

论 著

3.0T磁共振DTI技术参数对前列腺增生及前列腺癌诊断及与其与Gleason评分危险度分级的关系*

卢道远¹ 汪辉^{1*} 丁留成²
薛鹏¹ 蔡立宇¹ 张阳¹
李鑫¹

1.连云港市第一人民医院泌尿外科
(江苏连云港 222000)

2.南京医科大学第二附属医院泌尿外科
(江苏淮安 223001)

【摘要】目的 探讨3.0T磁共振弥散张量成像(DTI)技术参数对前列腺增生及前列腺癌诊断及与其与Gleason评分危险度分级的关系。**方法** 选取2021年1月至2023年12月我院收治的疑似前列腺癌患者196例,均进行3.0T磁共振检查获取DTI技术参数,依据病理结果将患者分为前列腺增生组78例和前列腺癌组118例,分析3.0T磁共振诊断结果与病理结果的一致性,比较两组DTI技术参数差异,分析前列腺癌患者DTI技术参数[表观扩散系数(ADC)、各向异性分数(FA)]与Gleason评分危险度分级(ISUP)的相关性及其对前列腺增生及前列腺癌的诊断价值。**结果** 前列腺癌组入院血清总前列腺特异性抗原(PSA)高于前列腺增生组($P<0.05$);3.0T磁共振诊断前列腺增生73例(37.24%),前列腺癌123例(62.76%),诊断前列腺癌的灵敏度、特异度和准确率分别为94.92%、85.90%、91.32%,与病理结果的Kappa值为0.817;前列腺癌组ADC值低于前列腺增生组,FA值高于前列腺增生组,差异有统计学意义($P<0.05$);118例前列腺癌患者中,Gleason评分6~10分患者数量分别为11例(9.32%)、79例(66.94%)、16例(13.56%)、6例(5.09%)、6例(5.09%),ISUP分级1~5级患者数量分别为11例(9.32%)、39例(33.06%)、40例(33.89%)、16例(13.56%)、12例(10.17%),Spearman相关分析结果显示,前列腺癌患者ADC值与ISUP分级呈正相关,FA值与ISUP分级呈负相关($P<0.05$);ROC分析结果显示,ADC值、FA值单独诊断前列腺癌的AUC分别为0.908、0.898,联合诊断的AUC为0.973($P<0.05$)。**结论** 3.0T磁共振DTI技术参数与前列腺癌ISUP分级相关,具有对前列腺增生及前列腺癌的鉴别诊断价值,联合诊断的诊断效能更高。

【关键词】 前列腺增生;前列腺癌;3.0T磁共振;弥散张量成像;Gleason评分危险度分级

【中图分类号】 R697+3

【文献标识码】 A

【基金项目】 血浆循环肿瘤DNA甲基化检测在社区老年人群前列腺癌筛查中的应用研究(L202204)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.02.039

3.0T Magnetic Resonance DTI Technical Parameters in the Diagnosis of Benign Prostatic Hyperplasia and Prostate Cancer and Relationship with Gleason Score Risk Classification*

LU Dao-yuan¹, WANG Hui^{1*}, DING Liu-cheng², XUE Peng¹, CAI Li-yu¹, ZHANG Yang¹, LI Xin¹.

1.Department of Urology, the First People's Hospital of Lianyungang, Lianyungang 222000, Jiangsu Province, China

2.Department of Urology, the Second Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Huai'an 223001, iangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the diagnostic value of 3.0T magnetic resonance diffusion tensor imaging (DTI) technical parameters on benign prostatic hyperplasia and prostate cancer and the relationship with Gleason score risk classification. **Methods** A total of 196 patients with suspected prostate cancer in the hospital from January 2021 to December 2023 were selected. All patients underwent 3.0 T magnetic resonance examination to obtain DTI technical parameters [Apparent Diffusion Coefficient (ADC), Fractional Anisotropy (FA)]. According to the pathological results, the patients were divided into 78 cases in benign prostatic hyperplasia group and 118 cases in prostate cancer group. The consistency between 3.0 T magnetic resonance diagnosis and pathological result was analyzed. The differences in DTI technical parameters between the two groups were compared. The correlation between DTI technical parameters and Gleason score risk classification (ISUP) in patients with prostate cancer and the diagnostic value on benign prostatic hyperplasia and prostate cancer were analyzed. **Results** Serum total prostate specific antigen (PSA) in prostate cancer group was higher than that in benign prostatic hyperplasia group ($P<0.05$). 73 cases of benign prostatic hyperplasia (37.24%) and 123 cases of prostate cancer (62.76%) were diagnosed by 3.0T magnetic resonance, and the sensitivity, specificity and accuracy rate in diagnosing prostate cancer were 94.92%, 85.90% and 91.32% respectively, and the Kappa value with pathological result was 0.817. The ADC value of prostate cancer group was lower than that of benign prostatic hyperplasia group while the FA value was higher than that of benign prostatic hyperplasia group ($P<0.05$). Among 118 patients with prostate cancer, the number of patients with Gleason score of 6-10 points were 11 cases (9.32%), 79 cases (66.94%), 16 cases (13.56%), 6 cases (5.09%) and 6 cases (5.09%) respectively, and the number of patients with ISUP grade 1 to 5 were 11 cases (9.32%), 39 cases (33.06%), 40 cases (33.89%), 16 cases (13.56%) and 12 cases (10.17%) respectively. Spearman correlation analysis showed that ADC value of prostate cancer patients was positively correlated with ISUP classification, and FA value was negatively correlated with ISUP classification ($P<0.05$). ROC analysis results suggested that the AUCs of ADC value and FA value in the diagnosis of prostate cancer were 0.908 and 0.898, and the AUC of combined diagnosis was 0.973 ($P<0.05$). **Conclusion** The technical parameters of 3.0T magnetic resonance DTI are related to the ISUP classification of prostate cancer, which has the differential diagnosis value on benign prostatic hyperplasia and prostate cancer, and the diagnostic efficiency of combined diagnosis is higher.

Keywords: Benign Prostatic Hyperplasia; Prostate Cancer; 3.0T Magnetic Resonance; Diffusion Tensor Imaging; Gleason Score Risk Classification

前列腺癌是男性常见的恶性肿瘤之一,2022年我国新增前列腺癌12.56万例,发病率有所升高^[1]。Gleason评分是临床常用的前列腺癌病理评分方法,通过观察并对前列腺癌组织病理学形态进行评分,并以Gleason评分为依据划分危险度,即国际泌尿病理协会(International Society of Urological Pathology, ISUP)分级^[2]。前列腺增生和前列腺癌均可引起排尿困难等症状,临床表现上有一定的相似性,但二者在治疗及预后方面有着显著差异,需提高临床鉴别能力。随着影像学技术的发展,通过影像学手段鉴别前列腺增生和前列腺癌并评估前列腺癌的危险度已成为目前的前列腺疾病诊疗的研究热点之一^[3]。3.0磁共振成像作为一种无创检查手段,其高场强度,能够提供更高分辨率的图像,已广泛应用于前列腺疾病的诊断中^[4]。在MRI的多种序列中,弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)基于水分子在不同组织中的扩散特性差异,通过测量水分子在组织中的扩散行为,提供组织微观结构的信息,在前列腺疾病的诊断评估的可能具有巨大潜力^[5],但目前应用于前列腺增生及前列腺癌鉴别诊断中的相关报道较少。因此,本文探讨了3.0T磁共振DTI技术参数对前列腺增生及前列腺癌诊断及与其与Gleason评分危险度分级的关系,为前列腺疾病的诊断及分级提供新的影像学依据,从而提高临床

【第一作者】 卢道远,男,住院医师,主要研究方向:泌尿外科。E-mail: ludao yuan@163.com

【通讯作者】 汪辉,男,主任医师,主要研究方向:前列腺癌,尿路上皮癌基础临床研究。E-mail: wh2796329@sina.com

诊断的准确性和有效性。

1 资料与方法

1.1 研究对象 选取2021年1月至2023年12月我院收治的疑似前列腺癌患者196例。

纳入标准：(1)年龄18岁以上；(2)有完整病理检查结果；(3)均进行3.0T MRI检查，成像清晰，无明显伪影或运动伪影；(4)患者及家属对本研究知情同意。排除标准：(1)检查前已接受前列腺病变相关治疗；(2)合并其他系统严重疾病；(3)合并其他泌尿系统疾病；(4)临床资料不全。

1.2 方法和观察指标 (1)一般资料：收集患者年龄、BMI、入院血清总前列腺特异性抗原(prostate specific antigen, PSA)水平。

(2)MRI扫描：患者检查前1 d进行肠道准备，检查时保持膀胱适度充盈。采用3.0T 磁共振扫描仪，8通道腹部相控阵线圈，扫描范围为前列腺及其周围结构，扫描序列为横轴位T2WI及DTI。扫描参数：T1W2, TR, 3660 ms, TE 110 ms, 层厚3.0 mm, 层间距0, 层数20, FOV 240×240 mm, 矩阵, 240×140, SNR 1, 采集次数3; DTI, TR, 3600 ms, TE 110 ms, 层厚3.0 mm, 层间距0, 层数20, FOV 240×240 mm, 矩阵, 240×140, b值0、800 s/mm², 扩散方向12, 采集次数6。将扫描图像传输至工作站进行数据处理，避开尿道、出血、坏死、钙化灶、交界区等位置，手动勾画感兴趣区，由2位老年影像学专家共同进行评估，测量病灶DTI技术参数表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值和各向异性分数(fractional anisotropy, FA)值，均测量3次取平均值。

(3)穿刺活检：穿刺活检前，给予患者抗生素治疗以预防感染，连续治疗3 d，穿刺前进行肠道准备。患者取左侧卧位，常规消毒后行表面麻醉，在超声引导下，以18G穿刺针穿刺前列腺，采用经直肠12针系统穿刺法，于前列腺左外、左内、右内、右外分别穿刺3针。样本送检病理科，明确病理类型。根据病理结果将患者分为前列腺增生组和前列腺癌组，并对前列腺癌组患者进行Gleason评分和Gleason评分危险度分级(International Society of Urological Pathology, ISUP)^[2]，Gleason评分将前列腺分为主要分级区和次要分级区，每区域进行5级评分，Gleason评分为两区域评分之和。ISUP分级标准：ISUP 1级，Gleason评分≤6分；ISUP 2级，Gleason评分为3+4分；ISUP 3级，Gleason评分为4+3分；ISUP 4级，Gleason评分为4+4分、3+5分、5+3分；ISUP 5级，Gleason评分为9~10分。

1.3 统计学方法 统计学分析采用SPSS 24.0软件，符合正态分布

的计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示，不符合正态分布的计量资料用M(P₂₅, P₇₅)表示，组间比较用独立样本t检验或秩和检验，计数资料用n(%)表示，两组间比较用 χ^2 检验，Kappa值用于分析磁共振诊断结果与病理结果的一致性，Spearman相关系数用于分析DTI技术参数与Gleason评分危险度分级的相关性，ROC曲线用于分析DTI技术参数对前列腺增生及前列腺癌的诊断价值，P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 病理结果 病理结果显示，196例疑似前列腺癌患者中，前列腺增生78例(39.80%)，前列腺癌118例。前列腺增生组年龄(67.12±8.15)岁，BMI(24.03±1.12)kg/m²，入院血清总PSA为(6.23±1.82)ng/mL，前列腺癌组年龄(67.45±7.49)岁，BMI(23.77±1.25)kg/m²，入院血清总PSA为15.79(10.37, 119.63)ng/mL，两组年龄、BMI差异无统计学意义(P>0.05)，前列腺癌组入院血清总PSA高于前列腺增生组(P<0.05)。

2.2 3.0T磁共振诊断结果与病理结果的一致性分析 3.0T磁共振诊断前列腺增生73例(37.24%)，前列腺癌123例(62.76%)，诊断前列腺癌的灵敏度、特异度和准确率分别为94.92%、85.90%、91.32%，与病理结果的Kappa值为0.817，见表1。

表1 3.0T磁共振诊断结果与病理结果的一致性分析

3.0T磁共振	病理结果		合计
	前列腺癌	前列腺增生	
前列腺癌	112	11	123
前列腺增生	6	67	73
合计	118	78	196

2.3 两组DTI技术参数比较 前列腺癌组ADC值低于前列腺增生组，FA值高于前列腺增生组，差异有统计学意义(P<0.05)，见表2。

2.4 前列腺癌患者DTI技术参数与ISUP分级的相关性分析 118例前列腺癌患者中，Gleason评分6~10分患者数量分别为11例(9.32%)、79例(66.94%)、16例(13.56%)、6例(5.09%)、6例(5.09%)，ISUP分级1~5级患者数量分别为11例(9.32%)、39例(33.06%)、40例(33.89%)、16例(13.56%)、12例(10.17%)，Spearman相关分析结果显示，前列腺癌患者ADC值与ISUP分级呈正相关，FA值与ISUP分级呈负相关(P<0.05)，见表3。

表2 两组DTI技术参数比较

组别	n	ADC值(×10 ⁻³ /mm ² /s)	FA值
前列腺癌组	118	0.74±0.20	0.34±0.06
前列腺增生组	78	1.14±0.22	0.23±0.06
t值		13.168	12.563
P值		<0.001	<0.001

表3 前列腺癌患者DTI技术参数与ISUP分级的相关性分析

项目	ISUP分级	
	r	P
ADC值	0.732	<0.05
FA值	-0.694	<0.05

2.5 3.0T磁共振DTI技术参数对前列腺增生及前列腺癌的诊断价值 ROC分析结果显示, ADC值、FA值单独诊断前列腺癌的AUC分别为0.908、0.898, 联合诊断的AUC为0.973(P<0.05), 见表4、图1。

2.6 典型病例 见图2~5。

表4 3.0T磁共振DTI技术参数对前列腺增生及前列腺癌的诊断价值

项目	AUC	最佳截断值	灵敏度(%)	特异性(%)	P	95%CI
ADC值	0.908	$1.02 \times 10^{-3} / \text{mm}^2/\text{s}$	93.22	70.51	<0.001	0.869~0.947
FA值	0.898	0.28	82.20	79.49	<0.001	0.858~0.939
联合诊断	0.973	/	79.66	96.15	<0.001	0.956~0.991

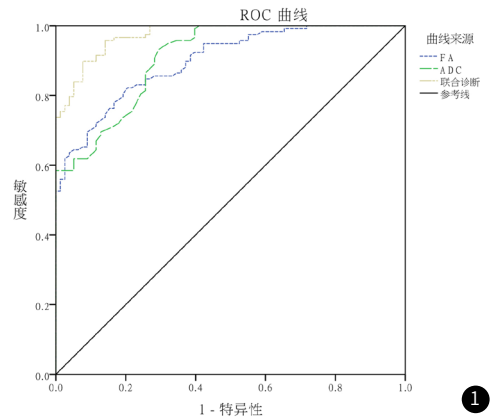


图1 3.0T磁共振DTI技术参数对前列腺增生及前列腺癌的ROC曲线。

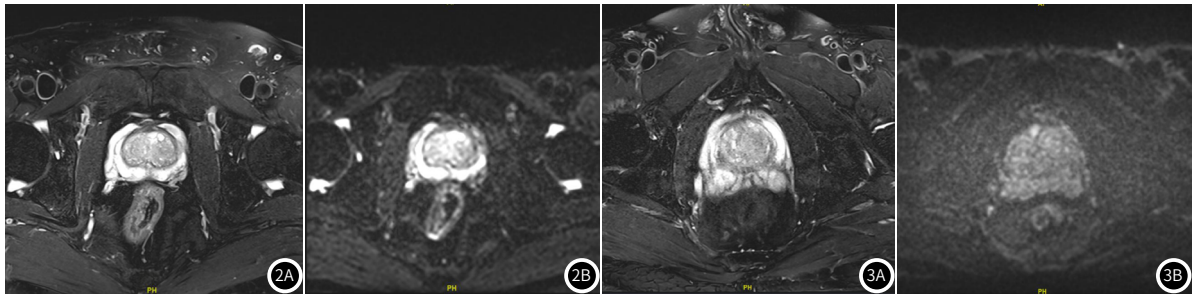


图2 典型病例1。患者1, 64岁, 前列腺癌家族史, 检查PSA升高1周: 4.7ng/mL, 前列腺磁共振平扫(含门控): 前列腺饱满, 中央带信号欠均, 内见多枚结节状T2信号, 较大者大小约13mm×7mm, DWI未见明显弥散受限病灶, 中央带结节灶(PI-PADS 4级)。经会阴前列腺穿刺病理提示: 前列腺增生。

图3 典型病例2。患者2, 64岁, 患者2年前体检发现PSA升高: 6ng/mL, 定期复查, PSA缓慢逐渐升高, PSA: 15ng/mL, 前列腺磁共振平扫(含门控): 前列腺中央腺体增大, 其内信号不均匀, 呈高低混杂信号。右侧外周带前端见结节状短T2信号影, 大小约6mm×8mm, DWI呈高信号。双侧精囊大小、形态未见明显异常, 内未见明显异常信号影, 右侧周围带异常信号灶(PI-PADS 4级)。经会阴前列腺穿刺病理提示: 前列腺增生。

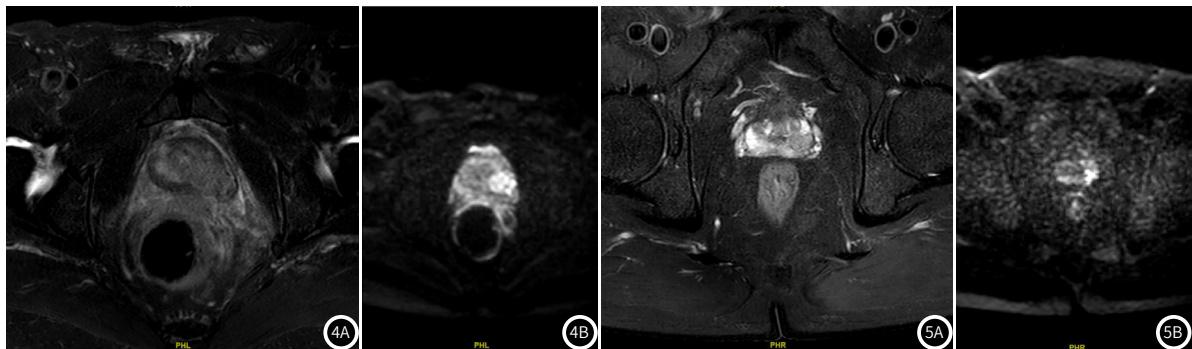


图4 典型病例3。患者3, 75岁, 3年前体检即发现PSA升高, 定期复查, 未予特殊治疗, 近日复查PSA>100ng/mL, 前列腺磁共振平扫(含门控): 前列腺中央腺体不大, 左侧中央带见直径约2.4cm异常信号影, DWI高信号, ADC低信号。外周带、精囊腺显示欠清。前列腺左侧中央带异常信号灶(PI-PADS 4级)。经会阴前列腺穿刺病理提示: 前列腺腺癌(Gleason评分4+5=9分)。

图5 典型病例4。患者4, 70岁, 2天前体检发现PSA>100 ng/mL, 前列腺磁共振平扫(含门控): 前列腺体积增大, 中央带饱满、信号略欠均匀, 局部呈结节状, 外周带左后缘见大小约1.4cm×1.5cm结节状稍长T1稍长T2信号, DWI呈稍高信号。双侧精囊腺大小形态信号可。前列腺外周带左后缘异常信号(PI-PADS 4级)。经会阴前列腺穿刺病理提示: 前列腺腺癌(Gleason评分4+4=8分)。

3 讨论

准确区分前列腺增生和前列腺癌对临床治疗决策至关重要。目前,前列腺癌的诊断金标准为病理检查,虽然PSA可用于初步筛查,但其诊断效能较低^[6],因此需要更为准确有效的诊断方法。3.0T磁共振能够提供比1.5T更高的空间分辨率和对比度,也能进行多参数成像,提供多由于其高场强度,能够提供更高的图像分辨率和更详细的组织结构信息,其评估病灶性质的价值显著提高^[7]。本研究中,3.0T磁共振诊断前列腺增生和前列腺癌的灵敏度、特异度和准确率分别为94.92%、85.90%、91.32%,与病理结果的Kappa值为0.817,具有高度一致性。孙文杰等^[8]报道,3.0T磁共振成像诊断前列腺癌的准确率为86.73%,与本研究结果相近,这表明3.0T磁共振DTI技术在前列腺疾病的诊断中具有良好的可靠性和准确性,可以作为临床诊断的重要参考工具。

DTI作为一种新型磁共振成像技术,近年来在前列腺疾病的诊断中显示出显著优势^[9]。本研究中,前列腺癌组的ADC值显著低于前列腺增生组,而FA值则显著高于前列腺增生组,李茜玮等^[10]发现前列腺癌患者的ADC值与前列腺增生患者存在差异,Caporale等^[11]发现前列腺癌组织的FA值显著高于非癌组织,上述研究结果与本研究结果相似。分析原因,ADC值和FA值反映水分子扩散程度以及方向性程度,ADC值越低表明组织密度越高,FA值越高表示水分子扩散的方向性越强^[12]。前列腺癌组织细胞密度较高,细胞排列无序,导致水分子扩散受限,组织的各向异性增加^[13],而前列腺增生在组织学上主要表现为腺体和间质增生,虽然细胞密度增加但通常低于癌组织,且病灶结构较为均匀完整,对水分子扩散限制较小,因此前列腺癌组的ADC值更低而FA值更高。本研究中,Spearman相关分析结果显示,ADC值与前列腺癌患者ISUP分级呈正相关,而FA值与ISUP分级呈负相关。赵茹等^[14]报道ADC值在前列腺癌Gleason评分分级中具有较好的诊断价值,张永胜等^[15]认为包含ADC的MRI组学对ISUP分级的预测价值较高,上述研究从侧面反映了DTI参数与ISUP分级的相关性。这表明,随着ISUP分级的增加,肿瘤恶性程度增高,组织中的坏死和结构破坏导致ADC值增加,而细胞排列的无序性和纤维化反应减少了组织的各向异性,导致FA值降低,提示DTI参数不仅能用于前列腺癌的诊断,还能在一定程度上反映其恶性程度。进一步探讨3.0T磁共振DTI技术参数的诊断效能,发现ADC值和FA值单独诊断前列腺癌的AUC分别为0.908和0.898,联合诊断的AUC为0.973,表明,ADC值和FA值联合应用在前列腺癌的诊断中具有更高的诊断效能,能够显著提高诊断准确率。

综上所述,3.0T磁共振DTI技术参数与前列腺癌ISUP分级相关,具有对前列腺增生及前列腺癌的鉴别诊断价值,联合诊断的诊断效能更高,为临床提供重要的分级和预后信息,指导个体化治疗方案的制定,在前列腺疾病的诊疗中具有广阔的应用前景。本文样本量较小,未来的研究应进一步扩大样本量,开展进一步研究。

参考文献

- [1] Xia C, Dong X, Li H, et al. Cancer statistics in China and United States, 2022: profiles, trends, and determinants [J]. Chin Med J (Engl), 2022, 135 (5): 584-590.
- [2] 国家卫生健康委办公厅. 前列腺癌诊疗规范 [EB/OL]. (2018-12-13) [2024-07-03]. <http://www.nhc.gov.cn/cms-search/xxgk/getManuscriptXxgk.htm?id=b21802b199814ab7b1219b87de0cae51>.
- [3] 任雪, 刘爱莲, 陈丽华, 等. APT联合mDIXON-Quant成像对前列腺癌和前列腺增生的鉴别诊断价值 [J]. 放射学实践, 2023, 38 (1): 58-64.
- [4] 王兴林, 敬杰, 李海青, 等. 3.0T磁共振小视野IVIM-DWI联合血清fPSA/tPSA鉴别诊断前列腺癌的应用评价 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (10): 142-145.
- [5] 陈科, 贾卓, 吕香君, 等. 磁共振弥散张量成像联合纤维束示踪成像对前列腺根治术前前列腺周围神经三维显像的初步探索 [J]. 微创泌尿外科杂志, 2022, 11 (5): 311-316.
- [6] 蒲春林, 李鸣, 邱涛, 等. 乌鲁木齐市3117例体检人群前列腺特异性抗原筛查结果分析 [J]. 实用预防医学, 2022, 29 (8): 963-965.
- [7] 陈莉, 黄道煌, 骆祥伟, 等. 3.0T磁共振动态增强定量参数联合DWI诊断前列腺癌临床价值 [J]. 医学影像学杂志, 2022, 32 (6): 1073-1075.
- [8] 孙文杰, 王欣, 刘玲, 等. 崔春茂. 3.0T磁共振多参数成像及动态增强扫描对前列腺癌的诊断价值 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20 (1): 138-141.
- [9] 王荣刚, 刘永林, 乔丽娇, 等. 前列腺癌与前列腺增生3.0T磁共振扩散峰度成像比较 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19 (7): 128-130, 140.
- [10] 李茜玮, 陈丽华, 王楠, 等. DWI联合T2 mapping序列鉴别前列腺癌与前列腺增生价值评估 [J]. 磁共振成像, 2024, 15 (2): 97-102.
- [11] Caporale AS, Nezzo M, Di Trani MG, et al. Acquisition parameters influence diffusion metrics effectiveness in probing prostate tumor and age-related microstructure [J]. J Pers Med, 2023, 13 (5): 860.
- [12] 黄秋哈, 冯翠, 胡道子, 等. DTI预测及评估宫颈癌新辅助化疗疗效反应的价值 [J]. 放射学实践, 2022, 37 (10): 1261-1267.
- [13] 段志青, 张凯, 胡家玮, 等. 扩散峰度成像联合PSA在前列腺癌侵袭性评估中的探讨 [J]. 中国医疗设备, 2023, 38 (1): 88-92, 114.
- [14] 赵茹, 赵红, 官希军, 等. 基于ADC图的影像组学模型在前列腺癌Gleason危险度分级中的诊断价值 [J]. 临床放射学杂志, 2023, 42 (10): 1625-1629.
- [15] 张永胜, 葛玉杰, 李志平, 等. 双参数MRI影像组学对前列腺癌国际泌尿病理协会分级的预测价值 [J]. 实用放射学杂志, 2023, 39 (12): 1995-2000.

(收稿日期: 2024-07-29)

(校对编辑: 韩敏)