿系统的情况,较好的对输尿管狭窄及积水严重程度进行影像学评估^[1-3],尤其是 DWI 序列对于尿路上皮癌的检出及诊断有较高的临床应用价值^[4,5]。

目前临床应用的全泌尿系磁共振序列采用大范围全视野(field of view, FOV)扫描,上下范围包括肾脏、输尿管及膀胱^[6]。图像的空间分辨率一般,对于细小结构或病变的观察可能存在一定不足。输尿管是尿路梗阻常见的病变部位,其解剖特点为纵向走行的薄壁细管状结构,因其结构细小,高分辨图像可能能够更好显示输尿管及其病变,另外传统轴面 DWI 图像扫描显示的是输尿管的横断面,应用冠状面扫描可更大范围的观察显示输尿管狭窄纵向的病变形态特点。

传统单激发平面回波(single-shot echo-planar imaging, SS-EPI) DWI 采用全视野激发技术,容易出现伪影、变形及图像模糊^[7,8],对于输尿管观察可能会造成影响。MicroV DWI (United Imaging Healthcare) 采用并行激发技术,仅选择性继发小范围视野内的组织能够减少伪影、变形及图像模糊,提供更高质量及分辨率的图像。该技术已经被应用于很多脏器,包括乳腺、胰腺、肾脏、膀胱及前列腺等^[7,9-12],但是目前还无关于该序列在输尿管病变及输尿管狭窄鉴别诊断中应用的相关报道。

因此,为了优化输尿管的扫描方案,提高输尿管狭窄病因的诊断能力,本研究目的为探究冠状面高分辨 DWI 对于输尿管病变的显示情况及图像质量,以及该序列在输尿管狭窄性质判断中对于常规序列的额外补

充价值。

材料与方 法

1. 患者信息

前瞻性搜集 2020 年 11 月—2021 年 5 月于我院行全泌尿系磁共振检查的患者,入组通过常规 MRI 序列检出存在输尿管狭窄及上方积水的患者,于输尿管狭窄水平加扫冠状面薄层高分辨小 FOV DWI。患者出组标准:①已行输尿管手术;②未完成冠状面 DWI 或图像严重伪影;③有输尿管狭窄积水但无输尿管增厚或异常信号的肯定良性狭窄;④输尿管狭窄无法明确其良恶性。本研究通过本院伦理委员会审批,患者对研究内容知情且签署知情同意书。

2. 磁共振扫描信息

所有患者在 3.0T 磁共振(uMR 790, United Imaging Healthcare, Shanghai)完成扫描,使用两片腹部 12 通道线圈联合脊柱 32 通道线圈。扫描序列包括常规轴面 T_1WI , 冠面及轴面 T_2WI , MRU 重 T_2 权重水成像序列及两组 DWI 序列:①常规 DWI (C-DWI) 为全 FOV 轴面采集,范围包括全泌尿系(肾脏、输尿管及膀胱);② MicroV DWI (M-DWI) 为输尿管狭窄段冠状面小 FOV 高分辨率采集,范围为输尿管狭窄段局部。表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC 值)通过单指数模型计算得到。两组 DWI 扫描 b 值均为 50, 1000 s/mm^2 (表 1)。

3. 图像分析

两位读片者(A 和 B, 泌尿系统 MRI 诊断经验分别为 9 年和 11 年)分别独立在图像存储和传输系统(picture archiving and communication systems, PACS)上对图像进行主、客观分析。读片者对于患者的临床信息及病理结果均未知,但读片者已知所有患

表1 磁共振扫描参数

序列参数	轴位 T ₂ WI	轴位 C-DWI	冠状位 M-DWI
TR/TE(ms)	4385/81	3550/55	4000/52
FOV(mm)	300×400	260×400	120×230
矩阵	192×320	84×112	75×144
体素(mm ³)	1.56×1.25×5	3.57×3.57×5	1.6×1.6×3
层间隔(mm)	1	1	0
激励次数	2	2	1
翻转角(°)	90	90	90
带宽(Hz/Pixel)	260	2550	2000
b值(s/mm ²)	—	50,1000	50,1000
呼吸模式	呼吸触发	自由呼吸	自由呼吸
采集时间	7分34秒	3分42秒	3分56秒
扫描范围	全泌尿系	全泌尿系	输尿管狭窄段

者均有输尿管狭窄及积水。每组图像分析时间间隔2周。病例的顺序被随机排列。

图像质量分析:两位读片者对 C-DWI 和 M-DWI 的图像质量分别进行4分法主观评价,分别从图像锐利度(1,差;2,一般;3,好;4,优秀),图像变形(1,严重变形;2,中度变形;3,轻微变形;4,无变形),伪影(1,严重伪影,完全无法诊断;2,严重伪影,部分影响诊断;3,轻度伪影,不影响诊断;4,无伪影)及病变可见度(1,差,病变轮廓完全显示不清;2,一般,病变轮廓大部分显示不清;3,好,病变轮廓小部分显示不清;4,优秀,病变轮廓显示清晰)4个方面进行评分,图像质量的最终评分为上述4项评分的加和。

输尿管狭窄处 DWI 信号强度及平均 ADC 值:两位读片者分别于两组 DWI 图像上主观判断输尿管狭窄处较正常输尿管信号强度的增高程度(1,信号未见增高;2,信号轻度增高;3,信号明显增高)。

读片者 A 于 PACS 上测量输尿管狭窄处的平均 ADC 值,分别于 C-DWI 和 M-DWI 输尿管狭窄处病变最大面积层面,利用 PACS 上光标定位工具在相同病变位置放置相同面积的圆形 ROI,客观测定输尿管狭窄处的平均 ADC 值,参考 $b = 50\text{s/mm}^2$ 图像,将 ROI 放置输尿管病变信号均匀处(管壁增厚或肿块区域),重复测量3次 ADC 值,取3次测量的平均值作为最终的平均 ADC 值。

输尿管狭窄良恶性主观分析:两名读片者分2次分别阅读2套 MRI 图像:① T₂WI + C-DWI;② T₂WI + C-DWI + M-DWI,对输尿管狭窄的良恶性进行主观判定:1,肯定良性;2,可能良性;3,不确定;4,可能恶性;5,肯定恶性。综合输尿管狭窄段形态改变及 DWI 序列信号特点,输尿管狭窄被定义为恶性的参考标准:管壁不规则增厚,管腔内结节或占位,管腔截断性狭窄, T₂WI 呈高信号, DWI ($b = 1000\text{s/mm}^2$) 明显高信号且 ADC 图呈低信号。4~5分被认为是恶性,1~3分认为是良性。结果不一致时通过与另一位高年资 MRI 医师 C(泌尿 MRI 诊断经验16年)进行协商以达

成一致。

4. 输尿管狭窄良恶性诊断金标准

输尿管狭窄的良恶性诊断结果通过临床信息及病理结果证实,包括尿液细胞学检测、输尿管镜活检或手术切除。当病理或细胞学检测发现恶性细胞时,输尿管狭窄被判定为恶性狭窄。若无恶性细胞检出则判定为良性狭窄。对于无法获得病理的通过临床、实验室检查及影像检查综合判定其狭窄性质。

5. 统计学分析

应用 SPSS 26(IBM)软件进行统计学分析。对于计数资料采用均值±标准差表示。在定性分析中,两位读片者的主观一致性通过 Kappa 检验评价, Kappa 值 > 0.6 被认为一致性良好。应用组内相关系数(interclass correlation coefficient, ICC)比较两组 DWI 图像 ADC 值的一致性。根据数据的正态性情况采用非参数检验比较两组 DWI 的主观评分及两组 ADC 值的差异。对于输尿管狭窄良恶性的判断,计算其敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值及诊断准确性。受试者工作曲线分析(receiver operating characteristic, ROC)曲线下面积(area under the curve, AUC)用于评价良恶性判定的诊断效能,并通过配对分析比较两组图像对于输尿管良恶性诊断 AUC 的差异性。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结果

1. 患者情况及诊断

在常规序列检出输尿管狭窄及积水的68例患者中,最终入组51例患者,另外17例患者出组(4例为术后;3例先天肾盂输尿管连接部狭窄及1例先天巨输尿管虽存在输尿管狭窄但管壁无异常信号或增厚,应该为良性狭窄,无需进一步鉴别;2例图像存在呼吸运动伪影;7例患者未获得最终组织病理学或影像随访复查结果)。

51例患者25例判定为恶性狭窄,11例行狭窄侧输尿管全切除术,14例行输尿管镜活检,手术或活检病理提示尿路上皮癌;其余26例判定为良性狭窄:1例行狭窄侧输尿管成形术,狭窄段病理提示慢性炎症;8例输尿管镜活检提示慢性炎症或纤维化;17例通过临床诊断、实验室检查及影像随访或对比既往图像(时间间隔110~705d,中位数464d)综合判断,最终判定为良性狭窄。

2. 图像质量评价

两位读片者对于图像质量评价的一致性良好, Kappa 值为 0.711~0.867(表2)。M-DWI 图像质量总分高于 C-DWI(读片者 A: 15.61 ± 0.75 , 13.84 ± 1.38 ; 读片者 B: 15.73 ± 0.53 , 13.59 ± 1.45 , $P < 0.001$)。

对于锐利度、变形、伪影及病变显示,两位读片者对于M-DWI的评分均高于C-DWI ($P < 0.05$)。

表2 C-DWI和M-DWI图像质量主观评分

图像质量	C-DWI	M-DWI	Kappa值	P值
锐利度			0.867	
读片者1	3.14±0.49	3.96±0.20		<0.001
读片者2	3.08±0.39	3.96±0.20		<0.001
变形			0.711	
读片者1	3.86±0.35	3.98±0.14		0.034
读片者2	3.78±0.42	4.00±0.00		0.001
伪影			0.822	
读片者1	3.65±0.48	3.82±0.39		0.039
读片者2	3.61±0.49	3.88±0.33		0.002
病变显示			0.834	
读片者1	3.10±0.83	3.86±0.35		<0.001
读片者2	3.12±0.84	3.88±0.33		<0.001
总分			—	
读片者1	13.84±1.38	15.61±0.75		<0.001
读片者2	13.59±1.45	15.73±0.53		<0.001

3. 输尿管狭窄处DWI信号强度及平均ADC值

对于C-DWI及M-DWI输尿管狭窄段的信号强度主观判定,两位读片者的一致性较好(Kappa=0.831)。C-DWI和M-DWI图像上主观判断输尿管狭窄段信号增高的程度一致性好(读片者A:Kappa=0.771;读片者B:Kappa=0.670)。读片者A读片结果,C-DWI恶性狭窄表现为信号明显增高23例(23/25),良性狭窄表现为信号轻度或无增高21例(21/26);M-DWI恶性狭窄表现为信号明显增高24例(24/25),良性狭窄表现为信号轻度或无增高22例(22/26)。读片者B读片结果,C-DWI恶性狭窄表现为信号明显增高23例(23/25),良性狭窄表现为信号轻度或无增高19例(19/26);M-DWI恶性狭窄表现为信号明显增高24例(24/25),良性狭窄表现为信号轻度或无增高22例(22/26)。

对于狭窄段的平均ADC值,在C-DWI和M-DWI上,两组ADC值的一致性较好(ICC=0.916),但M-DWI平均ADC值($1.24 \pm 0.44 \text{mm}^2/\text{s}$)低于C-DWI所得平均ADC值($1.48 \pm 0.51 \text{mm}^2/\text{s}$),其差异具有统计学意义($P < 0.001$)。两组DWI恶性狭窄的平均ADC值(C-DWI: $1.09 \pm 0.28 \text{mm}^2/\text{s}$; M-DWI: $0.93 \pm 0.24 \text{mm}^2/\text{s}$)均低于良性狭窄的平均ADC值(C-DWI: $1.86 \pm 0.38 \text{mm}^2/\text{s}$; M-DWI: $1.55 \pm 0.37 \text{mm}^2/\text{s}$),差异具有统计学意义($P < 0.001$)。两组DWI序列良恶性狭窄的平均ADC值情况见图1。

4. 输尿管狭窄处良恶性诊断效能

两位读片者对于输尿管狭窄处良恶性判断的主观一致性好(Kappa=0.882)。对于两套图像(组1: $T_2 \text{WI} + \text{C-DWI}$; 组2: $T_2 \text{WI} + \text{C-DWI} + \text{M-DWI}$)主观判断输尿管狭窄的良恶性的诊断效能(表3),组1诊断敏感度为22/25,特异度22/26,准确度44/51,阳性预测值22/26,阴性预测值22/25。组2诊断敏感度为25/25,特异度24/26,准确度49/51,阳性预测值为25/27,阴性预测值为24/24。两套图像的AUC间具有统计学差异(组1=0.863,组2=0.962, $P = 0.021$),其ROC曲线见图2。

表3 两组图像对于输尿管良恶性狭窄的诊断能力

诊断效能	$T_2 \text{WI} + \text{C-DWI}$	$T_2 \text{WI} + \text{C-DWI} + \text{M-DWI}$
敏感度(%)	88(22/25)	100(25/25)
特异度(%)	84.6(22/26)	92.3(24/26)
准确度(%)	86.3(44/51)	96.1(49/51)
阳性预测值(%)	84.6(22/26)	92.6(25/27)
阴性预测值(%)	88(22/25)	100(24/24)

C-DWI及M-DWI实际扫描图像及相应ADC图见图3和图4。

讨论

本研究通过与常规EPI-DWI比较,探究了冠状面小FOV M-DWI对于诊断输尿管狭窄良恶性的额外价值。与常规全FOV轴面C-DWI相比,输尿管狭窄段的小FOV M-DWI序列提高了图像质量及病变显示,降低了图像伪影及变形,更有利于输尿管细小结构的观察及病变评估。对于输尿管良恶性的判定增加了M-DWI($T_2 \text{WI} + \text{C-DWI} + \text{M-DWI}$)后,较常规序列($T_2 \text{WI} + \text{C-DWI}$)提高了对于输尿管狭窄良恶性判定

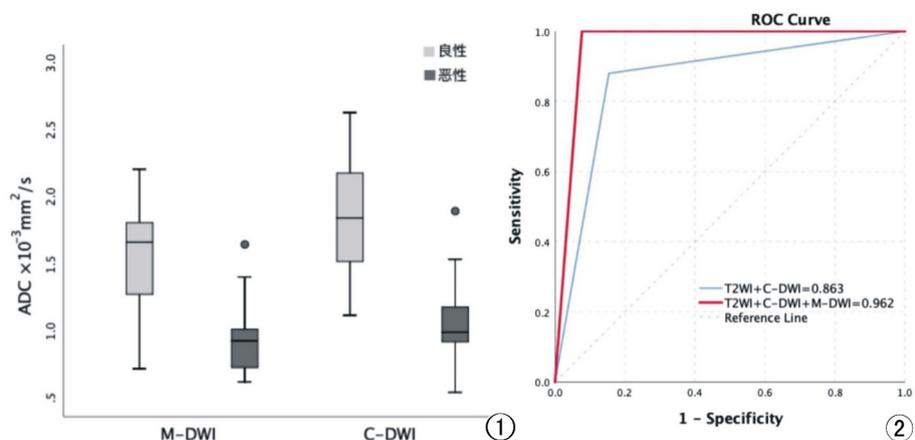


图1 M-DWI和C-DWI良、恶性狭窄处平均ADC值箱图。M-DWI平均ADC值低于C-DWI平均ADC值,两组DWI中恶性狭窄平均ADC值均低于良性狭窄平均ADC值($P < 0.001$)。图2 ROC曲线反映两组序列的诊断效能,加扫M-DWI序列($T_2 \text{WI} + \text{C-DWI} + \text{M-DWI}$)较常规序列($T_2 \text{WI} + \text{C-DWI}$)的ROC曲线下面积显著提高($P = 0.021$)。

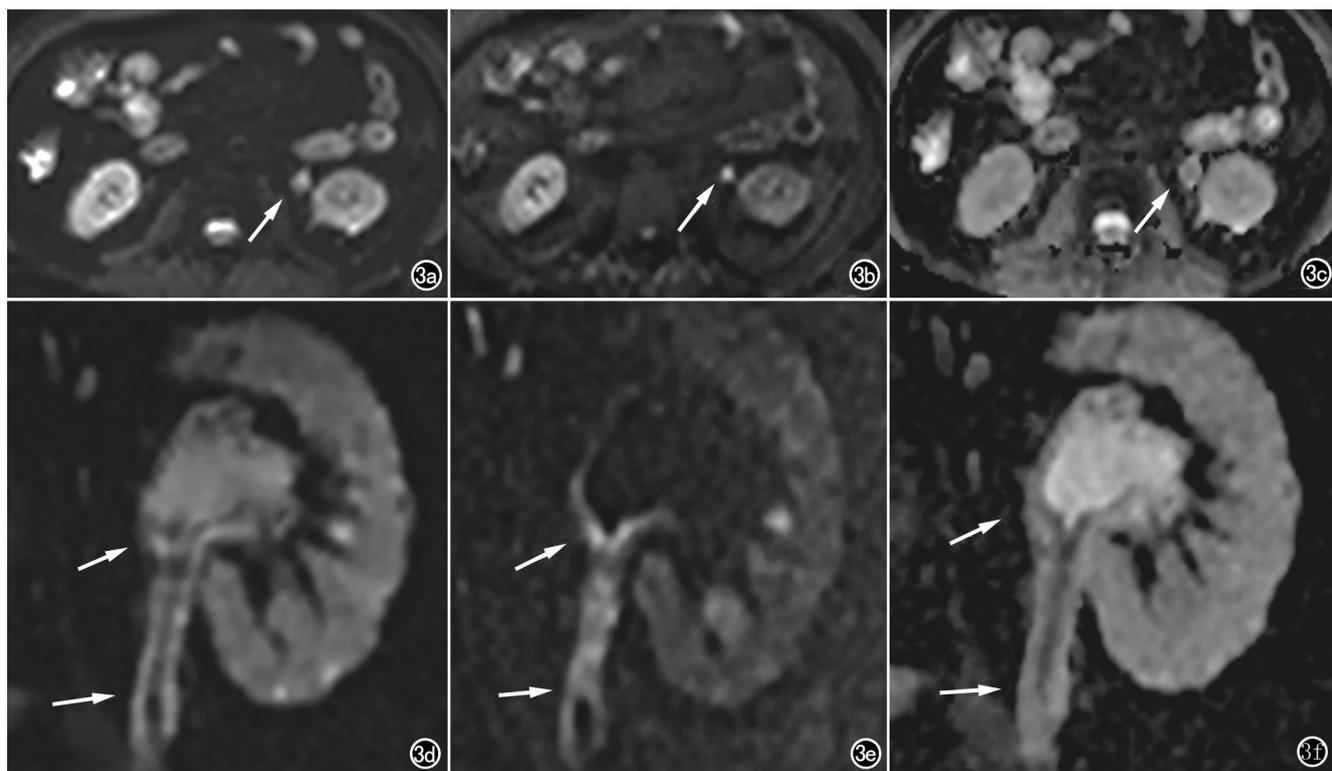


图3 男,47岁。左输尿管上段管腔狭窄继发左肾积水,行左肾输尿管全切术确诊左输尿管上段尿路上皮癌(T1期)。a)轴面C-DWI($b=50\text{s}/\text{mm}^2$)示左侧输尿管上段管壁环周增厚(箭);b)轴面C-DWI($b=1000\text{s}/\text{mm}^2$)示左输尿管上段病变呈显著高信号(箭);c)C-DWI同层面ADC图显示左输尿管上段病变呈扩散受限低信号(箭);d)冠面M-DWI($b=50\text{s}/\text{mm}^2$)示左输尿管上段管壁节段性增厚,管腔狭窄(箭);e)冠面M-DWI($b=1000\text{s}/\text{mm}^2$)示左输尿管上段管壁呈节段性高信号,范围局限分界截然(箭),符合恶性狭窄特点;f)M-DWI同层面ADC图显示左输尿管上段管壁呈节段性扩散受限低信号(箭)。

的诊断效能。

临床上输尿管良性病变继发管腔狭窄原因包括管壁的纤维化、水肿、炎症、感染(例如结核)等,对于这一类患者不需要有创的手术进行治疗,而对于输尿管恶性肿瘤(如尿路上皮癌)造成的输尿管恶性狭窄,通常首选手术进行治疗^[13]。因此如果影像学检查能够准确诊断或排除引起输尿管狭窄的恶性病变,对于之后的临床治疗方法选择有很大的指导意义。

传统SS-EPI DWI在腹部扫描中容易在相位编码方向出现变形^[8,9,14],造成图像质量下降,可能影响病变细节观察。M-DWI从两个方向选择性的激发小FOV感兴趣区,降低相位编码方向FOV,实现相位编码方向k空间快速转换、更短的回波链及更高的采样带宽,较常规DWI对于细小解剖结构及病变的显示更有优势^[15,16]。该技术可以用于多平面扫描,实现冠状面小FOV高分辨DWI的扫描。本研究发现M-DWI较常规C-DWI图像质量显著提升,M-DWI图像锐利度、伪影、变形及病变显示情况的主观评价均优于C-DWI,同时本研究中的M-DWI序列较常规全C-DWI提高了层面内分辨率,对于输尿管狭窄局部细节

观察更有优势。

恶性病变(例如尿路上皮癌)较良性病变(例如炎症)具有更高的细胞密度及水分子扩散受限,理论上良恶性病变间DWI信号增高程度及ADC值会存在一定的差异性^[17]。本研究中两组DWI图像恶性狭窄病变处信号增高程度高于良性狭窄,大部分恶性狭窄表现为DWI信号显著增高,大部分良性狭窄表现为DWI信号轻度或无增高。M-DWI和C-DWI判断狭窄段处信号增高程度一致性好。对于两组ADC图的定量分析,M-DWI的平均ADC值低于C-DWI。既往部分研究小FOV DWI与常规DWI平均ADC值并无统计学差异^[8,14,18],但也有部分研究发现小FOV DWI的ADC值低于常规DWI^[19,20],与本研究结果一致。对于各个研究得到的两组DWI平均ADC值的差异性,可能是由于ADC值受到扫描设备、扫描参数、扫描组织器官及疾病等多方面因素的影响^[14]。因此不同机构不同设备不同研究中ADC的绝对值可比性较低。本研究中两组DWI的ADC值虽然存在数值差异,但其一致性很好,同时两组DWI恶性狭窄输尿管狭窄的ADC值均显著低于良性狭窄,与恶性狭窄较

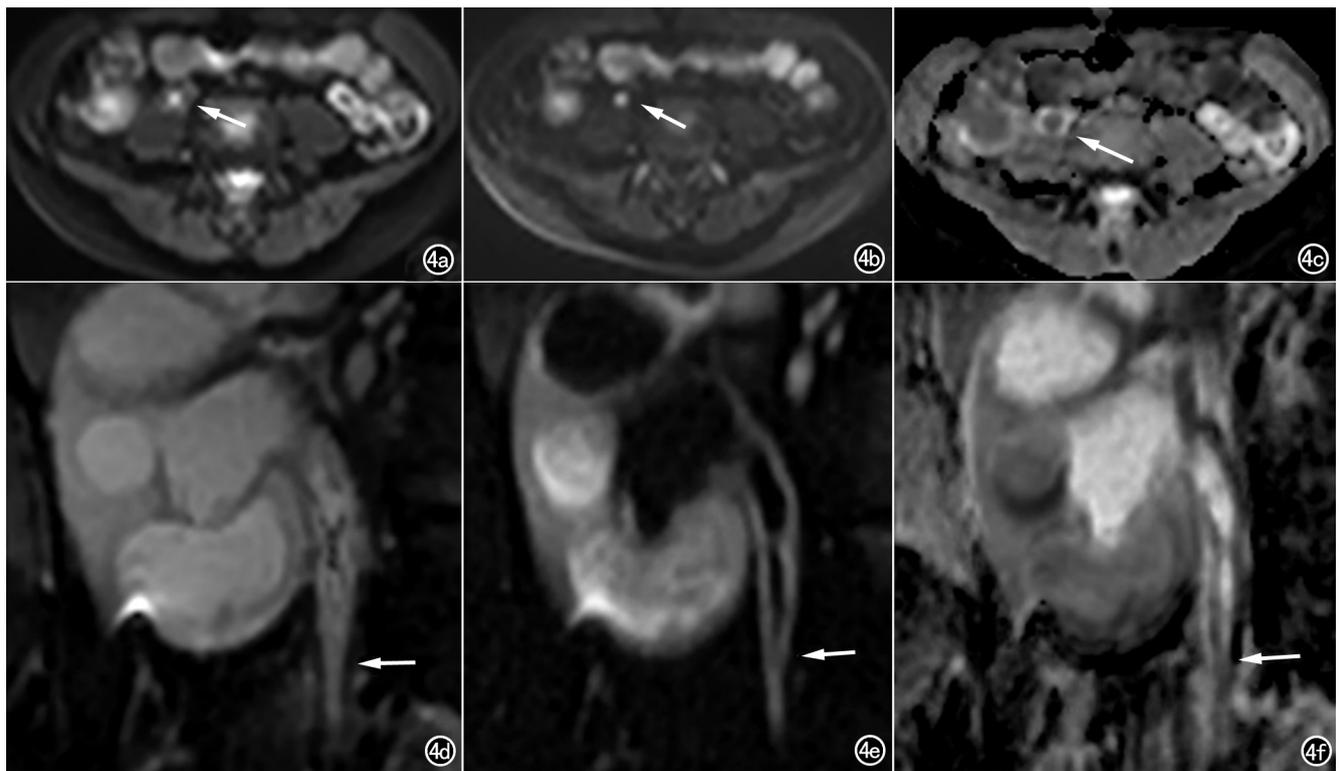


图4 女,38岁。右输尿管上段管腔狭窄,右肾集合系统扩张。临床及实验室检查确诊泌尿系结核。a) 轴面 C-DWI($b=50\text{s/mm}^2$)示右输尿管上段管壁环周增厚(箭); b) 轴面 C-DWI($b=1000\text{s/mm}^2$)示右输尿管上段病变呈高信号(箭); c) C-DWI 同层面 ADC 图示(箭)右输尿管上段病变呈扩散受限低信号(箭); d) 冠面 M-DWI($b=50\text{s/mm}^2$)示右肾盂、右输尿管上段管壁均匀增厚,管腔渐进性狭窄(箭); e) 冠面 M-DWI($b=1000\text{s/mm}^2$)示右肾盂、右输尿管上段增厚管壁呈轻度高信号,范围广泛,符合炎性病变特点(箭),右侧扩张肾盏内可见积脓; f) M-DWI 同层面 ADC 图示右肾盂、右输尿管上段管壁呈中等偏低信号(箭)。

良性狭窄具有更高细胞密度的病理基础相符合^[21]。

除了功能序列 DWI 信号及 ADC 值的差异,良恶性狭窄的形态学特征也存在一定的差异。在常规轴位图像上,一部分尿路上皮癌与良性病变具有重叠的影像学表现,表现为管壁环周均匀或不均匀增厚及管腔狭窄,而非肿块^[4,22]。而在冠面图像上恶性输尿管狭窄通常病变较局限,与相邻正常输尿管管壁分界截然,而良性输尿管狭窄通常呈渐进性变窄,病变与正常输尿管间可能分界不清。基于以上影像学特征,冠状面可能较轴面能够提供更多的诊断信息,纵向的显示输尿管病变的全貌及其与周围正常输尿管分界情况^[23]。本研究通过比较常规序列($T_2\text{WI}+\text{C-DWI}$)与加扫冠面 M-DWI 序列($T_2\text{WI}+\text{C-DWI}+\text{M-DWI}$),发现加扫狭窄段的冠状面小 FOV M-DWI 提高了对于输尿管狭窄良恶性判断的诊断效能,其诊断敏感度、特异度及准确度均较常规序列有所提升(达 90% 以上),其中敏感度及阴性预测值高达 100%,对于输尿管的恶性狭窄有较强的检出及排除诊断能力。

本研究存在一定的局限性。①对于狭窄性质的判断,有部分良性狭窄患者未获得组织病理结果作为参

考标准,但上述患者临床表现及实验室检查结果均倾向良性,且具有影像随访复查验证其良性特性。②对于 C-DWI 和 M-DWI 的 ADC 定量分析,虽然尽量保证在轴面及冠状面图像上病变的同一区域放置 ROI,但轴面和冠面 ROI 范围内的包含的组织结构必然存在着差异,因此两组 DWI 间 ADC 值的差异性可能也与扫描方位不同有关。比较轴面 C-DWI 和轴面 M-DWI 可能更能反映两组 DWI 序列的差异,但在常规多参数泌尿系磁共振扫描方案中加入两个 M-DWI 序列,对于整个方案的时间负担较重,轴面 M-DWI 亦无法反映输尿管纵向长轴的影像特征。③由于 M-DWI 为小 FOV 扫描,扫描范围为输尿管狭窄段病变局部,无法对输尿管全长的情况进行全面评估。

综上所述,冠状面小 FOV 高分辨 DWI 较常规全 FOV 常规 DWI 提高图像质量及输尿管狭窄的病变显示。在常规序列中额外加扫 M-DWI,可以提高磁共振对于输尿管良恶性狭窄的鉴别诊断能力。

志谢:感谢上海联影医疗科技股份有限公司的李建森以及滕艳群对磁共振序列的调试

参考文献:

- [1] Abreu-Gomez J, Udare A, Shanbhogue KP, et al. Update on MR urography (MRU): technique and clinical applications[J/OL]. *Abdominal Radiology*, 2019, 44(12): 3800-3810. <https://doi.org/10.1007/s00261-019-02085-1>. DOI: 10.1007/s00261-019-02085-1.
- [2] Kadam D, Patil S, Dhok A, et al. MR urography in evaluating obstructive uropathy: one stop shop[J]. *International Surgery Journal*, 2019, 6(3): 944. DOI: 10.18203/2349-2902.isj20190829.
- [3] Leyendecker JR, Barnes CE, Zagoria RJ. MR urography: techniques and clinical applications[J]. *Radiographics*, 2008, 28(1): 23-46. DOI: 10.1148/rg.281075077.
- [4] Honda Y, Nakamura Y, Teishima J, et al. Clinical staging of upper urinary tract urothelial carcinoma for T staging: review and pictorial essay[J]. *International Journal of Urology*, 2019, 26(11): 1024-1032. DOI: 10.1111/iju.14068.
- [5] Roy C, Labani A, Alemann G, et al. DWI in the etiologic diagnosis of excretory upper urinary tract lesions: can it help in differentiating benign from malignant tumors? A retrospective study of 98 patients[J]. *Am J Roentgenology*, 2016, 207(1): 106-113. DOI: 10.2214/AJR.15.15652.
- [6] Rouvire O, Cornelis F, Brunelle S, et al. Imaging protocols for renal multiparametric MRI and MR urography: results of a consensus conference from the french society of genitourinary imaging[J]. *Eur Radiology*, 2020, 30(4): 2103-2114. DOI: 10.1007/s00330-019-06530-z.
- [7] Warndahl BA, Borisch EA, Kawashima A, et al. Conventional vs. reduced field of view diffusion weighted imaging of the prostate: comparison of image quality, correlation with histology, and inter-reader agreement[J/OL]. *Magnetic Resonance Imaging*, 2018, 47(October 2017): 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2017.10.011>. DOI: 10.1016/j.mri.2017.10.011.
- [8] Wu S, Zou X, Wang Q, et al. Gallbladder carcinoma: an initial clinical experience of reduced field-of-view diffusion-weighted MRI[J]. *Cancer Imaging*, 2020, 20(1): 1-8. DOI: 10.1186/s40644-020-00326-x.
- [9] He M, Xu J, Sun Z, et al. Prospective comparison of reduced field-of-view (RFOV) and full FOV (FFOV) diffusion-weighted imaging (DWI) in the assessment of insulinoma: image quality and lesion detection[J/OL]. *Academic Radiology*, 2020, 27(11): 1572-1579. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2019.11.019>. DOI: 10.1016/j.acra.2019.11.019.
- [10] Cho E, Lee JH, Baek HJ, et al. Clinical feasibility of reduced field-of-view diffusion-weighted magnetic resonance imaging with computed diffusion-weighted imaging technique in breast cancer patients[J]. *Diagnostics*, 2020, 10(8): 1-15. DOI: 10.3390/diagnostics10080538.
- [11] Wang Y, Li Z, Meng X, et al. Nonmuscle-invasive and muscle-invasive urinary bladder cancer: image quality and clinical value of reduced field-of-view versus conventional single-shot echo-planar imaging DWI[J]. *Medicine (United States)*, 2016, 95(10): 1-9. DOI: 10.1097/MD.0000000000002951.
- [12] He YL, Hausmann D, Morelli JN, et al. Renal zoomed EPI-DWI with spatially-selective radiofrequency excitation pulses in two dimensions[J/OL]. *Eur J Radiology*, 2016, 85(10): 1773-1777. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.07.022>. DOI: 10.1016/j.ejrad.2016.07.022.
- [13] Roupr TM, Babjuk M, Comprat E, et al. European association of urology guidelines on upper urinary tract urothelial carcinoma: 2017 update[J]. *Eur Urology*, 2018, 73(1): 111-122. DOI: 10.1016/j.eururo.2017.07.036.
- [14] Chen M, Feng C, Wang Q, et al. Comparison of reduced field-of-view diffusion-weighted imaging (DWI) and conventional DWI techniques in the assessment of cervical carcinoma at 3.0T: image quality and FIGO staging[J/OL]. *Eur J of Radiology*, 2021, 137(1095): 109557. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.109557>. DOI: 10.1016/j.ejrad.2021.109557.
- [15] 吴思思, 李震, 邹显伦, 等. 小视野 DWI 对胆囊疾病的诊断价值[J]. *放射学实践*, 2018, 33(5): 464-467. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.05.005.
- [16] 郝永红, 潘初, 陈唯唯, 等. 小视野 DWI 技术在甲状腺结节诊断中的应用评价[J]. *放射学实践*, 2016, 31(8): 704-708. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.08.007.
- [17] Padhani AR, Liu G, Mu-Koh D, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging as a cancer biomarker: consensus and recommendations[J]. *Neoplasia*, 2009, 11(2): 102-125. DOI: 10.1593/neo.81328.
- [18] Peng Y, Li Z, Tang H, et al. Comparison of reduced field-of-view diffusion-weighted imaging (DWI) and conventional DWI techniques in the assessment of rectal carcinoma at 3.0T: image quality and histological T staging[J]. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 2018, 47(4): 967-975. DOI: 10.1002/jmri.25814.
- [19] Cai JS, Chen HY, Chen JY, et al. Reduced field-of-view diffusion-weighted imaging (DWI) in patients with gastric cancer: comparison with conventional DWI techniques at 3.0T: A preliminary study[J]. *Medicine (United States)*, 2020, 99(1): 1-7. DOI: 10.1097/MD.00000000000018616.
- [20] Mannelli L, Monti S, Corrias G, et al. Comparison of navigator triggering reduced field of view and large field of view diffusion-weighted imaging of the pancreas[J]. *J Computer Assisted Tomography*, 2019, 43(1): 143-148. DOI: 10.1097/RCT.0000000000000778.
- [21] Petralia G, Thoeny HC. DW-MRI of the urogenital tract: applications in oncology[J]. *Cancer Imaging*, 2010, 10(SPEC. ISS. A): 112-123. DOI: 10.1102/1470-7330.2010.9030.
- [22] Fritz GA, Schoellnast H, Deutschmann HA, et al. Multiphase multidetector-row CT (MDCT) in detection and staging of transitional cell carcinomas of the upper urinary tract[J]. *Eur Radiology*, 2006, 16(6): 1244-1252. DOI: 10.1007/s00330-005-0078-0.
- [23] Honda Y, Goto K, Sentani K, et al. T categorization of urothelial carcinomas of the ureter with CT: preliminary study of new diagnostic criteria proposed for differentiating T2 or lower from T3 or higher[J]. *Am J Roentgenology*, 2015, 204(4): 792-797. DOI: 10.2214/AJR.14.13167.

(收稿日期: 2021-08-01 修回日期: 2021-11-30)