

观扩散系数(ADC)图,通过不同b值下的DWI图像对比,观察前列腺中央腺体病变的扩散受限程度,并结合ADC值进一步确认病变性质。由经验丰富的影像科医生对MRI和DWI图像进行解读,评估中央腺体是否存在病变,并通过多b值DWI评估肿瘤区域的扩散特性,协助诊断前列腺中央腺体癌。

1.3 统计学分析 使用SPSS统计软件对收集的数据进行整理,对患者的基本资料(如年龄、PSA水平等)及影像学参数(如ADC值)进行描述性统计。使用Shapiro-Wilk评估数据是否符合正态分布,正态分布数据以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,使用单因素方差分析比较不同组间的差异,两两比较采用独立样本t检验;非正态分布数据以中位数(四分位数)[M(IQR)]表示,使用Kruskal-Wallis H检验。分类变量以频数和百分比表示,使用 χ^2 检验或Fisher精确检验比较组间差异。使用Kappa值衡量诊断一致性,Kappa值>0.80表示非常好的一致性,0.60≤Kappa值≤0.80表示良好一致性,0.40≤Kappa值≤0.60表示中等一致性,0.20≤Kappa值≤0.40表示较低一致性,Kappa值<0.20表示几乎没有一致性。以双侧P值<0.05为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 诊断结果 65例患者中,经病理学活检或结合手术结果诊断为前列腺中央腺体癌31例、良性前列腺增生34例。

表1 前列腺中央腺体癌和良性前列腺增生不同b值ADC值比较

组别	50 s/mm ²	800 s/mm ²	1500 s/mm ²
前列腺中央腺体癌(n=31)	0.90±0.06	0.78±0.08*	0.63±0.07*#
良性前列腺增生(n=34)	1.58±0.16	1.25±0.14*	1.12±0.09*#
t	22.266	16.402	24.332
P	0.000	0.000	0.000

注:与50 s/mm²比较,*P<0.05;与800 s/mm²比较,#P<0.05。

2.2 前列腺中央腺体癌和良性前列腺增生不同b值ADC值比较 随着b值升高,前列腺中央腺体癌和良性前列腺增生患者的ADC值均呈下降趋势,且前列腺中央腺体癌患者b值为50、800、1500 s/mm²时的ADC值均显著低于良性前列腺增生患者(P<0.05),见表1。

2.3 不同b值DWI检查对前列腺疾病的诊断结果 以病理学或手术结果为金标准,b值=50 s/mm²时,DWI诊断前列腺中央腺体癌的灵敏度为77.42%,特异度为76.47%,准确率为76.92%,阳性预测值为75.00%,阴性预测值为78.79%;b值=800 s/mm²时,DWI诊断前列腺中央腺体癌的灵敏度为87.10%,特异度为88.24%,准确率为87.69%,阳性预测值为87.10%,阴性预测值为88.24%;b值=1500 s/mm²时,DWI诊断前列腺中央腺体癌的灵敏度为93.55%,特异度为94.12%,准确率为93.85%,阳性预测值为93.55%,阴性预测值为94.12%。见表2。

2.4 不同b值DWI检查对前列腺中央腺体癌的诊断效能 b值为50 s/mm²时,DWI检查和金标准诊断结果具有中等一致性(Kappa=0.538,P<0.001),b值为800 s/mm²时,DWI检查和金标准诊断结果一致性良好(Kappa=0.753,P<0.001),b值为1500 s/mm²时,DWI检查和金标准诊断结果具有非常好的一致性(Kappa=0.877,P<0.001)。b值为1500 s/mm²时,诊断特异度为94.12%,准确率为93.85%,阳性预测值为93.55%,显著明显高于50 s/mm²,差异具有统计学意义(P<0.05)。见表3。

表2 不同b值DWI检查对前列腺疾病的诊断结果

b值	病理学或手术结果		合计
	前列腺中央腺体癌	良性前列腺增生	
b值=50 s/mm ²			
前列腺中央腺体癌	24	8	32
良性前列腺增生	7	26	33
合计	31	34	65
b值=800 s/mm ²			
前列腺中央腺体癌	27	4	31
良性前列腺增生	4	30	34
合计	31	34	65
b值=1500 s/mm ²			
前列腺中央腺体癌	29	2	31
良性前列腺增生	2	32	34
合计	31	34	65

表3 不同b值DWI检查对前列腺中央腺体癌的诊断效能

b值	灵敏度(%)	特异度(%)	准确率(%)	阳性预测值(%)	阴性预测值(%)	Kappa值
50 s/mm ²	77.42(24/31)	76.47(26/34)	76.92(50/65)	75.00(24/32)	78.79(26/33)	0.538
800 s/mm ²	87.10(27/31)	88.24(30/34)	87.69(57/65)	87.10(27/31)	88.24(30/34)	0.753
1500 s/mm ²	93.55(29/31)	94.12(32/34)*	93.85(61/65)*	93.55(29/31)*	94.12(32/34)	0.877
χ^2	3.398	4.636	7.996	4.418	3.565	-
P	0.183	0.098	0.018	0.110	0.168	-

注:与50 s/mm²比较,*P<0.05。

2.5 典型病例影像分析 见图1-3。手术病理为前列腺癌,病灶位于中央腺体,前列腺移行带见斑片状异常信号影,呈等T1短T2信号,边界欠清晰,高B值DWI序列呈高信号(图1A-1E)。b值=50s/mm²时,前列腺癌病灶显示比较清晰,但图像主要受组织水分子弥散运动和T2效应影响,肿瘤与正常组织的对比度相对较低;b值=800s/mm²时,b值增加,弥散效应开始显现,癌变区域的水分子

弥散受限,病灶在图像上表现得更亮,可以明显区分正常组织和癌变区域;b值=1500s/mm²时,b值进一步增大,弥散受限更加明显,癌症病灶亮度继续增加,但由于信噪比降低,会出现图像质量下降或噪声增多的情况(图2A-2C)。b值=50s/mm²时,b值较低,图像更依赖T2效应,组织结构整体形态比较明显,但对肿瘤或异常病灶的识别能力有限,难以将前列腺增生区域与周围正常

组织区分开来; $b=800 \text{ s/mm}^2$ 时, 随着 b 值的增大, 弥散效应影响较明显, 但前列腺增生导致局部水分子弥散受限, 增生区域对比度有所提高, 便于识别异常区域; $b=1500 \text{ s/mm}^2$ 时, b 值进

一步增大, 水分子弥散受限情况更加突出, 但高 b 值下, 信噪比降低, 图像变得较为模糊(图3A-3C)。

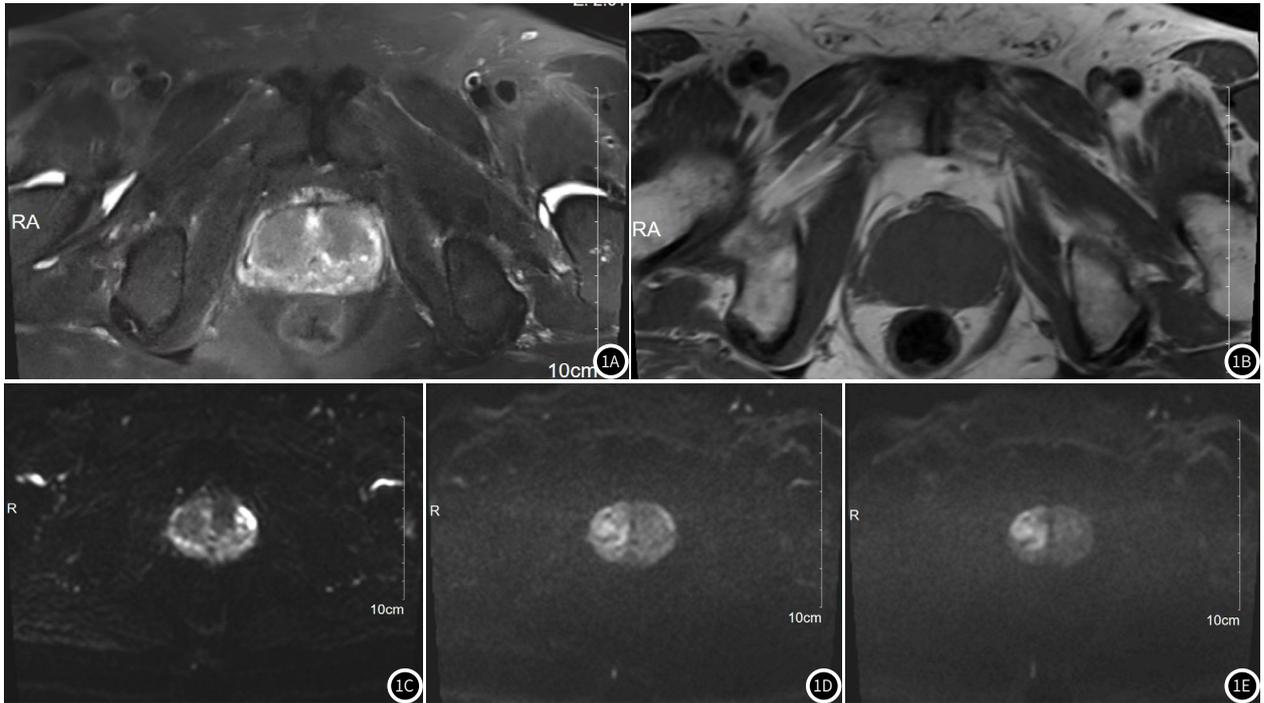


图1A-图3C为前列腺中央腺体癌和良性前列腺增生的不同 b 值DWI表现。

图1A-图1B 前列腺中央腺体癌DWI检查可见斑片状异常信号影, 边界模糊, 伴有T1和T2信号异常表现。

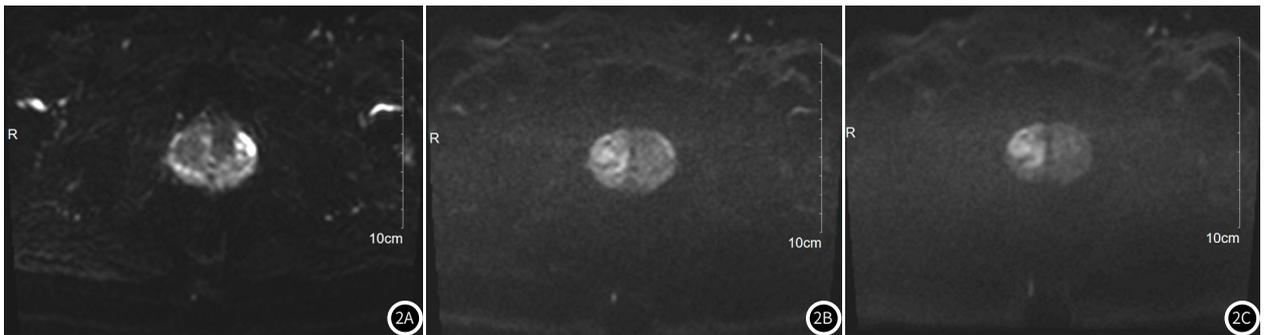


图2A-图2C 不同 b 值前列腺中央腺体癌DWI表现, 随着 b 值上升(b 值=50、800、1500 s/mm^2), 前列腺癌病灶的弥散受限更加明显, 表现为亮度增强, 但图像质量受到信噪比降低的影响, 出现噪声增多。

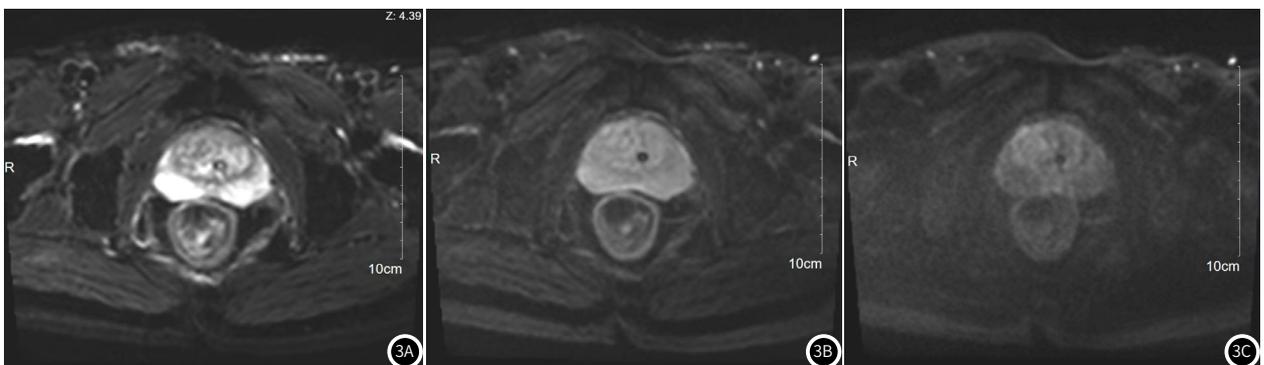


图3A-图3C 不同 b 值前列腺增生DWI表现, 随着 b 值上升(b 值=50、800、1500 s/mm^2), 局部水分子弥散受限, 增生区域对比度提高, 但高 b 值下图像质量下降, 信噪比降低导致图像模糊。

3 讨论

前列腺中央腺体癌是一种位于前列腺中央区域的恶性肿瘤，通常生长隐匿，早期难以发现，其临床表现容易与良性前列腺增生等其他前列腺疾病混淆，因此诊断具有一定挑战性^[7]。目前，前列腺病变的主要检查工具包括PSA检测、数字直肠检查、经直肠超声和MRI。其中，高场MRI结合DWI能够清晰显示前列腺结构，尤其对前列腺恶性病变的早期诊断和鉴别具有较高敏感性和准确性^[8-9]。前列腺中央带位于射精管周围，射精管在MRI中的T2WI表现为高信号，因为其腺体和管状结构丰富，含有较多的液体，腺泡沿尿道呈放射状分布，这种高信号特征有助于区分正常组织与潜在病变区域，相较之下，前列腺癌因腺体结构破坏，液体含量减少，通常在T2WI上表现为低信号。然而，这种信号差异在某些情况下仍可能导致前列腺癌与良性前列腺增生或其他非肿瘤性病变的混淆，尤其是在肿瘤位于前列腺中央带时，影像学表现复杂，难以明确区分^[10]。DWI作为一种重要的MRI技术，其效果与b值的选择密切相关。b值是DWI中用来衡量水分子弥散限制的参数，不同的b值能显著影响影像的对比度和清晰度，进而影响前列腺癌检测灵敏度和特异性。研究^[11]表明，高b值能够更有效地显示组织中的弥散受限区域，从而提高对癌变组织的识别率。然而，具体b值的选择仍存在着一定争议。因此，本研究旨在探讨不同b值对前列腺中央腺体癌的诊断价值，以明确最适合的b值范围，并评估其在实际临床应用中的效果。

ADC值是反映组织中水分子弥散能力的定量指标，常用于评估组织的弥散特性和病变的性质^[12]。本研究结果发现，随着b值的增加，前列腺中央腺体癌和良性前列腺增生患者的ADC值均显著下降，前列腺中央腺体癌患者在不同b值下的ADC值始终低于良性前列腺增生患者，这表明ADC值的下降可以作为区分前列腺中央腺体癌和良性前列腺增生的有效标志。分析是因为前列腺癌组织通常存在细胞密度增加、细胞间质减少以及异常的微血管结构，这些变化使得水分子在组织中的自由弥散受限，导致ADC值下降^[13]。这与前人研究相符，研究^[14]表明高b值DWI能更好地反映肿瘤组织弥散受限程度，从而提高前列腺癌检测准确性。在本研究中，b值取1500 s/mm²时的DWI检查表现出最佳的诊断性能，其灵敏度(93.55%)、特异性(94.12%)及准确率(93.85%)均高于b值为50和800s/mm²的检查结果。据报道^[15]，常规MRI联合多b值(1000、2000、3000 s/mm²)DWI诊断前列腺癌准确度、特异性、敏感度可达到95.38%、93.94%、96.88%，与本研究结果相似。本研究Kappa系数分析结果显示，b值取1500s/mm²时，DWI检查与金标准诊断结果具有非常好的一致性(Kappa=0.877)，高于其他b值，这表明高b值DWI可以提高前列腺中央腺体癌的诊断价值，这种高一致性可能源于高b值对弥散受限的敏感性，使得病灶在影像中表现得更为明显，从而提高了诊断准确性^[16]。

但b值过大可能导致图像信噪比下降，出现噪声增加或图像模糊，影响诊断准确性。如张东青等研究^[17]发现，b值取1500s/mm²时能较好的反映前列腺癌信号变化，而b值取2500s/mm²时，敏感性虽提高，假阳性率也有所提升，导致出现漏诊、误诊病例。本研究支持这一结论，从病例影像分析中可以看出，b值取50s/mm²时图像对比度不足，难以识别肿瘤，b值取800s/mm²时，图像质量与诊断效能均相对良好，b值取1500s/mm²时病灶显示最为明显，诊断效能最佳，但信噪比降低，图像质量有所下降。高b值虽能更好地展示肿瘤的弥散受限特征，但图像质量的下降仍然是一个亟待解决的挑战。为应对这一问题，临床上可以考虑应用降噪

技术，如深度图像先验(DIP)法^[18]，通过减少图像噪声，提高信噪比，从而在保持高诊断准确性的同时改善图像质量。

综上所述，高b值在DWI检查中能显著提高前列腺中央腺体癌的诊断准确性，但同时也伴随着图像质量的下降。综合考虑图像质量和诊断效果，建议将b值选择范围设定在800~1500 s/mm²之间。未来的研究将继续探索b值优化方法，以在图像清晰度和诊断性能之间取得更好的平衡。

参考文献

- [1] Culp MB, Soerjomataram I, Efsthathiou JA, et al. Recent global patterns in prostate cancer incidence and mortality rates [J]. *Eur Urol*, 2020, 77(1): 38-52.
- [2] 任慧鹏, 范晴, 霍敏华, 等. 磁共振DWI技术在中央腺体前列腺癌与前列腺增生鉴别诊断中的价值 [J]. *实用放射学杂志*, 2020, 36(10): 1625-1630.
- [3] 艾光勇, 谯孝凤, 舒鑫, 等. 基于T2WI与DWI的磁化传递技术在前列腺癌诊断及分级中的应用 [J]. *磁共振成像*, 2023, 14(7): 86-92.
- [4] 崔强, 王凡, 程华才, 等. 不同b值ADC对前列腺癌患者术后Gleason评分的预测效果 [J]. *中南医学科学杂志*, 2024, 52(4): 669-672.
- [5] 陆志华, 蒋恒, 翁晓燕, 等. 优化选择高和超高b值直肠癌弥散加权成像 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2020, 36(12): 1858-1862.
- [6] 李敏, 王明帅, 张继洋, 等. 超高b值扩散峰度成像对前列腺癌的诊断及肿瘤分级评估价值 [J]. *放射学实践*, 2021, 36(5): 611-616.
- [7] 朱斌, 刘畅, 许晓平, 等. 18F-PSMA-1007 PET/CT和mpMRI在前列腺癌原发灶检测及病灶腺体内定位的对比研究 [J]. *肿瘤影像学*, 2023, 32(3): 226-236.
- [8] 王凯, 张倩文, 张鹏. DWI序列ADC值鉴别前列腺良恶性局灶性病变的价值 [J]. *河北医学*, 2023, 29(7): 1126-1130.
- [9] 鲁果果, 王轩轩, 马爱珍. DWI和DCE联合PSA检测对前列腺癌诊断价值研究 [J]. *罕少疾病杂志*, 2025, 32(1): 113-115.
- [10] 梁祺祺, 叶华景, 关礼贤, 等. 磁共振增强扫描结合弥散加权成像对前列腺脓肿诊断价值的探讨 [J]. *罕少疾病杂志*, 2021, 28(6): 70-72.
- [11] Li C, Li N, Li Z, et al. Diagnostic accuracy of high b-valuediffusion weighted imaging for patients with prostate cancer: a diagnostic comprehensive analysis [J]. *Aging (Albany NY)*, 2021, 13(12): 16404-16424.
- [12] Fennessy FM, Maier SE. Quantitative diffusion MRI in prostate cancer: image quality, what we can measure and how it improves clinical assessment [J]. *Eur J Radiol*, 2023, 167: 111066.
- [13] Zhang K, Zhang C, Chen Z, et al. Objective value of the apparent diffusion coefficient (ADC) map from ultrahigh b-value diffusion-weighted imaging (DWI) in 3T MRI could be a non-invasive specific biomarker for prostatecancer [J]. *Curr Med Imaging*, 2024, 20: 1-9.
- [14] 张喆, 兰秀玲, 申林, 等. 基于高b值DWI的容积ROI直方图鉴别中央腺体前列腺癌与良性前列腺增生的价值 [J]. *肿瘤影像学*, 2022, 31(5): 523-530.
- [15] 黄晓华, 孙蕾, 王雨, 等. 3.0T常规MRI联合多b值DWI在前列腺癌诊断中的价值 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2024, 22(6): 124-126.
- [16] Bevilacqua A, Mottola M, Ferroni F, et al. The primacy of high B-Value 3T-DWI radiomics in the prediction of clinically significant prostate cancer [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2021, 11(5): 739.
- [17] 张东青, 林立夫, 刘玉双, 等. 1.5T MRI不同b值DWI技术对中央移行带早期前列腺癌诊断的探讨 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2022, 20(12): 127-128.
- [18] Lin YC, Huang HM. Denoising of multi b-value diffusion-weighted MR images using deep image prior [J]. *Phys Med Biol*, 2020, 65(10): 105003.

(收稿日期: 2024-10-09)

(校对编辑: 韩敏求、姚丽娜)