



DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2019.03.008

<http://xbyxb.csu.edu.cn/xbwk/fileup/PDF/201903277.pdf>

## 前列腺影像报告和数据系统联合表观扩散系数图像定量分析 对外周带前列腺癌的诊断价值

冯智超, 颜智敏, 罗慕晴, 廖云杰, 容鹏飞, 王维

(中南大学湘雅三医院放射科, 长沙 410013)

**[摘要]** 目的: 探讨第2版前列腺影像报告和数据系统(prostate imaging reporting and data system version 2, PI-RADS V2)评分联合表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)图像定量参数对外周带前列腺癌的诊断价值。方法: 回顾性搜集50例前列腺多参数磁共振成像(multiparametric MRI, mpMRI)检查提示存在外周带结节的患者, 且均经穿刺活检获得病理诊断。由两名高年资影像科医师根据PI-RADS V2标准对病灶进行定位及评分, 分别利用后处理软件在ADC图像上分析、计算对应病灶区的12种ADC图像定量参数。根据病理结果将病灶分为癌灶组和良性病灶组。比较两组病灶各ADC定量参数的差异, 对组间差异有统计学意义的参数采用逻辑回归逐步法拟合建模, 通过受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线和决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)评价不同方法的诊断效能和临床受益。结果: 最终共获得外周带癌灶28个、良性病灶25个。PI-RADS V2评分、ADC模型及联合模型(PI-RADS V2评分+ADC模型)区分外周带癌灶和良性病灶的ROC曲线下面积、敏感度、特异度分别为0.803, 60.71%, 92.00%; 0.857, 89.29%, 76.00%; 0.891, 71.43%, 92.00%, 联合模型较PI-RADS V2评分的诊断效能有明显提升( $P=0.012$ ), 且在阈值率0.05~0.27和0.46~0.81范围内该联合模型具有相对最佳的总体净受益率, 优于PI-RADS V2评分。结论: PI-RADS V2联合ADC图像定量分析能显著提高其区分外周带前列腺癌和良性病变的诊断效能, 并改善临床受益。

**[关键词]** 前列腺肿瘤; 磁共振成像; 前列腺影像报告和数据系统; 表观扩散系数; 定量分析

## Combination of prostate imaging reporting and data system with the apparent diffusion coefficient map for the diagnosis of peripheral zone prostate cancer

FENG Zhichao, YAN Zhimin, LUO Muqing, LIAO Yunjie, RONG Pengfei, WANG Wei

(Department of Radiology, Third Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410013, China)

### ABSTRACT

**Objective:** To explore the value of prostate imaging reporting and data system version 2 (PI-RADS

收稿日期(Date of reception): 2018-07-11

第一作者(First author): 冯智超, Email: fengzc2016@163.com, ORCID: 0000-0001-6651-5195

通信作者(Corresponding author): 容鹏飞, Email: rongpengfei66@163.com, ORCID: 0000-0001-5473-1982

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金(81771827); 湖南省自然科学基金(2017JJ2369)。This work was supported by the National Natural Science Foundation (81771827) and the Natural Science Foundation of Hunan Province (2017JJ2369), China.

V2) combined with quantitative parameters derived from apparent diffusion coefficient (ADC) map in the diagnosis of peripheral zone prostate cancer.

**Methods:** A total of 50 patients who underwent prostate multiparametric MRI (mpMRI) with suspicious peripheral nodules were retrospectively enrolled, and all patients were biopsy-proven histologically. Two radiologists analyzed the position and category of peripheral zone lesions based on PI-RADS V2. Then 12 ADC quantitative parameters were calculated regarding each lesion on the ADC map by post-processing software. The lesions were divided into malignant group and benign group according to histopathological findings. The ADC quantitative parameters between groups were compared, and stepwise logistic regression analysis was used to build a discriminative model. Receiver operating characteristic (ROC) curve and decision curve analysis (DCA) were performed to evaluate the diagnostic power and clinical benefit.

**Results:** Twenty-eight peripheral zone prostate malignant lesions and 25 benign lesions were obtained finally. The area under the ROC curve, sensitivity and specificity to differentiate peripheral zone prostate malignant from benign lesions were as follows: 0.803, 60.71%, 92.00% (PI-RADS V2 score), 0.857, 89.29%, 76.00% (ADC model), and 0.891, 71.43%, 92.00% (combined model), respectively. The discriminative power of the combined model was significantly improved compared with PI-RADS V2 score ( $P=0.012$ ). The combined model had relatively optimal overall net benefit, which outperformed the PI-RADS V2 score when threshold probability varied in the range of 0.05–0.27 and 0.46–0.81.

**Conclusion:** PI-RADS V2 combined with quantitative analysis of ADC map improve the power in discriminating peripheral zone prostate cancer from benign lesions, and the clinical benefit as well.

## KEY WORDS

prostatic neoplasm; magnetic resonance imaging; prostate imaging reporting and data system; apparent diffusion coefficient; quantitative analysis

前列腺癌是欧美国家男性最常见的恶性肿瘤之一,近年来在我国的发病率呈逐年递增趋势<sup>[1]</sup>。前列腺多参数磁共振成像(multiparametric MRI, mpMRI)是目前对前列腺癌进行筛查、诊断和分期的最佳影像学方法<sup>[2]</sup>,包括T2加权成像(T2-weighted imaging, T2WI)、扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)和动态对比增强MRI(dynamic contrast-enhanced MRI, DCE-MRI)。第2版前列腺影像报告和数据系统(prostate imaging reporting and data system version 2, PI-RADS V2)于2014年被发布用于规范前列腺mpMRI检查技术和对影像学表现进行结构化评价<sup>[3]</sup>,旨在对前列腺mpMRI图像获取、判读和报告过程进行标准化、客观化,进而辅助前列腺疾病患者的恶性风险评估、活检时机选择和临床治疗管理等<sup>[4-5]</sup>。根据该标准,前列腺外周带病变的恶性风险主要根据DWI序列中高 $b$ 值图像和表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)图信号来评估。然而,PI-RADS V2评分结果可能受医师主观经验影响而存在观察者间差异<sup>[6]</sup>,且采用独立五分类法进行评分,在良、恶性病变间可能存在重叠,这些都会影响外周带病变的精准定性和个体化活检选择。前列腺癌在细胞和基因水平都存在显著异质性,这是其独特的生物学

表现。最近,图像纹理分析技术被用来定量提取与病灶内部像素灰度分布模式和变化规律相关的纹理特征,能相对客观地揭示其潜在生物学异质性程度<sup>[7-9]</sup>。因此,本研究通过分析PI-RADS V2评分联合ADC图像纹理参数对外周带前列腺癌的诊断价值,希望能进一步提高外周带前列腺癌诊断准确度及临床受益。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

回顾性搜集2014年3月至2016年12月期间在中南大学湘雅三医院行前列腺mpMRI检查的患者。纳入标准:1)检查序列包括T2WI, DWI, DCE-MRI; 2)前列腺外周带存在T2WI或DWI异常信号灶; 3)MRI检查前未接受内分泌、放射治疗等; 4)经直肠超声引导下行8或12针前列腺穿刺活检获得病理学诊断; 5)MRI检查在前列腺穿刺活检前1个月内或6周后进行。排除标准:1)MRI扫描序列不完整; 2)mpMRI图像提示存在盆腔淋巴结转移或骨转移; 3)DWI图像质量不佳或存在伪影,影响图像后处理。所有患者检查前均签署知情同意书。最终共50例患者被纳入本研究,前列腺癌患者25例(其中8例在2个月内接受前列

腺根治切除术后进一步证实), 年龄57~90(72.4±8.3)岁, 前列腺特异性抗原(prostate specific antigen, PSA)浓度1.0~593.6[13.7(7.1, 36.1)] ng/mL; 良性病变患者25例, 年龄56~85(72.4±8.4)岁, PSA浓度0.7~32.7[7.1(3.4, 13.0)] ng/mL。

## 1.2 MRI检查

采用德国Siemens Magnetom Avanto 1.5T高场强超导磁共振扫描仪, 利用体部矩阵线圈发射信号、腹部相控阵线圈接收信号。扫描前适当充盈膀胱, 患者取仰卧位, 扫描中心线位于脐和耻骨联合连线下1/3处。扫描序列包括轴位、矢状位和冠状位T2WI、轴位T1加权成像(T1-weighted imaging, T1WI)、轴位DWI序列和轴位DCE-MRI。其中轴位T2WI序列参数: 采用快速自旋回波序列(fast spin echo, FSE), 重复时间(time of repetition, TR) 3 750 ms, 回波时间(time of echo, TE)79 ms, 层厚3 mm, 层间距0 mm, 视野(field of view, FOV)350 mm×350 mm, 矩阵320×320, 激励次数1次。DWI序列参数: 采用单次激发平面回波成像序列(single shot echo planar imaging, SS-EPI), TR 2 900 ms, TE 88 ms, 层厚3.0 mm, 层间距0 mm, FOV 380 mm×380 mm, 矩阵192×108, 激励次数3次。扩散敏感系数 $b$ 值分别为0, 50, 800 s/mm<sup>2</sup>。DCE-MRI采用梯度回波容积内插法序列(VIBE), TR 3.40 ms, TE 2.63 ms, 层厚3 mm, 层间距0 mm, FOV 350 mm×350 mm。采用Ulrich高压注射器在第1期图像扫描结束后经肘前静脉团注对比剂欧乃影(Gd-DTPA-BMA), 速率3 mL/s, 剂量0.1 mmol/kg, 连续扫描6期, 注射结束后以相同速率团注20 mL生理盐水进行冲洗。

## 1.3 病理学检查

所有患者行经直肠超声引导下8或12针前列腺穿刺活检, 由操作医师记录活检位置。标本经常规固定、包埋和切片后, 由1名高年资病理科医师观察病理切片并报告病变位置及诊断结果, 如为前列腺癌则需报告其Gleason分级。前列腺癌根治术后标本处理方法同前, 由该名病理医师观察并报告前列腺癌所在位置及相应Gleason分级。Gleason分级是对腺癌内不同区域的主要和次要分化程度分别评分后相加, 其中6分(3分+3分)为I级, 7分(3分+4分)为II级, 7分(4分+3分)为III级, 8分(4分+4分)为IV级, 9分(5分+4分或4分+5分)为V级。

## 1.4 mpMRI图像评估

两名分别有9年和12年的前列腺MRI诊断经验的影像科医师采用双盲法根据PI-RADS V2对mpMRI图

像上外周带病灶进行定位及评分。两名医师通过协商达成一致意见; 当两人无法取得一致意见时, 由第3位高年资影像科医师复评。每例患者最多选取2个病灶进行评价。根据该系统中外周带病变的评分标准, 先分别对T2WI, DWI和DCE-MRI进行评分, 然后获得整体PI-RADS V2评分, 并记录病灶对应区域(与穿刺活检记录病灶位置进行对照以保证两者一一对应), 具体标准<sup>[10]</sup>如下。

1) T2WI评分标准。1分: 呈均匀高信号。2分: 线状、楔形或弥漫性轻度低信号, 边界不清。3分: 信号强度不均匀或界限不清, 圆形中等低信号, 包括其他不符合2, 4或5分标准者。4分: 局限于前列腺内, 边界清楚, 均匀中等低信号, 病灶或肿块最大径<1.5 cm。5分: 与4分的影像学表现相同, 但最大径≥1.5 cm, 或有明显向前列腺外延伸或侵犯。

2) DWI评分标准。1分: 在ADC图和高 $b$ 值图像上无异常。2分: ADC图模糊低信号。3分: 在ADC图上呈局灶性轻、中度低信号, 在高 $b$ 值图像上呈等信号、轻度高信号。4分: 在ADC图上呈局灶性明显低信号, 在高 $b$ 值图像上呈明显高信号, 轴面最大径<1.5 cm。5分: 影像学表现同4分, 但最大径≥1.5 cm, 或有明显向前列腺外延伸或侵犯。

3) DCE-MRI。阴性: 早期无强化; 弥漫性增强, 在T2WI或DWI上无相应的局灶性表现; 对应病变在DWI上显示为前列腺增生特征, 呈局灶性增强。具有上述三者之一判定为DCE-MRI阴性。阳性: 局灶性, 早于或与邻近正常前列腺组织同时强化, 与T2WI和/或DWI相应可疑病变符合。

对于前列腺外周带病灶的PI-RADS V2整体评分以DWI为主导序列, 仅当DWI评分为3分且DCE-MRI阳性时, PI-RADS V2评分升级到4分, 其余情况PI-RADS V2评分均等于DWI评分。根据PI-RADS V2评分结果评估存在有临床意义前列腺癌的可能程度: 1分为非常低, 极不可能存在; 2分为低, 不可能存在; 3分为中等, 可疑存在; 4分为高, 可能存在; 5分为非常高, 极有可能存在。

## 1.5 ADC图像分析

将DWI图像传输至后处理工作站上, 采用Firevoxel软件(Center for Advanced Imaging Innovation and Research, New York University School of Medicine, New York, USA)根据 $b=800$  s/mm<sup>2</sup>时的图像计算ADC, 生成ADC图像, 计算公式为 $ADC=-\ln(S/S_0)/b$ , 其中 $S$ 和 $S_0$ 分别为施加、不施加扩散敏感梯度时的信号强度,  $b$ 为扩散敏感系数值。根据对mpMRI图像进行PI-RADS V2评估时的病灶定位, 在前列腺外周带勾画自由感兴趣区(region of interest, ROI), 注意

选择外周带病灶的最大显示层面并尽可能大地覆盖病灶, 尽量避开外周带与中央腺体交界处、精囊根部、出血或钙化灶、血管等可能导致测量偏差的区域, 得到病灶ADC平均值(ADCmean)、ADC最小值(ADCmin)和ADC最大值(ADCmax)。另在病灶同侧闭孔内肌区域勾画圆形ROI, 测量闭孔内肌的ADC平均值, 计算病灶相对ADC值( $rADC = \text{病灶ADCmean} / \text{闭孔内肌ADCmean}$ )。将ADC图像导入Image J软件(National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA), 先将图像转换成8-bit灰阶图像并调整大小至1 024×768, 按照上述勾画ROI方法手动分割病灶(尽可能确保与前述病灶ROI范围一致), 计算其图像直方图参数偏度(skewness)、峰度(kurtosis)、标准差(standard deviation, SD)和灰度共生矩阵(gray-level co-occurrence matrix, GLCM)纹理参数角二阶距(angular second moment, ASM)、对比度(contrast)、相关性(correlation)、逆差矩(inverse difference moment, IDM)和熵(entropy), 计算GLCM参数时像素步长为1、移动方向为 $0^\circ$ , 具体计算公式参见文献[11]。由上述两名影像科医师分别独立完成以上ADC图像的定量分析过程。

### 1.6 统计学处理

利用SPSS 22.0软件和R软件进行统计学分析。计数资料以例表示, 计量资料先进行Kolmogorov-Smirnov正态性检验, 符合正态分布时以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示, 不符合正态分布时以中位数(上四分位数, 下四分位数)[ $M(P_{25}, P_{75})$ ]表示。计算组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)以评价两名医师计算各ADC定量参数时观察者间的一致性。采用独立样本t检验或Mann-Whitney检验比较两组病灶各ADC定量参数的差异, 对组间差异有统计学意义的

ADC定量参数采用逻辑回归逐步法拟合建模, 采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线和决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)评价不同方法区分外周带前列腺癌或良性病变的诊断效能和临床受益。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

根据mpMRI图像表现和对应的病理检查结果, 在25例前列腺癌患者中获得28个癌灶(有3例患者存在2个癌灶), 包括Gleason I级6个、II级8个、III级7个、IV级3个和V级4个; 在25例良性病变患者中获得25个病灶, 其中4个合并高级别上皮内瘤变。

### 2.1 mpMRI图像PI-RADS V2评分及ADC图像定量参数结果

两组病灶的PI-RADS V2评分结果见表1。两组病灶的ADC定量参数结果见表2, 两组病灶间ADCmean, rADC, ADCmin, SD, ASM, Correlation和Entropy的差异有统计学意义(均 $P < 0.05$ )。图1示57岁(PSA 24.21 ng/mL)和68岁(PSA 9.25 ng/mL)患者前列腺mpMRI检查结果, 包括T2WI, DWI( $b=800 \text{ s/mm}^2$ ), ADC图像及病灶ROI。

表1 PI-RADS V2整体评分情况

Table 1 Distribution of PI-RADS V2 overall scores

组别	n	PI-RADS V2评分			
		2分	3分	4分	5分
癌灶	28	0	0	11	17
良性病灶	25	4	1	18	2

表2 两组间病灶ADC图像定量参数比较

Table 2 Comparison of ADC quantitative parameters between the two groups

组别	n	ADCmean/ $\times 10^{-3} \text{ s}\cdot\text{mm}^{-2}$	rADC	ADCmin/ $\times 10^{-3} \text{ s}\cdot\text{mm}^{-2}$	ADCmax/ $\times 10^{-3} \text{ s}\cdot\text{mm}^{-2}$	Skewness	
癌灶	28	1.05±0.23	1.06±0.25	0.73±0.26	1.53±0.26	0.45±0.55	
良性病灶	25	1.36±0.29	1.43±0.32	1.12±0.33	1.65±0.28	0.24±0.56	
t		-4.214	-4.670	-4.805	-1.733	1.368	
P		<0.001	<0.001	<0.001	0.089	0.177	
组别	Kurtosis	SD	ASM/ $\times 10^{-3}$	Contrast	Correlation/ $\times 10^{-3}$	IDM	Entropy
癌灶	0.11(-0.42, 0.82)	13.91±4.53	2.09(1.40, 2.72)	14.62(9.87, 20.80)	1.73(1.05, 2.50)	0.31(0.29, 0.35)	6.63±0.41
良性病灶	-0.28(-0.58, 0.47)	10.26±3.70	3.57(2.46, 5.57)	11.29(7.67, 17.46)	2.94(1.97, 7.64)	0.32(0.26, 0.40)	5.98±0.62
t		3.19					4.525
P		0.002	0.001	0.206	0.001	0.986	<0.001

正态分布数据用( $\bar{x} \pm s$ )表示, 非正态分布数据用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示

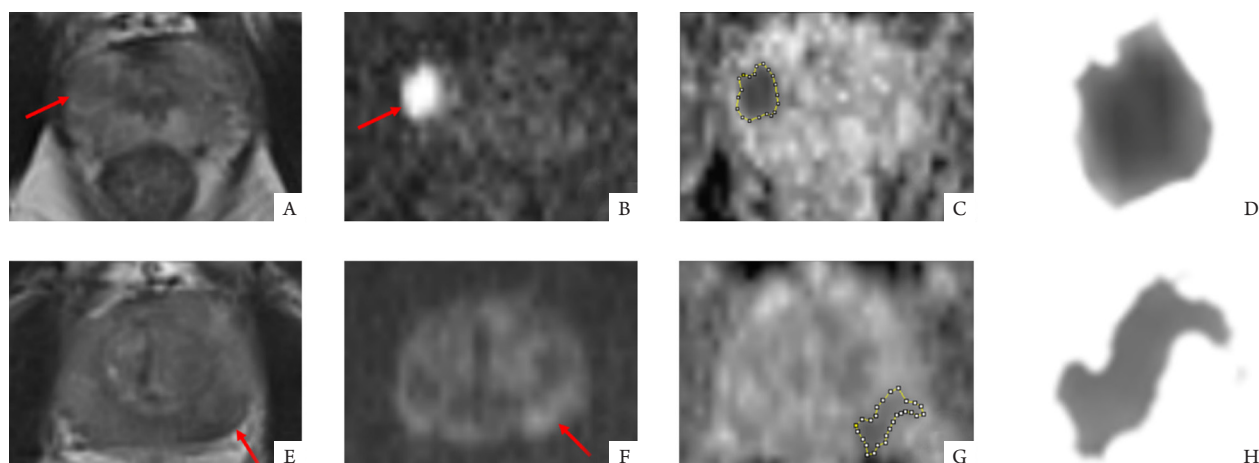


图1 57岁患者(A~D)和68岁患者(E~H)的mpMRI

Figure 1 mpMRI of a 57 years old man (A~D) and a 68 years old man (E~H)

A: A focal, well-bounded low signal nodule (red arrow) about 11 mm × 8 mm in the right peripheral zone on axial T2WI. B: Distinctly high signal on DWI (red arrow). C: Significantly low signal on ADC map (shown as yellow irregular area). D: Lesion ROI after segmentation. The PI-RADS V2 overall score was 4 points, and the lesion was confirmed as moderately differentiated prostate cancer (Gleason II) by histopathological examination after biopsy. E: A strip-shaped, well-bounded low signal nodule (red arrow) about 13 mm × 5 mm in the left posterior peripheral zone on axial T2WI; F: Diffusely restricted with mildly high signal on DWI (red arrow); G: Slightly low signal on ADC map (shown as yellow irregular area). H: Lesion ROI after segmentation. The PI-RADS V2 overall score was 3+1=4 points, and the lesion was confirmed as prostatic hyperplasia with chronic inflammation by histopathological examination after biopsy

## 2.2 ADC图像定量参数计算的一致性评价

两名医师独立计算12种ADC图像定量参数的ICC范围为0.726~0.972, 其中两组间差异有统计学意义的7种ADC图像定量参数的ICC范围为0.885~0.972(均超过0.75), 说明这些定量参数均具有良好的观察者间一致性。

## 2.3 ROC曲线分析及DCA

利用两组间差异有统计学意义的7种ADC图像定量参数作为自变量, 以病灶良恶性作为因变量, 通过逻辑回归逐步法拟合建立ADC模型, 其中ADCmin和Entropy被纳入该模型。对PI-RADS V2评分、ADCmean、ADC模型、联合模型(PI-RADS V2评分+ADC模型)4种方法鉴别诊断外周带前列腺癌和良性病变的效能进行ROC曲线分析(图2)。ROC曲线下面积、敏感度、特异度在PI-RADS V2评分方法中分别为0.803, 60.71%, 92.00%; 在ADCmean方法中分别为0.820, 82.14%, 80.00%; 在ADC模型中分别为0.857, 89.29%, 76.00%; 在联合模型中分别为0.891, 71.43%, 92.00%。联合模型具有最高的诊断效能, 且4种方法两两相比仅联合模型较PI-RADS V2评分的诊断效能有显著提升( $P=0.012$ )。ADC模型具有最好的敏感度, 但特异度较低; PI-RADS V2评分和联合模型具有同样最好的特异度, 联合模型较PI-RADS V2评分

的敏感度有提高。为评估联合模型诊断外周带前列腺癌的临床受益情况, 对PI-RADS V2评分、ADC模型及其联合模型进行DCA(图3), 结果表明: 联合模型具有相对最佳的总体净受益率, 在阈概率0.05~0.27和0.46~0.81范围内, 联合模型的净受益率都比PI-RADS V2评分高。

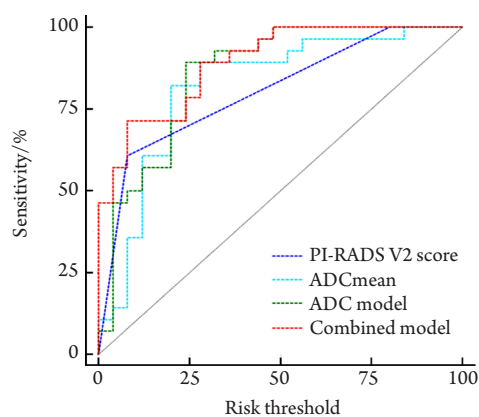


图2 4种方法鉴别诊断外周带前列腺癌和前列腺良性病变的ROC曲线

Figure 2 Receiver operating characteristic (ROC) curves of the 4 methods for differentiating prostate cancer from benign prostatic hyperplasia

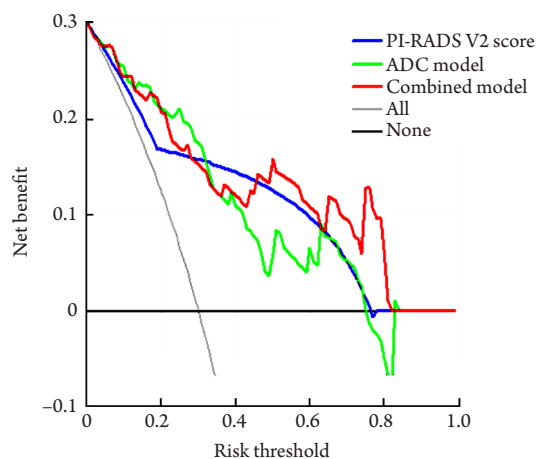


图3 PI-RADS V2评分、ADC模型及联合模型的决策曲线分析  
Figure 3 Decision curves for prostate cancer diagnosis using 3 diagnostic methods including PI-RADS V2 score, ADC model, and the combined model

### 3 讨论

前列腺mpMRI检查通过多种序列反映前列腺及其病变的结构和功能信息,能够定位病灶,反映侵袭程度及预测生物学行为等,被认为是目前前列腺精准、无创性检查的最重要方法<sup>[2]</sup>。与PSA筛查结合随机穿刺活检相比,mpMRI能一定程度地提高有临床意义前列腺癌的检出率,同时避免了不必要的穿刺活检及相关并发症<sup>[12]</sup>。PI-RADS V2评估分类标准是基于前列腺mpMRI图像表现来进行客观结构化报告和恶性风险评估的重要手段,不受其他临床因素影响, Park等<sup>[13]</sup>认为该标准有助于术前诊断有临床意义前列腺癌。

本研究采用PI-RADS V2标准对前列腺外周带癌灶和良性病灶进行评价,结果显示:癌灶评分均为4或5分,而良性病灶中有80%评分为4或5分,PI-RADS V2评分区分癌灶和良性病灶的诊断效能(曲线下面积)为0.803,与姬广海等<sup>[14]</sup>的研究结果相比偏低,这可能与本研究纳入病灶数目尤其是良性病灶偏少有关,因为良性病灶偏少会导致误诊率增高、敏感度降低。根据PI-RADS V2标准推荐评分4~5分患者进行穿刺活检,因此大部分良性病变患者接受了不必要的活检。

DWI序列是PI-RADS V2标准中诊断外周带病变的主导序列,ADC值则是量化DWI水分子布朗扩散运动自由程度的指标,能够反映肿瘤异质性程度<sup>[15]</sup>。研究<sup>[16-17]</sup>表明结合定量ADC值能提高PI-RADS V2评分诊断有临床意义前列腺癌的效能。本研究中癌灶组

的ADCmean, rADC和ADCmin值均显著低于良性病灶组,其中传统定量参数ADCmean区分癌灶和良性病灶的诊断效能为0.820,与既往研究<sup>[18]</sup>报道ADC值能有效鉴别前列腺外周带低T2信号的肿瘤和炎症病变的结果类似。这是因为癌灶内肿瘤细胞呈不受控增殖,导致细胞密度增高、细胞外液间隙缩小,从而引起水分子扩散运动受限,ADC值减低。研究<sup>[19-20]</sup>显示前列腺癌ADCmean, rADC和ADCmin值与Gleason分级呈不同程度负相关,能够反映肿瘤侵袭性程度。

由于常规ADC图像分析主要是测量局部灰度强度的平均值或直方图分布参数,不能提供空间分布信息,因此本研究结合GLCM纹理分析来进一步完善其对肿瘤异质性的体现<sup>[21-22]</sup>。在进行ADC模型拟合时发现ADCmin和熵是能够独立预测外周带前列腺癌灶恶性风险的两种ADC定量参数。ADCmean是ROI ADC值的简单平均结果, Hosseinzadeh等<sup>[23]</sup>发现前列腺外周带恶性与非恶性组织相比, ADCmean存在重叠。这可能是由于恶性肿瘤的进展是一个渐进性过程,其内存在具有异质性的多克隆亚区,平均值难以体现其内部不均一情况,从而导致无法区分良恶性病变。与之相比, ADCmin更能反映肿瘤内部异质性程度,因为ADCmin通常与肿瘤细胞密集区相关<sup>[24]</sup>,代表着异质性肿瘤内部增殖最活跃的极点。熵是GLCM特征中测量图像纹理紊乱或复杂程度的指标,能够反映局部微观异质性<sup>[25-26]</sup>,熵值越高代表纹理越不均一或越复杂,并与能量值呈显著负相关。前列腺癌常表现出多发癌灶的病理异质性<sup>[27]</sup>,因此与良性病灶相比,癌灶的熵值显著增高,能量和相关性降低,这与Wibmer等<sup>[11]</sup>的研究结果的趋势一致。本研究表明ADC图像影像组学纹理特征在前列腺癌定性诊断方面具有重要价值,尤其随着人工智能技术在医学影像领域的深入应用,基于多模态MRI序列的机器学习方案将日益凸显其临床推广应用的前景。

联合PI-RADS V2评分和ADC图像定量分析对前列腺外周带癌灶和良性病灶进行鉴别诊断时,其诊断效能达到0.891,较PI-RADS V2评分有显著提升,尤其是在保持高水平特异度的同时提高了诊断的敏感度,从而能降低误诊率并减少不必要的穿刺活检。采用DCA旨在个性化评价每个患者接受穿刺活检的临床受益,其中净受益率是基于不同阈概率情况下接受穿刺活检的受益程度。本研究结果表明:对于前列腺外周带病灶而言,根据联合PI-RADS V2评分和ADC图像定量分析的评价结果决定是否进行穿刺活检能够获得相对最佳的总体净受益率。此外,通过对病灶内异质性程度进行体系级量化分析,将有望显示最具异质性的病灶亚区,指导临床进行MRI引导下精准活检,从而进一步提高PI-RADS 3分以上病变

的活检效率。

总而言之, 对于前列腺外周带病变的mpMRI定性诊断, PI-RADS V2联合ADC图像定量分析能显著提高其鉴别诊断效能, 并能改善临床受益。但本研究样本量偏小, 尚需进一步扩大样本量、多中心验证来完善和补充其研究结论。

**利益冲突声明:** 作者声称无任何利益冲突。

## 参考文献

- [1] Chen W, Zheng R, Baade PD, et al. Cancer statistics in China, 2015[J]. *CA Cancer J Clin*, 2016, 66(2): 115-132.
- [2] Johnson LM, Turkbey B, Figg WD, et al. Multiparametric MRI in prostate cancer management[J]. *Nat Rev Clin Oncol*, 2014, 11(6): 346-353.
- [3] Weinreb JC, Barentsz JO, Choyke PL, et al. PI-RADS prostate imaging-reporting and data system: 2015, version 2[J]. *Eur Urol*, 2016, 69(1): 16-40.
- [4] Pessoa RR, Viana PC, Mattedi RL, et al. Value of 3-T multiparametric magnetic resonance imaging and targeted biopsy for improved risk stratification in patients considered for active surveillance[J]. *BJU Int*, 2017, 119(4): 535-542.
- [5] Washino S, Okochi T, Saito K, et al. Combination of PI-RADS score and PSA density predicts biopsy outcome in biopsy naive patients[J]. *BJU Int*, 2017, 119(2): 225-233.
- [6] Rosenkrantz AB, Ginocchio LA, Cornfeld D, et al. Interobserver reproducibility of the PI-RADS version 2 lexicon: A multicenter study of six experienced prostate radiologists[J]. *Radiology*, 2016, 280(3): 793-804.
- [7] Summers RM. Texture analysis in radiology: Does the emperor have no clothes?[J]. *Abdom Radiol*, 2017, 42(2): 342-345.
- [8] Avanzo M, Stancanello J, El Naqa I. Beyond imaging: The promise of radiomics[J]. *Phys Med*, 2017, 38: 122-139.
- [9] Algohary A, Viswanath S, Shiradkar R, et al. Radiomic features on MRI enable risk categorization of prostate cancer patients on active surveillance: Preliminary findings[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2018, [Epub ahead of print].
- [10] 李拔森, 王良. 第二版前列腺影像报告和数据系统(PI-RADS)解读[J]. *中华放射学杂志*, 2015, 49(10): 798-800.  
LI Basen, WANG Liang. Interpretation of prostate imaging reporting and data system (PI-RADS) version 2[J]. *Chinese Journal of Radiology*, 2015, 49(10): 798-800.
- [11] Wibmer A, Hricak H, Gondo T, et al. Haralick texture analysis of prostate MRI: utility for differentiating non-cancerous prostate from prostate cancer and differentiating prostate cancers with different Gleason scores[J]. *Eur Radiol*, 2015, 25(10): 2840-2850.
- [12] Turkbey B, Brown AM, Sankineni S, et al. Multiparametric prostate magnetic resonance imaging in the evaluation of prostate cancer[J]. *CA Cancer J Clin*, 2016, 66(4): 326-336.
- [13] Park SY, Jung DC, Oh YT, et al. Prostate cancer: PI-RADS version 2 helps preoperatively predict clinically significant cancers[J]. *Radiology*, 2016, 280(1): 108-116.
- [14] 姬广海, 李茹婷, 郑义, 等. 基于第2版前列腺影像报告和数据系统的多参数MRI诊断外周带前列腺癌[J]. *中国医学影像技术*, 2016, 32(9): 1414-1418.  
JI Guanghai, BO Ruting, ZHENG Yi, et al. Multiparametric MRI based on prostate imaging reporting and data system version 2 in diagnosis of peripheral prostate cancer[J]. *Chinese Journal of Medical Imaging Technology*, 2016, 32(9): 1414-1418.
- [15] 董鑫哲, 邢立刚, 于金明. 肿瘤异质性的医学影像学分析及临床应用[J]. *中华肿瘤杂志*, 2013, 2(35): 81-84.  
DONG Xinzhe, XING Ligang, YU Jinming. Medical imaging analysis and clinical application of tumor heterogeneity[J]. *Chinese Journal of Oncology*, 2013, 2(35): 81-84.
- [16] Jordan EJ, 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.
- [17] Gaur S, Harmon S, Rosenblum L, et al. Can apparent diffusion coefficient values assist PI-RADS version 2 DWI scoring? A correlation study using the PI-RADSV2 and international society of urological pathology systems[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2018, 211(1): W33-W41.
- [18] 叶锦棠, 王霄英, 刘婧, 等. 扩散加权成像对前列腺外周带炎症和肿瘤T2低信号的鉴别作用[J]. *中国医学影像技术*, 2011, 27(3): 581-585.  
YE Jintang, WANG Xiaoying, LIU Jing, et al. DWI in differential diagnosis of low T2 signal in peripheral zone of prostatitis and prostatic carcinoma[J]. *Chinese Journal of Medical Imaging Technology*, 2011, 27(3): 581-585.
- [19] Boesen L, Chabanova E, Logager V, et al. Apparent diffusion coefficient ratio correlates significantly with prostate cancer gleason score at final pathology[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2015, 42(2): 446-453.
- [20] Wu X, Reinikainen P, Vanhanen A, et al. Correlation between apparent diffusion coefficient value on diffusion-weighted MR imaging and Gleason score in prostate cancer[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2017, 98(1): 63-71.
- [21] Brynolfsson P, Nilsson D, Henriksson R, et al. ADC texture—an imaging biomarker for high-grade glioma?[J]. *Med Phys*, 2014, 41(10): 101903.
- [22] Fathi Kazerooni A, Nabil M, Haghghat Khah H, et al. ADC-derived spatial features can accurately classify adnexal lesions[J]. *J Magn*

- Reson Imaging, 2018, 47(4): 1061-1071.
- [23] Hosseinzadeh K, Schwarz SD. Endorectal diffusion-weighted imaging in prostate cancer to differentiate malignant and benign peripheral zone tissue[J]. J Magn Reson Imaging, 2004, 20(4): 654-661.
- [24] Lu SS, Kim SJ, Kim N, et al. Histogram analysis of apparent diffusion coefficient maps for differentiating primary CNS lymphomas from tumefactive demyelinating lesions[J]. AJR Am J Roentgenol, 2015, 204(4): 827-834.
- [25] 冯远明, 沈树铭, 郭琦, 等. 肿瘤异质性的影像学定量分析进展[J]. 纳米技术与精密工程, 2014, 12(6): 404-410.
- FENG Yuanming, SHEN Shuming, GUO Yu, et al. Progress in quantitative analysis of tumor heterogeneity with medical images[J]. Nanotechnology and Precision Engineering, 2014, 12(6): 404-410.
- [26] Davnall F, Yip CS, Ljungqvist G, et al. Assessment of tumor heterogeneity: an emerging imaging tool for clinical practice?[J]. Insights Imaging, 2012, 3(6): 573-589.
- [27] Rajinikanth A, Manoharan M, Soloway CT, et al. Trends in Gleason score: concordance between biopsy and prostatectomy over 15 years[J]. Urology, 2008, 72(1): 177-182.
- (本文编辑 郭征)

**本文引用:** 冯智超, 颜智敏, 罗慕晴, 廖云杰, 容鹏飞, 王维. 前列腺影像报告和数据系统联合表观扩散系数图像定量分析对外周带前列腺癌的诊断价值[J]. 中南大学学报(医学版), 2019, 44(3): 277-284. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2019.03.008

**Cite this article as:** FENG Zhichao, YAN Zhimin, LUO Muqing, LIAO Yunjie, RONG Pengfei, WANG Wei. Combination of prostate imaging reporting and data system with the apparent diffusion coefficient map for the diagnosis of peripheral zone prostate cancer[J]. Journal of Central South University. Medical Science, 2019, 44(3): 277-284. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2019.03.008