Modern Practical Medicine, December 2025, Vol. 37, No. 12

·诊治分析·

基于非增强与增强 mpMRI PI-RADS v2.1 评分对前列腺癌的诊断效能评估

单元斌，李敬德，许霄

【关键词】 前列腺肿瘤；癌；磁共振成像；前列腺影像报告和数据系统
doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.12.016
【中图分类号】 R445.2 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-0800(2025)12-1274-04

目前，多参数磁共振成像（multi-parametric magnetic resonance imaging，mpMRI）已经成为前列腺癌（prostate cancer，PCa）主要影像学诊断方法，尤其 MRI 前列腺影像报告与数据系统 2.1 版本（prostate imaging-reporting and data system version 2.1，PI-RADS v2.1）对 PCa 的诊断评估具有重要意义[1-2]。目前，非增强与增强 mpMRI 结合 PI-RADS 评分系统已被用于 PCa 诊断，关于两者在诊断效能上比较的文献不多。本研究旨在比较非增强与增强 mpMRI 结合 PI-RADS v2.1 评分在 PCa 诊断中的效能，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2022 年 1 月至 2025 年 1 月宁波市医疗中心李惠利医院收治的行前列腺增强 mpMRI 检查并经穿刺活检取得病理结果的 PCa 患者 78 例，纳入标准：（1）穿刺活检前 2 周内接受过 mpMRI 检查，（2）影像图像无干扰观察的伪影。排除标准：（1）MRI 检查前 4 周内已做过前列腺穿刺活检者，（2）确诊过 PCa 患者及接受过前列腺局部治疗者。本研究获得宁波市医疗中心李惠利医院医学伦理委员会批准，豁免/免除知情同意。

1.2 检查方法 所有患者均采用西门子或美国 GE 3.0 T MRI 及盆腔相控阵线圈。增强对比剂为钆喷酸葡胺注射液（Gd-DTPA，马根维显）。西门子 MRI 扫描序列及参数：轴位 T_2 加权成像（T_2WI）：重复时间（repetition time，TR）5 234 ms，回波时间（echo time，TE）95 ms，矩阵 320×256，视野（field of view，FOV）24 cm×24 cm，层厚 2 mm；磁共振弥散加权成像（diffusion weighted imaging，DWI）：TR 3 500 ms，TE 75 ms，矩阵 130×145，FOV 24 cm×24 cm，层厚 4 mm，弥散敏感因子（b 值）取 400 及 1 000 s/mm^2；动态对比增强（dynamic contrast enhanced，DCE）扫描采用三维容积插值屏气检查（volume interpolated breath-hold examination，VIBE），参数为 TR 4.0 ms，TE 1.8 ms，矩阵 320×256，FOV 24 cm×24 cm，层厚 2 mm。

GE MRI 扫描序列及参数：轴位 T_2WI：TR 3 500 ms，TE 105 ms，矩阵 256×256，FOV 25 cm×25 cm，层厚 3 mm；DWI：TR 3 600 ms，TE 80 ms，矩阵 128×128，FOV 25 cm×25 cm，层厚 4 mm，b 值取 400 及 1 000 s/mm^2；DCE 扫描采用快速梯度回波（fast spoiled gradient recalled，FSPGR），参数为 TR 4.2 ms，TE 1.7 ms，矩阵 256×256，FOV 25 cm×25 cm，层厚 3 mm。

1.3 图像处理及参数 由 2 名具有 8 年以上诊断经验且经 PI-RADS v2.1 评分培训的医师分析影像资料。首先对影像资料进行质量评估，然后分别对 mpMRI 的各序列 T_2WI、DWI 和 DCE 进行 PI-RADS v2.1 评分，对 T_2WI+DWI 序列进行综合评分。对移行带结节的评估主要依靠 T_2WI 序列，DWI 作为辅助序列，DCE 序列对移行带病灶的评分结果参照 T_2WI 及 DWI；同理，对于外周带病灶 T_2WI 序列评分主要参考 DWI 及 DCE 序列[3]。经过 4 周洗脱期后再对 T_2WI+DWI+DCE 序列进行综合评分。

PI-RADS v2.1 评分流程及标准见指南[4]。临床显著前列腺癌（clinically significant prostate cancer，

作者单位： 315040 宁波，宁波市医疗中心李惠利医院
通信作者： 单元斌，Email：asd2294777366@163.com

csPCa）定义：Gleason 评分≥7 分，伴或不伴癌灶体积≥0.5 cm^3、包膜外侵犯。根据前列腺 T_2WI、DWI 及 DCE 的 mpMRI 综合表现，对 csPCa 可能性给出评分方法：1 分，基本不可能存在 csPCa；2 分，不太可能存在 csPCa；3 分，可能存在 csPCa；4 分，很有可能存在 csPCa；5 分，极有可能存在 csPCa。

1.4　统计方法　数据采用 SPSS 21.0 及 MedCalc 20.0 软件分析，对 2 位评阅者 PI-RADS v2.1 评分采用 *Kappa* 检验，*Kappa* 值＞ 0.60 为一致性较好。采用 ROC 曲线分析 PI-RADS 评分对 PCa 的诊断效能，对照病理结果计算准确性、敏感性、特异性、阳性预测值（PPV）和阴性预测值（NPV）及 *AUC*，DeLong 检验两组效能。$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2　结果

2.1　临床资料　78 例患者年龄 52 ～ 86 岁，平均（65.0±8.0）岁；共 83 个病灶，2 个病灶 5 例，1 个病灶 73 例，病灶位于前列腺移行带区 37 个，外周带区 46 个；经穿刺病理检查证实 PCa 51 个（移行带 16 个，外周带 35 个），非 PCa 32 个（移行带 21 个，外周带 11 个）。

2.2　评分结果　所有影像资料质量良好，均纳入 PI-RADS v2.1 评分。2 位评阅者对 T_2WI、DWI 和 DCE 序列，以及 T_2WI+DWI 序列和 T_2WI+DWI+DCE 序列的 PI-RADS v2.1 评分一致性较好，*Kappa* 值分别为 0.921、0.876、0.937、0.912 及 0.907。2 位评阅者对各序列 PI-RADS 评分结果见表 1，予选择评阅者 1 的数据进行统计学分析。

2.3　诊断效能分析　通过 ROC 曲线计算 *AUC* 值及约登指数，最终获得 PI-RADS 4 分为 PCa 的参考阈值，PI-RADS v2.1 评分≥4 分为 PCa，≤3 分为非 PCa，见图 1 ～ 3。各序列、非增强序列（T_2WI+DWI）和增强序列（T_2WI+DWI+DCE）评分诊断准确性、敏感性、PPV、NPV 和 *AUC* 值见表 2，非增强序列和增强序列诊断效能差异无统计学意义（$P > 0.05$），见表 2。

表 1　2 位评阅者对 mpMRI 各序列的 PI-RADS v2.1 评分评估　　个

组别	T_2WI		DWI		DCE		T_2WI+DWI		T_2WI+DWI+DCE	
	评阅者 1	评阅者 2	评阅者 1	评阅者 2	评阅者 1	评阅者 2	评阅者 1	评阅者 2	评阅者 1	评阅者 2
PI-RADS v2.1 评分≤3 分	28	27	26	25	30	29	30	31	32	32
PI-RADS v2.1 评分≥4 分	55	56	57	58	53	54	53	52	51	51

注：PI-RADS v2.1 为前列腺影像报告与数据系统 2.1 版本，mpMRI 为多参数磁共振成像，T_2WI 为轴位 T_2 加权成像，DWI 为磁共振弥散加权成像，DCE 为动态对比增强

表 2　mpMRI 各序列评估诊断 PCa 的效能比较

指标	T_2WI	DWI	DCE	T_2WI+DWI	T_2WI+DWI+DCE
准确性（%）	79.6	83.5	84.6	86.5	88.6
敏感性（%）	89.5	90.2	93.2	89.5	93.2
特异性（%）	87.6	86.9	84.9	87.6	87.0
PPV（%）	92.5	91.2	91.2	95.0	92.5
NPV（%）	91.0	90.2	90.2	92.6	91.0
AUC	0.812	0.836	0.862	0.875	0.912

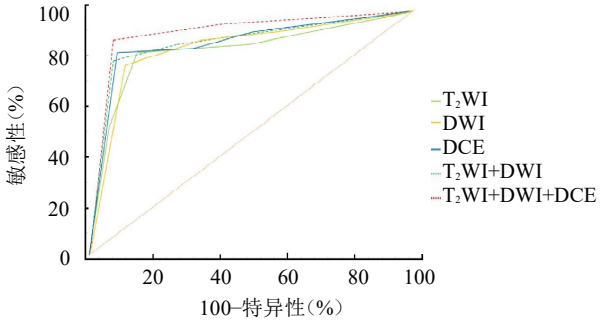
注：mpMRI 为多参数磁共振成像，PCa 为前列腺癌，T_2WI 为轴位 T_2 加权成像，DWI 为磁共振弥散加权成像，DCE 为动态对比增强，PPV 阳性预测值，NPV 阴性预测值，*AUC* 为曲线下面积

3　讨论

PCa 筛查主要依靠实验室指标前列腺特异性抗原（prostate-specific antigen，PSA），影像学诊断主要依靠增强 mpMRI，临床确诊主要依靠超声引导下穿刺活检[5]。PSA 指标对 PCa 检出的敏感性不高，而超声引导穿刺活检具有创伤性，不具有普适性。因此，增强 mpMRI 对可疑 PCa 的患者的诊断评估及手术方式具有极其重要的作用。由北美放射学会提出的基于 mpMRI 的 PI-RADS v2.1 评分为诊断及评估 PCa 提供了重要的参考价值[6]。但是随着临床诊断对比剂应用需求逐年增加，对比剂过敏及其相关肾病的发生率也在增加，因此临床诊疗中是否选择增强检查也有不同观点[7]。对于肾功能不全、钆对比剂过敏、系统性纤维化以及不能长时间忍受密闭空间的人群，非增强 mpMRI 检查方法具有重要临床价

值。基于非增强 MRI 在乳腺癌和膀胱癌中的诊断效能评估的相关研究[8-9]，也为其在前列腺 PI-RADS 中的研究提供参考。

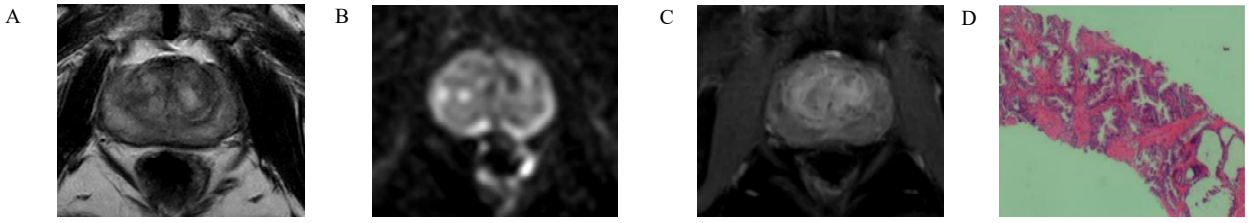
本研究结果发现，DWI 和 T_2WI 序列对 PCa 的诊断敏感度分别为 90.2%及 89.5%，能够很好评估诊断 PCa，但 T_2WI 序列评分准确性相对较低，发现其评分存在过度诊断现象，本研究中 4 例非 PCa 患者 T_2WI 评分超过 3 分，可能与前列腺移行带中存在较大钙化灶并显示为 T_2WI 低信号导致误诊有关。DWI 序列能较准确评估前列腺外周带癌，但其对于解剖结构的细节显示欠佳，对于包膜是否受侵较易出现误判情况。T_2WI 序列对于解剖细节显示清晰，但对于钙化、纤维灶等低信号成分与肿瘤难以区分，而 DWI 序列显示肿瘤高信号与钙化灶等低信号形成对比，从而降低了假阳性率[10]，因此 T_2WI 及 DWI 序列形成互补对 PCa 诊断评估具有较高的价值。此外，本研究各单个序列中，T_2WI 及 DWI 序列特异度略高于 DCE 序列，而准确率及 *AUC* 值略低于 DCE 序列。经验表明，在某些情况下，DCE 序列通过对比剂提高了病灶的显示[11]，有助于外周带和移行带 csPCa 的检出，特别是当 DWI 因伪影或信噪比不足而质量下降时，对于前列腺较小病灶的显示更加敏感[12]。本研究中，DCE 序列评分敏感度略高于 DWI 序列，国外有学者研究显示在单个序列中 DWI 序列敏感度及特异性均高于 DCE 序列[13]，笔者认为可能是因为本研究中 DWI 序列为双 b 值序列，而采用的多 b 值序列可以很好地消除 T_2WI 穿透效应，从而降低假阳性[14]。



注：mpMRI 为多参数磁共振成像，PCa 为前列腺癌，T_2WI 为轴位 T_2 加权成像，DWI 为磁共振弥散加权成像，DCE 为动态对比增强

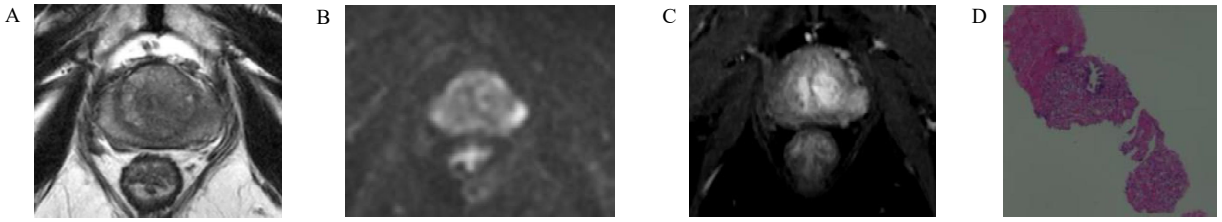
图 1　mpMRI 各序列诊断 PCa 的 ROC 曲线

本研究结果还显示以 PI-RADS v2.1 评分 4 分为阈值，非增强 mpMRI 即 T_2WI+DWI 序列在 PCa 诊断中的敏感度和特异性分别为 89.5%及 87.6%，增强 mpMRI 即 T_2WI+DWI+DCE 序列的敏感度和特异度分别为 93.2%及 87.0%，两者的 *AUC* 值分别为 0.875、0.912，差异无统计学意义（$P > 0.05$）。这说明非增强 mpMRI 在评估 PCa 时的诊断效能与增强 mpMRI 相当，提示在一定条件下可作为替代方案。国外有学者研究结果显示，T_2WI+DWI 序列在诊断



注：A 为轴位 T_2 加权成像，示病灶呈低信号，前列腺影像报告与数据系统 2.1 版本评分（PI-RADS v2.1 评分）3 分；B 为磁共振弥散加权成像，示病灶呈斑点弥散受限信号，PI-RADS v2.1 评分 3 分；C 为增强 T_1 加权成像，示病灶呈均匀等强化，PI-RADS v2.1 评分 3 分；D 为病理图（HE，X400）

图 2　前列腺右侧移行带增生结节



注：A 为轴位 T_2 加权成像，示前列腺左侧移行带低信号病灶，前列腺影像报告与数据系统 2.1 版本评分（PI-RADS v2.1 评分）3 分；B 为磁共振弥散加权成像，示病灶弥散受限，PI-RADS v2.1 评分 4 分；C 为增强 T_1 加权成像，示病灶明显强化，PI-RADS v2.1 评分 4 分；D 为病理图（HE，X400）

图 3　前列腺左侧移行带癌

PCa 的 *AUC* 值高达到 0.905[15]，略高于本研究结果，可能与样本选择有关。国内有学者研究表明[16]，增强 mpMRI 即 T_2WI+DWI+DCE 序列的 PI-RADS 是最优方案，而非增强 mpMRI 即 T_2WI+DWI 序列的 PI-RADS 可以作为替代，这与本研究结果一致。因此，对于对比剂过敏等患者，无需对比剂的非增强 mpMRI 即 T_2WI+DWI 序列更有临床应用价值。值得注意的是，本研究发现 T_2WI+DWI 序列在诊断前列腺外周带癌时表现尤佳，而 DCE 序列在移行带中病灶分辨率略优，两者在不同区域的表现差异可能与腺体结构及纤维组织含量相关[17]。

综上所述，基于非增强与增强 mpMRI 的 PI-RADS v2.1 评分具有很好的一致性，对 PCa 诊断均具有较高的诊断效能，且有较高的敏感性和特异度。因此，非增强 mpMRI 的 PI-RADS v2.1 评分有望替代增强 mpMRI 的 PI-RADS 评分在 PCa 诊断中的应用，非增强 mpMRI 检查不仅缩短检查时间及节约医疗成本，而且对特殊及有需求的患者具有重要的临床意义。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

[1] 庄义骏,许南炜,赵劲歌,等.2024 年欧洲泌尿外科学会前列腺癌指南更新荟萃与解读[J].临床外科杂志,2025,33(2):113-117.

[2] 胡稳,黄刚,姚伟根,等.基于 MRI 影像组学、临床指标及 PI-RADS v2.1 评分构建前列腺癌包膜外侵犯的预测模型 [J]. 现代实用医学,2025,37(3):264-268.

[3] CHEN T, ZHANG Z Y, TAN S X, et al. MRI based radiomics compared with the PI-RADS V2.1 in the prediction of clinically significant prostate cancer: Biparametric vs multiparametric MRI[J]. Front Oncol, 2021, 11: 792456.

[4] OERTHER B, NEDELCU A, ENGEL H, et al. Erratum for: Update on PI-RADS version 2.1 diagnostic performance benchmarks for prostate MRI: Systematic review and meta-analysis[J]. Radiology, 2024, 312(3): e249024.

[5] PARK S Y, WOO S, PARK K J, et al. A pictorial essay of PI-RADS pearls and pitfalls: Toward less ambiguity and better practice[J]. Abdom Radiol (NY), 2024, 49(9): 3190-3205.

[6] KIM C K. Prostate imaging reporting and data system (PI-RADS) v 2.1: Overview and critical points[J]. J Korean Soc Radiol, 2023, 84(1): 75-91.

[7] EMMETT L, PAPA N, COUNTER W, et al. Reproducibility and accuracy of the PRIMARY score on PSMA PET and of PI-RADS on multiparametric MRI for prostate cancer diagnosis within a real-world database[J]. J Nucl Med, 2024, 65(1): 94-99.

[8] 戴媛媛,任阿红,刘学静,等.基于非增强与增强 MRI VI-RADS 评分对膀胱癌肌层浸润的诊断效能评估[J].放射学实践,2023,38(9):1140-1144.

[9] WEKKING D, PORCU M, DE SILVA P, et al. Breast MRI: Clinical indications, recommendations, and future applications in breast cancer diagnosis[J]. Curr Oncol Rep, 2023, 25(4): 257-267.

[10] TRIQUELL M, REGIS L, WINKLER M, et al. Multiparametric MRI for staging of prostate cancer: A multicentric analysis of predictive factors to improve identification of extracapsular extension before radical prostatectomy[J]. Cancers, 2022, 14(16): 3966.

[11] YILMAZ E C, LIN Y, BELUE M J, et al. PI-RADS version 2.0 versus version 2.1: Comparison of prostate cancer gleason grade upgrade and downgrade rates from MRI-targeted biopsy to radical prostatectomy[J]. AJR Am J Roentgenol, 2024, 222(1): e2329964.

[12] 王良, LI Q B, VARGAS H A,等.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.

[13] ANTOLIN A, ROSON N, MAST R, et al. The role of radiomics in the prediction of clinically significant prostate cancer in the PI-RADS v2 and v2.1 era: A systematic review[J]. Cancers, 2024, 16 (17): 2951.

[14] O'SHEA A, HARISINGHANI M. PI-RADS: Multiparametric MRI in prostate cancer[J]. MAGMA, 2022, 35(4): 523-532.

[15] GOH V. PI-RADS and multiparametric MRI: The shape of things to come for prostate cancer[J]. Radiology, 2023, 307(4): e230643.

[16] 吴昊.多参数磁共振成像 PI-RADS v2.1 评分对前列腺癌的诊断效能分析[J].影像研究与医学应用,2025,9(1):28-30,35.

[17] KUMAR AM S, RAJAN P, ALKHAMEES M, et al. Prostate cancer theragnostics biomarkers: An update[J]. Investig Clin Urol, 2024, 65(6): 527-539.

收稿日期:2025-10-08

（本文编辑:钟美春）