

## • 腹部影像学 •

# 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

金鹏飞,包婕,乔晓梦,胡春洪,曹昌浩,王希明

**【摘要】目的:**基于第 2.1 版前列腺影像报告和数据系统(PI-RADS V2.1)评估双参数(bpMRI)和多参数磁共振成像(mpMRI)对外周带临床显著性前列腺癌(csPCa)的诊断价值。**方法:**回顾性分析 154 例经穿刺活检或手术病理证实的前列腺外周带病变患者的临床和 MRI 资料。154 例患者中,前列腺癌为 75 例,其中 csPCa 63 例,无临床意义 PCa(cPiPCa)12 例,良性病变 79 例。由两位放射科医师(分别具有 3 和 10 年前列腺 MRI 诊断经验)基于 bpMRI 和 mpMRI 分别对前列腺外周带主病灶进行 PI-RADS 评分,绘制其受试者工作曲线(ROC),根据约登指数确定临界值,计算并比较两种方法的曲线下面积(AUC)及诊断符合率、敏感度、特异度、阴性和阳性预测值。**结果:**基于 bpMRI 和 mpMRI,两位医师对病变 PI-RADS 评分的一致性均较好(Kappa 值分别为 0.746 和 0.688)。低年资医师基于 bpMRI 和 mpMRI 的 PI-RADS 评分诊断 csPCa 的 AUC 分别为 0.761 和 0.774,差异无统计学意义( $Z=1.469$ , $P>0.05$ );高年资医师基于 bpMRI 和 mpMRI 的 PI-RADS 评分诊断 csPCa 的 AUC 分别为 0.773 和 0.778,差异无统计学意义( $Z=0.643$ , $P>0.05$ )。两位医师基于 mpMRI 的诊断敏感度均显著高于 bpMRI(90.5% vs. 73.0%, 90.5% vs. 70.8%,  $P$  均<0.01),而诊断特异度均低于 bpMRI (60.4% vs. 69.2%, 61.5% vs. 71.4%,  $P$  均<0.05)。**结论:**不同年资医师基于 bpMRI 和 mpMRI 的 PI-RADS 评分对外周带 csPCa 的检测具有相近的诊断效能;bpMRI 能使部分患者避免不必要的动态增强扫描,因而具有更佳的临床效益。

**【关键词】** 前列腺癌; 前列腺外周带; 磁共振成像; 前列腺影像报告和数据系统; 诊断效能

**【中图分类号】** R445.2;R737.25 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2022)08-1000-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.08.014

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Comparison of the diagnostic efficiency of biparametric and multiparametric MRI in the diagnosis of peripheral zone clinically significant prostate cancer based on PI-RADS Version 2.1 JING Peng-fei, BAO Jie, QIAO Xiao-meng, et al. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Jiangsu 215006, China**

**【Abstract】 Objective:** To evaluate the diagnostic efficiency of biparametric MRI (bpMRI) and multiparameter MRI (mpMRI) in the diagnosis of peripheral zone clinically significant prostate cancer (csPCa) based on the version 2.1 of the Prostate Imaging Reporting and Data System (PI-RADS V2.1). **Methods:** 154 patients with pathologically confirmed peripheral zone disease of the prostate were retrospectively analyzed. The features of the main lesion in the peripheral zone on bpMRI and mpMRI were evaluated by two radiologists (with 3 and 10 years of experience in MRI diagnosis of prostate diseases respectively) according to PI-RADS V2.1. Receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate to determine the threshold based on Youden index. Area under the curve (AUC), accuracy, sensitivity, specificity, negative predictive value and positive predictive value of the two scoring schemes were calculated. **Results:** Among the 154 patients, 75 were prostate cancer, including 63 csPCa, 12 clinically insignificant PCa and 79 benign lesions. The Kappa coefficient of PI-RADS scores of the two radiologists was 0.746 for bpMRI and 0.688 for mpMRI. The AUC value of csPCa measured by junior physician based on PI-RADS score of bpMRI and mpMRI was 0.761 and 0.774, respectively, and

**作者单位:** 215006 江苏苏州,苏州大学附属第一医院放射科

**作者简介:** 金鹏飞(1995—),男,安徽黄山人,硕士研究生,主要从事多参数 MRI 在前列腺癌诊断中的应用工作。

**通讯作者:** 王希明, E-mail: wangximeng1998@163.com

**基金项目:** 苏州市科技发展计划(SS2019012);苏州市临床重点病种诊疗技术专项(LCZX202001)

there was no statistically statistical difference between them ( $Z=1.469, P>0.05$ ). The AUC value of csPCa detected by senior physicians based on PI-RADS score of bpMRI and mpMRI was 0.773 and 0.778, respectively, and there was no statistical significance between them ( $Z=0.643, P>0.05$ ). For both physicians, the diagnostic sensitivity of mpMRI was significantly higher than that of bpMRI (90.5% vs. 73.0%, 90.5% vs. 70.8%, both  $P<0.01$ ), while the diagnostic specificity of bpMRI was significantly higher than that of mpMRI (69.2% vs. 60.4%, 71.4% vs. 61.5%, both  $P<0.05$ ). **Conclusion:** The PI-RADS score evaluated by physicians with different experience based on bpMRI and mpMRI has the similar diagnostic efficacy in detection of peripheral zone csPCa. In addition, bpMRI examination can help some patients avoid unnecessary DCE examination, which can maximize the benefits of patients.

**【Key words】** Prostate cancer; Prostate peripheral zone; Magnetic resonance imaging; Prostate Imaging Reporting and Data System; Diagnostic efficacy

美国国家癌症研究署 2020 年统计数据显示,前列腺癌(prostate cancer, PCa)是世界上最常见的恶性肿瘤之一,其发病率在男性恶性肿瘤中排名第二,已经成为威胁男性生命健康的全球性公共卫生问题<sup>[1]</sup>。多参数磁共振成像(multiparametric magnetic resonance imaging, mpMRI)因其较高的图像分辨率和普及性,已成为早期诊断 PCa 的重要工具,还可辅助病灶定位、肿瘤分期和侵袭性评估<sup>[2-3]</sup>。2.1 版前列腺影像报告和数据系统(Prostate Imaging Reporting and Data System, PI-RADS V2.1)在前一版(PI-RADS V2.0)的基础上对成像参数及评分标准进一步细化,从而提高了 mpMRI( $T_2$  WI、DWI 和 DCE-MRI)的诊断准确性<sup>[4]</sup>。在 PI-RADS V2.1 评分指南中,DWI 是诊断外周带病变的主要序列,DCE-MRI 在确定 PI-RADS(PR)类别时的作用相对较小,只作为补充序列,将 DWI 评估为 3 类的部分病灶(DCE-MRI 上有阳性表现)升至 4 类,而且不参与对移行带病灶的评估<sup>[5]</sup>。而且,DCE-MRI 检查时间相对较长且需注射对比剂,不但增加了患者的检查成本,而且存在潜在的发生肾源性系统性纤维化的风险<sup>[6]</sup>。有研究者提出了双参数(biparametric, bp)MRI 的检查方案,剔除了 DCE-MRI,仅评估  $T_2$  WI 和 DWI 对 PCa 的诊断价值<sup>[7-9]</sup>。但是,bpMRI 的诊断价值有待进一步验证,尤其是对于前列腺外周带病变。因此,本研究基于 PI-RADS V2.1,比较不同年资医师基于 mpMRI 和 bpMRI 对外周带临床显著性前列腺癌(clinically significant prostate cancer, csPCa)的诊断效能。

## 材料与方法

### 1. 一般临床资料

回顾性搜集 2017 年 1 月—2019 年 12 月临床高度怀疑 PCa 且行前列腺 mpMRI 检查患者的病例资料。纳入标准:①MRI 显示病灶位于前列腺外周带;

②经系统穿刺、超声-MRI 靶向融合穿刺或根治性前列腺切除术后病理证实;③MRI 检查资料完整,包括  $T_1$  WI、 $T_2$  WI、DWI 和 DCE-MRI 图像;④临床资料完整。排除标准:①磁共振检查前曾接受前列腺活检或其它相关治疗;②图像质量不佳。最终将符合本研究要求的 154 例患者纳入本研究,病例筛选过程见图 1。

154 例中前列腺癌 78 例,良性病变 79 例。患者年龄为 30~87 岁,平均(68.67±7.36)岁。血清前列腺特异性抗原(prostate-specific antigen, PSA)浓度为 0.38~89.06 ng/mL,中位数 5.65 ng/mL。

### 2. MRI 检查方法

使用 Siemens Magnetom Skyra 3.0T MR 扫描仪和 32 通道体部相控阵线圈,依据 PI-RADS V2.1 推荐标准设定扫描参数。平扫获得  $T_1$  WI、 $T_2$  WI(不压脂)、DWI( $b=5, 100, 1000, 2000 \text{ s/mm}^2$ )和 ADC 图像。随后经静脉注射钆喷酸葡胺(注射速率 2.0~3.0 mL/s, 剂量 0.1 mmol/kg)后行 DCE-MRI 扫描,

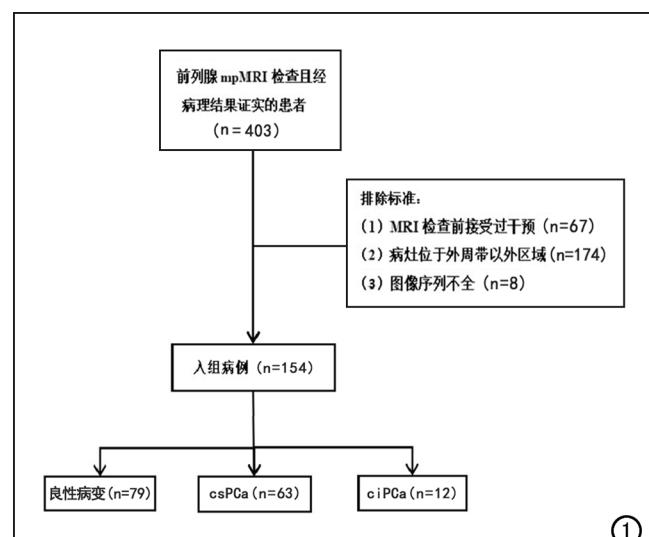


图 1 病例筛选流程图。

共扫描 30 期,每期扫描时间 10 s。各成像序列扫描参数详见表 1。

表 1 前列腺多参数 MRI 扫描序列及参数

扫描参数	T <sub>2</sub> WI	DWI	DCE-MRI
激发序列	FRFSE	SE-EPI	3D-GRE
TR/ms	6980.00	5000.00	4.24
TE/ms	104.00	62.00	1.35
视野/mm <sup>2</sup>	270×270	220×220	240×220
矩阵	292×191	101×128	310×195
层厚/mm	3.0	3.0	3.0

注:FRFSE 为快速弛豫快速自旋回波。

### 3. 图像分析

所有入组病例图像由两位分别具有 3 年和 10 年以上前列腺 MRI 诊断经验的医师采用双盲法各自独立进行图像分析,分别基于 bpMRI(第 1 步)和 mpMRI(第 2 步),严格按照 PI-RADS V2.1 标准,确定前列腺病变 PR 类别,记录每例患者主病灶的 PR 类别进行后续分析。主病灶的定义为 PR 类别最高者,若有类别相同的病灶,选取直径较大的病灶作为主病灶。为保证 bpMRI 和 mpMRI 评估结果互不影响,两位医师在 bpMRI 评估后间隔 4 周再分析 DCE-MRI 图像,评估每例患者主病灶的强化特点。对于第一次评估时 PR 类别为 3 类的病例,如 DCE-MRI 有病灶区局灶性早期强化(阳性表现),则 PR 类别提高至 4 类;如 DCE-MRI 无阳性表现,PR 类别仍为 3 类,最终得到基于 mpMRI 的 PR 类别。

### 4. 病理分级

PCa 的病理学分级依据 Gleason 分级系统,将 Gleason 分级(GS)≥7(3+4)的病灶定义为 csPCa,将 GS=3+3 的病灶定义为无临床意义前列腺癌(clinically insignificant PCa,ciPCa)<sup>[10]</sup>。本组 78 例 PCa 中 csPCa 63 例,ciPCa 12 例。

### 5. 统计学分析

使用 SPSS 25.0 和 Medcalc(v20.0.3)统计学软件进行数据分析。采用 Kappa 检验评估基于 bpMRI 和 mpMRI 两位阅片者之间评估结果的一致性。绘制受试者工作特性曲线(receiver operating characteristic curve,ROC)评估 bpMRI 和 mpMRI 的诊断效能,计

算曲线下面积(area under the curve, AUC)、约登指数、敏感度、特异度、符合率、阳性预测值和阴性预测值。采用 McNemar 检验比较两种评估方案之间敏感度、特异度和符合率的差异。使用 Delong 检验对 bpMRI 和 mpMRI 的 AUC 进行比较。以 P<0.05 为差异有统计学意义。

## 结 果

### 1. 两位医师评估 PR 类别的一致性分析

基于 bpMRI 和 mpMRI,两位医师对前列腺病变的 PR 类别评估均具有较好的一致性,Kappa 系数值分别为 0.746 和 0.688。

### 2. 基于 bpMRI 和 mpMRI 评估 PR 类别对外周带 csPCa 的诊断价值

两位医师基于 bpMRI 和 mpMRI 的 PR 分类诊断 csPCa 的诊断效能指标值及组间比较结果见表 2。

低年资医师基于 bpMRI 和 mpMRI 评估 PR 类别诊断 csPCa 的最佳阈值均为 4 类,AUC 分别为 0.762 和 0.774(图 2),差异无统计学意义(P=0.142);两种方案诊断敏感度和特异度的差异有统计学意

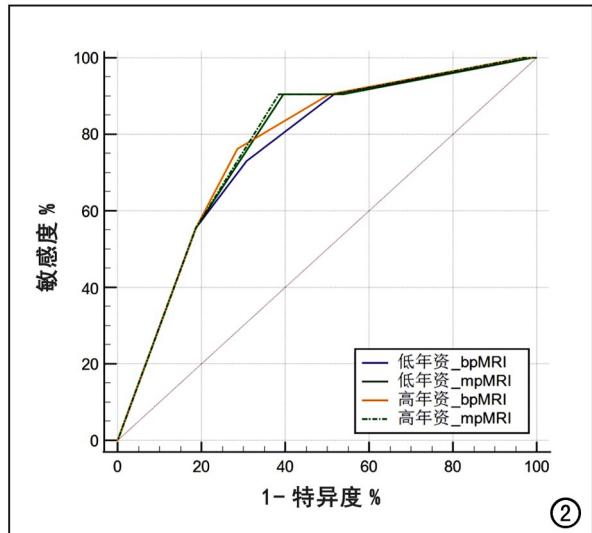


图 2 bpMRI 和 mpMRI 检出 csPCa 的 ROC 分析曲线结果。

表 2 两位医师基于 bpMRI 和 mpMRI 的 PR 分类检出 csPCa 的诊断效能

指标	低年资医师			高年资医师		
	mpMRI	bpMRI	P 值	mpMRI	bpMRI	P 值
约登值	0.509	0.423	—	0.520	0.476	—
PR 阈值	4	4	—	4	4	—
AUC	0.774	0.762	0.142	0.778	0.773	0.520
SE	90.5%(57/63)	73.0%(46/63)	0.004	90.5%(57/63)	70.8%(48/63)	0.001
SP	60.4%(55/91)	69.2%(63/91)	0.004	61.5%(56/91)	71.4%(65/91)	0.008
ACC	72.7%(112/154)	70.8%(109/154)	0.648	73.4%(113/154)	73.4%(113/154)	1.000
PPV	61.3%(57/93)	62.1%(46/74)	—	62.0%(57/92)	64.4%(48/74)	—
NPV	90.2%(55/61)	78.8%(63/80)	—	90.3%(56/62)	81.3%(65/80)	—

注:SE:敏感度;SP:特异度;PPV:阳性预测值;NPV:阴性预测值;ACC:符合率。“—”:未进行统计分析,无相应数据。

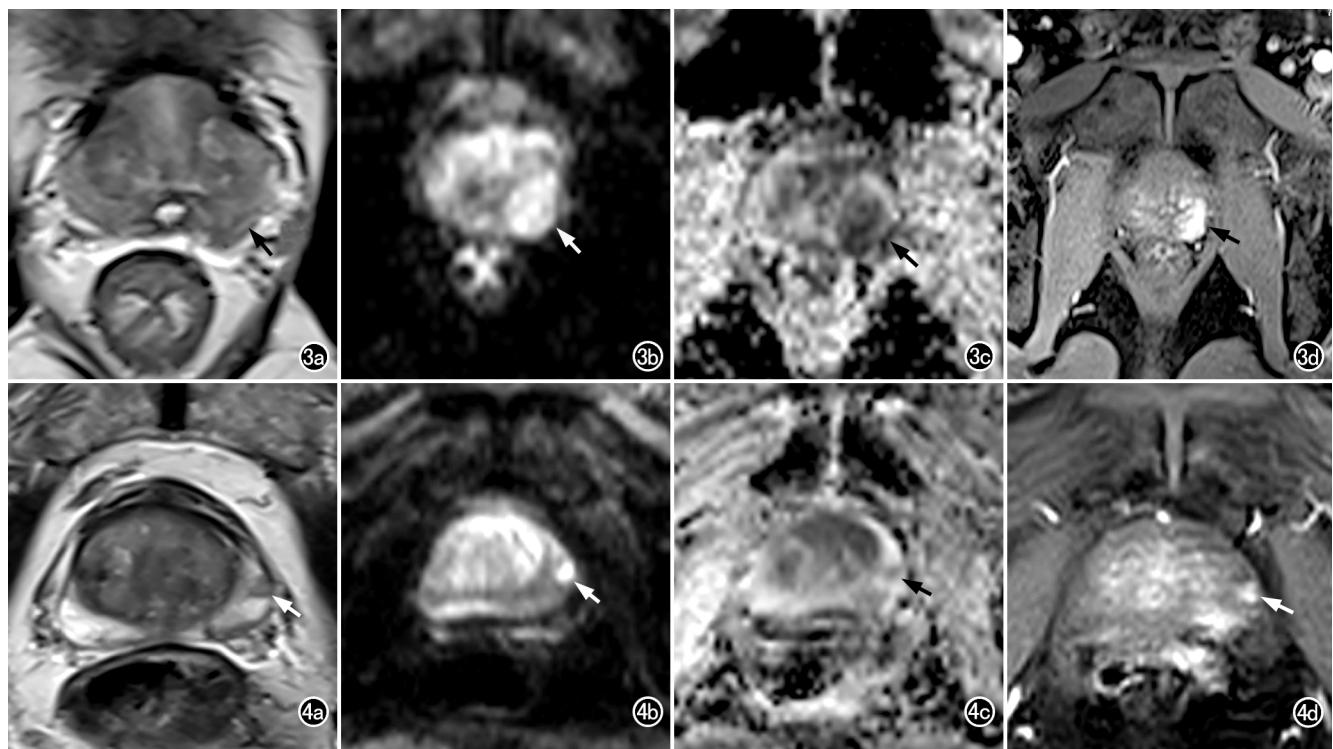


图 3 前列腺癌(GS=4+3)患者,男,69岁,PSA 12.55 ng/mL。a)T<sub>2</sub>WI示前列腺左侧外周带内可见不均匀低信号区,边界不清,包膜不完整(箭),高、低年资医师均评为PR 5类;b)DWI示病灶呈明显高信号(箭);c)ADC图示病灶呈明显低信号(箭),PR类别为5类;d)DCE-MRI显示病灶有早期强化(箭)。高、低年资医师基于bpMRI和mpMRI评估此例患者的PR类别均为5类。图4 前列腺增生患者,男,78岁,PSA 13.82 ng/mL。a)T<sub>2</sub>WI示前列腺左侧外周带中间部有透镜状低信号灶,评估为PR 4类(箭);b)DWI示病灶呈稍高信号(箭);c)ADC图示病灶呈稍低信号(箭),PR类别为3类;d)DCE-MRI图像,低年资医师认为病灶有阳性表现(箭),而高年资医师评估结果为阴性表现。高、低年资医师根据bpMRI对病灶的PR类别为3类,高、低年资医师基于mpMRI评估其PR类别分别为3和4类。

义( $P$ 值分别为0.004、0.004),符合率的差异无统计学意义( $P=0.648$ )。

高年资医师基于bpMRI和mpMRI的PR分类诊断csPCa的最佳阈值均为4类,AUC分别为0.773和0.778(图2),差异无统计学意义( $P>0.05$ );两种方案诊断敏感度和特异度的差异有统计学意义( $P$ 值分别为0.001和0.008),符合率的差异无统计学意义( $P=1.000$ )。

### 3. PR 评分分析

154例患者中,低年资和高年资医师根据bpMRI评分标准评为PR 3类的患者分别有30和29例,结合

DCE-MRI表现后分别有19和18例调整为PR 4类,各型病变的例数及其DCE-MRI表现见表3。低年资和高年资医师对PR 5类病变的诊断一致性较高(图3)。低年资医师基于bpMRI的PR分类相对于mpMRI增加了7.8%的漏诊率,但是能让6.5%的患者避免DCE-MRI检查(图4)。对于高年资医师而言,基于bpMRI的PR分类相对于mpMRI增加了5.8%的漏诊率,但能让6.5%的患者避免DCE-MRI检查。

## 讨 论

### 1. bpMRI 诊断效能及优势

表3 前列腺外周带PR 3类病灶的DCE-MRI结果分析 /例

DCE-MRI 表现	良性病变	ciPCa	csPCa	合计
低年资医师				
阳性	5(3.2%)	2(1.3%)	12(7.8%)	19(12.3%)
高年资医师	10(6.5%)	0(0%)	1(0.6%)	11(7.1%)
阳性	2(1.3%)	4(2.6%)	9(5.8%)	18(11.7%)
阴性	10(6.5%)	0(0%)	1(0.6%)	11(7.1%)

注:阳性为DCE-MRI显示病变有早期强化;阴性为DCE-MRI显示病变无早期强化。括号内为在总样本中的比例。

本研究结果表明,在外周带 csPCa 的诊断中,bpMRI 和 mpMRI 基于 PI-RADS V2.1 标准的总体诊断效能相当,在缺少 DCE-MRI 资料的情况下,敏感度有明显降低,但特异度有一定提高,表明 bpMRI 可以有效避免对非 csPCa 病灶(72.5%)的过度诊断,减少不必要的穿刺及临床干预,代价是可能会遗漏一部分 csPCa(27.5%),从而影响后续治疗。值得注意的是,在 bpMRI 与 mpMRI 的评估结果中,大部分 csPCa 的 PR 类别相同,在不参考 DCE-MRI 资料时,由 PR 4 类降为 3 类的 csPCa 病灶仅占主病灶总数的 5.8%(高年资医师)和 7.8%(低年资医师)。总体而言,省略 DCE-MRI 的主要后果是对 PR 4 类病变的低估,更多的病变被评为 PR 3 类,从而降低了影像学报告的可靠性。有研究指出 bpMRI 与游离 PSA/总 PSA、PSA 密度等指标联合诊断有助于提高对 csPCa 诊断的敏感度、特异度和符合率,达到与 mpMRI 相近的诊断效能,弥补了 bpMRI 易低估外周带 PR 4 类病变的不足,且基于 bpMRI 的 PR 3 类的活检策略并未改变,不影响穿刺率<sup>[11-12]</sup>。另一方面,不同年资医师基于 mpMRI 对 PR 4 类病灶中 csPCa 的阳性率高于 bpMRI,原因可能是由于良性前列腺疾病如前列腺炎和前列腺区纤维化时的增强效应所致<sup>[13]</sup>。有研究结果表明,联合 T<sub>2</sub>WI 及 DWI 可指导临床对可疑病灶进行靶向穿刺活检,而 DCE-MRI 并不能为靶向穿刺提供附加信息<sup>[14]</sup>。同时,本研究中的 Kappa 检验结果表明,基于 bpMRI 的评估结果在不同年资医师之间具有更好的一致性,有助于降低临床决策难度。Di Campli 等<sup>[15]</sup>的研究亦证实与 mpMRI 方案相比,bpMRI 的阅片者间一致性更高。此外,bpMRI 还具有以下优势:  
①扫描时间明显缩短,使幽闭恐惧症患者更容易耐受 MRI 检查,并可减少运动伪影。  
②不需经静脉注入对比剂,减轻了患者的经济负担,降低过敏反应的发生风险,也适用于肾功能不全患者。  
③图像数量显著减少,节约诊断医师的阅片时间<sup>[16-19]</sup>。因此,考虑到 DCE-MRI 采集时间长、具有潜在风险和额外成本、可导致与对比剂注射相关的并发症以及增量效益较小,一些学者建议在 MRI 检查时剔除该序列<sup>[20]</sup>。Tamada 等<sup>[21]</sup>的研究表明,bpMRI 具有与 mpMRI 相当的诊断效能,且 PR 4 类病灶中 csPCa 的阳性率高于 mpMRI。

## 2. DCE-MRI 对外周带 csPCa 的诊断价值

本研究中,两位医师基于 bpMRI 评为 PR 3 类的病灶中 DCE-MRI 阳性表现者分别占 63.3%(19/30) 和 62.1%(18/29)。低年资医师和高年资医师基于 bpMRI 评为 PR 3 类且 DCE-MRI 表现阳性的病灶中,csPCa 分别占 63.2%(12/19)、50%(9/18);而

DCE-MRI 表现阴性者,csPCa 仅占 9.1%(1/11) 和 9.1%(1/11)。本组结果表明,基于 bpMRI 的 PR 3 类的 csPCa 病灶中有较大一部分在 DCE-MRI 上为阳性表现,对于这类患者,DCE-MRI 有助于提高对 PCa 的检出。

单从 PCa 的检出来看,mpMRI 比 bpMRI 具有更高的敏感度,DCE-MRI 在 PCa 的诊断和风险分层中是否具有额外的益处也已经被广泛研究<sup>[22]</sup>。Greer 等<sup>[23]</sup>报道,在外周带,DCE-MRI 阳性表现提高了 PR 2、3 和 4 类病灶中癌灶的检出率( $OR = 2.00; P = 0.027$ ),肿瘤检出率分别增加了 15.7%、16.0% 和 9.2%。这些结果表明,DCE-MRI 在外周带 PCa 的诊断中具有重要的应用价值,有助于提高 PCa 风险分层的准确性。Rosenkrantz 等<sup>[24]</sup>认为,在将来进一步对现有的 PI-RADS 进行更新时,需要进一步全面研究而不是忽略 DCE-MRI 的作用。有研究表明,虽然 PI-RADS 评估标准不适用于 MRI 检查前接受过干预(如根治性前列腺切除术、放射治疗)的患者,但是 DCE-MRI 对 PCa 患者的治疗随访、复发征象的监测等仍然是非常必要的<sup>[25]</sup>。

## 3. 本研究的局限性

本研究的局限性主要有以下几点:  
①本研究为回顾性分析且样本量相对较小;  
②仅限于分析 PI-RADS 分类与 csPCa 的关系,未研究临床风险因素联合 bpMRI 对 csPCa 有无附加诊断价值;  
③大多数患者以穿刺活检结果作为病理分级参考标准,由于活检的假阴性率相对较高,可能导致在一定程度上低估了 mpMRI 和 bpMRI 的诊断效能。因此未来还需要更大样本的前瞻性研究来验证本研究的结论,并进一步分析 DCE-MRI 对前列腺不同区域病灶的额外诊断价值。此外,除了提供定性参数,DCE-MRI 还可以提供大量的定量和半定量参数<sup>[26]</sup>,这些参数是否有利于 PCa 和 csPCa 的检出尚有待进一步研究。

综上所述,基于 PI-RADS V2.1 评分标准,bpMRI 系统在外周带 csPCa 的诊断中能提高不同年资医师评估结果的一致性,且诊断效能与 mpMRI 相当,但 DCE 有助于进一步识别 bpMRI 3 类病灶中的 csPCa,这可能有助于实现更准确的侵袭性评估和 PCa 的个体化治疗。

## 参考文献:

- 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.
- Brancato V, Di Costanzo G, Basso L, et al. Assessment of DCE utility for PCa diagnosis using PI-RADS v2.1: effects on diagnostic accuracy and reproducibility[J/OL]. Diagnostics (Basel), 2020, 10

- (3):e164.[2020.05.17].DOI:10.3390/diagnostics10030164.
- [3] 刘南,杨斌,徐骏,等.通过 2019 年欧洲泌尿外科学年会解读前列腺癌诊疗进展[J].中华泌尿外科杂志,2019,40(4):241-246.
- [4] 王慧慧.前列腺多参数磁共振成像进展:PI-RADS v2.1 解读[J].实用放射学杂志,2020,36(11):1865-1868.
- [5] 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.
- [6] Mathur M, Jones JR, Weinreb JC. Gadolinium deposition and nephrogenic systemic fibrosis: a radiologist's primer [J]. Radiographics, 2020, 40(1):153-162.
- [7] 王焰峰,魏超刚,张跃跃,等.基于 PI-RADS v2.1 双参数 MRI 联合前列腺特异性抗原密度对显著性前列腺癌的诊断效能[J].放射学实践,2021,36(10):1253-1258.
- [8] 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.
- [9] Choi MH, Kim CK, Lee YJ, et al. Prebiopsy biparametric MRI for clinically significant prostate cancer detection with PI-RADS version 2: a multicenter study[J]. AJR, 2019, 212(4):839-846.
- [10] 王良, Li QB, Alberto VH. 前列腺影像报告和数据系统(PI-RADS V2.1)解读[J]. 中华放射学杂志, 2020, 54(4):273-278.
- [11] Han C, Liu S, Qin XB, et al. MRI combined with PSA density in detecting clinically significant prostate cancer in patients with PSA serum levels of 4~10 ng/mL: Biparametric versus multiparametric MRI[J]. Diagn Interv Imaging, 2020, 101(4):235-244.
- [12] Weiss J, Martirosian P, Notohamiprodjo M, et al. Implementation of a 5-minute magnetic resonance imaging screening protocol for prostate cancer in men with elevated prostate-specific antigen before biopsy[J]. Invest Radiol, 2018, 53(3):186-190.
- [13] Kitzing YX, Prando A, Varol C, et al. Benign conditions that mimic prostate carcinoma: MR imaging features with histopathologic correlation[J]. Radiographics, 2016, 36(1):162-175.
- [14] Frank-Jan H, Osse D, Nieboer D, et al. Prostate magnetic resonance imaging, with or without magnetic resonance imaging-targeted biopsy, and systematic biopsy for detecting prostate cancer: a cochrane systematic review and meta-analysis [J]. Eur Urol, 2020, 77(1):78-94.
- [15] 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/OL]. Eur J Radiol, 2018, 101: e17-e23. [2018.02.01]. DOI:10.1016/j.ejrad.2018.01.028.
- [16] 王蕊,高歌,王慧慧,等.评价第二版前列腺影像报告和数据系统对前列腺临床显著癌的检出效能[J].中国医学影像技术,2016,32(12):1799-1802.
- [17] 中华医学会放射学分会磁共振学组,中华医学会放射学分会质量控制与安全工作委员会.钆对比剂临床安全性应用中国专家建议[J].中华放射学杂志,2019,53(7):539-544.
- [18] Junker D, Quentin M, Nagele U, et al. Evaluation of the PI-RADS scoring system for mpMRI of the prostate: a whole-mount step-section analysis[J]. World J Urol, 2015, 33(7):1023-1030.
- [19] Iwazawa J, Mitani T, Sassa S, et al. Prostate cancer detection with MRI: is dynamic contrast-enhanced imaging necessary in addition to diffusion-weighted imaging[J]. Diagn Interv Radiol, 2011, 17(3):243-248.
- [20] Xu L, Zhang G, Shi B, et al. Comparison of biparametric and multiparametric MRI in the diagnosis of prostate cancer[J/OL]. Cancer Imaging, 2019, 19(1): e90. [2019.12.21]. DOI: 10.1186/s40644-019-0274-9.
- [21] Tamada T, Kido A, Yamamoto A, et al. Comparison of biparametric and multiparametric MRI for clinically significant prostate cancer detection with PI-RADS version 2.1[J]. J Magn Reson Imaging, 2021, 53(1):283-291.
- [22] 赵阳,刘爽,曹琳,等.多参数 MRI 在前列腺癌靶向活检中的应用进展[J].放射学实践,2020,35(8):1063-1067.
- [23] Girouin N, Mege-Lechevallier F, Tonina Senes A, et al. Prostate dynamic contrast-enhanced MRI with simple visual diagnostic criteria: is it reasonable[J]. Eur Radiol, 2007, 17(6):1498-1509.
- [24] Rosenkrantz AB, Babb JS, Taneja SS, et al. Proposed adjustments to PI-RADS version 2 decision rules: impact on prostate cancer detection[J]. Radiology, 2017, 283(1):119-129.
- [25] Wu LM, Xu JR, Gu HY, et al. Role of magnetic resonance imaging in the detection of local prostate cancer recurrence after external beam radiotherapy and radical prostatectomy[J]. Clin Oncol (R Coll Radiol), 2013, 25(4):252-264.
- [26] Sanz-Requena R, Marti-Bonmati L, Perez-Martinez R, et al. Dynamic contrast-enhanced case-control analysis in 3T MRI of prostate cancer can help to characterize tumor aggressiveness[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(11):2119-2126.

(收稿日期:2021-10-08 修回日期:2022-04-13)