

论 著

mpMRI/TRUS融合靶向穿刺活检诊断tPSA灰区值前列腺病变的价值

赵月雷* 夏秦仲 何 川
周 强 夏云伟
皖南医学院第二附属医院介入科
(安徽 芜湖 241001)

【摘要】目的 探究多参数磁共振成像(mpMRI)/经直肠超声(TRUS)融合靶向穿刺活检诊断血清总前列腺特异抗原(tPSA)灰区值前列腺病变的价值。方法 选择我院2019年4月至2024年4月期间收治的103例前列腺癌(PCa)疑似患者,均接受mpMRI检查,通过mpMRI与超声融合成像对可疑病灶进行靶向穿刺,在完成靶向穿刺后,在TRUS引导下接受前列腺12针系统穿刺。比较mpMRI/TRUS融合靶向穿刺和TRUS系统穿刺与手术病理结果的一致性,比较两种穿刺方法的阳性检出率及Gleason评分。结果 103例疑似PCa患者经手术病理结果确认,52例为PCa,51例为前列腺良性增生,PCa检出率为50.49%。以手术病理结果为“金标准”,mpMRI/TRUS融合靶向穿刺诊断PCa的灵敏度为86.54%,特异度为84.31%,准确率为85.44%,阳性预测值为84.91%,阴性预测值为86.00%,kappa值为0.709;TRUS系统穿刺诊断PCa的灵敏度为75.00%,特异度为78.43%,准确率为76.70%,阳性预测值为78.00%,阴性预测值为75.47%,kappa值为0.534。mpMRI/TRUS融合靶向穿刺PCa检出率、临床有意义前列腺癌(csPCa)检出率、主要结构Gleason评分、总Gleason评分均高于TRUS系统穿刺,差异有统计学意义($P<0.05$)。结论 mpMRI/TRUS融合靶向穿刺活检对tPSA灰区值PCa具有明确诊断价值,可以提高PCa、csPCa检出率。

【关键词】前列腺癌;前列腺良性增生;
多参数磁共振成像;经直肠超声;
阳性检出率

【中图分类号】R737.25

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.05.041

Value of mpMRI/TRUS Fusion Targeted Biopsy in the Diagnosis of Prostate Lesions with tPSA in the Gray Zone

ZHAO Yue-lei*, XIA Qin-zhong, HE Chuan, ZHOU Qiang, XIA Yun-wei.

Department of Interventional, the Second Affiliated Hospital of Wannan Medical College, Wuhu 241001, Anhui Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the value of mpMRI/TRUS fusion targeted biopsy in the diagnosis of prostate lesions with tPSA in the gray zone. **Methods** A total of 103 patients who were suspected of PCa and admitted to the hospital from April 2019 to April 2024 were selected. All of them underwent mpMRI examination. Targeted biopsy was performed on suspicious lesions using mpMRI and ultrasound fusion imaging. After completing targeted biopsy, 12-core prostate biopsy was performed under the guidance of TRUS. The consistency of mpMRI/TRUS fusion targeted biopsy, TRUS biopsy and pathological results was compared. The positive detection rates and Gleason scores of the two biopsy methods were compared. **Results** Pathological results showed 52 cases with PCa and 51 cases with benign prostatic hyperplasia. The detection rate of PCa was 50.49%. With pathological results as the gold standard, the sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value, negative predictive value and kappa value of mpMRI/TRUS fusion targeted biopsy for diagnosing PCa were 86.54%, 84.31%, 85.44%, 84.91%, 86.00% and 0.709, respectively. The sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value, negative predictive value and kappa value of TRUS biopsy for diagnosing PCa were 75.00%, 78.43%, 76.70%, 78.00%, 75.47% and 0.534, respectively. The detection rate of PCa, detection rate of clinically significant prostate cancer (csPCa), Gleason score of main structure and total Gleason score in mpMRI/TRUS fusion targeted biopsy were higher than those in TRUS biopsy ($P<0.05$). **Conclusion** mpMRI/TRUS fusion targeted biopsy has definite diagnostic value for PCa with tPSA in the gray zone, and can improve the detection rates of PCa and csPCa.

Keywords: Prostate Cancer; Benign Prostatic Hyperplasia; Multi-parameter Magnetic Resonance Imaging; Transrectal Ultrasound; Positive Detection Rate

前列腺癌(PCa)是男性中常见的恶性肿瘤之一,早期诊断和准确评估对提高治愈率和患者预后至关重要^[1]。血清总前列腺特异抗原(tPSA)检测是目前最广泛使用的PCa筛查方法,然而,tPSA在4-10 ng/mL之间的灰区值使得PCa的诊断存在一定的挑战,在这一范围内,tPSA的特异性和敏感性均较低,易导致高比例的假阳性和假阴性结果^[2]。多参数磁共振成像(mpMRI)在PCa诊断中的应用逐渐增多,通过结合T2加权成像(T2WI)、扩散加权成像(DWI)、动态对比增强成像(DCE-MRI)等多个成像技术,提供高分辨率的前列腺组织结构和功能信息,显著提高了PCa的检出率和定位准确性^[3]。经直肠超声(TRUS)引导下前列腺穿刺活检是PCa确诊的金标准,然而,传统的TRUS穿刺活检具有一定的局限性,尤其是在tPSA灰区值患者中,可能导致漏诊或过度诊断^[4]。近年来,融合靶向穿刺活检在前列腺病变的诊断中显示出显著优势,不仅能够提高PCa的检出率,还能减少不必要的穿刺活检次数,降低患者的痛苦和并发症发生率^[5]。mpMRI/TRUS融合靶向活检结合了mpMRI的高分辨率成像和TRUS的实时引导优势,使得对可疑病变区域的靶向穿刺更加精准,利于提高PCa的检出率和诊断准确性,但其对处于tPSA灰区值PCa的诊断价值还处于探索阶段。因此,本研究旨在探讨mpMRI/TRUS融合靶向穿刺活检在tPSA灰区值前列腺病变中的应用价值,希望为临床实践提供有力证据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择皖南医学院第二附属医院2019年4月至2024年4月收治的PCa疑似患者。

纳入标准:直肠指检发现前列腺有异常结节或硬化区;tPSA水平在灰区范围内(4-10 ng/mL);经影像学检查显示前列腺有疑似恶性病变的区域;均接受mpMRI检查;临床资料均完整。排除标准:存在无法耐受活检或其他研究操作的严重心血管、呼吸系统或其他系统性疾病;接受过PCa治疗如放疗、化疗等;正在使用抗凝药物且无法在活检前停用;图像质量不佳。最终有103例患者纳入本研究,年龄44~79岁,平均年龄(59.46 ± 7.21)岁,tPSA 4-10 ng/mL,平均tPSA(7.28 ± 2.34)ng/mL,病灶最大长径3~19 mm,平均最大长径(7.52 ± 2.13)mm。本研究经皖南医学院第二附属医院医学伦理委员会批准。

1.2 方法 所有患者均接受mpMRI检查,通过mpMRI与超声融合成像对可疑病灶进行靶

【第一作者】赵月雷,男,副主任医师,主要研究方向:肿瘤及血管介入。E-mail: chuan05youxiang@126.com

【通讯作者】赵月雷

向穿刺。在完成靶向穿刺后，患者随即在TRUS引导下接受前列腺12针系统穿刺。mpMRI检查：所有患者术前均接受1.5T磁共振扫描仪(型号：Magnetom Avanto，厂家：德国SIEMENS)检查，使用12通道腹部相控阵线圈。患者适度充盈膀胱，去除金属物品，保持放松，听从影像科医师医生的指示，平卧在检查床上，影像科医师会帮助患者调整姿势，确保扫描区域正确定位。mpMRI通常包括多序列扫描，如横轴位、矢状位和冠状位，均采用快速自旋回波序列(TSE)-T2WI，其主要参数为：重复时间(TR)为4500 ms，回波时间(TE)为120 ms，层厚为3 mm，无层间距，视野(FOV)为190 mm×260 mm，矩阵大小为512×512，激励次数(NEX)为2次。进行TSE-DWI扫描，b值分别设置为800s/mm²、2000s/mm²，具体扫描参数为：TR为3800 ms，TE为85 ms，FOV为200 mm×240 mm，矩阵大小为160×200，层数为20层，层厚为3 mm，无层间距，NEX为6次。在注射钆造影剂后，进行DCE-MRI扫描，采用容积内插体部检查(VIBE)序列，其扫描参数为：FOV为190 mm×260 mm，矩阵大小为256×256，层数为20层，层厚为3 mm，无层间距，TR为5 ms，TE为1.68 ms，NEX为1次。注射对比剂的剂量为0.1 mmol/kg，随后注入20 mL生理盐水，注射流率均为2.5 mL/s。在分析MRI前列腺图像时，由两位高年资放射科医师在未获知病例临床信息的情况下共同阅片，并对图像进行分析，如果意见不一致，双方通过协商达成一致意见。穿刺过程：在TRUS引导下，超声实时图像与mpMRI定位信息进行认知融合，将MRI的解剖细节与TRUS的实时图像结合，精确确定前列腺内可疑病灶的位置，在确认病灶位置后，使用TRUS引导进行至少2针的靶向穿刺。完成靶向穿刺后，进行12针系统穿刺活检，在TRUS引导下，按照前列腺的标准分区进行系统性、多点位的组织采样，两侧基底、中间和尖端各进行2针穿刺，共计12针。将采集到的所有组织样本(包括靶向穿刺和系统穿刺的样本)均送至病理实验室进行分析。

1.3 观察指标 (1)与手术病理结果的一致性。记录两组穿刺方法

的阳性例数和阴性例数，计算两组灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值和kappa值。(2)阳性检出率。记录患者总取样针数，并计算PCa检出率、临床有意义前列腺癌(csPCa)检出率、单针阳性率。单针阳性率=阳性针数/总取样针数×100%，PCa检出率=PCa阳性针数/总取样针数×100%，csPCa检出率=csPCa阳性针数/总取样针数×100%，csPCa判定标准^[6]：Gleason评分≥7分，伴或不伴体积≥0.5 cm³、包膜外侵犯。(3)Gleason评分。对于病理结果呈阳性的患者，评价主要结构区域、次要结构区域的Gleason评分及总Gleason评分，Gleason评分范围从2~10分，得分越高，PCa侵袭性和恶性程度越大。

1.4 统计学方法 使用SPSS 24.0全面分析统计数据。用频数和百分比描述分类变量的分布，组间数据比较采用 χ^2 检验；用均值和标准差($\bar{x} \pm s$)描述连续变量的中心趋势和离散程度，组间数据比较采用独立样本t检验；用kappa值评估两种穿刺方法与手术病理结果的一致性，kappa值≤0.40表示一般一致性，0.41≤kappa值≤0.60表示中等一致性，0.61≤kappa值≤0.80表示良好一致性，0.81≤kappa值≤1.00表示近乎完美一致性。P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 病理结果 103例疑似PCa患者经手术病理结果确认，52例为PCa，51例为前列腺良性增生，PCa检出率为50.49%。

2.2 mpMRI/TRUS融合靶向穿刺与手术病理结果的一致性 以手术病理结果为“金标准”，经一致性分析发现，mpMRI/TRUS融合靶向穿刺诊断PCa的灵敏度为86.54%，特异度为84.31%，准确率为85.44%，阳性预测值为84.91%，阴性预测值为86.00%，kappa值为0.709。见表1。

2.3 TRUS系统穿刺与手术病理结果的一致性 以手术病理结果为“金标准”，经一致性分析发现，TRUS系统穿刺诊断PCa的灵敏度为75.00%，特异度为78.43%，准确率为76.70%，阳性预测值为78.00%，阴性预测值为75.47%，kappa值为0.534。见表2。

表1 mpMRI/TRUS融合靶向穿刺与手术病理结果的一致性

mpMRI/TRUS融合靶向穿刺	手术病理		合计
	阳性	阴性	
阳性	45	8	53
阴性	7	43	50
合计	52	51	103

表2 TRUS系统穿刺与手术病理结果的一致性

TRUS系统穿刺	手术病理		合计
	阳性	阴性	
阳性	39	11	50
阴性	13	40	53
合计	52	51	103

2.4 两种穿刺方法阳性检出率比较 mpMRI/TRUS融合靶向穿刺PCa检出率、csPCa检出率高于TRUS系统穿刺，差异有统计学意义(P<0.05)。见表3。

2.5 两种穿刺方法的Gleason评分比较 mpMRI/TRUS融合靶向穿刺主要结构Gleason评分、总Gleason评分高于TRUS系统穿刺，差异有统计学意义(P<0.05)。见表4。

表3 两种穿刺方法阳性检出率比较

组别	总取样针数(针)	单针阳性率(%)	PCa检出率(%)	csPCa检出率(%)
mpMRI/TRUS融合靶向穿刺	213	39.91%(85/213)	25.82%(55/213)	18.31%(39/213)
TRUS系统穿刺	624	33.17%(207/624)	7.53%(47/624)	2.56%(16/624)
χ^2		3.169	49.637	64.128
P		0.075	0.000	0.000

表4 两种穿刺方法的Gleason评分比较

组别	主要结构Gleason评分(分)	次要结构Gleason评分(分)	总Gleason评分(分)
mpMRI/TRUS融合靶向穿刺	3.56±0.51	3.58±0.52	7.14±0.82
TRUS系统穿刺	3.32±0.45	3.53±0.56	6.85±0.64
t	2.531	0.470	1.998
P	0.013	0.640	0.048

2.6 典型病例 71岁男性，tPSA 7.35 ng/mL，MRI提示前列腺左侧外周带结节状异常信号，前列腺影像报告和数据系统PI-RADS评分5分，提示左侧外周带可疑病灶，经病理证实为PCa(图1A)。经mpMRI检查，示外周带T2WI低信号区(图1B)，外周带稍增强

DWI信号(图1C)，外周带明显ADC信号减弱(图1D)，外周带病灶DCE早期强化(图1E)，术前病灶示意图(图1F)，前列腺穿刺活检操作(图1G)，经直肠前列腺超声显示外周带低回声区(图1H)，经直肠超声引导前列腺结节穿刺图示(图1I)。

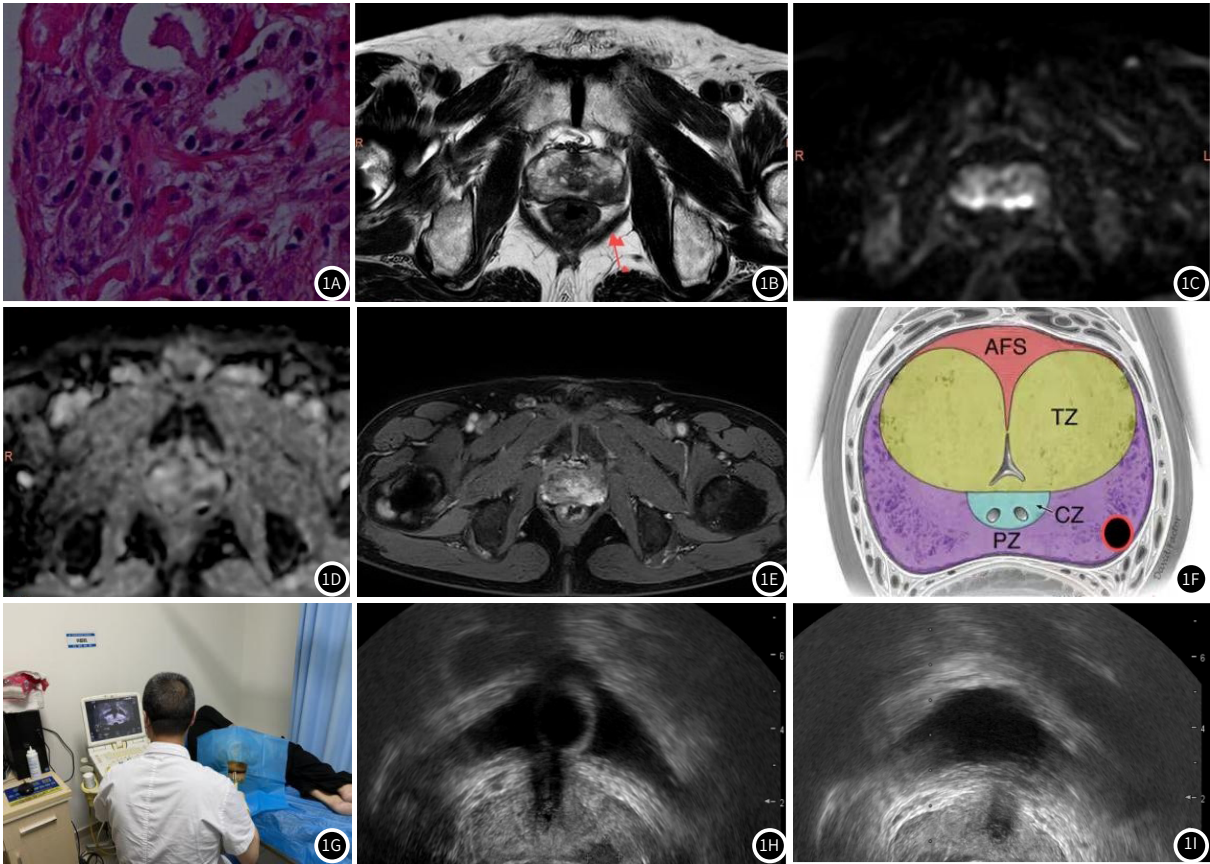


图1A-图1I 典型病例。

3 讨论

tPSA水平在4~10 ng/mL之间的PCa检出率较低，主要是因为前列腺良性增生、前列腺炎症或感染也会导致tPSA水平升高，故tPSA灰区值前列腺病变检测敏感性和特异性均不高^[7]。另一原因是PCa本身具有高度异质性，其恶性程度和进展速度各不相同，部分低侵袭性、低级别的PCa可能只会导致tPSA轻微升高，而这类PCa在灰区中不易被检测到^[8]。前列腺活检被视为PCa诊断金标准，主要通过系统穿刺和靶向穿刺两种方式进行，但均存在过度诊断及漏诊风险，结合系统穿刺和靶向穿刺可以弥补各自的不足，减少系统穿刺带来的过度诊断风险，同时降低单纯靶向穿刺可能遗漏CS-PCa的风险^[9]。mpMRI可以提供高分辨率的前列腺解剖和功能影像，不同的MRI序列能够提供不同的组织对比，

增强对病变的识别能力，从而准确定位和评估可疑病灶，利于提高PCa诊断的准确性和一致性。本研究以tPSA水平在4~10 ng/mL之间的前列腺病变患者为研究对象，手术病理结果显示PCa检出率为50.49%。本研究发现mpMRI/TRUS融合靶向穿刺活检的kappa值高于TRUS系统穿刺活检，提示mpMRI/TRUS融合靶向穿刺活检在tPSA灰区值PCa诊断中具有更高的一致性和可靠性，减少误诊和漏诊风险。石锋等^[10]也发现，MRI联合TRUS穿刺活检较单一TRUS穿刺活检可以提高与手术病理诊断的一致性。分析原因：mpMRI能够提供高分辨率的前列腺影像，清晰显示病变特征，精确定位可疑病灶，其中T2WI提供前列腺周围的纤维、腺体的详细解剖结构和形态信息，PCa通常显示为低信号，而正常组

织则显示为高信号，DWI可以帮助鉴别高密度细胞区域，定位潜在的PCa病灶，DCE-MRI可以观察到病变区域对比剂的动态增强情况，PCa通常表现为快速、异常的对比剂增强，反映其血管生成增加和血流动力学的改变，而TRUS系统穿刺在影像清晰度和精准性上相对有限，因此容易漏诊小病灶，导致对于tPSA灰区值PCa的诊断准确性不如mpMRI/TRUS融合靶向穿刺^[11]。

mpMRI结合多种序列的信息，在PCa的诊断中发挥着各自独特的作用，共同构成了一种高效准确的诊断工具^[12]。csPCa的肿瘤细胞活跃度和增殖速率更高，肿瘤可以更快地生长和扩散到周围组织或其他器官，而由于其高恶性性，csPCa对传统治疗如手术、放疗或药物治疗的耐药性增加，需要更复杂和积极的治疗策略，因此可能导致更高的复发率、转移率和疾病相关死亡率^[13]。本研究结果发现，mpMRI/TRUS融合靶向穿刺PCa检出率、csPCa检出率高于TRUS系统穿刺，但两组单针阳性率无统计学差异，与姜静等^[14]研究结果相似。分析原因：mpMRI能够更精确地定位小型和隐匿性的病变，mpMRI/TRUS融合靶向穿刺在靶向穿刺阶段能够准确地指导针头达到病灶，从而提高了整体的tPSA灰区值PCa和csPCa检出率，而单针阳性率缺乏统计学差异可能是由于两组病例中的样本数目和阳性针数的分布差异所致。Gleason评分是预测PCa患者预后的重要指标之一，较高的Gleason评分与更差的预后相关，包括复发率和生存率，它是PCa组织学评估的基础，有助于个体化治疗和优化患者的治疗结果^[15]。本研究结果发现mpMRI/TRUS融合靶向穿刺主要结构Gleason评分、总Gleason评分高于TRUS系统穿刺，说明mpMRI/TRUS融合靶向穿刺活检对于tPSA灰区值PCa患者的治疗和预后具有更显著的指导作用。这是因为mpMRI能够提供大小、形态、位置等多个方面的病灶信息，有助于更精确地判断病灶恶性程度，从而帮助避免对良性病变的过度诊断，而次要结构可能由于其较低的恶性程度或较小的病变体积，导致两组间未见显著差异，但这并不意味着mpMRI/TRUS融合靶向穿刺在所有方面均优于TRUS系统穿刺，而是反映了不同穿刺技术在不同结构病变检出率上的差异和局限性。本研究不足之处为mpMRI/TRUS融合靶向穿刺活检采用的认知融合，可能存在一定主观偏倚，未来将进一步开展研究。

综上所述，mpMRI/TRUS融合靶向穿刺在提高tPSA灰区值PCa诊断准确率方面具有明显优势，可以有效提高PCa检出率、csPCa检出率，准确进行病理分级。

参考文献

- [1] Sekhoacha M, Riet K, Motloung P, et al. Prostate cancer review: genetics, diagnosis, treatment options, and alternative approaches[J]. *Molecules*, 2022, 27 (17): 5730.

- [2] Nassir AM, Kamel HFM. Explication of the roles of prostate health index (PHI) and urokinase plasminogen activator (uPA) as diagnostic and predictor tools for prostate cancer in equivocal PSA range of 4–10 ng/mL[J]. *Saudi J Biol Sci*, 2020, 27 (8): 1975–1984.
- [3] O'Connor L, Wang A, Walker SM, et al. Use of multiparametric magnetic resonance imaging (mpMRI) in localized prostate cancer[J]. *Expert Rev Med Devices*, 2020, 17 (5): 435–442.
- [4] 付振宇, 孙利国, 张鸽, 等. MRI/TRUS认知融合联合12针系统经会阴前列腺穿刺活检的临床研究[J]. *中华男科学杂志*, 2021, 27 (5): 421–425.
- [5] 黄尚, 毕学成, 李腾, 等. 认知融合及影像融合在前列腺穿刺活检中的应用[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2020, 35 (7): 557–561.
- [6] 孙浩瑜, 姜鑫, 陈守臻, 等. 多参数磁共振联合前列腺健康指数对PSA灰区临床有意义前列腺癌的诊断价值[J]. *山东大学学报(医学版)*, 2022, 60 (6): 46–50.
- [7] Guo ZF, Yang F, Lu XW, et al. Significance of the prostate central gland and total gland volume ratio in the diagnosis of prostate cancer patients in the prostate specific antigen grey zone[J]. *J Int Med Res*, 2021, 49 (7): 3000605211019879.
- [8] Liu T, Zhang X, Chen R, et al. Development, comparison, and validation of four intelligent, practical machine learning models for patients with prostate-specific antigen in the gray zone[J]. *Front Oncol*, 2023, 13: 1157384.
- [9] Xu G, Li JH, Xiang LH, et al. Transrectal ultrasound examination of prostate cancer guided by fusion imaging of multiparametric MRI and TRUS: avoiding unnecessary mpMRI-guided targeted biopsy[J]. *Asian J Androl*, 2023, 25 (3): 410–415.
- [10] 石锋, 舒松, 吴明, 等. MRI联合TRUS检查对前列腺癌穿刺检出率的影响[J]. *影像科学与光化学*, 2020, 38 (6): 1010–1013.
- [11] Li Y, Han D, Wu P, et al. Comparison of 68Ga-PSMA-617 PET/CT with mpMRI for the detection of PCa in patients with a PSA level of 4–20 ng/ml before the initial biopsy[J]. *Sci Rep*, 2020, 10 (1): 10963.
- [12] Harder FN, Heming CAM, Haider MA. mpMRI interpretation in active surveillance for prostate cancer—an overview of the PRECISE score[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2023, 48 (7): 2449–2455.
- [13] 王希明, 包婕, 胡春洪, 等. MRI-经直肠超声融合靶向穿刺对有临床意义前列腺癌的检出价值[J]. *中华放射学杂志*, 2020, 54 (3): 215–220.
- [14] 姜静, 王路瑶, 李秀桥, 等. 前列腺癌诊断中多指数磁共振(mpMRI)与经直肠超声(TRUS)图像融合靶向穿刺的应用价值[J]. *现代医用影像学*, 2021, 30 (10): 1937–1939, 1964.
- [15] 李彬, 张强, 刘成军, 等. MRI-超声认知融合在前列腺靶向穿刺活检中的应用价值[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21 (9): 137–139.

(收稿日期: 2024-08-30)

(校对编辑: 赵望淇)