·影像技术学 ·

膀胱癌 ss-EPI-、RESOLVE-和 iShim-DWI 图像质量的对比

王一倩,朱育婷,罗敏

目的:对比分析膀胱癌术前 ss-EPI、RESOLVE 和 iShim 序列 DWI 的图像质量,探讨 【摘要】 iShim-DWI 在膀胱癌术前诊断中的应用价值。方法:回顾性分析经手术病理证实的 97 例膀胱癌患者 (其中51例有明确的膀胱壁肌层浸润情况的病理结果)的MRI数据。所有患者术前在3.0T磁共振仪 上分别采用 ss-EPI、RESOLVE 和 iShim 序列行横轴面 DWI 扫描。由两位观察者独立对 3 种 DWI 序 列的图像质量进行定性和定量评估,同时观察和记录肿瘤是否侵犯膀胱壁肌层。定性评估使用李克特 量表 5 分法,评价内容包括解剖细节(膀胱轮廓和边缘)、图像失真、病变显著性(肿瘤信号强度)、伪影和 整体图像质量:定量测量指标包括病灶的信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)和 ADC 值。采用 Kappa 检 验分析观察者组间及组内图像质量评分的一致性,3种 DWI 序列图像质量定性评估结果的比较采用 Friedman M 秩和检验,定量评估的比较采用单因素方差分析和 SNK-q 检验,采用卡方检验和 ROC 曲 线评估 3 种序列对膀胱癌肌层浸润的诊断效能。结果:图像质量各项主观评分结果的观察者组间一致 性为良好~好(Kappa $\geqslant 0.75$,P < 0.001)。在显示膀胱癌的解剖细节和病变显著性方面,iShim与 ss-EPI序列之间评分的差异均无统计学意义(P>0.05),但两者均高于 RESOLVE 序列(P<0.001)。图 像失真、伪影和整体图像质量的主观评分方面,iShim-DWI均高于 ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI (P < 0.001)。3种 DWI 序列之间膀胱癌的 SNR 和 CNR 的总体差异均有统计学意义(P < 0.001), iShim-DWI 的 SNR 和 CNR 均高于 ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI(P<0.001)。三种 DWI 序列之间 膀胱癌的 ADC 值的差异无统计学意义(P=0.841)。IShim-DWI、ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI 对 膀胱癌肌层浸润的诊断符合率分别为 90.2%(46/51)、80.4%(41/51)和 80.4%(41/51), IShim-DWI 诊 断膀胱癌肌层浸润的 ROC 曲线下面积为 0.910(95% CI:0.796~0.972),高于 ss-EPI-DWI [0.798(95% $CI:0.662 \sim 0.897$), P = 0.017)和 RESOLVE-DWI $[0.790(95\% CI:0.654 \sim 0.892), P = 0.012]$ 。结论: 与 ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI 相比, iShim-DWI 在有效检出膀胱癌的同时可较好地显示肿瘤浸润 肌层的情况,有利于指导临床选择合适的治疗方案。

【关键词】 膀胱肿瘤;单层动态匀场;磁共振成像;扩散加权成像;图像质量 【中图分类号】R445.2;R737.14 【文献标志码】A 【文章编号】1000-0313(2022)12-1573-08 DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.12.019 开放科学(资源服务)标识码(OSID):



A comparative study of image quality of single-shot echo-planar imaging, readout segmentation of long variable echo-trains and integrated slice-specific dynamic shimming diffusion-weighted imaging for bladder cancer WANG Yi-qian, ZHU Yu-ting, LUO Min, et al. Department of Radiology, Shengli Clinical Medical College of Fujian Medical University, Fujian Provincial Hospital, Fuzhou 350001, China

[Abstract] Objective: To compare the image quality of diffusion-weighted imaging (DWI) using single-shot echo-planar imaging (ss-EPI), readout segmentation of long variable echo-trains (RE-SOLVE) and integrated slice-specific dynamic shimming (iShim) sequences for preoperative bladder cancer (BC), and to investigate the preoperative diagnostic value of iShim-DWI in BC patients. **Methods**: The MRI data of 97 patients with BC confirmed by pathology after operation were retrospectively analyzed, and 51 of them had definite information of bladder muscles invasion or not. All patients underwent preoperative axial DWI examination using ss-EPI, RESOLVE and iShim sequences at a 3.0T magnetic resonance scanner.Qualitative, quantitative assessment of the image quality and muscular invasion of the three sequences were evaluated independently by two observers.Qualitative assess-

ment index included anatomical details (bladder contour and edge), image distortion, lesion conspicuity (tumor signal intensity), artifacts and overall image quality were evaluated using a 5-point Likert scale. Quantitative assessment index included signal-to-noise ratio (SNR), contrast-to-noise ratio (CNR) and apparent diffusion coefficient (ADC). The inter- and intra-observer consistency of image quality scores were analysed using Kappa test.Qualitative assessment of image quality was compared using Friedman M rank sum test. Quantitative assessment of image quality was compared using onefactor ANOVA and SNK-q test. The diagnostic efficacy in tumor muscular invasion of the three DWI sequences were evaluated and compared using chi-square test and receiver operating characteristic (ROC) curve. Results: The inter-observer consistency in all subjective scores of image quality were good (all Kappa ≥ 0.75 , all $P \leq 0.001$). In terms of anatomical details and lesion conspicuity, there was no significant difference in the scores between iShim-DWI and ss-EPI-DWI (both P > 0.05), but the scores of the two sequences were higher than that of the RESOLVE-DWI with statistical difference (both $P \le 0.001$). The scores of iShim-DWI were higher than that of ss-EPI-DWI and RESOLVE-DWI in terms of image distortion, artifacts and overall image quality (all $P \leq 0.001$). The SNR and CNR among the three DWI sequences were statistically significant (both P < 0.001), and the SNR and CNR of iShim-DWI were higher than those of ss-EPI-DWI and RESOLVE-DWI (all P < 0.001). There was no significant difference in ADC values among the three sequences (P = 0.841). The accuracy of iShim-DWI,ss-EPI-DWI and RESOLVE-DWI in diagnosing muscular invasion was 90.2% (46/51),80.4% (41/51) and 80.4% (41/51), respectively. The area under the ROC curve of iShim-DWI in diagnosis of muscular invasion was 0.910 (95% CI: 0.796~0.972), which was higher than that of ss-EPI-DWI $[0.798 (95\% CI: 0.662 \sim 0.897), P = 0.017]$ and RESOLVE-DWI $[0.790 (95\% CI: 0.654 \sim 0.892), P = 0.017]$ 0.012].Conclusion: Compared with ss-EPI-DWI and RESOLVE-DWI, iShim-DWI can not only effectively detect bladder cancer, but also better display the muscle layer infiltration, which was conducive to guide the clinical selection of appropriate treatment plan.

[Key words]Bladder neoplasm; Integrated slice-specific dynamic shimming; Magnetic resonance imaging; Diffusion-weighted imaging; Image quality

膀胱癌是泌尿系统最常见的恶性肿瘤,根据肿瘤 是否侵及固有肌层分为非肌层浸润性和肌层浸润性膀 胱癌,前者主要通过经尿道膀胱肿瘤切除术进行治疗, 而后者预后差,最有效的治疗方式是根治性膀胱切除 术,因此术前评估膀胱癌肌层浸润与否的准确性直接 影响患者的治疗和预后^[1]。MRI已被广泛用于膀胱 癌的诊断和局部分期,其成像质量会影响放射科医师 对膀胱癌病灶的检出和肿瘤是否侵犯肌层的判断,因 此优化扫描参数以获得良好图像是检测和评估病变的 关键。

DWI 具有良好的对比度分辨率和反映恶性组织 中水分子扩散受限的能力,评估膀胱癌分期的准确性 高。目前临床常规 DWI 序列采用单次激发平面回波 成像(single-shot echo-planar imaging,ss-EPI)技术, 该序列扫描速度快,但对磁场不均匀特别敏感,极易产 生伪影,尤其是磁敏感伪影(通常来自相邻肠道内的气 体)^[2],导致图像的几何失真,限制其识别肿瘤侵犯肌 层的能力,而且可影响到对小病灶的检出,从而降低诊 断准确性^[3]。因此,需要改进 DWI 扫描序列来改善图 像质量,提高对膀胱癌的诊断效能,这对于膀胱癌患者 选择最佳的治疗策略至关重要。近年来出现了一些新 的技术,如采用多次激发分段读出(readout segmentation of long variable echo-trains, RESOLVE)技术的 高分辨 DWI 序列,它可以将 k 空间轨迹在读出方向上 分成多个部分,提高空间分辨率并减少磁化率引起的 伪影和 T₂*模糊^[2,4];另一种采用单层动态匀场(integrated slice-specific dynamic shimming, iShim)技术 的 DWI 序列,在扫描过程中可以实时、逐层的动态优 化匀场,减少因场强不均匀导致的图像模糊,从而提高 DWI 质量^[5]。本研究通过是对比分析膀胱癌患者术 前 3.0T MRI 检查中 ss-EPI-DWI、RESOLVE-DWI 和 iShim-DWI 的图像质量,旨在探讨 iShim-DWI 在膀胱 癌术前诊断中的应用价值。

材料与方法

本研究方案经本院医学伦理委员会批准(K2020-03-115)。本研究系回顾性分析,无需患者签署知情同 意书。

1. 临床资料

选取 2019 年 11 月-2021 年 4 月在福建省立医院经手术病理证实的膀胱癌患者。纳入标准:①临床资料完整,经病理证实为膀胱癌;②术前行 MRI 检查, 扫描序列包括 ss-EPI-DWI、RESOLVE-DWI 和 iShim-DWI;③MRI 检查前未进行任何相关治疗。排除标准:患有严重慢性消耗性疾病、严重泌尿系统合并 症或其它原因(如膀胱充盈不佳、盆腔金属假体或植入物伪影等)使患者无法配合 MRI 检查,图像质量欠佳。

最终纳入 97 例膀胱癌患者, 男 86 例(88.66%), 女 11 例(11.34%), 年龄 20~88 岁, 平均(64.12± 11.97)岁。其中,58 例单发,39 例多发,在 MRI上共 发现 224 个肿瘤病灶。以肿瘤最大直径 1.0 cm 为临 界值^[10,14], 145 个病灶的直径 \geq 1.0 cm,中位数为 2.2 cm(上、下四分位数间距 1.5~3.4 cm);79 个病灶 的直径<1.0 cm,中位数为 0.6 cm(上、下四分位数间 距 0.5~0.7 cm)。术后病理结果:尿路上皮癌 95 例, 腺癌和小细胞癌各 1 例。97 例中,共 51 例有明确的 肌层浸润情况的评估结果,其中 30 例(58.8%)有肌层 浸润,21 例(41.2%)无肌层浸润;其余 46 例病理检查 仅提示了肿瘤组织的分化程度,故未被纳入 3 种 DWI 序列鉴别肿瘤肌层浸润的统计样本中。

2. MRI 检查方法

嘱患者于 MRI 检查前 6 h 排便,减少肠道气体干扰。检查前 40 min 排空尿液后,饮水 400~800 mL, 使膀胱适度充盈。

使用 Siemens Magnetom Prisma 3.0T 磁共振扫 描仪,32 通道集成脊柱线圈和 18 通道体线圈。患者 取仰卧位,MR 平扫序列包括横轴面、矢状面和冠状面 T_2 WI 以及横轴面 T₁WI、ss-EPI-DWI、RESOLVE-DWI 和 iShim-DWI,随后行横轴面、矢状面和冠状面 DCE-MRI 扫描。

DWI 扫描均采用并行采集技术 GRAPPA(generalized autocalibrating partially parallel acquisitions), 加速因子为 2,其它扫描参数如下。

① ss-EPI-DWI: TR 7000 ms, TE 50 ms, 视野 240 mm×211 mm,矩阵 100×88,层厚 3.5 mm,层间 距 0.0 mm,b 值为 50、600 和 1200 s/mm²(激励次数分 别为 2、3、4),带宽 2272 Hz/Px,采集时间 3 min 44 s; ② RESOLVE-DWI: TR 3210 ms, TE 41 ms,视野 240 mm×211 mm,矩阵 100×88,层厚 3.5 mm,层间 距 0.0 mm,b 值为 50、600 和 1200 s/mm²(激励次数均 为 1),带宽 2272 Hz/Px,采集时间 3 min 22 s; ③ iShim-DWI: TR 3700 ms, TE 48 ms,视野 240 mm× 211 mm,矩阵 100×88,层厚 3.5 mm,层间距 0.0 mm, b 值 50/600/1200 s/mm², Average 分别为 4、8、10,采 集带宽 2272 Hz/Px,采集时间 1 min 31 s。

3. 图像分析

将所有图像传输至 Siemens Syngo.via 后处理工 作站,由两位主治及以上放射科医师(分别具有 9 年和 5 年腹部影像诊断经验)采用双盲法对 97 例膀胱癌患 者的 3 种 DWI 序列的图像质量独立进行定性和定量 评估,同时评估肿瘤是否侵犯膀胱固有肌层。分析步 骤:随机抽取每例膀胱癌患者 3 个序列中的任一序列 编入第 1 组,以同样方法抽取另一个序列编入第 2 组, 最后一个序列自动编入第 3 组,观察者每次仅评估一 组图像,每 2 组图像之间间隔 2~4 周进行阅片以减少 评估之间的相互干扰^[6]。

定性分析主要包括图像质量评分和肿瘤对肌层的 侵犯情况。首先,使用李克特量表对 DWI 图像质量进 行评估,评分内容包括解剖细节、图像失真、病变显著 性、伪影和整体图像质量,每个项目均采用5级评分 法[4-12]。①解剖细节:1分=非常差,膀胱轮廓和边缘 无法识别:2 分=差,膀胱轮廓和边缘模糊:3 分=一 般,膀胱轮廓较清楚、但边缘模糊:4 分=良好,膀胱轮 廓清楚、边缘清晰:5分=好,膀胱轮廓光滑锐利。② 图像失真:1分=极重度,噪声非常多:2分=重度,噪 声多;3分=中度,噪声中等;4分=轻度,噪声少;5分= 无,无噪声。③病变显著性:1分=不可识别:2分=轻 微的信号差异(与尿液信号相比);3分=中等信号差异; 4 分=明显的信号差异;5 分=明显的信号差异且病灶 边缘清晰。④伪影:1分=极重度,病灶或膀胱严重扭 曲;2分=重度,病灶大部分显示不清;3分=中度,病灶 小部分显示不清;4分=轻度,不影响病灶;5分=无, 病灶显示清晰。⑤整体图像质量:1分=非常差,无法 诊断;2分=差,图像很模糊;3分=一般,图像稍模糊; 4 分=良好,图像较清晰;5 分=好,图像清晰。

为了评估观察者组内评分的一致性,每位观察者 在首次评分结束后 2~3个月内随机抽取每组中 1/4 的样本进行重新评分^[13]。

然后,对肿瘤侵犯肌层的情况进行评估。每位观察者在三组图像中根据膀胱影像报告和数据系统 (Vesical Imaging Reporting and DataSystem, VI-RADS)分别评分(1~5分)^[14],对于每个患者,只考虑 VI-RADS评分最高的病灶,假设 VI-RADS≥3分为 临界值来定义肌层浸润性膀胱癌,意见分歧通过共同 协商来解决^[13]。

定量评估:参考 T_2 WI 和 DCE-MRI 图像,选择病 灶最大层面,在 iShim-DWI(b=1200 s/mm²)图像上 确定病灶的边界并勾画 ROI,然后将 ROI 复制到相同 层面、相同位置的 ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI 及 ADC图像上,ROI面积为8~30mm²,多发膀胱癌患 者取最大病灶,ROI 勾画时应注意避开肿瘤蒂、坏死、 囊变和出血区。测量和记录膀胱癌的信号强度(SI_{BC}) 和 ADC 值、正常膀胱壁(远离病灶处)的信号强度 (SI_{BW})、背景组织(肌肉)信号强度的标准差(SD_{肌肉}), 每个指标每位观察者测量 3 次取平均值,再取两位观 察者测量值的平均值作为最终数据用于后续分 析^[7,10-11,15]。计算信噪比(signal-to-noise ratio,SNR) 和对比噪声比(contrast-to-noise ratio,CNR):

$$SNR = \frac{SI_{BC}}{SD_{\mu,\mu}}$$
(1)
$$CNR = \frac{|SI_{BC} - SI_{BW}|}{CNR}$$
(2)

$$CNR = \frac{SD_{m,k}}{SD_{m,k}}$$

使用 SPSS 26.0 和 MedCalc 20.0 软件进行统计 分析。定量资料中符合正态分布者采用均值±标准差 描述,非正态分布者采用中位数和四分位数间距进行 描述。对两位观察者组间和组内评分的一致性采用 Kappa 检验,Kappa 值 \leq 0.20 为一致性差;0.21~0.40 为一般;0.41~0.60 为中等;0.61~0.80 为良好;0.81~ 1.00 为好。三种 DWI 序列的图像质量的各项定性指 标评分(采用观察者组内一致性较高者的评分)的比较 采用 Friedman M 秩和检验,各项定量评价指标值的 比较采用单因素方差分析和 SNK-q 检验。以最终组 织病理学检查结果作为参考标准,采用卡方检验和受 试者工作特征(ROC)曲线评估 3 种 DWI 序列对膀胱 癌肌层浸润的诊断效能,计算曲线下面积(AUC)及其 95% CI。以 P<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1. 观察者组间和组内评分一致性比较

两位观察者评估三种 DWI 序列在解剖细节、图像 失真、病变显著性、伪影和整体图像质量的中位数基本 一致,ss-EPI-DWI 的 5 项指标的得分依次为 4、4、5、4 和4分, RESOLVE-DWI依次为3、4、4、4和3分, iShim-DWI依次为4、5、5、5和5分,3个序列的总分 分别为21、18和24分。两位观察者对三种DWI序列 图像质量评分的组间一致性的Kappa检验结果见表 1。五项指标的评分结果为良好~好且均具有统计学 意义(Kappa均 ≥ 0.75 , P均< 0.001)。

图像质量各项主观评分结果的观察者组内一致性 均为好(观察者 1 的 Kappa≥0.87,观察者 2 的 Kappa ≥0.83, *P* 均<0.001)。

表 1 两位观察者对 3 个 DWI 序列图像质量评分的组间一致性

指标	ss-EPI-DWI		RESOL	VE-DWI	iShim-DWI	
	Kappa (i	直 P 值	Kappa 値	百 <i>P</i> 值	Kappa 佔	丘 P 值
解剖细节	0.76	<0.001	0.77	<0.001	0.75	<0.001
图像失真	0.78	< 0.001	0.77	< 0.001	0.85	<0.001
病变显著性	0.79	< 0.001	0.81	< 0.001	0.80	<0.001
伪影	0.77	< 0.001	0.79	< 0.001	0.75	<0.001
整体图像质量	0.76	< 0.001	0.78	<0.001	0.82	<0.001

2. 图像质量定性分析

三个 DWI 序列图像质量的 5 项定性指标的评分 及其组间比较结果见表 2。在解剖细节和病变显著性 方面,iShim-DWI 与 ss-EPI-DWI 评分的差异均无统 计学意义(P > 0.05),但两者的评分均高于 RE-SOLVE-DWI(P < 0.001)。其它 3 个指标,iShim-DWI 的评分均高于 ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI, 差异均具有统计学意义(P < 0.001)。IShim-DWI 的 5 项指标的总分高于 ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI (图 1),差异均具有统计学意义(P < 0.001)。

3. 图像质量的定量评估

三种 DWI 序列图像质量的定量评价及其组间比较结果见表 3。膀胱癌的 SNR 和 CNR 在三种 DWI 序列之间的总体差异均有统计学意义(P<0.001), iShim-DWI 的 SNR 和 CNR 均高于 ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI(图2),差异均有统计学意义(P<



图 1 患者,男,67岁,膀胱左后壁非浸润性高级别尿路上皮癌。三种 DWI 序列图像质量主观评价指标(解 剖细节、图像失真、病变显著性、伪影和整体图像质量)的评分示例。a)ss-EPI-DWI,显示病灶侵犯肌层,膀胱 左、右侧壁及后壁可见伪影(箭),5项指标的评分依次为3、4、4、3和3分;b)RESOLVE-DWI,疑有病灶侵犯 邻近肌层,膀胱右侧壁可见伪影(箭),5项指标的评分依次为2、4、4、4和3分;c)iShim-DWI,显示病灶未累 及肌层(箭),5项指标的评分依次为4、5、5、5和5分。

表 2 ss-EPI-DWI、RESOLVE-DWI 和 iShim-DWI 图像质量评分的比较

评分指标	ss-EPI-DWI	RESOLVE-DWI	iShim-DWI	<i>P</i> 值 (A vs. B)	P值 (Avs.C)	<i>P</i> 值 (B vs.C)
解剖细节	3.92 ± 0.37	3.25 ± 0.58	4.17 ± 0.61	<0.001	0.122	<0.001
图像失真	4.10 ± 0.42	3.67 ± 0.57	4.92 ± 0.28	0.004	<0.001	<0.001
病变显著性	4.93 ± 0.30	4.19 ± 0.77	4.91 ± 0.38	<0.001	>0.05	<0.001
伪影	3.75 ± 0.50	3.39 ± 0.76	4.71 ± 0.46	0.036	<0.001	<0.001
整体图像质量	3.86 ± 0.38	3.23 ± 0.67	4.95 ± 0.22	<0.001	<0.001	<0.001
总分	20.56 ± 1.28	17.72 ± 2.34	23.65 ± 1.00	<0.001	<0.001	<0.001

注:A、B和C分别代表 ss-EPI-DWI、RESOLVE-DWI和 iShim-DWI。

表 3 三种 DWI 序列图像质量定量指标的比较

指标	ss-EPI-DWI	RESOLVE-DWI	iShim-DWI	F 值	<i>P</i> 值 ^ª	<i>P</i> 值 ^b (A vs. B)	<i>P</i> 值 ^b (A vs. C)	<i>P</i> 值 ^b (B vs. C)
SNR	56.24 ± 21.91	44.20 ± 26.13	80.30 ± 31.39	45.75	<0.001	0.002	<0.001	<0.001
CNR	27.23 ± 20.44	21.12 ± 19.24	54.52 ± 27.84	58.88	<0.001	0.096	<0.001	<0.001
ADC #	0.98 ± 0.22	1.00 ± 0.23	0.98 ± 0.25	0.17	0.841	—	_	_

注:# ADC 值的单位为×10-3mm2/s。*:单因素方差分析;b:SNK-q检验。A、B、C分别代表 ss-EPI-DWI、RESOLVE-DWI和 iShim-DWI。

0.001)。三种序列之间膀胱癌的 ADC 值的差异无统计 学意义(P=0.841,图 2、3)。

4. 对不同大小肿瘤检出能力的比较

对 145 个直径≥1.0 cm 的膀胱癌病灶,3 种 DWI 序列均能显示,敏感性均为 100%。在直径<1.0 cm 的 79 个病灶中,5 例多发性膀胱癌患者中共有 5 个直 径≪0.5 cm 的病灶,在 iShim-DWI 图像上可显示,但 在 ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI 序列上显示不清; 其它病灶在 3 种 DWI 序列均能显示; iShim-DWI 的敏 感度为 100%, ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI 的敏 感度为 93.7%。 51 例膀胱癌肌层浸润的诊断效能指标值见表 4 和图 4。IShim-DWI 诊断膀胱癌肌层浸润的 AUC 高于 ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI,差异均有统计学意义 (P = 0.017, 0.012); ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI 诊断膀胱癌肌层浸润的 AUC 的差异无统计学意义 (P = 0.874)。

表 4 三种 DWI 序列评估膀胱癌肌层浸润的效能

扫描序列	敏感度	特异度	符合率	AUC(95%CI)
ss-EPI-DWI	83.3%	76.2%	80.4%	0.798(0.662~0.897)
RESOLVE-DWI	86.7%	71.4%	80.4%	0.790(0.654~0.892)
iShim-DWI	86.7%	95.2%	90.2%	0.910(0.796~0.972)

讨论

5. DWI 对膀胱癌肌层浸润的诊断效能

IShim-DWI、ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI 对

膀胱癌的临床治疗方式主要取决于病灶是否侵犯



图 2 患者,男,70岁,膀胱前壁浸润性高级别尿路上皮癌。三种 DWI 图像 SNR、CNR 的对比。a)ss-EPI-DWI,示病灶累及肌层(箭),病灶的 SNR 和 CNR 分别为 103.73 和 81.19;b)RESOLVE-DWI,示病灶累及肌 层,病灶的 SNR 和 CNR 分别为 75.00 和 38.63;c)iShim-DWI,清晰显示病灶累及肌层,病灶的 SNR 和 CNR 分别 136.70 和 119.00;d)T₂WI 显示病灶向膀胱腔内生长; e)ss-EPI-ADC 图,病灶的 ADC 值为 0.78×10^{-3} mm²/s;f)RESOLVE-ADC 图,病灶的 ADC 值为 0.78×10^{-3} mm²/s;g)iShim-ADC 图,病灶的 ADC 值为 0.79×10^{-3} mm²/s;h)DCE-MRI 显示病灶处及其邻近膀胱壁的黏膜层和肌层呈早期明显强化(箭)。



图 3 患者,男,73岁,膀胱右后壁非浸润性低级别乳头状尿路上皮癌。a)ss-EPI-DWI,示病灶呈高信号,其前方可见伪影(箭); b)RESOLVE-DWI,示病灶边缘模糊; c)iShim-DWI,示病灶呈高信号(箭),边缘相对较清楚; d)ss-EPI-ADC 图,病灶的 ADC 值为 $1.15 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$,尿液信号不均匀; e)RESOLVE-ADC 图,病灶 的 ADC 值为 $1.10 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$,尿液信号不均匀; f)iShim-ADC 图,病灶的 ADC 值为 $1.15 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$,尿 液信号均匀。

肌层,MRI 图像质量会影响到对肿瘤是否侵犯肌层的 判断,因此优化扫描参数以获得良好成像质量是诊断 准确的关键。Panebianco 等^[14]创建的 VI-RADS 的评 分内容主要由 T₂WI、DWI 和 DCE-MRI 三部分组成, 其中 DWI 序列起主导作用,因为它能鉴别黏膜下层与 炎症或纤维化,可减少 DCE-MRI 或 T₂WI 诊断肌层 浸润的假阳性^[16]。因此优化 DWI 序列、改善成像质 量,可以提高术前诊断膀胱癌肌层浸润的准确性。



图 4 三种 DWI 序列诊断膀胱癌肌层浸润的 ROC 曲线,以 iShim-DWI 的 AUC 最大。

由于 ss-EPI-DWI 有强磁化率伪影和几何失真等 局限性,增加了对较小病灶的检出难度,有时无法确定 肿瘤边缘是否侵及膀胱肌层,从而影响膀胱癌术前分 期的准确性^[10]。我们的研究表明对直径≥1.0 cm 的 病灶 ss-EPI-DWI 均能清晰显示,但对部分直径 < 1.0 cm的病灶显示不佳,与文献报道相符合^[10]。而 且, ss-EPI-DWI 诊断膀胱癌侵犯肌层的敏感度为 83.3%,略低于其它两种序列(均为 86.7%)。

适度的膀胱充盈有利于膀胱病变的良好显示,是 MRI 检查成功的关键。由于膀胱位于前下腹、邻近前 腹壁,可能受到呼吸运动及邻近肠管蠕动及气体的干 扰,且膀胱本身的蠕动及尿液流动也可以导致磁场不 均匀、较低的图像分辨率和严重变形^[8]。IShim-DWI 通过优化主磁场 B0 均匀性,在采集每层图像时达到 最优场强,减少失相位,降低局部磁敏感伪影和减少图 像失真,从而可改善图像变形问题^[4,8,15],使得采集的 图像具有更好的 SNR 和 CNR。本研究中,iShim-DWI 的 SNR 和 CNR 分别为 80.30±31.39、54.52± 27.84,高于其它两种 DWI 序列(P 均<0.001)。图像 分辨率的提高有利于检出更多较小(<1.0 cm)的病 灶。在甲状腺、直肠和心脏等部位的研究中已经证实 iShim-DWI 具有图像质量好、失真、伪影少和临床应 用价值高等特点^[5,7,15,17]。我们的研究得出同样的结 果,iShim-DWI 序列能提供相对较好的图像质量,且 在不影响图像质量的情况下缩短了扫描时间。

与 ss-EPI-DWI 相比, RESOLVE-DWI 具有能较 好地降低磁化率伪影的特点,但在我们的研究中,其成 像质量相对较低,这与 Li 等^[10] 对膀胱成像的研究结 果一致,但与对脑、直肠和乳腺等器官的研究结果相 反^[3,11-12]。这是因为该序列采用 RESOLVE 技术,通 过分割回波链、增加读出段数,可以减少相位误差的累 积,失真程度会随着读出时间的增加而减轻,其最大的 缺点就是读出段数的增加会显著延长扫描时间^[18-19], 达到理论上的高质量图像需要很长的扫描时间,考虑 到膀胱癌患者一般年龄较大,在膀胱充盈良好的情况 下无法长时间配合检查,本研究调整其它扫描参数将 采集时间缩短^[10],导致本组中大部分病例的图像分辨 率较低,对部分<1.0 cm 的病灶显示不清。因此不建 议使用缩短扫描时间的 RESOLVE-DWI 进行膀胱肿 瘤的检查。

本研究中定性和定量分析结果表明, iShim-DWI 的图像质量良好。观察者对 DWI 图像质量评分的组 间及组内一致性较好,表明评分的可信度高。在解剖 细节和病变显著性方面, iShim-DWI 与 ss-EPI-DWI 之间的评分差异虽无统计学意义(P>0.05),但两者 均高于 RESOLVE-DWI(P<0.001),而目 iShim-DWI 在图像失真、伪影和整体图像质量评分及总分方面均 高于 ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI(P 均<0.001)。 iShim-DWI 图像上膀胱解剖结构和病灶均能比较清 晰的辨认,图像失真和伪影相对较少,整体图像质量相 对较好。测量 ADC 值可以鉴别肿瘤的良恶性、预测 肿瘤分级以及观察肿瘤的化疗反应,本研究中3种 DWI 序列上测得的病灶 ADC 值无统计学差异(P>0.05),这表明 iShim 技术对 ADC 值的测量无明显影 响,与之前的研究结果一致^[9,11,12]。IShim-DWI 图像 分辨率的提高使得在评估肿瘤肌层侵袭性时的符合率 得到提高,本研究中 iShim-DWI 对膀胱癌肌层浸润的 诊断符合率(90.2%)高于 ss-EPI-DWI 和 RESOLVE-DWI(均为 80.4%),且 AUC 也高于后 2 者(0.910 vs. 0.798 或 0.790, P 均<0.05),表明此序列有助于区分 浅表性肿瘤(pT1)和侵袭性肿瘤(≥pT2),有利于临床 选择合适的治疗方案。

本研究主要通过对 3 种 DWI 序列的图像质量进 行定性和定量评估,发现 iShim-DWI 可通过改良扫描 参数提高图像质量,在不影响膀胱癌病变检出的情况 下,能更清晰地显示肌层浸润情况,且缩短了采集时 间。本研究中使用 3 个 b 值(50、600 和1200 s/mm²), 高 b 值 DWI 图像上尿液信号被完全抑制,病灶和边缘 可以清晰显示,Li 等^[10]的研究中使用 2 个 b 值(0 和 1000 s/mm²),发现高 b 值 DWI 图像上尿液信号抑制 不彻底,可能会掩盖病变。所以,在我们的研究中, iShim-DWI 区分浅表和浸润性肿瘤的敏感度、特异度 和符合率稍高(分别为 86.7% vs. 84.0%、95.2% vs. 93.3%和 90.2% vs. 89.1%)。

本研究有一定的局限性:首先,本研究为单中心回 顾性研究,可能存在病例选择偏倚;其次,图像定量指 标为人工测量,由于膀胱壁较薄和病灶大小不同,部分 ROI面积较小,增加了采样误差的可能性,但我们采 用多次测量取平均值的方法以尽量减少测量偏倚。

综上所述,与 ss-EPI-DWI、RESOLVE-DWI 相比,iShim-DWI 在有效检出膀胱癌的同时可较好地显示肌层浸润情况,有利于指导临床选择合适的治疗方案,且扫描时间短、患者易于接受。

参考文献:

- [1] Lenis AT, Lec PM, Chamie K, et al. Bladder cancer: a review [J]. Jama, 2020, 324(19): 1980-1991.
- [2] van Der Pol CB, Chung A, Lim C, et al. Update on multiparametric MRI of urinary bladder cancer[J].J Magn Reson Imaging, 2018, 48(4):882-896.
- [3] Yeom KW, Holdsworth SJ, van Anh T, et al. Comparison of readout-segmented echo-planar imaging (EPI) and single-shot EPI in clinical application of diffusion-weighted imaging of the pediatric brain[J].Am J Roentgenol.2013.200(5):437-443.
- [4] Stocker D, Manoliu A, Becker AS, et al. Image quality and geometric distortion of modern diffusion-weighted imaging sequences in magnetic resonance imaging of the prostate [J]. Invest Radiol, 2018,53(4):200-206.
- [5] 杨祺,贾永军,杨创勃,等.iShim-EPI和SS-EPI在甲状腺结节扩 散加权成像的应用比较[J].放射学实践,2019,34(7):744-748.
- [6] Cai JS, Chen HY, Chen JY, et al. Reduced field-of-view diffusionweighted imaging (DWI) in patients with gastric cancer: comparison with conventional DWI techniques at 3.0T: a preliminary study[J/OL]. Medicine (Baltimore), 2020, 99(1): e18616. DOI: 10.1097/MD.000000000018616.
- Qiu J.Liu J.Bi Z.et al.Integrated slice-specific dynamic shimming diffusion weighted imaging (DWI) for rectal cancer detection and characterization[J/OL]. Cancer Imaging, 2021, 21(1): e32. DOI: 10.1186/s40644-021-00403-9.
- [8] 许春苗,黎海亮,张孝先,等.逐层匀场技术弥散加权成像评价膀胱 癌[J].中国医学影像技术,2021,37(7):1054-1058.
- [9] Xie M, Ren Z, Bian D, et al. High resolution diffusion-weighted imaging with readout segmentation of long variable echo-trains for determining myometrial invasion in endometrial carcinoma [J/ OL].Cancer Imaging, 2020, 20(1): e66.DOI:10.1186/s40644-020-00346-7.
- Li H, Liu L, Shi Q, et al. Bladder cancer: detection and image quality compared among iShim, RESOLVE, and ss-EPI diffusion-weighted MR imaging with high b value at 3.0T MRI[J/OL].Medicine (Baltimore),2017,96(50):e9292.DOI:10.1097/MD.0000000009292.

- [11] Xia CC, Liu X, Peng WL, et al. Readout-segmented echo-planar imaging improves the image quality of diffusion-weighted MR imaging in rectal cancer; comparison with single-shot echo-planar diffusion-weighted sequences [J]. Eur J Radiol, 2016, 85 (10):1818-1823.
- [12] Bogner W.Pinker-Domenig K, Bickel H, et al. Readout-segmented echo-planar imaging improves the diagnostic performance of diffusion-weighted MR breast examinations at 3.0T[J].Radiology,2012,263(1):64-76.
- [13] Del Giudice F,Barchetti G,De Berardinis E, et al.Prospective assessment of Vesical Imaging Reporting and Data System (VI-RADS) and its clinical impact on the management of high-risk non-muscle-invasive bladder cancer patients candidate for repeated transurethral resection[J].Eur Urol, 2020, 77 (1): 101-109.
- [14] Panebianco V, Narumi Y, Altun E, et al. Multiparametric magnetic resonance imaging for bladder cancer: development of VI-RADS (Vesical Imaging-Reporting and Data System) [J]. Eur Urol, 2018, 74(3): 294-306.
- [15] Zhang H, Xue H, Alto S, et al. Integrated shimming improves le-

sion detection in whole-body diffusion-weighted examinations of patients with plasma disorder at 3T[J].Invest Radiol,2016,51 (5):297-305.

- [16] Takeuchi M, Sasaki S, Naiki T, et al.MR imaging of urinary bladder cancer for T-staging: a review and a pictorial essay of diffusion-weighted imaging[J].J Magn Reson Imaging, 2013, 38(6): 1299-1309.
- [17] Xiang SF, Zhang XQ, Yang SJ, et al. Intravoxel incoherent motion magnetic resonance imaging with integrated slice-specific shimming for old myocardial infarction: a pilot study [J/OL]. Sci Rep, 2019, 9(1): e19766. DOI: 10.1038/s41598-019-56489-6.
- [18] Gatidis S, Graf H, Weiß J, et al. Diffusion-weighted echo planar MR imaging of the neck at 3T using integrated shimming:comparison of MR sequence techniques for reducing artifacts caused by magnetic-field inhomogeneities[J]. Magn Reson Mater Phy, 2017,30(1):57-63.
- [19] 云昊,霍敏,胡益祺,等.同时多层采集技术在乳腺 MR 高清扩散
 峰度成像中的可行性研究[J].放射学实践,2021,36(1):60-65.
 (收稿日期:2021-11-20 修回日期:2022-04-11)

《放射学实践》杂志微信公众平台开通啦!

遵照同行评议、价值导向、等效应用原则,国内各大学会、协会、组织机构通过科技工作者推荐、专家评议、结果公示等规定程序,《放射学实践》杂志入选中国科协发布 10 大领域《我国高质量科技期刊分级目录》业内认可的较高水平期刊。《放射学实践》杂志入选 2020 年版北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目"学术期刊评价及文献计量学研究"研究成果——《中国核心期刊要目总览》。

《放射学实践》杂志微信公众平台立足于准确地传递医学影像领域的最新信息,致力 于为关注医学影像领域的广大人士服务。欢迎大家通过微信平台,以文字、图片、音频和 视频等形式与我们互动,分享交流最新的医学影像资讯。您还可以通过微信平台免费阅 读及搜索本刊所有发表过的论文,投稿作者可以查询稿件状态等。

您可以通过以下方式关注《放射学实践》杂志微信公众平台:

1. 打开微信,通过"添加朋友",在搜索栏里直接输入"放射学实践"进行搜索。

 在"查找微信公众号"栏里输入"放射学实践"即可找到微信公众号,点击"关注", 添加到通讯录。

3. 打开微信,点击"扫一扫",手机镜头对准下面的二维码,扫出后点击关注即可。



关注有惊喜!