

论 著

ADC相关指标定量分析在PI-RADS v2.1 4-5分前列腺癌和其组织学分级中的诊断价值

王丽娟¹ 王田尧^{2,*} 王胜裕¹
张 静¹ 赵 越¹1.上海交通大学医学院附属瑞金医院
放射科(上海 200025)2.上海交通大学医学院附属仁济医院
放射科(上海 200001)

【摘要】目的 探讨ADC相关指标ADC平均值(ADCmean)、最大值(ADCmax)、最小值(ADCmin)、ADC比值(ADC.ratio, rADC)定量分析在PI-RADS v2.1评分4-5分中前列腺癌和其组织学分级中的诊断价值。方法 回顾性分析2023年1月至2023年12月在我院行mpMRI提示PI-RADS v2.1评分4-5分、并行前列腺穿刺活检取得病理结果的患者影像及临床资料。绘制ROC曲线分析以上ADC相关指标对前列腺癌的诊断效能。根据Gleason评分进行分组将前列腺癌患者分为3组, 肿瘤ADC相关指标与组织学分组的相关性采用spearman相关性分析。结果 前列腺癌组及非前列腺癌组之间病灶以上ADC相关指标间差异均有统计学意义($P<0.05$)。ADCmea、ADCmin的诊断效能较高($AUC=0.936$ 、 0.929)。肿瘤发生部位与Gleason评分存在显著性正相关。ADCmax与肿瘤组织学分级呈显著负相关($r=-0.257$, $P<0.05$)。结论 ADC相关指标定量分析对前列腺癌的诊断及组织学分级有积极的诊断价值。

【关键词】前列腺癌; 磁共振弥散加权成像; 诊断效能; 前列腺特异性抗原

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.04.039

Diagnostic Value of Quantitative Analysis of ADC-related Indicators in PI-RADS v2.1 4-5 Prostate Cancer and Histological Grading

WANG Li-juan¹, WANG Tian-yao^{2,*}, WANG Sheng-yu¹, ZHANG Jing¹, ZHAO Yue¹.

1.Department of Radiology, Ruijin Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200025, China

2.Department of Radiology, Renji Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200001, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the diagnostic value of ADCmean (ADCmean), maximum value (ADCmax), minimum value (ADCmin) and ADC.ratio (rADC) of ADC-related indicators in the diagnosis of prostate cancer and histological grading in the 4-5 points of PI-RADS v2.1 score. **Methods** From January 2023 to December 2023, the imaging and clinical data of patients who received mpMRI indicating that the PI-RADS v2.1 score was 4-5 points and the prostate biopsy results were obtained in our hospital were retrospectively analyzed. ROC curve was drawn to analyze the diagnostic efficiency of the above ADC-related indexes in prostate cancer. Prostate cancer patients were divided into 3 groups according to Gleason score, and the correlation between tumor ADC and histological group was analyzed by spearman correlation analysis. **Results** There were statistically significant differences in ADC above focal point between prostate cancer group and non-prostate cancer group ($P<0.05$). The diagnostic efficiency of ADCmea and ADCmin is higher($AUC=0.936$ 、 0.929). There was a significant positive correlation between tumor location and Gleason score. ADCmax was negatively correlated with tumor histological grade($r=-0.257$, $P<0.05$). **Conclusion** The quantitative analysis of ADC related indexes has positive diagnostic value for the diagnosis and histological grade of prostate cancer.

Keywords: Prostate Cancer; Magnetic Resonance Diffusion Weighted Imaging; Diagnostic Effectiveness; Prostate Specific Antigen

前列腺癌(prostate cancer, PCa)是目前全球男性除肺癌外最常见的恶性肿瘤^[1]。近年来中国男性前列腺癌发病率逐渐提高。随着人口老龄化的加剧,前列腺癌的发病率和死亡率也随之增长。PCa晚期可出现远处转移。PCa风险评估对于其治疗方法的制定和预后评估至关重要^[2]。对于前列腺癌的侵袭性,临床多通过前列腺特异性抗原(PSA)、Gleason评分、ISUP分组和TNM分期综合评估^[3]。前列腺影像报告与数据系统(PI-RADS v2.1)旨在提高前列腺多参数磁共振成像(mpMRI)的诊断准确性,特别是在评估疑似PCa时,用1-5分法量化临床显著性PCa出现的可能性^[4],PI-RADS评分 ≥ 4 分则提示有较高的前列腺癌风险,且评分越高风险越高。PI-RADS评分4-5分病灶中仍有一定比例的良性病例,与PCa的鉴别诊断难度较大。由弥散系数得到的定量表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)在前列腺癌病灶区域的选择、疾病的诊断以及对病灶进行风险分层方面有很高的应用价值^[5-6]。在目前PI-RADS评分系统中,对于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。定量ADC值指标的应用在一定程度上可以减少这种影响。本文旨在通过回顾性分析探讨ADC相关指标(ADCmean、ADCmax、ADCmin、rADC)定量分析在PI-RADS v2.1评分4-5分中PCa和其组织学分级中的诊断价值,以求寻找优质的评测指标,望提高诊断的准确性,为临床制定诊疗方案提供支持。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析我院2023年1月至2023年12月间行前列腺mpMRI检查病例。

纳入标准:首次行mpMRI(包含DWI序列)检查;PI-RADS v2.1评分 ≥ 4 分病灶;穿刺活检前行血清特异性抗原(PSA)检测;在8周内行超声引导下直肠前列腺穿刺活检后获得病理结果。排除标准:前列腺疾病治疗后状态;临床资料不全;重复穿刺者。根据以上标准,本研究共入组患者102例。收集患者影像学资料(病灶大小、ADCmean、ADCmax、ADCmin)和穿刺/手术病理结果。对于PCa阳性病例组织学分级以Gleason评分进行分组,评分6分为低危组,7分为中危组, ≥ 8 分为高危组。

1.2 方法 采用GE 3.0T SIGNA ARCHITECT扫描仪作为检查仪器,对前列腺部位进行横断面、矢状面及冠状位扫描。基于T2加权成像(T2 weighted imaging, T2WI)、DWI(低b值0-50, 中等b值800-1200, 高b值1400)和DCE图像,对前列腺上病变区域进行PI-RADS评分。由两名放射科医生对入组病例在病理结果未知的情况下使用PI-RADS v2.1进行独立阅片,选取PI-RADS v2.1评分 ≥ 4 分病灶。评分意见不一致时共同商讨以达成一致。由1名高年资主治医师在ITK-SNAP软件上勾画出病灶(region of interest, ROI),尽量勾画病灶内较大范围,由ITK-SNAP软件生成ADCmean、ADCmax和ADCmin数据。测量病灶外围肿瘤未侵犯组织ADCmean, ROI范围均选择3-5个体素,并尽可能避

【第一作者】王丽娟,女,主治医师,主要研究方向:腹部影像诊断学。E-mail: 33261998@qq.com

【通讯作者】王田尧,男,主治医师,主要研究方向:影像新技术及应用。E-mail: tianyaowang87@hotmail.com

开囊变、钙化或出血区域。计算出rADC=病灶组织ADCmean/外围未侵犯前列腺组织ADCmean。肿瘤大小的测量以T2W图像中肿瘤最大径线为准。

1.3 统计学方法 采用STATA17MP软件进行统计学分析。PCa和非PCa肿瘤大小、ADCmean、ADCmax、ADCmin、rADC数据不符合正态分布，采用Mann-WhitneyU检验， $P<0.05$ 为差异有统计学意义。采用单因素和多因素Logistic回归分析患者的年龄、病灶大小、ADC相关指标与PCa的相关性。绘制ADCmean、ADCmax、ADCmin、rADC诊断PCa的ROC曲线。根据Gleason评分进行分组将PCa患者分为3组。肿瘤ADCmean、ADCmax、ADCmin、rADC与病理分组的相关性采用spearman相关性分析。对于肿瘤的发病位置与Gleason评分相关性分析采用肯德尔相关系数检验。

2 结 果

2.1 一般资料结果 本组研究对象共102例，经穿刺活检病理学检查结果显示确诊PCa75例，穿刺阳性率74.5%。27例病理结果提示前列腺增生或伴炎症。两组年龄(均数±平均差)：PCa组患者年龄57~94岁，平均年龄72±7岁。非PCa组患者年龄57~79岁，平均年龄68±5岁。两组之间年龄无统计学意义($P=0.105>0.05$)。病灶分布情况：PCa组病变发生位置累及外周带38.7%(29/75例)，移行带36.0%(27/75例)，累及两位置25.3%(19/75例)。前列腺癌组临床及病理特征资料见表2。

2.2 肿瘤大小及ADC相关指标的诊断价值 PCa组及非PCa组之间肿瘤大小、ADCmean、ADCmax、ADCmin、rADC各指标Mann-WhitneyU检验结果显示差异有统计学意义($P<0.05$)。

采用单因素Logistic回归分析结果显示，年龄、ADCmean、ADCmax、ADCmin、rADC与PCa均有关($P<0.05$)；进一步多因素分析结果显示，ADCmean是PCa的独立危险因素($P<0.05$)。绘制ROC曲线结果显示，ADCmean、ADCmin的诊断效能较高，当取最佳截断值 $773.9\times10^{-6}\text{mm}^2/\text{s}$ 和 $631.5\times10^{-6}\text{mm}^2/\text{s}$ 时，曲线下面积AUC分别为0.936及0.929。

2.3 各指标在前列腺癌组织学分级中的诊断价值 PCa肿瘤发生部位与Gleason评分(WHO/ISUP分组)相关性使用肯德尔相关系数检验，结果显示， $P<0.001$ ， r 值=0.378，提示肿瘤发生部位与Gleason评分存在显著性正相关(表3)。发生于移行带、外周带及两部位的肿瘤大小组间方差分析有统计学差异($f=11.673$ ， $P<0.01$)；两两比较移行带、外周带肿瘤大小比较无统计学差异($P=0.331$)，累及单部位和双部位之间肿瘤大小比较有统计学差异($P<0.01$)。

PCa肿瘤大小、ADCmean、ADCmax、ADCmin、rADC与Gleason评分后分组spearman相关性分析结果提示，肿瘤大小与组织学分级呈正相关(r 为0.238， $P<0.05$)，ADCmax与组织学分级相关(r 为-0.257， $P<0.05$)。本实验目前数据显示ADCmean、ADCmin、rADC与肿瘤组织学分级没有显著相关性(表4)。

表1 最佳截断值条件下各指标诊断PCa的灵敏度、特异度

诊断指标	最佳截断值	灵敏度(%)	特异性(%)	AUC	渐近95置信区间CI
size	14.6	58.7	81.5	0.707	0.596-0818
ADCmean	773.9	76.0	96.3	0.936	0.891-0.981
ADCmax	913.3	57.3	96.3	0.837	0.757-0.918
ADCmin	631.5	84.0	92.6	0.929	0.873-0.986
rADC	0.555	72.0	81.5	0.825	0.740-0.909

表2 PCa组临床和病理特征

一般资料		PI-RAIS评分(例)		分级评分和WHO/ISUP分组				
Age(岁)	Size(mm)	4	5	3+3=6(1组)	3+4=7(2组)	4+3=7(3组)	4+4=8(4组)	4+5=9or5+5=10(5组)
72±7	19.1±10.9	32/75	43/75	5.3%(4/75)	36.0%(27/75)	29.3%(22/75)	16.0%(12/75)	13.3%(10/75)

表3 PCa病灶发生部位与Gleeson评分、WHO/ISUP分组相关性肯德尔相关系数分析

	3+3=6(1组)	3+4=7(2组)	4+3=7(3组)	4+4=8(4组)	4+5=9or5+5=10(5组)
移行带	4例	14例	4例	3例	2例
外周带	0	8例	16例	4例	1例
移行带和外周带	0	4例	3例	5例	7例
P	<0.001				
R	0.378				

表4 肿瘤大小、ADCmean、ADCmax、ADCmin、rADC与Gleeson分级分组相关性

Gleeson评分分组	Size(mm)	ADCmean($10^{-6}\text{mm}^2/\text{s}$)	ADCmax($10^{-6}\text{mm}^2/\text{s}$)	ADCmin($10^{-6}\text{mm}^2/\text{s}$)	ADC.ratio($10^{-6}\text{mm}^2/\text{s}$)
低危组	18.1±7.9	694.6±93.5	898.5±75.3	542.6±110.6	0.585±0.082
中危组	17.1±10.6	695.7±118.9	929.8±169.6	518.3±146.1	0.476±0.112
高危组	23.9±11.1	652.4±92.92	823.5±111.9	498.9±93.53	0.496±0.106
P值	0.0319	0.1670	0.0259	0.4678	0.6859
r值	0.238	-0.161	-0.257	-0.085	-0.048

3 讨论

DWI可以反映组织中水分子弥散状态及细胞膜的完整性,在外周带病灶的检测中作用尤为显著。扩散敏感因子(b值)的选择是DWI中最主要的参数,ADC值的测量和b值的大小有关^[7,18]。rADC即病灶组织与外围未侵犯组织之间的比值,用来表示病灶组织与良性组织的差异性,在乳腺癌良恶性鉴别、肾透明细胞癌的诊断、脑肿瘤等领域都有应用^[8,19]。但应用于PCa诊断的研究并不多。罗翀等^[9]研究表明rADC值在不同的b值选择扫描具有相对的一致性,因为PCa与非PCa组织ADC值的变化是呈比例的,可以在一定程度上弥补定性图像分析的不足,提高DWI定量分析的稳定性。本实验中ADC序列b值在800-1400,为了减弱因b值波动可能引起的ADC值的差异性,故在本研究中引入了rADC这一指标共同观察。Polanec等^[10]的研究认为,从弥散加权成像DWI得出的定量ADC有可能避免对mpMRI检测到的PI-RADS 4和5病变进行不必要的MRI引导活检。大多数原发性PCa是多灶的,且各个瘤灶之间具有不同的侵袭性,在12针穿刺活检中也可发现,同一个前列腺癌患者,前列腺不同部位的穿刺取得的病灶组织可能有不同的病理分级结果。由于PCa的这种异质性,ADC值的多种测量方式、多指标多角度联合评估值得被尝试。本研究102例肿瘤中,单因素Logistic回归分析结果显示患者年龄、肿瘤大小、ADCmean、ADCmax、ADCmin、rADC与PCa均有统计学相关性,ADCmean是PCa的独立危险因素。ADCmean和ADCmin对前列腺癌的诊断效能较高。Hauth E^[11]等经研究后将ADCmin列为检测前列腺恶性肿瘤的最佳预测因子之一,这与本研究结果相符,提示ADCmean、ADCmin可作为PCa非常有价值的诊断指标。

前列腺癌患者组织学分级Gleason评分越高,细胞分化越差,肿瘤细胞快速繁殖,导致正常腺体结构减少,肿瘤组织细胞密度变大,水分子扩散运动受限则ADC值降低^[12]。张永生等^[13]研究同样认为ADC值与肿瘤细胞生长、浸润密切相关,病灶区域ADC值越低提示该区细胞构成密度增大、水分子扩散受限程度越明显。在本实验中对纳入研究的ADC各指标与组织学分级相关性分析中肿瘤的大小及ADCmax表现出与组织学分级的显著相关性。肿瘤的大小与组织学分级呈显著正相关,随着组织学分级升高而增大。Jorge Abreu-Gomez等^[14]也认为与ADC值相比,肿瘤的大小与肿瘤ISUP分组相关性更为显著,这与本研究结果一致;其研究还提示定量ADC值与包括前列腺Gleason评分在内的侵袭性有关。本次研究结果中ADCmax值随组织学分级升高而降低,与Gleason评分呈负相关,提示ADCmax值可能可以作为评估肿瘤组织学分级的一种指标。Bajgiran^[15]等认为与ADCmin和ADCmin.Ratio相比,ADCmean和ADCratio可以区分高级别和低级别疾病,但是没有进行ISUP.GG的亚组分析。Wu^[16]等人研究结果所示,虽然ADCmin和rADC都与PZ病灶的侵袭性显著相关,但在检测TZ的csPCa时,只有ADCratio具显著能力,可以看出,ADCmin是否与病灶的侵袭性显著相关,仍需要进一步研究探讨。本实验中ADCmin、ADCmean与rADC与肿瘤组织学分级在目前的实验数据结果中尚未凸显出显著相关性,总体考虑主要原因可能是由于总样本量小,分组间样本数量差异大,使得数据的个体差异被放大有关。

本次研究还发现,PCa的发生部位与Gleason评分具有显著相关性,这是在其他研究中很少被提到的。张伟^[17]等研究表明,前列腺移行区病灶比例高,且肿瘤最大径线更大;不同区域的病灶最大径线比较差异有统计学意义,这与本研究结果相符。本研究结果提示肿瘤大小与肿瘤的组织学分级具有显著正相关性,故可推测不同部位之间肿瘤大小的不同与肿瘤组织学分级不同具有潜在一致性。但在目前本组的数据中,移行带与外周带肿瘤的大小比较并没有统计学差异,所以PCa的发生部位与组织学分级是否真实存在相关性,还需要较多的数据来证实。

综上,ADC相关指标的定量分析在前列腺肿瘤的诊断和组织学分级评估中有很高的能力。ADCmean、ADCmin的定量分析对PCa有相对更高的诊断价值。肿瘤ADCmax值和肿瘤的大小与肿瘤组织学分级有显著相关性,有望作为评估肿瘤组织学分级的一种有效指标。

我们此次研究有一定的局限性。回顾性单中心研究设计使得研究结果有总体偏倚。选取PI-RADS v2.1 4-5分的病例,导致低危组病例数量减少,Gleason评分和ISUP分组之间的分布不平衡,实验数据因选择偏倚而与临床真实情况存在偏差;又因样本量相对不大、肿瘤活检Gleason评分与术后评分可能有偏差等原因均可导致实验结果不能完全反映临床特征。想要获得更准确的实验结果,还需要从扩大样本量、改良穿刺技术、多种试验对照研究等方面优化研究方案。

参考文献

- [1] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, 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] 周耀磊, 张森, 郭睿, 等. 18F-PSMA PET/MRI在早期诊断前列腺癌根治术后复发、转移中的价值[J]. 诊断学理论与实践, 2023, 22 (6): 567-572.
- [3] 于一飞, 王之倩, 李敏, 等. 自建评分法评估前列腺特异性抗原值在灰区者的前列腺癌风险[J]. 诊断学理论与实践, 2020, 19 (3): 314-318.
- [4] Desai S, Costa DN. PI RADS and liken scales for structured reporting in multiparametric mr imaging of the prostate [J]. Br J Radiol, 2022, 95 (1131): 20210758.
- [5] 范婵媛, 闵祥德, LI QUIBAI, 等. 基于ADC图的纹理分析在低、高级别前列腺癌诊断中的价值[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53 (10): 859-863.
- [6] 闫旭, 麦筱莉. 基于扩散的MR成像技术在前列腺癌诊断中的应用进展[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22 (4): 173-176.
- [7] 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.
- [8] 韩宝勤, 杨丽萍, 丁彩云, 等. ADC、eADC和rADC值对TIC II型、BI-RADS 4类乳腺肿瘤良恶性鉴别诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (2): 88-90.
- [9] 罗翀, 黎光俊, 段庆红. 相对表现扩散系数对中高危前列腺癌的鉴别价值[J]. 贵州医科大学学报, 2021, 46 (5): 600-605.
- [10] Polanec SH, Helbich TH, Bickel H, et al. Quantitative apparent diffusion coefficient derived from diffusion-weighted imaging has the potential to avoid unnecessary mri-guided biopsies of mpMRI-detected PI-RADS 4 and 5 lesions [J]. Investigative Radiology, 2018, 53 (12): 736-741.
- [11] Hauth E, Halbritter D, Jaeger H, et al. Diagnostic value of semi-quantitative and quantitative analysis of functional parameters in multiparametric MRI of the prostate [J]. British Journal of Radiology, 2017, 90 (1078): 20170067.
- [12] Giganti F, Pecoraro M, Fierro D, et al. DWI and PRECISE criteria in men on active surveillance for prostate cancer: a multicentre preliminary experience of different ADC calculations [J]. Magn Reson Imaging, 2020, 67: 50-58.
- [13] 张永生, 刘海明, 叶裕丰, 等. MR动态增强、DWI/ADC值等多参数成像与前列腺癌 Gleason 分级相关性研究 [J]. 国际泌尿系统杂志, 2017, 37 (6): 842-846.
- [14] Abreu-Gomez J, Walker D, Alotaibi T, et al. Effect of observation size and apparent diffusion coefficient (ADC) value in PI-RADS v2.1 assessment category 4 and 5 observations compared to adverse pathological outcomes [J]. European Radiology, 2020, 30 (8): 4251-4261.
- [15] Bajgiran AM, Mirak SA, Sung K, et al. Raman SS (2019) apparent diffusion coefficient (ADC) ratio versus conventional ADC for detecting clinically significant prostate cancer with 3-T MRI [J]. AJR Am J Roentgenol, 2019, 213 (3): W134-W142.
- [16] X Wu, P Reinikainen, A Vanhanen, 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.
- [17] 张伟, 侯惠民, 王森, 等. 老年人移行区前列腺癌的临床病理学特征 [J]. 中华老年医学杂志, 2021, 40 (3): 323-328.
- [18] 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.
- [19] 万正国. DTI在脑膜瘤、胶质瘤及转移瘤患者诊断及手术指导中的应用研究 [J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29 (1): 24-26, 50.

(收稿日期: 2024-08-09)

(校对编辑: 江丽华)