论　著

不同弥散敏感因子在MRI诊断前列腺良恶性肿瘤中的应用*

王明媚　张　欢*　许万博
刘振河　解丙坤
山东大学齐鲁医院德州医院放射科
(山东 德州 253000)

【摘要】**目的** 探究不同弥散敏感因子(b)在磁共振成像(MRI)诊断前列腺良恶性肿瘤中的应用价值。**方法** 收集2022年1月至2024年1月就诊的前列腺恶性肿瘤患者40例(恶性组)，再收集同期同科室的良性肿瘤患者40例(良性组)。比较两组b=1500时和b=2500时的表观弥散系数(ADC)、指数表观弥散系数(eADC)值，采用Spearman法分析ADC、eADC值与病理结果的相关性，采用受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)分析各参数的诊断价值。**结果** b=1500时和b=2500时，恶性组ADC值低于全部患者、良性组，全部患者低于良性组(*P*<0.05)；恶性组eADC值高于全部患者，全部患者高于良性组(*P*<0.05)；b=1500和b=2500时，ADC、eADC值与病例结果分别呈负相关、正相关(*P*<0.05)；b=1500时，ADC、eADC值预测病理结果的AUC分别为0.853、0.863，b=2500时，ADC、eADC值预测病理结果的AUC分别为0.857、0.849。**结论** b=1500和b=2500在MRI诊断前列腺良恶性肿瘤中可能有较高的应用价值，且b=1500诊断效果略优于2500，但是具体优势还需要进一步探索，望本研究能对MRI诊断前列腺良恶性肿瘤的研究发展有帮助。

【关键词】弥散敏感因子；前列腺肿瘤；良恶性；磁共振成像
【中图分类号】R697+3
【文献标识码】A
【基金项目】山东省中医药科技项目(M-2023114)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.07.041

Application of Different Dispersion Sensitive Factors in MRI Diagnosis of Benign and Malignant Prostate Tumors*

WANG Ming-mei, ZHANG Huan*, XU Wan-bo, LIU Zhen-he, XIE Bing-kun.
Department of Radiology, Qilu Hospital of Shandong University Dezhou Hospital, Dezhou 253000, Shandong Province, China

ABSTRACT
Objective To explore the application value of different dispersion sensitive factors (b) in magnetic resonance imaging diagnosis of benign and malignant prostate tumors. ***Methods*** A total of 40 patients with prostate malignant tumor (malignant group) were collected from January 2022 to January 2024, and 40 patients with benign tumor in the same department during the same period (benign group) were collected. The apparent diffusion coefficient (ADC) and exponential apparent diffusion coefficient (eADC) values of the two groups were compared when b=1500 and when b=2500, and the correlation between ADC and eADC values and pathological results was analyzed by Spearman method, and the diagnostic value of each parameter was analyzed by area under receiver Operating characteristic (ROC) curve (AUC). ***Results*** When b=1500 and b=2500, ADC value in malignant group was lower than that in all patients, benign group was lower than that in all patients (*P*<0.05). The eADC value of malignant group was higher than that of benign group (*P*<0.05). When b=1500 and b=2500, ADC and eADC values were negatively correlated and positively correlated with case results, respectively (*P*<0.05). When b=1500, the AUC of ADC and eADC values in predicting pathological results was 0.853 and 0.863, respectively; when b=2500, the AUC of ADC and eADC values in predicting pathological results was 0.857 and 0.849, respectively. ***Conclusion*** b=1500 and b=2500 May have high application value in MRI diagnosis of benign and malignant prostate tumors, and the diagnostic effect of b=1500 is slightly better than that of 2500, but the specific advantages need to be further explored. It is hoped that this study can be helpful to the research and development of MRI diagnosis of benign and malignant prostate tumors.

Keywords: Dispersion Sensitive Factor; Tumor of Prostate; Benign and Malignant; Magnetic Resonance Imaging

前列腺肿瘤是临床常见的生殖系统多发肿瘤疾病，发病率较高[1-3]。前列腺肿瘤可分为良恶性肿瘤，二者治疗方案及预后存在显著差异，若未及时进行有效诊断及治疗，疾病发展至中晚期患者会出现尿失禁、尿潴留等症状，对生活质量产生严重影响[4-5]。因此，早期对前列腺肿瘤良恶性进行准确的鉴别诊断对患者改善疗效及预后具有重要意义[6]。目前临床前列腺肿瘤良恶性诊断主要采用前列腺活检，但该方式属于侵入性创伤检查，出血、疼痛等并发症发生风险较高，且诊断准确率可能受取样误差影响[7-8]。近年来磁共振成像(MRI)是应用较广泛的前列腺影像检查手段，其空间分辨力及组织分辨率高，可有效评估前列腺病变程度，清晰显示肿瘤的形状、位置和范围以及周边组织受侵情况[9-11]。MRI检查的扩散加权成像(DWI)序列通过检测组织内水分子扩散运动受限程度和方向，可清晰显示组织细胞微观结构改变，是评估前列腺癌的重要方式[12]。前列腺患者的ADC值显著低于正常前列腺实质，弥散敏感因子(b)值会导致ADC值的差异，勾振恒等人研究表明，高b值DWI及ADC值有助于鉴别前列腺良恶性[13]。基于此，本研究通过比较良恶性前列腺患者的不同b值下DWI序列扫描参数指标差异，探究其在前列腺良恶性肿瘤诊断的应用价值，以期为临床前列腺良恶性肿瘤诊断提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集2022年1月至2024年1月就诊的前列腺恶性肿瘤患者40例(恶性组)，再收集同期同科室的良性肿瘤患者40例(良性组)。两组年龄、体质量指数(BMI)、基础疾病、前列腺特异性抗原(PSA)等一般资料比较无明显差异(*P*>0.05)，见表1。本研究经医学伦理委员会(2024002)审批通过。

纳入标准：(1)病灶大小≥5×5mm，所有病例均手术或穿刺病理证实，而且核磁共振检查后4周内手术或穿刺活检，并取得准确病理结果[14]；(2)行常规MRI(含平扫、强化及DWI检查)。排除标准：不符合上述标准，检查前有放化疗或穿刺以及内分泌治疗，有前列腺手术及其他恶行肿瘤病史，如盆腔恶性肿瘤。

1.2 方法 所有患者均采用3.0 T联影UMR780 MRI扫描仪行前列腺扫描。扫描前嘱患者禁食并排空膀胱，扫描时患者取仰卧位，身体中线与扫描床中线保持重合，采用32通道腹部线圈，扫描序列包括T1WI、T2WI、DWI(b值=1500、2500s/mm^2)，计算表观弥散系数(ADC)值、指数表观弥散系数(eADC)值，计算公式：S=S0exp(-b×ADC)，其中S为施加扩散敏感梯度后的信号强度，S0为未施加扩散敏感梯度后的信号强度，b为扩散因子，见表2。

【第一作者】王明媚，女，主治医师，主要研究方向：腹部影像诊断。E-mail：fukunyuefky@163.com
【通讯作者】张　欢，男，主治医师，主要研究方向：腹部影像学诊断。E-mail：18105349941@163.com

1.3 统计学方法 使用SPSS 26.0软件进行统计分析，计数资料采用例(%)表示，两组间比较采用χ^2检验进行，计量资料采用Shapiro-wilktest检验做正态分性分析，满足正态分布的数据采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示，组间比较采用独立样本t检验，不符合正态分布的数据以四分位法[M (P_{25}, P_{75})]表示，两组间比较采用Mann Whitney U检验，采用Spearman法分析ADC、eADC值与病理结果的相关性，采用受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)分析各参数的诊断价值。以双侧*P*值<0.05为差异具有统计学意义。

2 结 果

2.1 不同分析系数下ADC与eADC值 b=1500时和b=2500时，恶性组ADC值低于全部患者、良性组，全部患者低于良性组(*P*<0.05)；恶性组eADC值高于全部患者，全部患者高于良性组(*P*<0.05)，见表2、3。

2.2 相关性分析 b=1500和b=2500时，ADC值与病例结果呈负相关(*P*<0.05)，eADC值与病例结果呈正相关(*P*<0.05)，见表4。

2.3 ROC分析 b=1500时，ADC、eADC值预测病理结果的AUC分别为0.853、0.863；b=2500时，ADC、eADC值预测病理结果的AUC分别为0.857、0.849，见表5、图1。

表1 两组一般资料的比较

项目	全部患者 (n=80)	良性组 (n=40)	恶性组 (n=40)	t/Z/χ^2	*P*
年龄 (岁)	69.50 (65.75, 75.00)	68.15±9.08	71.45±10.22	-1.527	0.131
BMI (kg/m^2)	22.84±2.01	23.09±1.90	22.59±2.12	1.126	0.264
基础疾病 [例 (%)]					
高血压	15 (18.75)	7 (17.50)	8 (20.00)	0.082	0.775
冠心病	14 (17.50)	6 (15.00)	8 (20.00)	0.346	0.556
糖尿病	16 (20.00)	7 (17.50)	9 (22.50)	0.313	0.576
PSA (ng/mL)	13.08 (5.85, 27.03)	7.76 (4.56, 20.07)	19.61 (11.56, 53.25)	-3.224	0.001
前列腺体积 (cm^3)	60.02±6.24	61.31±5.34	58.74±6.85	1.871	0.065
最大病灶直径 (cm)	1.49±0.71	1.51±0.78	1.48±0.66	0.235	0.815
病灶个数 (个)	3.00 (2.00, 5.00)	3.00 (2.00, 4.00)	4.00 (2.75, 5.00)	-1.225	0.221
影诊性质[例 (%)]				0.854	0.652
中央	34 (42.50)	19 (47.50)	15 (37.50)		
周围	30 (37.50)	14 (35.00)	16 (40.00)		
未登记	16 (20.00)	7 (17.50)	9 (22.50)		

注：t/Z/χ^2和*P*值为良性组与恶性组比较。

表2 序列扫描参数表

扫描序列	扫描时间 (s)	激励次数 (次)	TR (ms)	TE (ms)	视野 (mm^2)	体素 (mm^3)	层厚 (mm)	层间距 (mm)
T1WI	2.42	2	503	10.1	200×200	200/360×200/480×3	3	10
T2WI	3.14	2.5-2.6	3870	142.2	180×180	180/312×180/312×3	3	10
DWI								
(b=1500、2500)	5.18	8、10	2325	76	260×280	260/208×280/208×3	3	10

表3 不同分析系数下ADC与eADC值的比较(s/mm^2)

组别	例数	b=1500		b=2500	
		ADC	eADC	ADC	eADC
全部患者	80	797.70±348.87	282.68 (206.06, 440.25)	550.62±197.71	256.09±100.15
良性组	40	994.50±294.84	222.40±79.64	665.87±173.09	194.91±67.81
恶性组	40	600.90±283.14	412.37±140.30	435.37±148.23	317.27±89.68
t		6.090	-7.447	6.397	-6.883
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

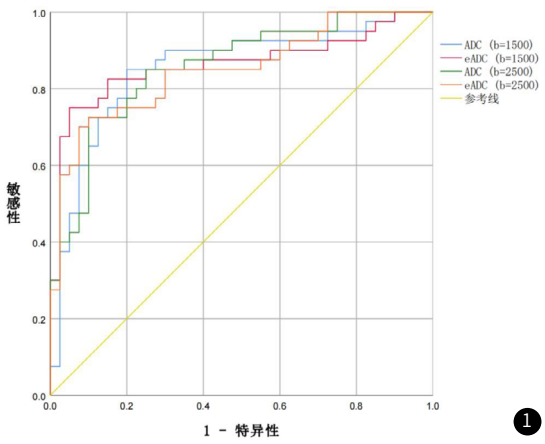

图1 不同分析系数下ADC、eADC值预测病理结果的ROC曲线。

表4 不同分析系数下ADC、eADC值与病理结果的相关性分析

项目	病理结果	
	r_s	*P*
分析系数b=1500		
ADC	-0.612	<0.001
eADC	0.629	<0.001
分析系数b=2500		
ADC	-0.618	<0.001
eADC	0.605	<0.001

表5 不同分析系数下ADC、eADC值预测病理结果的ROC曲线参数

指标	AUC	95%CI	*P*	最佳截断值	敏感性	特异性
分析系数b=1500						
ADC	0.853	0.765-0.941	<0.001	844.885	0.850	0.800
eADC	0.863	0.776-0.951	<0.001	338.360	0.750	0.950
分析系数b=2500						
ADC	0.857	0.775-0.939	<0.001	499.680	0.725	0.900
eADC	0.849	0.764-0.935	<0.001	273.290	0.725	0.900

3 讨　论

为提高临床前列腺良恶性肿瘤确诊率，本文探究了不同b值在MRI诊断中的应用价值，结果显示，b=1500和b=2500在MRI诊断前列腺良恶性肿瘤中可能有较高的应用价值，基于AUC数值的比较，b=1500诊断效果略优于2500。

MRI检查主要通过DWI观察细胞外水分子的扩散运动程度，b值表示DWI中弥散梯度磁场的形状、时间及幅度，可根据具体情况设定，其图像对比度从T2权重变为弥散权重[15]；ADC、eADC值可反映水分子扩散运动范围、速度等情况，当机体细胞密度增高时，细胞间隙水分子弥散受限，DWI信号将随密度增高而升高，ADC值降低[4,16]。本研究显示，b=1500时和b=2500时，前列腺恶性肿瘤患者ADC值低于良性肿瘤患者，eADC值高于良性肿瘤患者，且ADC值与病例结果呈负相关，eADC值与病例结果呈正相关。分析其原因，可能为相较于前列腺癌患者，正常前列腺组织未受肿瘤侵袭影响，其导管等结构更丰富，水分子扩散运动自由度更高[17]。而前列腺癌的恶性肿瘤细胞增殖速度快，病变组织细胞体积变小且排列紧密，会导致细胞外间隙变小，组织中水分子弥散受明显限制，自由度下降，因此与良性肿瘤患者比较，前列腺恶性患者ADC、eADC值变化幅度较大，ADC值降低，eADC值上升[17-18]。刘颖刚等人研究表明，随肿瘤恶性程度上升，肿瘤细胞浸润程度越深，前列腺正常腺体组织将越少，水分子扩散受限越严重，与本次研究结果具有一致性[19]。因此，b=1500时和b=2500时，ADC值与病理结果可能呈负相关，eADC值与病理结果呈正相关。

此外，本研究显示，b=1500时ADC值预测前列腺病理结果的准确率低于eADC值，b=2500时ADC值预测前列腺病理结果的准确率高于eADC值，且b=1500诊断效果略优于2500。分析其原因，可能为ADC值不仅与水分子扩散状态相关，也受微循环灌注、前列腺钙化、T2穿透效应等因素影响，而eADC值不易受T2穿透效应影响[20]。不同b值下的水分子扩散状态存在差异，高b值能够提高水分子扩散运动敏感性，当b值较大时弥散权重增大，T2权重减小，浸润组织与正常组织对比度上升，ADC值敏感度较高，故b=2500时ADC值预测前列腺病理结果的准确率高于eADC值[21-22]。b=1500诊断效果略优于2500，但对其具体优势暂无相关研究，需进一步探索。因此，临床可考虑b=1500和b=2500的ADC、eADC值联合诊断提高诊断准确率。

本研究采用灵敏度和特异度检验的样本量计算方法，参考相关文献发现b=1500和b=2500的灵敏度和特异度均较高，考虑到按照该方法可能需要大量样本量，因此我们统一通过以下方式计算样本量。以b=1500和b=2500时保证患者ADC值存在差异为目的计算样本量，方法为配对样本平均值差的样本量计算法，参考华圳[13]等人的参考文献，显示最后只满足b=1500和b=2500时，良性增生和恶性肿瘤组ADC值显著，不考虑样本脱落，最少需要良性增生和恶性肿瘤组各5例样本，由于参考的文献无法获取原始数据和平均值差，因此我们未进行最终的样本量计算，但会尽可能寻找更多样本。

综上所述，b=1500和b=2500在MRI诊断前列腺良恶性肿瘤中可能有较高的应用价值，ADC值与肿瘤恶性程度可能呈负相关，eADC值与肿瘤恶性程度呈正相关，且b=1500诊断效果略优于2500，但是具体优势还需要进一步探索，望本研究能对MRI诊断前列腺良恶性肿瘤的研究发展有帮助。

参考文献

[1]祁龙秀.CT及磁共振成像对前列腺良恶性病变的诊断价值分析[J].现代医用影像学,2022,31(11):2088-2090.

[2]Pokhrel A,Nair K,Jaswani V,et al.Review of checkpoint inhibitor immunotherapy in neuroendocrine tumor of prostate and our experience in 2 cases[J].J Investig Med High Impact Case Rep,2022,10:23247096221093886.

[3]Geng H,Tong W,Han F,et al.The role of tumor oxygenation tested by magnetic resonance imaging (MRI) in prostate cancer grading[J].Med Sci Monit,2019,25:2505-2510.

[4]王丽娜,秦雅宏.磁共振ADC值定量鉴别前列腺良恶性病变的效果评价[J].现代医用影像学,2023,32(12):2309-2311,2327.

[5]Guerra A,Alves FC,Maes K,et al.Early biomarkers of extracapsular extension of prostate cancer using MRI-derived semantic features[J].Cancer Imaging,2022,22(1):74.

[6]陈惠媛,张梦瑜,庞家伟,等.探究不同参数3.0T磁共振成像诊断前列腺癌和前列腺增生的价值 [J].实用医技杂志,2023,30 (4):241-247.

[7]李志平,徐辉景,崔凤,等.初次前列腺活检前多参数磁共振成像检查对前列腺癌的诊断价值[J].临床放射学杂志,2022,41(9):1731-1735.

[8]Schoots IG,Roobol MJ.Multivariate risk prediction tools including MRI for individualized biopsy decision in prostate cancer diagnosis:current status and future directions[J].World J Urol,2020,38(3):517-529.

[9]O′Shea A,Harisinghani M.PI-RADS:multiparametric MRI in prostate cancer.MAGMA.2022,35(4):523-532.

[10]钟叶,徐俊,刘陈平,等.3.0T磁共振双参数成像及多参数成像对前列腺良恶性肿瘤诊断价值的比较[J].临床荟萃,2022,37(8):723-727.

[11]蒋艳,毛家仁.磁共振检查在良恶性肿瘤鉴别诊断中的实施价值分析[J].影像研究与医学应用,2023,7(23):176-178.

[12]Singla A,Deep N,Naik S,et al.Correlation of multiparametric MRI with histopathological grade of peripheral zone prostate carcinoma[J].J Cancer Res Ther,2023,19(Suppl 2):S569-S576.

[13]勾振恒,王海屹,杜静波,等.高弥散敏感因子(b)值DWI及ADC值对前列腺癌与前列腺炎鉴别诊断的应用对比分析[J].中国中西医结合外科杂志,2020,26(2):366-370.

[14]傅强,韩邦旻,刘振湘,等.前列腺穿刺活检专家共识[J].中华男科学杂志,2022,28(5):462-470.

[15]华圳,刘瑜婷.不同b值3.0T磁共振弥散加权成像在前列腺癌鉴别诊断中的应用价值[J].影像研究与医学应用,2023,7(12):98-100.

[16]Singla A,Deep N,Naik S,et al.Correlation of multiparametric MRI with histopathological grade of peripheral zone prostate carcinoma[J].J Cancer Res Ther,2023,19(Suppl 2):S569-S576.

[17]刘天笑,李琪,贺曦,等.3.0T MR弥散加权成像参数联合在鉴别前列腺癌及Gleason分级中的应用[J].中国医学创新,2023,20(33):125-129.

[18]黄继伟,李健斐,王佳,等.3.0T MRI多b值DWI与动态增强扫描对前列腺癌术前诊断价值[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(10):147-148,166.

[19]刘颖刚,徐云龙,王博.前列腺癌表观扩散系数值与Gleason评分的关系[J].实用放射学杂志,2019,35(9):1468-1471.

[20]吴娜娜,苟杰,胡炜,等.MR-DWI联合TRUS在前列腺癌诊断及Gleason分级中的应用[J].医学临床研究,2018,35(3):4.

[21]赵莹莹,张丹,宋娜,等.超高b值DWI对外周带前列腺癌的诊断价值[J].磁共振成像,2021,12(12):24-28.

[22]张志,瞿刚,刘朝敏,等.磁共振成像增强扫描及弥散加权成像预测小肝癌微血管侵犯的价值[J].成都医学院学报,2024,19(1):84-88.

(收稿日期：2024-06-12)　　(校对编辑：韩敏求、姚丽娜)