



· 论 著 ·

ADC值及eADC值在双参数MRI诊断临床显著性前列腺癌中的应用价值

孟凡祺, 黄浩, 齐旭红, 于洋, 温智勇

国家电网公司北京电力医院(首都医科大学电力教学医院)放射科, 北京 100073

【摘要】 目的: 探究表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)及指数化ADC(exponential ADC, eADC)在双参数磁共振成像(bi-parametric magnetic resonance imaging, bpMRI)诊断临床显著性前列腺癌中的应用价值。方法: 回顾并分析2014年1月—2021年12月在首都医科大学电力教学医院就诊的101例临床怀疑为前列腺癌患者的临床、影像学及病理学资料。依据穿刺活检结果分为组1(临床显著性前列腺癌组)和组2(非临床显著性前列腺癌+非前列腺癌), 由2名阅片者依据前列腺影像报告和数据系统(Prostate Imaging Reporting and Data System, PI-RADS)指南评分标准分别按照bpMRI诊断方案和多参数MRI(multi-parametric MRI, mpMRI)诊断方案进行评分(记为bpMRI评分和mpMRI评分), 并且测量病灶最大层面的ADC值和eADC值, 将bpMRI评分和mpMRI评分分别与ADC值及eADC值联合构建logistic回归模型, 绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评价ADC值、eADC值、bpMRI诊断方案、mpMRI诊断方案以及两者分别联合ADC值及eADC值对临床显著性前列腺癌的诊断价值, 运用Z检验对比各方案的曲线下面积(area under curve, AUC)有无差异。结果: 109例可疑病灶中, 组1病灶共计50例, 组2病灶共计59例。ADC值、eADC值、bpMRI评分及mpMRI评分是诊断临床显著性前列腺癌的有效指标($P < 0.001$), ADC值及eADC值的AUC值分别为0.888和0.931, 差异无统计学意义($Z=1.512, P=0.1306$)。BpMRI评分分别联合ADC值及eADC值的AUC值分别为0.973、0.978, 高于单独运用bpMRI评分的AUC值($AUC=0.954$), 差异有统计学意义($Z=2.391, P=0.0168; Z=2.125, P=0.0336$)。mpMRI评分分别联合ADC值及eADC值的AUC值分别为0.985、0.985, 高于单独运用mpMRI评分的AUC值($AUC=0.974$), 但差异无统计学意义($Z=1.295, P=0.1953; Z=1.354, P=0.1757$)。结论: ADC值和eADC值都是诊断临床显著性前列腺癌有价值的MRI定量指标, 两者联合bpMRI评分可以显著地提高bpMRI的诊断效能与临床应用价值。

【关键词】 前列腺影像报告和数据系统; 双参数磁共振成像; 表观弥散系数; 指数化表观弥散系数; 临床显著性前列腺癌

中图分类号: R737.25; R445.2 文献标志码: A DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2023.04.007

Application value of ADC value and eADC value in bi-parametric MRI in detecting clinical significant prostate cancer MENG Fanqi, HUANG Hao, QI Xuhong, YU Yang, WEN Zhiyong (Department of Radiology, Capital Medical University Electric Power Teaching Hospital, Beijing 100073, China)

Correspondence to: WEN Zhiyong E-mail: wenzhiyong3329@163.com

【Abstract】 **Objective:** To explore the application value of apparent diffusion coefficient (ADC) and exponential ADC (eADC) in bi-parametric magnetic resonance imaging (bpMRI) in detecting clinical significant prostate cancer. **Methods:** The clinical, imaging and pathological data of 101 patients with clinically suspected prostate cancer who were treated in Medical University Electric Power Teaching Hospital from January 2014 to December 2021 were retrospectively analyzed. According to the pathological results, the patients were divided into group 1 (clinical significant prostate cancer group) and group 2 (non-clinical significant prostate cancer + non-prostate cancer). Two radiographers used Prostate Imaging Reporting and Data System (PI-RADS) to scored the prostate MRI images of all patients according to the two schemes of mpMRI and bpMRI, and measured the ADC value and eADC value of the lesions. Logistic regression model was constructed by combining bpMRI score or mpMRI score with ADC value or eADC value respectively, and receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the diagnostic efficacy of the ADC value,

基金项目: 国中康健集团科学技术项目(GZKJ-KJXX-QTHT-20220012)

通信作者: 温智勇 E-mail: wenzhiyong3329@163.com

eADC value, bpMRI scheme, mpMRI scheme and the logistic regression model of bpMRI scheme or mpMRI scheme combined with ADC value or eADC value. The area under curve (AUC) of each scheme was compared by Z test. **Results:** Among 109 suspected lesions, 50 lesions were divided into group 1 and 59 were divided into group 2. ADC values, eADC values, BpMRI score and mpMRI score were effective indicators in diagnosis of clinical significant prostate cancer ($P < 0.001$). The AUC values of ADC value and eADC value were 0.888 and 0.931 respectively, but there was no statistically significant difference between ADC value and eADC value ($Z=1.512, P=0.1306$). The AUC values of bpMRI score combined with ADC value or eADC value were 0.973 and 0.978 respectively, were higher than the AUC value of bpMRI score ($AUC=0.954$), and the difference was statistically significant ($Z=2.391, P=0.0168; Z=2.125, P=0.0336$). The AUC values of mpMRI score combined with ADC value or eADC value were 0.985 and 0.985 respectively, were higher than the AUC value of mpMRI score ($AUC=0.974$), But the difference was no statistically significant ($Z=1.295, P=0.1953; Z=1.354, P=0.1757$). **Conclusion:** Both ADC value and eADC value are valuable quantitative MRI indicators in diagnosis of clinical significant prostate cancer, and combing the two values with bpMRI score can effectively improve the diagnostic efficiency and clinical application value of bpMRI schemes.

[**Key words**] Prostate Imaging Reporting and Data System; Bi-parametric magnetic resonance imaging; Apparent diffusion coefficient; Exponential apparent diffusion coefficient; Clinical significant prostate cancer

国际癌症研究机构 (International Agency for Research on Cancer, IARC) 统计数据^[1]显示, 前列腺癌 (prostate cancer, PCa) 是全球男性肿瘤中第二大常见的恶性肿瘤, 其死亡率居男性肿瘤的第五位。随着中国居民生活水平的逐渐提高及医疗技术的不断发展, 中国PCa的发病率也在逐年升高, 并且近年来的增长幅度高于欧美发达国家^[2-5]。

目前公认多参数磁共振成像 (multi-parametric magnetic resonance imaging, mpMRI) 是检出PCa最佳的影像学检查方法, 随着相关临床研究的深入及前列腺影像报告和数据系统 (Prostate Imaging Reporting and Data System, PI-RADS) 的更新完善, 剔除了动态增强 (dynamic contrast-enhanced, DCE) 扫描序列的双参数MRI (bi-parametric MRI, bpMRI) 相对于mpMRI检查更为高效、便捷, 并且其诊断效能不低于传统的mpMRI检查, 可以作为优选扫描方案应用于临床^[6-8]。然而目前版本的PI-RADS评分系统中, 对于弥散加权成像 (diffusion-weighted imaging, DWI) 序列及表观弥散系数 (apparent diffusion coefficient, ADC) 图的评估主要通过视觉主观评估, 因此mpMRI的诊断效能受医师诊断经验的影响, 而在简化的bpMRI中这一影响更为明显^[9-11]。ADC值及指数化ADC (exponential ADC, eADC) 值等相关客观定量指标的应用在一定程度上可以减少阅片医师主观因素的影

响, 目前应用第2.1版PI-RADS (PI-RADS v2.1) 评分系统, 探讨bpMRI与ADC值及eADC值联合诊断临床显著性PCa (clinical significant PCa, csPCa) 的研究鲜有报道。而当前临床诊疗中对于PCa最重要的是检出csPCa。本研究旨在探讨在PI-RADS v2.1评分标准下, ADC值及eADC值在bpMRI诊断csPCa中的应用价值。

1 资料和方法

1.1 患者一般资料

纳入2014年1月—2021年12月因临床怀疑为PCa而在首都医科大学电力教学医院就诊并且行前列腺mpMRI检查的患者。患者的临床、影像学及病理学资料完整。所有患者在MRI检查后2周内行超声引导下穿刺活检。排除标准: ① MRI检查前接受过穿刺、手术或PCa相关治疗等; ② MRI图像形变或受伪影干扰影响ADC值的测量; ③ 穿刺坐标与MRI图像上的可疑病灶难以匹配的患者; ④ MRI图像上看不到明确局灶性病灶, 无法确定感兴趣区 (region of interest, ROI) 勾画区域的患者。⑤ 病灶的最大横截面积过小 ($< 20 \text{ mm}^2$)。⑥ 存在明显包膜外侵犯或转移的晚期PCa患者。当前列腺内存在多发病灶时, 若病灶均处于移行带或外周带时, 则以评分最高的病灶纳入研究; 若多发病灶在移行带和外周带均有分布时, 则分别将移

行带和外周带中评分最高且横截面积最大的病灶纳入研究。所有患者在检查前均已签署知情同意书。

1.2 MRI检查方法

采用美国GE公司的Discovery MR750 3.0 T MRI扫描仪,采用体线圈作为射频发射线圈,选择32通道体部相控阵线圈作为接收线圈。检查前嘱咐患者适量饮水使膀胱适度充盈。扫描序列选择轴位、冠状位和矢状位的快速自旋回波(fast spin echo, FSE)-T2加权成像(T2-weighted imaging, T2WI),轴位的T1加权成像(T1-weighted imaging, T1WI)序列、单次激发

平面回波成像(single-shot echo planar imaging, SS-EPI)DWI序列及可变容积加速采集序列(LAVA-Flex)轴位DCE扫描。DWI序列的 b 值分别为0、800、2 000、3 000 s/mm²,在ADW 4.6工作站上使用functool软件选择 b 值为0、800 s/mm²两个DWI序列重建获得ADC图及eADC图。DCE扫描范围包括整个精囊腺及前列腺,在第1个期相结束后经肘静脉团注对比剂钆喷酸葡胺(Gd-DTPA),注射速率为2.5 mL/s,注射剂量为0.1 mmol/kg,注射完之后以相同速率注入20 mL生理盐水,DCE扫描一共采集9个期相,各个序列扫描参数详见表1。

表1 前列腺MRI各序列扫描参数

检查序列	激发序列	重复时间/ms	回波时间/ms	层厚/mm	层间距/mm	视野
矢状位T2WI	FSE	5 653	105	5.0	1.0	260 mm × 260 mm
冠状位T2WI	FSE	6 744	106	4.0	1.0	240 mm × 240 mm
横轴位T2WI	FSE	5 946	112	4.0	0.5	240 mm × 240 mm
横轴位T1WI	FSE	441	8.52	6.0	1.0	420 mm × 420 mm
横轴位DWI	SS-EPI	4 000	90	6.0	1.0	420 mm × 420 mm
横轴位DCE扫描	LAVA-Flex	5.04	1.80	4.0	2.0	300 mm × 300 mm

1.3 前列腺MRI图像评分

由2名具有5年以上MRI诊断经验的放射科医师在不知病理学检查结果的情况下采取双盲法依据PI-RADS v2.1标准对所有患者的MRI图像按照bpMRI方案和mpMRI方案分别进行评分。由于剔除了DCE序列,对于外周带病变以DWI序列评分作为bpMRI方案的最终评分。2名医师评分出现分歧时则由另一名高年资放射科医师决定其最终评分。

1.4 ADC值的测量

在ADW 4.6工作站上选取可疑病灶最明显的层面,沿着病灶轮廓勾画ROI,测量可疑病灶的ADC值及eADC值,测量3次取平均值。

1.5 穿刺活检

采用直肠超声引导下经会阴24针前列腺饱和穿刺法获取病理组织,每一针穿刺所得的组织长度不小于1.5 cm并标注其位于前列腺的具体坐标位置,病理学检查结果均记录其相应的Gleason

评分。穿刺术后所有患者均使用抗生素预防感染。将Gleason评分>6分和/或活检组织中癌组织占比>50%和/或对应区域穿刺所得癌组织针数>2针的患者定义为csPCa^[12-13]。

1.6 统计学处理

采用SPSS 19.0和MedCalc 18.2.1进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料以 $n(\%)$ 表示。采用独立样本 t 检验对比组1(csPCa组)和组2(非csPCa+非PCa)的ADC值、eADC值,以及bpMRI方案及mpMRI方案的PI-RADS v2.1评分(记为bpMRI评分,mpMRI评分), $P < 0.05$ 为差异有统计学意义,并且对照病理学检查结果绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,计算曲线下面积(area under curve, AUC)。以病理学检查结果为因变量分为组1和组2($Y=0, 1$),以ADC值、eADC值、bpMRI评分及mpMRI评分作为自变量,采用二元logistic多因素方差分析,构建

logistic回归模型。回归模型包括ADC值+bpMRI评分、eADC值+bpMRI评分、ADC值+mpMRI评分、eADC值+mpMRI评分4种模型。绘制上述4种模型的ROC曲线并计算AUC值,采用Z检验比较bpMRI方案和mpMRI方案与各自联合ADC值及eADC值的AUC差异, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。以最大约登指数为标准确定诊断阈值,分析各方案的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及准确度。

2 结 果

2.1 患者的一般资料

共计101例患者纳入本研究,可疑病灶共计

109个,组1(csPCa组)共计50个(45.9%)。组2(非csPCa+非PCa)共计59个(54.1%),其中PCa共计6个,前列腺增生50个,肉芽肿性前列腺炎3个。外周带癌灶共计30个,其中csPCa共计26个;移行带癌灶共计26个,其中csPCa共计24个。PCa病灶中Gleason评分 <6 分为3个,Gleason评分为6分的共计15个,其中符合csPCa的病灶共计12个,非csPCa3个,评分7a(3+4)17个,评分7b(4+3)6个,评分8分10个,评分9分5个。ADC值、eADC值、bpMRI评分及mpMRI评分的t检验分析结果显示组1和组2的ADC值、eADC值、bpMRI评分及mpMRI评分差异有统计学意义($P<0.05$,表2)。

表2 组1与组2患者ADC值、eADC值、bpMRI评分及mpMRI评分的对比

项目	$\bar{x}\pm s$			
	组1 (n=50)	组2 (n=59)	t值	P值
ADC值 $\times 10^{-3}/(\text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1})$	1.249 \pm 0.136	1.285 \pm 0.149	14.354	0.000
eADC值	0.468 \pm 0.056	0.362 \pm 0.044	11.055	0.000
bpMRI评分	4.100 \pm 0.839	2.237 \pm 0.567	13.746	0.000
mpMRI评分	4.420 \pm 0.538	2.271 \pm 0.638	18.798	0.000

2.2 Logistic回归模型的构建

将ADC值及eADC值分别与bpMRI评分及mpMRI评分相联合构建logistic回归模型。bpMRI评分+ADC值: Logit $P=3.064$ 96 bpMRI评分-571.269 14 ADC值-8.769 15 ($\chi^2=94.478$, $P<0.01$); bpMRI评分+eADC值: Logit $P=2.608$ 63 bpMRI评分+27.987 01 eADC值-19.542 48 ($\chi^2=109.298$, $P<0.01$); mpMRI评分+ADC值: Logit $P=3.875$ 49 mpMRI评分-323.504 98 ADC值-13.606 56 ($\chi^2=116.501$, $P<0.01$); mpMRI评分+eADC值: Logit $P=3.264$ 54 mpMRI评分+13.991 16 eADC值-17.451 36 ($\chi^2=119.929$, $P<0.01$)。

2.3 各方案对于csPCa的诊断价值

各指标及联合诊断模型对csPCa的诊断价值的ROC曲线分析结果见表3及图1。ROC曲线分析结果显示,ADC值、eADC值、bpMRI评

分及mpMRI评分对csPCa均有着较好的诊断效能,其中mpMRI评分的AUC最大并且诊断准确度最高,而ADC值与eADC值的诊断效能相接近,并且Z检验结果显示差异无统计学意义($Z=1.512$, $P=0.1306$)。将ADC值和eADC值分别与bpMRI评分和mpMRI评分相联合构建的logistic回归模型,结果显示bpMRI评分+ADC值及bpMRI评分+eADC值的诊断效能较bpMRI评分均有所提高,Z检验结果显示AUC差异有统计学意义($Z=2.391$, $P=0.0168$; $Z=2.125$, $P=0.0336$),同时两种联合诊断模型的阳性预测值及诊断准确度均较bpMRI评分有所提高。mpMRI评分+ADC值及mpMRI评分+eADC值的诊断效能较mpMRI评分虽然有所提高,但差异无统计学意义($Z=1.295$, $P=0.1953$; $Z=1.354$, $P=0.1757$)。典型病例MRI图像见图2。

表3 各指标及联合诊断模型对于csPCa诊断价值的ROC曲线分析结果

项目	灵敏度/%	特异度/%	阳性预测值/%	阴性预测值/%	AUC	准确度/%	诊断临界值
ADC值/($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	84.0	88.1	85.42	85.25	0.888	85.32	$<0.001\ 13$
eADC值	88.0	88.1	86.27	86.21	0.931	86.24	>0.403
bpMRI评分	100.0	79.7	80.65	100.00	0.954	89.11	≥ 3
mpMRI评分	98.0	91.5	90.74	98.18	0.974	94.49	≥ 4
bpMRI评分+ADC值	96.0	89.8	88.87	96.36	0.973	92.66	Logit $P > -0.248\ 4$
bpMRI评分+eADC值	96.0	89.8	87.27	96.29	0.978	91.74	Logit $P > -0.773\ 7$
mpMRI评分+ADC值	100.0	91.5	89.29	100.00	0.985	94.49	Logit $P > -2.348\ 9$
mpMRI评分+eADC值	100.0	91.5	90.91	100.00	0.985	95.41	Logit $P > -2.019\ 3$

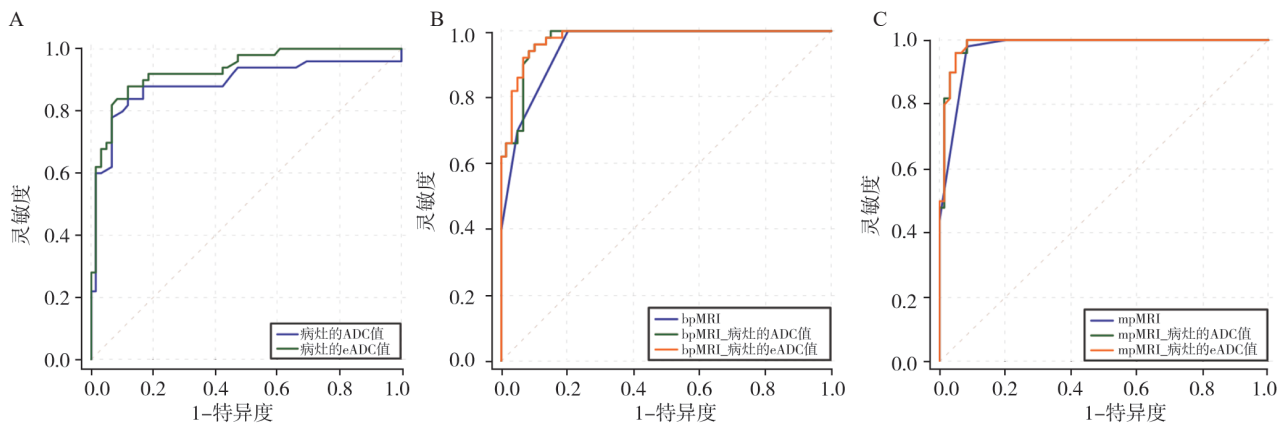


图1 各指标及联合诊断模型诊断csPCa的ROC曲线

A: ADC值及eADC值诊断csPCa的ROC曲线, ADC值诊断csPCa的AUC值为0.888, 最佳诊断阈值为 $<0.001\ 13\ \text{mm}^2/\text{s}$, eADC值诊断csPCa的AUC值为0.931, 最佳诊断阈值为 >0.403 。B: bpMRI及ADC值和eADC值分别联合bpMRI诊断csPCa的ROC曲线, 3种诊断方案的AUC分别为0.954、0.973、0.978。C: mpMRI及ADC值和eADC值分别联合mpMRI诊断csPCa的ROC曲线, 3种诊断方案的AUC值分别为0.974、0.985、0.985。

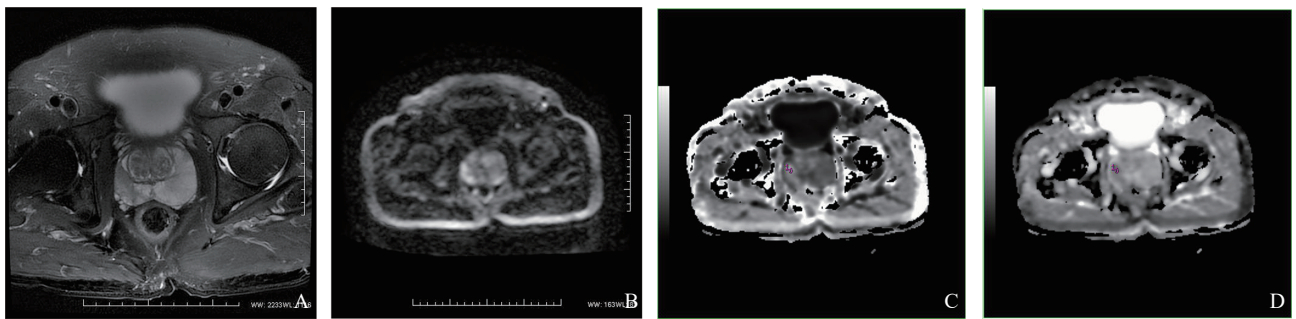


图2 右侧外周带csPCa患者MRI图像

A: T2WI上可见右侧外周带不均匀斑片状短T2信号; B: 高b值DWI序列上右侧外周带病灶呈高信号; C: eADC图示右侧外周带病变呈高信号, eADC值为0.461; D: ADC图示右侧外周带病变呈稍低信号, ADC值为 $0.000\ 976\ \text{mm}^2/\text{s}$ 。该患者bpMRI评分为3分, 穿刺活检结果为csPCa, Gleason评分为3+3分, 且对应区域有3针穿刺到癌组织, 且癌组织占比 $>50\%$ 。

3 讨论

在中国, PCa的发病率呈逐年上升的趋势^[2-5], 并且随着中国老龄人口比例不断增加, 前列腺MRI检查的需求也在不断增加。传统的

mpMRI检查包含DCE扫描序列, 检查的时间成本及经济成本均较高, 同时存在着对比剂相关的潜在风险及不适用于肾功能不全患者等不足。剔除了DCE扫描序列的bpMRI更为经济高效并且适用范围更广, 其应用正逐步得到临床的肯定并成为研究热点。虽然诸多研究^[14-16]结果

证实bpMRI的诊断效能与传统的mpMRI诊断效能类似, 有望成为mpMRI检查的替代方案。然而PI-RADS评分系统依旧主要依靠影像科医师的主观评分, 一定程度上受医师诊断经验的影响^[17-20], 这一影响因素在剔除了DCE扫描的bpMRI检查方案中更为明显^[9-11]。进一步提高bpMRI的诊断效能并降低其对医师经验的依赖至关重要。

将MRI定量指标应用到PI-RADS评分系统中有望进一步提高其临床实用性并降低对医师经验的依赖性, PI-RADS委员会也鼓励更多的研究将MRI定量指标加入到PI-RADS评分系统中^[21]。在常规的临床实践中, ADC值及eADC值是最为常见的MRI定量指标。ADC值的大小反映活体内水分子弥散受限程度的范围。PCa组织内细胞排列致密, 癌细胞核浆比例高, 水分子弥散受限, 所以在高 b 值DWI序列上呈高信号, ADC值减低。DWI序列的信号强度变化遵循指数衰减规律: $S = S_0 e^{-bADC}$, S_0 代表 b 值为0或较低 b 值时采集的DWI序列的信号强度, 其相当于一个以EPI信号读取方式获得的一幅具有T2WI对比的图像。高 b 值DWI序列的信号强度与 S_0 的比值即eADC值, 所以eADC图的优势在于其剔除了T2透射效应, 能够更加真实地反映组织弥散受限所导致的信号改变, 国内外相关学者的研究^[22-23]显示, eADC图具有更高的图像信噪比和组织对比度, 和ADC图有着相似的诊断效能。本研究的结果与上述研究结果一致, eADC值与ADC值有着相似的诊断效能, 且都是诊断csPCa较好的MRI定量指标。

国内外相关学者关于PI-RADS评分联合ADC值诊断PCa的价值进行了多项研究, 然而各研究结果存在一定差异。有研究^[24-26]结果显示ADC值联合PI-RADS评分可以明显提高诊断效能, 也有研究^[27-28]结果显示, 虽然ADC值联合PI-RADS评分诊断效能有所提高, 但差异无统计学意义。造成这些研究结果差异的原因可能是 b 值组合不同以及设备差异等, 且阅片医师的经验会影响PI-RADS评分的诊断效果。虽然相关研究^[16, 29-31]指出mpMRI中的DCE扫描序列对PCa

检出的增益效果有限, 但对于经验不足的初级医师而言有较好的辅助价值^[9, 11]。并且上述研究结果均基于mpMRI评分, 在DCE扫描序列的辅助下, ADC值及eADC值的增益效果可能不明显, 本研究结果与卢炯等^[27]及Lin等^[28]的研究结果一致。而bpMRI的诊断效能对于经验的依赖性更高^[9-11], 因此ADC值及eADC值与PI-RADS评分的联合应用在bpMRI检查方案中更有实际意义, 本研究结果显示在bpMRI检查方案中, ADC值与eADC值联合PI-RADS评分可以显著提高其诊断效能, 可以更好地检出csPCa, 这提示将ADC值及eADC值应用到bpMRI诊断方案中可以进一步提高其临床实用价值。相信随着PI-RADS评分系统的不断完善和扫描设备的不断升级, 更为高效的bpMRI将有望逐步替代传统的mpMRI检查方案。

本研究的不足: ① 纳入本研究的样本量相对较少, 且为回顾性研究, 其临床应用价值还有待多中心大样本研究证实; ② 采用超声引导下穿刺活检获得病理组织学检查结果, 其准确度不如MRI引导下靶向穿刺及根治性前列腺切除标本所获得的结果。③ 因为样本量的限制, 未分别细化研究各方案对于外周带与移行带癌灶的诊断价值。

本研究结果提示ADC值及eADC值都是诊断csPCa可靠的MRI常规定量指标, 两者联合PI-RADS评分可以进一步提高bpMRI的诊断效能, 有望提高bpMRI的临床实用价值。

[参 考 文 献]

- [1] SUNG H, FERLAY J, SIEGEL R L, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [J]. *CA Cancer J Clin*, 2021, 71(3): 209-249.
- [2] LIU X, YU C, BI Y, et al. Trends and age-period-cohort effect on incidence and mortality of prostate cancer from 1990 to 2017 in China [J]. *Public Health*, 2019, 172: 70-80.
- [3] TEOH J Y C, HIRAI H W, HO J M W, et al. Global incidence of prostate cancer in developing and developed countries with changing age structures [J]. *PLoS One*, 2019, 14(10): e0221775.
- [4] 李 星, 曾晓勇. 中国前列腺癌流行病学研究进展 [J]. *肿瘤防治研究*, 2021, 48(1): 98-102.
- [5] 赫 捷, 陈万青, 李 霓, 等. 中国前列腺癌筛查与早诊早治

- 指南(2022,北京)[J].中华肿瘤杂志,2022,44(1):29-53.
- [6] CUOCOLO R, VERDE F, PONSIGLIONE A, et al. Clinically significant prostate cancer detection with biparametric MRI: a systematic review and meta-analysis [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2021, 216(3): 608-621.
- [7] KANG Z, MIN X D, WEINREB J, et al. Abbreviated biparametric versus standard multiparametric MRI for diagnosis of prostate cancer: a systematic review and meta-analysis [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2019, 212(2): 357-365.
- [8] 王 钧, 王志兵, 陆应军. 基于双参数磁共振成像PI-RADS v2的列线图模型对前列腺临床显著癌的 diagnostic 价值分析 [J]. *肿瘤影像学*, 2020, 29(6): 579-587.
- [9] DI CAMPLI E, DELLI PIZZI A, SECCIA B, et al. Diagnostic accuracy of biparametric vs multiparametric MRI in clinically significant prostate cancer: comparison between readers with different experience [J]. *Eur J Radiol*, 2018, 101: 17-23.
- [10] YOUN S Y, CHOI M H, KIM D H, et al. Detection and PI-RADS classification of focal lesions in prostate MRI: performance comparison between a deep learning-based algorithm (DLA) and radiologists with various levels of experience [J]. *Eur J Radiol*, 2021, 142: 109894.
- [11] GATTI M, FALETTI R, CALLERIS G, et al. Prostate cancer detection with biparametric magnetic resonance imaging (bpMRI) by readers with different experience: performance and comparison with multiparametric (mpMRI) [J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2019, 44(5): 1883-1893.
- [12] MATOSO A, EPSTEIN J I. Defining clinically significant prostate cancer on the basis of pathological findings [J]. *Histopathology*, 2019, 74(1): 135-145.
- [13] MOHLER J L, ANTONARAKIS E S, ARMSTRONG A J, et al. Prostate cancer, version 2. 2019, NCCN clinical practice guidelines in oncology [J]. *J Natl Compr Canc Netw*, 2019, 17(5): 479-505.
- [14] 张跃跃, 赵文露, 魏超刚, 等. 双参数MRI对前列腺癌检出的应用价值 [J]. *中华放射学杂志*, 2019, 53(2): 109-114.
- [15] PESAPANE F, ACQUASANTA M, MEO R D, et al. Comparison of sensitivity and specificity of biparametric versus multiparametric prostate MRI in the detection of prostate cancer in 431 men with elevated prostate-specific antigen levels [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2021, 11(7): 1223.
- [16] JUNKER D, STEINKOHL F, FRITZ V, et al. Comparison of multiparametric and biparametric MRI of the prostate: are gadolinium-based contrast agents needed for routine examinations? [J]. *World J Urol*, 2019, 37(4): 691-699.
- [17] WEI C G, ZHANG Y Y, PAN P, et al. Diagnostic accuracy and interobserver agreement of PI-RADS version 2 and version 2.1 for the detection of transition zone prostate cancers [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2021, 216(5): 1247-1256.
- [18] 邓 明, 徐海波, 胡金香, 等. 基于前列腺PI-RADS v2探究影响观察者间评分一致性的主要因素 [J]. *临床放射学杂志*, 2018, 37(8): 1402-1405.
- [19] MUSSI T C, YAMAUCHI F I, TRIDENTE C F, et al. Interobserver agreement of PI-RADS v.2 lexicon among radiologists with different levels of experience [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2020, 51(2): 593-602.
- [20] ANNAMALAI A, FUSTOK J N, BELTRAN-PEREZ J, et al. Interobserver agreement and accuracy in interpreting mpMRI of the prostate: a systematic review [J]. *Curr Urol Rep*, 2022, 23(1): 1-10.
- [21] TURKBEBY B, ROSENKRANTZ A B, HAIDER M A, et al. Prostate imaging reporting and data system version 2.1: 2019 update of prostate imaging reporting and data system version 2 [J]. *Eur Urol*, 2019, 76(3): 340-351.
- [22] PARK S Y, KIM C K, PARK J J, et al. Exponential apparent diffusion coefficient in evaluating prostate cancer at 3 T: preliminary experience [J]. *Br J Radiol*, 2016, 89(1058): 20150470. 2016;89(1058):20150470.
- [23] 刘三春, 祁 英, 周之怀, 等. 弥散加权成像eADC值在鉴别诊断前列腺良恶性结节中的应用价值 [J]. *中国医药导报*, 2020, 17(4): 159-162.
- [24] JORDAN E J, FISKE C, ZAGORIA R, et al. PI-RADS v2 and ADC values: is there room for improvement? [J]. *Abdom Radiol*, 2018, 43(11): 3109-3116.
- [25] WESTPHALEN A C, FAZEL F, NGUYEN H, et al. Detection of clinically significant prostate cancer with PIRADS v2 scores, PSA density, and ADC values in regions with and without mpMRI visible lesions [J]. *Int Braz J Urol*, 2019, 45(4): 713-723.
- [26] YANG X Z, SHAN L Q, CAO H M, et al. A valuable MRI examination method for prostate cancer screening [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(48): e23134.
- [27] 卢 娟, 陈建新, 徐正道, 等. ADC值联合PI-RADS v2提高临床显著前列腺癌诊断效能的价值评估 [J]. *临床放射学杂志*, 2020, 39(8): 1559-1562.
- [28] LIN W C, WESTPHALEN A C, SILVA G E, et al. Comparison of PI-RADS 2, ADC histogram-derived parameters, and their combination for the diagnosis of peripheral zone prostate cancer [J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2017, 41(11): 2209-2217.
- [29] ROH A T, FAN R E, SONN G A, et al. How often is the dynamic contrast enhanced score needed in PI-RADS version 2? [J]. *Curr Probl Diagn Radiol*, 2020, 49(3): 173-176.
- [30] DE VISSCHERE P, LUMEN N, OST P, et al. Dynamic contrast-enhanced imaging has limited added value over T2-weighted imaging and diffusion-weighted imaging when using PI-RADS v2 for diagnosis of clinically significant prostate cancer in patients with elevated PSA [J]. *Clin Radiol*, 2017, 72(1): 23-32.
- [31] ZENG J, CHENG Q Q, ZHANG D, et al. Diagnostic ability of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging for prostate cancer and clinically significant prostate cancer in equivocal lesions: a systematic review and meta-analysis [J]. *Front Oncol*, 2021, 11: 620628.