

论 著 · 腹部

基于磁共振ADC与PSAD建立逻辑回归模型预测有临床意义前列腺癌的价值

王 伟^{1,2} 吉爱青¹ 王雅菁¹王福国² 稽卫英² 王利伟^{1,*}

1.南京医科大学附属南京医院(南京市

第一医院)医学影像科(江苏南京210006)

2.南京市溧水区人民医院(东南大学附属

中大医院溧水分院)医学影像科

(江苏南京211200)

【摘要】目的 评估利用表观弥散系数(ADC)与前列腺特异性抗原密度(PSAD)建立的逻辑回归模型预测有临床意义前列腺癌(csPC)的价值。**方法** 回顾性分析210例前列腺特异抗原(PSA)升高患者的磁共振(bpMRI)图像和临床资料,依据前列腺影像报告和数据库2.1版(PI-RADS V2.1)对MRI进行评分,并测量前列腺体积(PV)和ADC值,计算PSAD。建立Logistic回归模型进行多因素统计分析,评估预测csPC的指标变量。利用受试者工作特征曲线(ROC)对单个指标变量及联合指标变量的预测性能进行比较。**结果** 210名患者中,前列腺良性病变患者49例,前列腺癌(PC)患者161例(csPC 146例)。PI-RADS、ADCmin、ADCmean、PV、PSA及PSAD预测csPC的ROC下面积(AUC)分别为0.88、0.85、0.84、0.70、0.68和0.78。ADC值及PSAD能够独立预测csPC。联合回归模型A(ADCmin+PSAD)、B(ADCmean+PSAD)对应的AUC分别为0.87、0.87,敏感度分别为77%、73%,特异度分别为88%、88%。**结论** ADC和PSAD对csPC具有独立预测价值,两者联合的预测模型优于单个独立预测变量指标。

【关键词】 前列腺癌; 前列腺增生;
前列腺特异性抗原密度; 表观扩散系数

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.10.040

The Value of Establishing Logistic Regression Model Based on ADC and PSAD to Predict Clinically Significant Prostate Cancer

WANG Wei^{1,2}, JI Ai-qing¹, WANG Ya-jing¹, WANG Fu-guo², JI Wei-ying², WANG Li-wei^{1,*}.

1.Department of Radiology, Nanjing First Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210006, Jiangsu Province, China

2.Department of Radiology, Nanjing Lishui People's Hospital, Zhongda Hospital Lishui Branch, Southeast University, Nanjing 211200, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the value of logistic regression model based on apparent diffusion coefficient (ADC) and prostate-specific antigen density (PSAD) in predicting clinically significant prostate cancer (csPC). **Methods** Biparametric magnetic resonance (bpMRI) images and clinical data of 210 patients with elevated prostate-specific antigen (PSA) were retrospectively analyzed. MRI scores were performed according to the Prostate Imaging Report and Data System 2.1 (PI-RADS V2.1), and prostate volume (PV) and ADC values were measured to calculate PSAD. Logistic regression model was established for multivariate statistical analysis to evaluate the index variables for predicting csPC. The predictive performance of single and combined indicator variables was compared by receiver operating characteristic curve (ROC). **Results** Among 210 patients, 49 had benign prostatic lesions and 161 had prostate cancer (PC) (146 csPC). The area under ROC (AUC) predicted by PI-RADS, ADCmin, ADCmean, PV, PSA and PSAD were 0.88, 0.85, 0.84, 0.70, 0.68 and 0.78, respectively. ADC value and PSAD can independently predict csPC. The AUC corresponding to the combined regression model A (ADCmin+PSAD) and B (ADCmean+PSAD) was 0.87 and 0.87, the sensitivity was 77% and 73%, and the specificity was 88% and 88%, respectively. **Conclusion** ADC and PSAD have independent predictive value for csPC, and the combined predictive model of ADC and PSAD is better than a single independent predictor index.

Keywords: Prostate Cancer; Prostatic Hyperplasia; Prostate-specific Antigen Density; Apparent Diffusion Coefficient

前列腺癌(PC)是全球男性中第二常见的恶性肿瘤,仅次于肺癌,截止到2020年约有140多万新发病例和37万多死亡病例^[1]。在中国,随着人口老龄化加剧以及血清前列腺特异性抗原(PSA)筛查的普及,前列腺癌发病率在过去的十年内迅速增长。根据美国国立综合癌症网(NCCN)2021版PC临床实践指南报道,对有临床意义的前列腺癌(csPC)通常选择根治性切除或者放射治疗来改善预后,而对于无显著临床意义的前列腺癌(cisPC)患者来说,建议采取主动监测,无需积极处理。对有些低风险PC患者,病情进展相对缓慢,尽早识别出来可以避免不必要的有创检查及相关并发症。因此治疗前准确预判PC的风险分层有着非常重要的意义^[2]。

目前,临床上对PC的筛查和诊断主要是通过直肠指检(DRE)、血清PSA及经直肠超声引导穿刺活检(TUPB)等方法^[3]。血清中的PSA水平对前列腺癌的检出有一定参考价值,但PSA会随着年龄及前列腺增生(BPH)的发生而升高,因此它的特异性较低,所以PSA的广泛筛查将导致部分患者的过度治疗^[4]。研究发现由PSA衍生来的前列腺特异性抗原密度(PSAD)对提高PC的诊断效能和准确性有一定的价值^[5]。PSAD是由血清PSA与前列腺体积(PV)的比值计算出来的。

大量研究已经证实T2加权成像和弥散加权成像DWI相结合的双参数MRI(biparametric MRI, bpMRI)能显著提高检测PC的敏感性和特异性^[6]。前列腺成像报告和数据系统2.1版(PI-RADS v2.1)应用广泛,实用价值较高,但有学者^[7]认为对前列腺MRI的解读过于主观,应使用更多的定量数据来提高bpMRI对PC的诊断效能。本研究主要探讨bpMRI的ADC值联合PSAD预测csPC的临床价值,并尝试寻找鉴别GG2和GG3的定量参数。

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性分析2020年10月至2024年5月在本院接受前列腺MRI检查的患者。收集患者年龄、血清PSA和bpMRI影像学检查信息。

纳入标准:(1)既往无内分泌治疗及手术史;(2)患者前列腺MRI序列图像清晰,临床资料完整;(3)在MRI检查后30天内行前列腺TUPB或根治性手术并取得明确结果。排除标准:(1)患者在MRI检查前接受前列腺穿刺或相关治疗(如化疗、内分泌治疗);(2)没有取得明确的病理结果;(3)图像质量差或其他任何原因导致ADC值无法测量。患者最终的病理结果以根治性切除术为金标准,没有接受根治性切除术者以穿刺结果为准。最终纳入210名患者,随机选取同时期49例良性病例作为对照组(包括BPH和慢性炎症)。本研究获得医院伦理委员会批准,所有前列腺MRI检查患者均签署知情同意书。

1.2 MRI检查方法 采用Signa pioneer 3.0T MRI扫描仪(GE, 美国),线圈采用腹部16通道

【第一作者】王 伟,男,主治医师,主要研究方向:腹部影像诊断。E-mail: 852901971@qq.com

【通讯作者】王利伟,男,主任医师,主要研究方向:腹部影像诊断。E-mail: liwei8031@outlook.com

相控阵线圈，患者取仰卧位，中心点放置于耻骨联合。无需进行腹部固定。检查序列包括横断位T1WI、T2WI、压脂T2WI、DWI，以及冠状位T2WI。T1WI序列扫描参数：TR 816 ms，TE 6.57 ms；T2WI序列扫描参数：TR 3000 ms，TE 99.7 ms；压脂 T2WI 序列扫描参数：TR 3040 ms，TE 94 ms；DWI序列扫描参数：TR 6162 ms，TE 78.6 ms，b=1500 s/mm²，采集时间约18 min。

1.3 图像分析 由2名5年以上诊断经验的MRI医师在不知道病理结果的情况下对MRI图像进行分析。选取感兴趣区(ROI)并测量体积和ADC值。可疑病灶位于移行带时在T2WI上选择信号最低区域作为ROI，可疑病灶位于外周带时在ADC图上选取信号最低区域作为ROI。两个医师分别对ROI进行PI-RADS评分，结果存在分歧时，则由第三位高年资医师(MRI工作经验23年)裁决，最终达成一致结果。我们采用双近似椭圆公式测量法测量前列腺数据，在T2WI横断位上测量前后径和左右径，其中前后径包括前纤维基质区，在正中矢状位测量上下径，再依据公式PV=前后径×左右径×上下径×0.52；依据公式PSAD为血清PSA和PV的比值。所有工作在GE AW4.7后处理工作站上完成。

1.4 病理结果的获取方法 TUPB采用常规6区12针及靶向穿刺结合，在前列腺左右两侧分别穿刺6针，对MRI可疑病灶加穿1针。根治切除的标本进行逐层切片分析与MRI图像进行对照。由两名高年资病理科医师对标本进行Gleason 评分(Gleason Score, GS)。将前列腺癌分为5个组别：GG1(GS ≤6)、GG2(GS 3+4=7)、GG3(GS 4+3=7)、GG4(GS 8)、GG5(GS 9~10)。cisPC定义为GG1(GS≤6)。csPC定义为GG 2~5(GS≥7)。GG1为低危PC，GG2~3为中危PC，GG4~5为高危PC。入组病例分为csPC组和no-csPC组，no-csPC组包括BPH、慢性炎症及GG1患者。

1.5 统计学分析 分别把每个患者磁共振图像与病理结果进行比对，以病理结果为金标准来分析磁共振图像。将患者的年龄、PI-RADS v2.1评分、ADC值、PV、PSA及PSAD等分别作为独立变量指标，采用独立样本T检验或Mann-Whitney U检验进行评估看是否有统计学意义。对具有统计学意义的变量指标，采用多变量Logistic回归对csPC组有预测能力的变量联合构建回归模型。分别绘制受试者工作特征(ROC)曲线，并计算出曲线下面积(AUC)以及cutoff值，分析各自的诊断效能，并计算出各自的敏感度、特异度、Youden指数、阳性预测值(PPV)、阴性预测值(NPV)及准确度。组间比较csPC和no-csPC病灶之间的ADC值、PSAD、PI-RADS v2.1评分差异。所有数据均采用SPSS 26.0及MedCalc20.1统计软件来处理数据。当P<0.05时认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者临床特征及分组 经筛选有210例符合标准纳入本研究，分别是csPC组(GS≥7分)和no-csPC组(GS≤6患者、前列腺良性增生及慢性炎症)。其中PC患者161例：csPC患者146例，cisPC患者15例(GS=6分患者15例，GS=3+4分39例，GS=4+3分患者44例，GS=8分19例，GS=9~10分44例)。主要病灶位于外周带的有89例(55.3%)，位于移行带的72例(44.7%)。良性病变患者49例，包括BPH和慢性炎症。所有患者的PI-RADS 评分：5分有67例(31.9%)，4分有54例(25.7%)，3分有66例(31.4%)，2分有21例(10.0%)，1分有2例(1.0%)。变量包括年龄、PI-RADS评分、ADCmean、ADCmin、PV、PSA及PSAD。各组患者临床特征见表1。符合条件的患者纳入流程图见图1。图1为典型病例图像。

表1 csPC与无csPC之间变量的多变量分析

	csPC(n=146)	no-csPC(n=64)	t/Z	P
年龄(年)	74.43±6.89	72.05±6.81	-2.318	0.021
PSA(ng/mL)	15.20(7.48~66.50)	8.95(5.80~13.25)	-4.114	0.000
PSAD(ng/mL ²)	0.44(0.20~1.47)	0.15(0.10~0.30)	-6.345	0.000
PI-RADS	4.21±0.82	2.78±0.71	-9.092	0.000
ADCmin(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.54(0.44~0.68)	0.86(0.76~0.93)	-8.009	0.000
ADCmean(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.63(0.52~0.76)	0.93(0.80~1.02)	-7.906	0.000
PV(mL)	38.05(28.48~51.08)	56.35(37.00~74.15)	-4.606	0.000

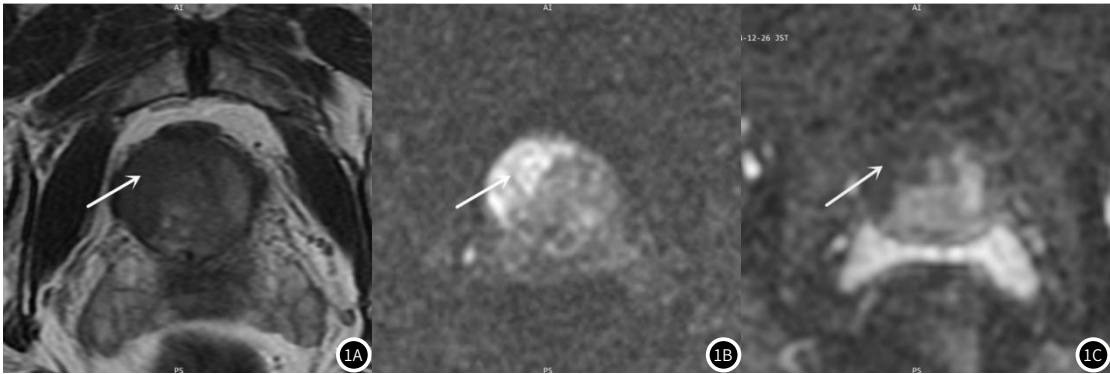


图1 男性，进行性排尿困难5年，PSA水平11.60ng/mL，T2WI示右侧过渡区低信号(1A)(箭头)。右过渡带DWI信号明显升高(1B)(箭头)。ADC显示左周频带信号明显减弱(1C)(箭头)。病理证实前列腺腺癌，Gleason评分4+4=8，分级4组。

2.2 独立指标变量对csPC诊断价值 csPC组的年龄、PI-RADS v2.1评分、PSA及PSAD中位数高于no-csPC组，csPC组的ADCmin、ADCmean、PV值中位数明显低于no-csPC组，所有的差异有统计学意义(P<0.05)。绘制ROC曲线后计算出年龄、PI-RADS评分、ADCmin、ADCmean、PV、PSA及PSAD对应的曲线下面积AUC分别为0.59、0.88、0.85、0.84、0.70、0.68和0.78，

可以看出PI-RADS评分、ADC及PSAD有相对较高的诊断效能，PI-RADS评分诊断csPC敏感度、特异度分别为77%、88%；PSAD诊断csPC的诊断阈值为0.36ng/mL²时敏感度、特异度分别为56%、88%，ADCmin诊断阈值为0.76×10⁻³mm²/s时敏感度、特异度分别为85%、72%；ADCmean诊断阈值为0.76×10⁻³mm²/s时敏感度、特异度分别为75%、86%。ADCmin和ADCmean在鉴别csPC

时有相同的诊断效能,但ADCmin敏感度略高于ADCmean,特异性却略低于ADCmean。结果见表2、图2。

2.3 指标变量对GG2和GG3的csPC鉴别 ADCmin、PI-RADS、PSA、PSAD能鉴别GG2和GG3,ADCmean、PV不能鉴别GG2和GG3。ADCmin、PSA及PSAD鉴别GG2和GG3的AUC值分别为0.63、0.65、0.69。而这些有意义的指标对GG2和GG3的临床应用价值如表3。

2.4 联合变量逻辑回归模型预测csPC的结果 我们分别对ADCmin

和ADCmean与PSAD联合构建两个模型,并来预测csPC。分别是模型A(ADCmin+PSAD)、模型B(ADCmean+PSAD)。对这两个模型分别绘制ROC曲线,并计算出模型A、模型B对应曲线下面积为0.87、0.87,敏感度、特异度分别为77%、88%;73%、88%。A模型的ROC曲线下面积分别大于ADCmin和PSAD, B模型的ROC曲线下面积大于ADCmean和PSAD, A、B模型两两之间AUC差异无统计学意义,表明两者的预测效能接近。联合模型A、B的逻辑回归模型结果见表4、图3。

表2 csPC各独立指标的诊断价值

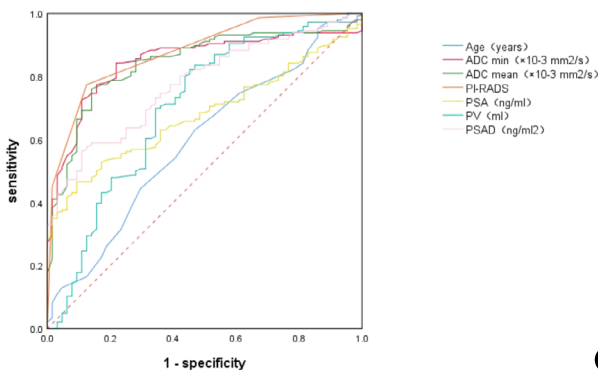
	Cut-off	sen	spe	youden	AUC	PPV	NPV	acc
年龄(岁)	72.5	0.63	0.53	0.16	0.59	0.75	0.39	0.60
PSA(ng/mL)	17.85	0.47	0.91	0.37	0.68	0.92	0.43	0.60
PSAD(ng/mL ²)	0.36	0.56	0.88	0.45	0.78	0.91	0.47	0.66
PI-RADS	>3	0.77	0.88	0.65	0.88	0.93	0.63	0.80
ADCmin($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	0.76	0.85	0.72	0.62	0.85	0.87	0.68	0.81
ADCmean($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	0.76	0.75	0.86	0.61	0.84	0.92	0.60	0.78
PV(mL)	55.15	0.82	0.55	0.37	0.70	0.81	0.57	0.74

表3 GG2组与GG3组的单因素比较

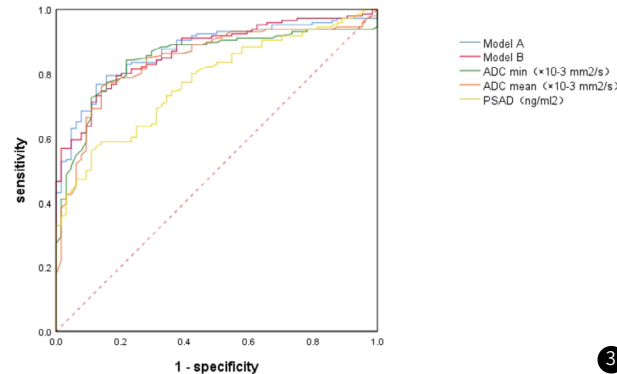
	Cut-off	sen	spe	youden	AUC	PPV	NPV	acc	P
PSA(ng/mL)	18.3	0.48	0.79	0.27	0.63	0.72	0.57	0.63	0.020
PSAD(ng/mL ²)	0.38	0.66	0.69	0.35	0.67	0.71	0.64	0.67	0.004
ADCmin($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	0.52	0.59	0.74	0.36	0.66	0.72	0.62	0.66	0.038

表4 联合模型A、B的Logistic分析

	AUC	SE	sen	spe	95%CI	P
ADCmin	0.85	1.095	0.85	0.72	0.793~0.902	0.000
ADCmean	0.84	1.118	0.75	0.86	0.787~0.898	0.000
PSAD(ng/mL ²)	0.78	0.917	0.56	0.88	0.713~0.838	0.000
ModelA ADCmin+PSAD	0.87	0.024	0.77	0.88	0.825~0.920	0.000
ModelB ADCmean+PSAD	0.87	0.024	0.73	0.88	0.822~0.917	0.000



2



3

图2 年龄、ADCmin、ADCmean、PI-RADS、PSA、PV、PSAD分别诊断csPC的ROC曲线和AUC。

图3 联合模型A、联合模型B、ADCmin、ADCmean、PSAD对csPC的预测ROC曲线及AUC。

3 讨论

3.1 PI-RADS v2.1、ADCmin、ADCmean、PSAD对csPC的诊断价值 Li Xu等^[8]研究结果显示,具有丰富诊断经验的影像科医师采用v2.1评分诊断csPC敏感度、特异度分别为88%、82%,曲线下面积AUC为0.90,诊断效能高于v2.0版本评分。一篇2020年发表的meta分析^[9]也得出类似的结论。Tamada等^[10]研究得出结论,PI-RADS v2.1评分更适合评估移行带的病变,显著提高了诊断移行带PC的能力。他们认为bpMRI诊断效能不逊于mpMRI。

Bass EJ等^[11]做的荟萃分析表明,bpMRI在检测PC方面具有与mpMRI相当的准确性。因此bpMRI被更多的学者认可,不仅能缩短扫描时长,节约时间,也避免造影剂过敏风险,提高了不同医师间评分的一致性并且简化评判标准。

DWI主要是反映细胞间隙的自由水分子布朗运动情况,PC病灶内细胞生长快、体积大、排列紧密及细胞核浆比高,所以在DWI上呈高信号,ADC呈低信号。所以ADC被认为和前列腺癌的

侵袭性相关。Lorenzo等^[12]研究表明ADC对诊断PC有较高的敏感度及特异度,分别为86%、80%。ADC值不仅可以鉴别前列腺腺变的良恶性,还具有生物组织特性,可以预测PC的风险分层。本研究发现ADC诊断csPC的敏感度、特异度分别为72%、93%,cutoff值 $0.86 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$,这与文献报道一致。

PSAD作为临床生物标记物的应用在1993年由Benson^[13]首次提出。PSAD可以减少前列腺体积大小的影响。侯佳丽等人研究,也印证了通过MRI三维重建测量前列腺体积教TRUS的子弹形公式,得到的数据最为可靠。有研究发现^[14],当PSAD大于 0.15 ng/mL^2 时,PI-RADS 4或5分的病变是csPC的可能性将会增加,相比于PSA指标,PSAD具有更高的敏感度。在本研究中,PSAD的最佳阈值是 0.36 ng/mL^2 ,这要高于之前的研究^[15],可能是这部分患者就诊时为中晚期PC的比例较高。并且在既往研究中发现,不同学者可能会对PSA取值有所不同,有些会将PSA值大于 50 ng/mL 的去掉^[16],有些则会全部纳入研究^[17-18],这些都会影响PSAD诊断csPC的cutoff值及构建出的联合模型,但剔除PSA > 50 ng/mL 的病例势必会造成纳入样本选择上的偏移,所以我们没有进行删减。和年龄、PSA以及PV等影响因素相比,PSAD具有更佳的诊断效能,有可能是PSAD剔除了前列腺良性增生对PSA浓度的干扰。Vezyraki等^[19]研究结果显示在研究PSA、PSAD对csPC的诊断效能方面,PSAD的曲线下面积AUC为0.79,高于PSA的0.62,本研究中PSAD独立预测csPC的AUC为0.78,PSA独立预测的AUC为0.68,这与Vezyraki等研究结果基本一致。

3.2 ADC联合PSAD对csPC诊断效能评价 Han等研究发现^[19],PSAD联合ADC诊断PC的AUC值为0.911,要高于单独的PSAD和ADC,分别是0.861和0.887。我们也分析了将这两者联合起来的诊断效能,但是我们评价的是他们用来鉴别csPC的效果。其中联合模型A(ADCmin+PSAD)的AUC值0.87,敏感度和特异度分别为77%和88%;联合模型B(ADCmean+PSAD)的AUC值0.87,敏感度和特异度分别为73%和88%。表明这两个联合模型在诊断csPC方面的性能是相似的,但要优于单独指标的效能。

3.3 定量参数鉴别GG2和GG3的可行性 目前,已有很多文章探讨MRI在鉴别中危和高危PC上的价值,但对于同属于中危的GG2和GG3的研究却很少。GG2和GG3的预后不同,GG3更容易转移和复发,因此在临床管理中区分他们是有意义的。定量ADC值可作为PC治疗方案选择的生物标志物,并可以提高当前风险分层策略的准确性和侵袭性^[20]。GG2和GG3虽然同属于中危PC,但是他们的预后和治疗方案却有所不同。所以本研究分析了这些数据能否将这两类区分开。本研究发现ADCmin对鉴别GG2、GG3有临床意义,而ADCmean没有意义。ADCmean反映扩散受限的平均水平,将病灶范围内典型特征进行了平均处理,而ADCmin则是水分子运动受限最明显的位置,可能更具有代表性,代表了病灶的风险特征。

3.4 本研究的局限性及展望 本研究存在以下局限性及后续改进方向:其一,作为回顾性研究,样本选择存在偏倚——因多数患者因PSA异常升高或排尿困难就诊并行前列腺MRI,导致PSA"灰区"及正常范围患者样本量少,可能引发假阴性结果,后续拟开展前瞻性研究验证结论;其二,部分病理结果源于穿刺活检,相比根治性切除存在随机性,且小病灶可能未被穿刺覆盖,导致部分前列腺癌(PC)漏检,未来将仅纳入接受根治切除治疗的患者;其三,作为单中心研究且样本量较小,需更大规模、多中心的前瞻性研究进一步验证其临床普适性。

4 结 论

综上所述,ADC以及PSAD值对有临床意义的前列腺癌均有独立预测价值,但是两者联合构建的模型对有临床意义的前列腺癌诊断效能优于单一指标变量。

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] 一诺, 王雅菁, 王鹏, 等. 磁共振表观扩散系数鉴别前列腺癌预后相关风险分层的应用研究 [J]. 磁共振成像, 2022, 13(12): 104-110.
- [3] 庞洪波, 董艳霞. 比较经直肠与经会阴前列腺穿刺活检术对前列腺癌的诊断价值 [J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(5): 83-85.
- [4] US Preventive Services Task Force, Grossman DC, Curry SJ, et al. Screening for prostate cancer: US preventive services task force recommendation statement [J]. JAMA, 2018, 319(18): 1901-1913.
- [5] 叶瑞婷, 邹玉坚, 郑晓林, 等. MR-T2WI纹理分析对前列腺中央腺体低信号结节良恶性的鉴别 [J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(3): 71-74, 84.
- [6] 孙于越, 张瀟韬, 苏月婷, 等. 基于双参数MRI影像组学机器学习鉴别前列腺癌 Gleason评分分级分组中的应用 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(8): 118-120.
- [7] 金鹏飞, 包婕, 乔晓梦, 等. 基于PI-RADS V2.1评估双参数和多参数MRI对外周带临床显著性前列腺癌的诊断价值 [J]. 放射学实践, 2022, 37(8): 1000-1005.
- [8] Xu L, Zhang G, Zhang D, et al. Comparison of PI-RADS Version 2.1 and PI-RADS Version 2 regarding interreader variability and diagnostic accuracy for transition zone prostate cancer [J]. Abdom Radiol (NY), 2020, 45(12): 4133-4141.
- [9] Park KJ, Choi SH, Kim MH, et al. Performance of prostate imaging reporting and data system version 2.1 for diagnosis of prostate cancer: a systematic review and meta-analysis [J]. J Magn Reson Imaging, 2021, 54(1): 103-112.
- [10] Tamada T, Kido A, Takeuchi M, et al. Comparison of PI-RADS Version 2 and PI-RADS Version 2.1 for the detection of transition zone prostate cancer [J]. Eur J Radiol, 2019, 121: 108704.
- [11] Bass EJ, Pantovic A, Connor M, et al. A systematic review and meta-analysis of the diagnostic accuracy of biparametric prostate MRI for prostate cancer in men at risk [J]. Prostate Cancer Prostatic Dis, 2021, 24(3): 596-611.
- [12] Mazzone LN, Lucarini S, Chiti S, et al. Diffusion-weighted signal models in healthy and cancerous peripheral prostate tissues: comparison of outcomes obtained at different b-values [J]. J Magn Reson Imaging, 2014, 39(3): 512-518.
- [13] Benson MC, Whang IS, Olsson CA, et al. The use of prostate specific antigen density to enhance the predictive value of intermediate levels of serum prostate specific antigen [J]. J Urol, 1992, 147(3 Pt 2): 817-821.
- [14] 侯佳丽, 马文亮, 董翔, 等. 基于前列腺超声和磁共振测算前列腺体积方法的准确性研究 [J]. 中华男科学杂志, 2022, 28(10): 896-900.
- [15] 王涛. PI-RADS评分1-3分患者首次前列腺穿刺活检术中诊断前列腺癌的危险因素分析 [D]. 中国医科大学, 2022.
- [16] He BM, Shi ZK, Li HS, et al. A novel prediction tool based on multiparametric magnetic resonance imaging to determine the biopsy strategy for clinically significant prostate cancer in patients with psa levels less than 50 ng/mL [J]. Ann Surg Oncol, 2020, 27(4): 1284-1295.
- [17] Zhang Y, Zeng N, Zhu YC, et al. Development and internal validation of PI-RADS v2-based model for clinically significant prostate cancer [J]. World J Surg Oncol, 2018, 16(1): 102.
- [18] Vezyraki P, Vlachaki A, Baltogiannis D, et al. Impact of total PSA and percent free psa in the differentiation of prostate disease: a retrospective comparative study implicating neoplastic and non-neoplastic entities [J]. J BUON, 2019, 24(5): 2107-2113.
- [19] L H, G H, Y M, et al. Combining magnetic resonance diffusion-weighted imaging with prostate-specific antigen to differentiate between malignant and benign prostate lesions [J]. Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research, 2022, 28.
- [20] 王宁博. 1.5T磁共振多b值DWI及ADC值定量分析在前列腺癌与前列腺增生诊断的价值研究 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(5): 35-37.

(收稿日期: 2024-07-05)

(校对编辑: 韩敏求、翁佳鸿)