

第 2.1 版前列腺影像报告与数据系统 对移行带病变的诊断价值

杨硕 张彩元 张跃跃 檀双秀 魏超刚 沈小红 沈钧康

苏州大学附属第二医院影像科, 苏州 215004

通信作者: 张彩元, Email: zcy2002yy@aliyun.com

【摘要】 **目的** 比较分析第 2.1 版和第 2 版前列腺影像报告与数据系统(PI-RADS)对移行带病变的诊断价值。**方法** 回顾性分析 2017 年 1 至 12 月苏州大学附属第二医院影像科 159 例前列腺主病变位于移行带患者的影像资料。2 名放射科医师分别运用 PI-RADS V2.1 和 V2 评分标准对入组病例进行诊断评分, 运用加权 Kappa 检验分别评估 2 名医师间 PI-RADS V2.1 与 V2 评分结果的一致性, 运用受试者工作特征(ROC)曲线分析计算医师 2 分别采用两种评分标准对移行带前列腺癌(PCa)和临床显著性 PCa(csPCa)的诊断效能, 并加以比较。**结果** 2 名医师采用 PI-RADS V2.1 和 V2 评分标准对全部病变、良性病变、PCa 病变、csPCa 病变评分结果间的加权 Kappa 值分别为 0.754、0.643、0.734、0.782 和 0.808、0.738、0.775、0.826, 均以 PI-RADS V2.1 评分标准评分一致性更佳。PI-RADS V2.1 和 V2 评分标准间诊断 PCa 和 csPCa 敏感度、特异度、ROC 曲线下面积(AUC)的差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$), 但本组数据中, PI-RADS V2.1 评分诊断 PCa、csPCa 敏感度和 AUC 值均高于 P-RADS V2, 两者诊断 PCa 敏感度分别为 86.7%、80.0%, 诊断 csPCa 敏感度分别为 94.4%、88.9%, 诊断 PCa AUC 值分别为 0.857、0.816, 诊断 csPCa AUC 值分别为 0.917、0.886。**结论** PI-RADS V2.1 对前列腺移行带病变的评分一致性高于 PI-RADS V2, 同时, 其对移行带癌的诊断效能不低于甚至略高于 PI-RADS V2。

【关键词】 前列腺肿瘤; 影像报告; 数据系统; 对比研究

基金项目: 国家自然科学基金(81801754); 苏州市科技发展计划(SS2019012)

DOI:10.3760/cma.j.cn 112137-20200506-01442

The diagnostic value of version 2.1 prostate imaging reporting and data system for prostate transitional zone lesions

Yang Shuo, Zhang Caiyuan, Zhang Yueyue, Tan Shaungxiu, Wei Chaogang, Shen Xiaohong, Shen Junkang
Department of Imaging, Second Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215004, China
Corresponding author: Zhang Caiyuan, Email: zcy2002yy@aliyun.com

【Abstract】 **Objective** To compare and analyze the diagnostic value of prostate imaging reporting and data system (PI-RADS) version 2.1 and version 2 for prostate transitional zone lesions. **Methods** The imaging data of 159 patients with major prostate lesions located in the transitional zone collected by the Department of Radiology of the Second Affiliated Hospital of Suzhou University from January to December 2017 were retrospectively analyzed. Two radiologists used PI-RADS V2.1 and V2 scoring system respectively to perform diagnostic scores on the enrolled cases. The weighted Kappa test was used to evaluate the consistency of PI-RADS V2.1 and V2 scores between the two radiologists. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate and compare the diagnostic efficiency of two radiologists using two scoring systems for transitional zone prostate cancer (PCa) and clinically significant PCa (csPCa). **Results** The weighted Kappa values between the scores of all lesions, benign lesions, PCa lesions, and csPCa lesions by the two radiologists using PI-RADS V2.1 and V2 scoring systems were 0.754, 0.643, 0.734, 0.782 and 0.808, 0.738, 0.775, 0.826, respectively. The PI-RADS V2.1 scoring system had a better consistency. There were no statistically significant differences in sensitivity, specificity, area under the ROC curve (AUC) between the PI-RADS V2.1 and V2 scoring system for PCa and csPCa (all $P > 0.05$). However, in this set of data, the sensitivity and AUC value of PI-RADS V2.1 scoring system in diagnosing PCa and csPCa were higher than those of P-RADS V2. The diagnostic sensitivity of PI-RADS V2.1 and V2 for PCa were 86.7% and 80.0%, the diagnostic sensitivity for csPCa were 94.4% and 88.9%, the diagnostic

AUC for PCa were 0.857 and 0.816, and the diagnostic AUC of csPCa were 0.917 and 0.886, respectively.

Conclusion The consistency of PI-RADS V2.1 in scoring prostate transitional zone lesions was better than PI-RADS V2. The diagnostic efficiency of PI-RADS V2.1 for transitional carcinoma was not lower than or slightly higher than PI-RADS V2.

【Key words】 Prostate neoplasms; Imaging reporting; Data system; Comparative study

Fund program: National Natural of Science Foundation (81801754); The Suzhou Science and Technology Development Plan (SS2019012)

DOI:10.3760/cma.j.cn 112137-20200506-01442

2019年,为进一步提高前列腺影像报告与数据系统(PI-RADS)的临床适用性,解决第2版PI-RADS(PI-RADS V2)中所存在的病变评分一致性不高、医师间解读差异过大等问题,PI-RADS指导委员会在PI-RADS V2的基础上优化改进,推出了新一版,即2.1版PI-RADS(PI-RADS V2.1)^[1-2]。相比于外周带病变,PI-RADS V2.1对移行带病变的评分标准改进较为明显,其重新定义了移行带T₂加权像(T₂WI)为1分和2分病变的评分细则,扩散加权像(DWI)为2分和3分病变的评分细则,同时提高了DWI序列对T₂WI 2分病变的评估权重。目前,国内外有关PI-RADS V2.1的相关研究比较少见,尚缺乏足够的临床研究数据来验证其在前列腺癌(PCa)诊断中的应用价值。本研究旨在通过比较PI-RADS V2.1和V2对前列腺移行带病变的评分一致性、对PCa和临床显著性PCa(csPCa)的诊断效能,探讨PI-RADS V2.1对前列腺移行带病变的诊断价值。

对象与方法

一、研究对象

本研究为诊断验证性分析,回顾性收集2017年1至12月在苏州大学附属第二医院影像科行前列腺多参数磁共振成像(mpMRI)并符合以下标准患者的影像及病理资料。纳入标准:(1)因临床可疑PCa行前列腺mpMRI检查;(2)MRI检查完成后2个月内获得病理结果;(3)MRI图像上主病变位于移行带,即肿瘤70%以上的体积位于移行带^[3]。排

除标准:(1)MRI检查前有过穿刺或相关治疗;(2)图像伪影较大,影响诊断评分。共入组病例159例,均为男性,年龄52~87(70±8)岁;其中良性病变129例,PCa 30例,csPCa 18例。本研究符合《赫尔辛基宣言》对伦理的要求。

二、方法

1.扫描方法:扫描所用设备为3.0T Ingenia MR扫描仪(荷兰飞利浦公司)和32通道体部相控阵线圈。扫描序列和参数按照PI-RADS V2推荐标准设定,同样符合PI-RADS V2.1扫描要求(表1)。表观扩散系数(ADC)图在DWI(b=0、100、1000、2000 s/mm²)扫描完成后,由扫描仪后处理软件选取b=100 s/mm²和1000 s/mm²的DWI图像自动生成。

2.穿刺及病理:病理取材均通过经直肠超声(TRUS)引导下前列腺“10+X”针系统穿刺活检获得,该方法将前列腺自上到下分为10区,每区穿刺一针,可疑病变加穿X(2~4)针,并记录穿刺位置和进针深度。病理诊断由本院亚专业病理医师完成,并对癌组织作Gleason评分,将Gleason≤(3+3)分定义为惰性PCa,Gleason≥(3+4)分定义为中高危及PCa,即PI-RADS指南中的csPCa。

3.病变评分:两名均接受过PI-RADS V2.1和V2指南解读学习的放射科医师(医师1和2,分别有4年和8年前列腺MRI诊断经验)作为阅片者,在病理结果未知的情况下,分别对入组病例MRI图像作PI-RADS V2.1和V2评分并记录,病变多发者,以主病变评分即最高得分病变作为最终评分,两名医师两次评分间隔时间均在1个月以上。另一名放

表1 前列腺mpMRI扫描序列及具体扫描参数

扫描序列	序列类型	TR(ms)	TE(ms)	FOV(mm ²)	矩阵	层厚(mm)	层间距(mm)	NSA
轴位T ₂ WI	TSE	3 000.00	100.00	220×220	276×238	3.00	0.00	3
轴位DWI	ss-EPI	6 000.00	77.00	260×260	104×125	3.00	0.00	2
轴位DCE	e-THRIVE	3.10	1.45	220×220	124×121	3.00	0.00	2

注:T₂WI为T₂加权成像;DWI为扩散加权成像;DCE为动态对比增强;TSE为快速自旋回波;ss-EPI为单次激发平面回波成像;e-THRIVE为T₁高分辨各向同性容积激发;TR为重复时间;TE为回波时间;FOV为视野;NSA为信号(叠加)平均次数

射科医师(医师3,3年前列腺MRI诊断经验)结合MRI图像上主病变位置及穿刺记录统计病变病理结果。

4. 移行带病变评分标准:(1)综合评分(即PI-RADS评分):PI-RADS V2.1和V2均采用T₂WI为主、DWI为辅的5分制综合评分方式,在PI-RADS V2中,当病变T₂WI序列评分分别为1、2、4、5分时,不论DWI评分结果如何,病变PI-RADS评分直接为1、2、4、5分,当病变T₂WI评分为3分且对应DWI≥5分时,病变PI-RADS评分升级为4分,否则仍为3分;PI-RADS V2.1则在上述PI-RADS V2的5分制综合评分基础上提高了DWI序列对T₂WI 2分病变的评估权重,即当病变T₂WI评分为2分且对应DWI≥4分时,病变PI-RADS评分升级为3分,否则仍为2分,余病变综合评分方式同PI-RADS V2;(2)单一序列评分细则:PI-RADS V2.1在PI-RADS V2基础上重新修订了T₂WI序列1分和2分、DWI序列2分和3分病变的评分细则,余病变评分细则同PI-RADS V2(表2)。能够体现两种评分标准间主要变化的病例见图1。

三、统计学分析

采用SPSS 20.0软件作统计分析。运用加权Kappa检验评估2名医师间PI-RADS V2.1和V2评分结果的一致性。通过受试者工作特征(ROC)曲线计算医师2分别采用PI-RADS V2.1和V2评分标准诊断PCa及csPCa的效能,以灵敏度、特异度和曲线下面积(AUC)作为诊断准确性的衡量指标,以阳性预测值(PPV)和阴性预测值(NPV)作为诊断有效性的衡量指标,同时采用Z检验评估两种评分标

准间AUC值的差异性,采用配对 χ^2 检验评估两种评分标准间诊断灵敏度和特异度的差异性。双侧检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

结 果

一、两种评分标准对不同病理类型病变的评分一致性

对全部病变、良性病变、PCa病变、csPCa病变,两名医师采用PI-RADS V2评分标准评分结果间的加权Kappa值分别为0.754、0.643、0.734、0.782,采用PI-RADS V2.1评分标准评分结果间的加权Kappa值分别为0.808、0.738、0.775、0.826,一致性均较强,且均以PI-RADS V2.1评分标准评分一致性更佳(表3)。选用高年资医师即医师2的评分结果作后续诊断效能分析。

表3 PI-RADS V2.1和V2评分标准评分在诊断前列腺病变结果间的一致性

病变分类	病变数目	K _{PI-RADS V2}	K _{PI-RADS V2.1}
全部病变	129	0.754(0.673~0.834)	0.808(0.738~0.877)
良性病变	99	0.643(0.507~0.781)	0.738(0.627~0.848)
前列腺癌病变	30	0.734(0.595~0.873)	0.775(0.663~0.917)
中高危害癌病变	18	0.782(0.583~0.981)	0.826(0.631~1.021)

注:K_{PI-RADS V2}为采用PI-RADS V2评分标准的加权Kappa值;K_{PI-RADS V2.1}为采用PI-RADS V2.1评分标准的加权Kappa值;PI-RADS为前列腺影像报告与数据系统

二、两种评分标准对PCa及csPCa的诊断效能 在诊断PCa和csPCa的灵敏度方面,均为

表2 PI-RADS V2.1和V2评分标准中移行带病变T₂WI和DWI序列评分细则

评分	T ₂ WI序列评分细则		DWI序列评分细则	
	PI-RADS V2	PI-RADS V2.1	PI-RADS V2	PI-RADS V2.1
1	均匀中等信号强度表现	均匀中等信号强度表现,或类圆形、有完整包膜的结节	ADC图上和高b值DWI上无异	同PI-RADS V2
2	局限性低或不均匀有包膜结节(前列腺增生结节)	几乎完整包膜结节,或均质界限分明的无包膜结节,或结节间均匀轻度低信号区	ADC图上模糊低信号	线条状/楔形ADC图上低信号或高b值DWI上高信号
3	边缘模糊的不均匀稍低信号灶,以及其他不符合2、4或5分标准者	同PI-RADS V2	ADC图上局灶性轻/中度低信号且高b值DWI上等/稍高信号	ADC图上局灶性低信号和(或)高b值DWI上高信号;ADC图上局灶性明显低信号或高b值DWI图上局灶性明显高信号,但两者不可同时存在
4	透镜状或界限不清的均匀中等度低信号灶,且最大径<15 mm	同PI-RADS V2	ADC图上局灶性明显低且高b值DWI上明显高信号灶,且最大径<15 mm	同PI-RADS V2
5	影像表现同4分但最大径≥15 mm或有明确前列腺外延伸/侵犯征象	同PI-RADS V2	影像表现同4分但最大径≥15 mm或有明确前列腺外延伸/侵犯征象	同PI-RADS V2

注:T₂WI为T₂加权成像;DWI为扩散加权成像;ADC为表现扩散系数;PI-RADS V2为第2版前列腺影像报告与数据系统;PI-RADS V2.1为第2.1版前列腺影像报告与数据系统

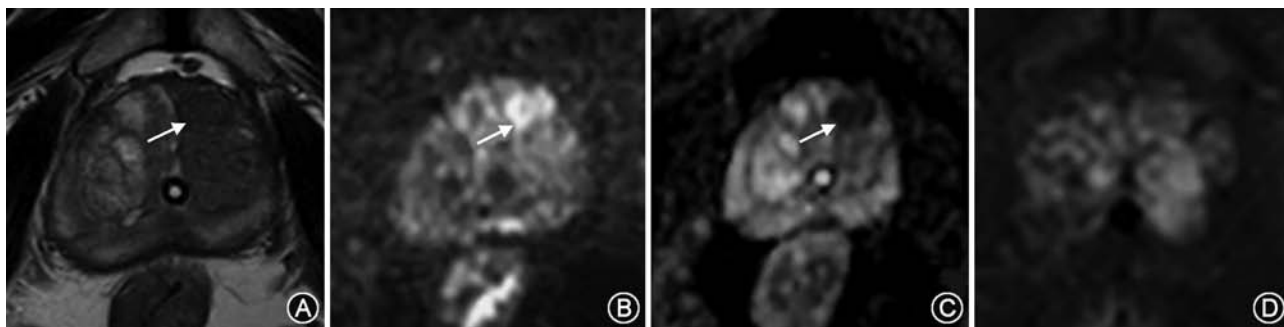


图1 前列腺癌患者磁共振成像表现 患者,男,76岁,磁共振-超声融合靶向穿刺病理证实为前列腺癌,Gleason 评分3+3分,前列腺特异性抗原(PSA)11.49 $\mu\text{g/L}$,病变位于前列腺中间部左侧移行带,最大径13 mm;A:轴位 T_2 加权像(T_2 WI)示包膜不完整的结节样病灶(箭头);B:轴位高b值扩散加权成像(DWI)(箭头);C:表观扩散系数(ADC)图示局灶性DWI明显高信号、ADC明显低信号灶(箭头);D:轴位早期动态增强成像(DCE-MRI)示相应部位无早期明显强化。根据PI-RADS V2评分标准,该病变 T_2 WI=2分,不论DWI评分结果如何,PI-RADS评分直接为2分;根据PI-RADS V2.1评分标准,该病变 T_2 WI=2分、DWI=4分,故PI-RADS评分升级为3分

PI-RADS V2.1>PI-RADS V2,差异无统计学意义(PCa: 86.7% 比 80.0%, $P=0.500$;csPCa: 94.4% 比 88.9%, $P=1.000$)。在诊断PCa特异度方面,PI-RADS V2.1<PI-RADS V2,差异无统计学意义(72.1% 比 73.6%, $P=0.804$);在诊断csPCa特异度方面,PI-RADS V2.1>PI-RADS V2,差异无统计学意义(68.1% 比 67.4%, $P=0.629$)。在诊断PCa和csPCa AUC值方面,均为PI-RADS V2.1>PI-RADS V2,差异无统计学意义(PCa: 0.857 比 0.816, $P=0.125$;csPCa: 0.917 比 0.886, $P=0.367$)(表4)。

讨 论

提高评分一致性是此次PI-RADS改进的主要目的之一,本研究同时对比分析了两种评分标准(PI-RADS V2.1和V2)对移行带不同病理类型病变(包括全部病变、良性病变、PCa病变、csPCa病变)

的评分一致性,结果显示PI-RADS V2.1的评分一致性均高于PI-RADS V2,分析主要原因可能在于PI-RADS V2.1在V2的基础上进一步细化、改进了移行带病变 T_2 WI和DWI序列的评分细则,使PI-RADS评分细则更加具体、全面,从而减少了医师间病变解读差异。近期文献报道中,Tamada等^[4]发现,PI-RADS V2.1和V2评估移行带病变的Kappa值分别为0.645、0.580,虽然评分一致性系数与本研究有较大差异(可能受阅片医师诊断经验影响),但同样表明PI-RADS V2.1的评分一致性优于PI-RADS V2。

目前,PI-RADS V2对PCa和csPCa的诊断效能已得到广泛认可^[5-7],PI-RADS此次改进并未将提高诊断准确性作为主要改进目标,但本研究仍探讨了此次修订可能对该问题所带来的潜在影响。本研究中,两种评分标准间诊断PCa和csPCa敏感度、特异度和AUC值的差异均无统计学意义(均 $P>$

表4 PI-RADS V2.1和V2对前列腺癌及临床显著性前列腺癌的诊断效能

项目	前列腺癌			临床显著性前列腺癌		
	PI-RADS V2	PI-RADS V2.1	P 值	PI-RADS V2	PI-RADS V2.1	P 值
诊断阈值	≥ 3	≥ 3	-	≥ 3	≥ 3	-
真阳性(例)	24	26	-	16	17	-
真阴性(例)	95	93	-	99	96	-
假阳性(例)	34	36	-	42	45	-
假阴性(例)	6	4	-	2	1	-
敏感度	0.800(24/30)	0.867(26/30)	0.500 ^a	0.889(16/18)	0.944(17/18)	1.000 ^a
特异度	0.736(95/129)	0.721(93/129)	0.804 ^a	0.674(95/141)	0.681(96/141)	0.629 ^a
阳性预测值	0.414(24/58)	0.419(26/62)	-	0.276(16/58)	0.274(17/62)	-
阴性预测值	0.941(95/101)	0.959(93/97)	-	0.980(99/101)	0.989(96/97)	-
AUC值(95%CI)	0.816(0.747~0.873)	0.857(0.792~0.907)	0.125 ^b	0.886(0.826~0.931)	0.917(0.862~0.955)	0.367 ^b

注:PI-RADS V2.1和V2分别为第2.1和2版前列腺影像报告与数据系统;AUC为曲线下面积;^a配对 χ^2 检验;^bZ检验;-真阳性、真阴性、假阳性、假阴性为病例数目,无需进行统计学差异性分析,阳性预测值和阴性预测值无需进行统计学差异性分析,故无 P 值

0.05),若不考虑抽样误差的影响,仅就本组数据而言,诊断PCa和csPCa的准确性,总体上(体现为AUC值)是PI-RADS V2.1 优于PI-RADS V2(PCa: 0.857 比 0.816; csPCa: 0.917 比 0.886),主要在于PI-RADS V2.1 诊断敏感度更优于PI-RADS V2(PCa: 86.7% 比 80.0%; csPCa: 94.4% 比 88.9%)。这可能与PI-RADS V2.1 提高了DWI序列在移行带T₂WI 2分病变中的权重有关,在PI-RADS V2中,病变T₂WI评分为2分时,不论其他序列评分结果如何,PI-RADS评分直接为2分,而在PI-RADS V2.1中,病变T₂WI评分为2分同时DWI≥4分时,PI-RADS评分则升级为3分。笔者认为正是这种评分标准的改变,进一步提高了T₂WI 2分病变中的癌灶检出能力,增加了诊断敏感度。本研究中,以3分为诊断阈值时,PI-RADS V2.1评分标准检出了26个PCa病变和17个csPCa病变,而PI-RADS V2仅检出了24个PCa病变和16个csPCa病变。

值得注意的是,尽管PI-RADS V2.1提高了PCa和csPCa的检出能力,但其并没有显著提高PI-RADS诊断有效性。本研究中,两种评分标准诊断PCa和csPCa的PPV和NPV大致相当。笔者认为这可能与T₂WI 2分病变中PCa和csPCa检出率过低有关^[8-10],虽然PI-RADS V2.1将部分T₂WI 2分病变升级为3分,但这部分病变中出现PCa和csPCa的可能性,尤其是出现csPCa的可能性仍然不高,从而导致MRI阳性(PI-RADS≥3分)病变数目增加,而真阳性癌灶数目并未显著增加,尤其是在在目前3分病变临床处理方式仍存在争议的背景下^[11-13],势必会带来更多的临床决策困扰,因此这种变化能否带来临床净获益还有待于进一步深入研究予以评估。

综上所述,PI-RADS V2.1诊断移行带前列腺病变的一致性高于PI-RADS V2,同时,PI-RADS V2.1诊断前列腺移行带癌的效能不低于甚至略高于PI-RADS V2,值得推广。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

[1] 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. DOI: 10.1016/j.eururo.2015.08.052.
- [2] Turkbey B, Rosenkrantz AB, Haider MA, 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. DOI: 10.1016 / j. eururo. 2019. 02.033.
- [3] Bouyé S, Potiron E, Puech P, et al. Transition zone and anterior stromal prostate cancers: zone of origin and intraprostatic patterns of spread at histopathology[J]. Prostate, 2009, 69(1):105-113. DOI: 10.1002/pros.20859.
- [4] 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. DOI: 10.1016/j.ejrad.2019.108704.
- [5] 方志伟, 许克新, 胡浩, 等. 第2版前列腺影像报告及数据系统评分在前列腺癌诊断中的价值[J]. 中华泌尿外科杂志, 2018, 39(1):19-23. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-6702.2018.01.005.
- [6] 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. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.02.006.
- [7] Hamoen E, de Rooij M, Witjes JA, et al. Use of the prostate imaging reporting and data system (pi-rads) for prostate cancer detection with multiparametric magnetic resonance imaging: a diagnostic meta-analysis[J]. Eur Urol, 2015, 67(6):1112-1121. DOI: 10.1016/j.eururo.2014.10.033.
- [8] Chen F, Cen S, Palmer S. Application of prostate imaging reporting and data system version 2 (PI-RADS v2): interobserver agreement and positive predictive value for localization of intermediate-and high-grade prostate cancers on multiparametric magnetic resonance imaging[J]. Acad Radiol, 2017, 24(9): 1101-1106. DOI: 10.1016/j.acra.2017.03.019.
- [9] Shin T, Smyth TB, Ukimura O, et al. Diagnostic accuracy of a five-point Likert scoring system for magnetic resonance imaging (MRI) evaluated according to results of MRI / ultrasonography image-fusion targeted biopsy of the prostate [J]. BJU Int, 2018, 121(1):77-83. DOI: 10.1111/bju.13972.
- [10] 李拔森, 王良, 邓明, 等. 多参数MRI前列腺影像报告和数据库系统评分与经直肠超声引导下穿刺病理的相关性分析[J]. 磁共振成像, 2016, 7(5): 321-326. DOI: 10.12015 / issn.1674-8034.2016.05.001.
- [11] Schoots IG. MRI in early prostate cancer detection: how to manage indeterminate or equivocal PI-RADS 3 lesions? [J]. Transl Androl Urol, 2018, 7(1): 70-82. DOI: 10.21037 / tau.2017.12.31.
- [12] Sheridan AD, Nath SK, Syed JS, et al. Risk of clinically significant prostate cancer associated with prostate imaging reporting and data system category 3 (equivocal) lesions identified on multiparametric prostate MRI[J]. AJR Am J Roentgenol, 2018, 210(2): 347-357. DOI: 10.2214/AJR.17.18516.
- [13] 杨硕, 张跃跃, 赵文露, 等. 前列腺特异性抗原及其衍生指标在第二版前列腺影像报告与数据系统3分病灶临床决策中的价值[J]. 中华医学杂志, 2020, 100(13):997-1001. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20190815-01814.

(收稿日期:2020-05-06)

(本文编辑:李君)