



· 论 著 ·

经直肠超声融合mpMRI导航联合弹性超声引导前列腺靶向穿刺活检的价值

李安域¹, 朱 正¹, 马 麒²

1. 苏州大学附属太仓市第一人民医院超声科, 江苏 苏州 215400 ;
2. 苏州大学附属第二医院超声科, 江苏 苏州 215004

[摘要] 目的: 探讨经直肠超声 (transrectal ultrasound, TRUS) 融合多参数磁共振成像 (multiparameter magnetic resonance imaging, mpMRI) 导航联合应变弹性成像 (strain elastography, SE) 引导前列腺穿刺活检用于前列腺癌诊断的价值。方法: 回顾并分析2022年1月1日—2024年4月1日苏州大学附属第二医院怀疑为前列腺癌的患者资料, 所有患者均行mpMRI、SE及TRUS检查, 确定前列腺癌可疑病灶后进行前列腺10针系统性穿刺活检及mpMRI-TRUS图像软件融合引导下的靶向穿刺活检, 探讨单独或联合使用不同穿刺活检方式对前列腺癌的诊断价值。结果: 纳入的66例疑诊前列腺癌的患者总共96处可疑病灶, 其中系统穿刺法阳性检出率为63.64%。mpMRI组诊断准确度为71.88%, SE组准确度为66.67%, TRUS组准确度为60.42%, mpMRI融合导航联合SE成像组准确度为86.46%, 强于单一方法组。采用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线对SE、mpMRI以及联合成像的诊断效能进行比较, 结果显示联合成像组曲线下面积 (area under curve, AUC) 为0.717, 高于SE、mpMRI组, 差异有统计学意义。联合成像组灵敏度、阴性预测值分别为94.03%、69.23%。系统性穿刺活检共穿刺660针, 单针阳性率为27.73%, 联合成像组共穿刺200针, 单针阳性率为81.50%, 差异有统计学意义 ($P < 0.001$)。结论: TRUS融合mpMRI导航联合SE引导前列腺靶向穿刺活检相较于单一穿刺活检方法能明显提高前列腺癌的检出率, 并可减少穿刺针数, 对前列腺癌的检出有较高的临床应用价值。

[关键词] 前列腺癌; 经直肠超声; 超声弹性成像; 磁共振成像; 前列腺穿刺活检

中图分类号: R737.25; R445.1; R445.2 文献标志码: A

DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2025.04.008

基金项目: 无。

利益冲突: 作者声明无利益冲突。

伦理批件: 2023-ky-047及JD-LK2025028-IR01。

知情同意: 有。

引用本文: 李安域, 朱 正, 马 麒. 经直肠超声融合mpMRI导航联合弹性超声引导前列腺靶向穿刺活检的价值 [J]. 肿瘤影像学, 2025, 34(4): 371-378.

Funding: no.

Conflicts of interest: authors declare no conflicts of interest.

Ethical approval: 2023-ky-047, JD-LK2025028-IR01.

Informed consent: available.

Cite this article: LI A Y, ZHU Z, MA Q. The value of transrectal ultrasound fusion with mpMRI navigation combined with elastography-guided targeted prostate biopsy [J]. Oncoradiology, 2025, 34(4): 371-378.

The value of transrectal ultrasound fusion with mpMRI navigation combined with elastography-guided targeted prostate biopsy LI Anyu¹, ZHU Zheng¹, MA Qi² (1. Department of Ultrasound, Soochow University Affiliated Taicang First People's Hospital, Suzhou 215400, Jiangsu Province, China; 2. Department of Ultrasound, The Second Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215004, Jiangsu Province, China)

Correspondence to: ZHU Zheng E-mail: zhuzheng751213@163.com

[Abstract] **Objective:** To evaluate the diagnostic efficacy of multiparameter magnetic resonance imaging (mpMRI) fusion with transrectal ultrasound (TRUS) navigation combined with strain elastography (SE) guided prostate biopsy for the detection of prostate cancer. **Methods:** From January 1, 2022 to April 1, 2024, patients with suspected prostate cancer were collected and analyzed in

the Second Affiliated Hospital of Soochow University. All patients underwent mpMRI, SE, and TRUS examinations. Following the identification of suspected prostate cancer lesions, both a standard prostate biopsy consisting of ten systematic needle punctures and a targeted biopsy guided by fusion software combining mpMRI-TRUS images were performed. The diagnostic efficacy of each individual biopsy method as well as their combined application in differentiating benign from malignant prostate lesions was evaluated. **Results:** A total of 96 suspected lesions were identified in 66 patients suspected of prostate cancer. The positive rate of systematic puncture was found to be 63.64%. The accuracy of the mpMRI group was determined to be 71.88%, while the SE group had an accuracy rate of 66.67%. In comparison, the TRUS group showed an accuracy rate of 60.42%. However, when combining mpMRI fusion navigation with SE imaging, a higher accuracy rate of 86.46% was achieved. Comparative analysis of the diagnostic performance among SE, mpMRI, and combined imaging using receiver operating characteristic (ROC) curve analysis showed that the area under the curve (AUC) for the combined imaging group was 0.717, which was higher than that of the SE and mpMRI groups. The difference was statistically significant. Furthermore, in terms of sensitivity and negative predictive value (NPV), the combined imaging group exhibited values at 94.03% and 69.23%, respectively. In systemic biopsy, a total number of 660 needles were punctured resulting in a single needle positive rate at 27.73%. Conversely, within the combined imaging group where a total number of only 200 needles were used for puncture procedures, there was a significantly higher single needle positive rate recorded at 81.50% ($P < 0.001$). **Conclusion:** Targeted prostate biopsy guided by TRUS-fused mpMRI combined with SE demonstrates a significantly higher prostate cancer detection rate compared to conventional biopsy techniques, while simultaneously reducing the number of biopsy cores required. This approach offers notable clinical value in the diagnosis of prostate cancer.

[**Key words**] Prostate cancer; Transrectal ultrasound; Ultrasound elastography; Magnetic resonance imaging; Prostate biopsy

近年来, 中国前列腺癌的发病率持续上升, 发病人数和死亡人数分别占全球的8.2%和13.6%^[1], 因此, 及时且准确地诊断出前列腺癌对于患者的治疗以及临床决策而言非常关键。目前, 多参数磁共振成像 (multiparameter magnetic resonance imaging, mpMRI) 及经直肠超声 (transrectal ultrasound, TRUS) 是前列腺癌重要的影像学检查方法。然而, MRI检查存在一定的假阴性率, TRUS对于早期前列腺癌的显示能力有限。因此, 集TRUS灵活性以及mpMRI精准性于一体的mpMRI-TRUS融合导航应运而生。通过软件将mpMRI影像和TRUS影像匹配融合, 可提高前列腺穿刺活检的单针灵敏度和特异度^[2]。但mpMRI-TRUS图像融合匹配时会产生误差, 可能导致穿刺的失败^[3]。另一方面, 应变弹性成像技术 (strain elastography, SE) 利用弹性与生物力学作用, 获取组织定量弹性值, 可找出可疑病灶, 从而实现前列腺癌病灶组织的靶向活检^[4]。两者综合运用有望提高前列腺癌的检出率及诊断的准确度, 因此, 本研究将探索mpMRI-TRUS融合导航与SE两种方法联合引导在前列腺穿刺活检中的价值。

1 资料和方法

1.1 研究对象

回顾并分析2022年1月1日—2024年4月1日苏州大学附属第二医院临床表现或实验室数据怀疑为前列腺癌的患者资料。纳入标准: ① 临床可疑前列腺癌, 即穿刺前前列腺特异性抗原 (prostate specific antigen, PSA) $> 4 \sim 10$ ng/mL或直肠指诊前列腺表面触及结节; ② 患者接受前列腺mpMRI及SE检查, 接受mpMRI-TRUS融合导航引导下前列腺穿刺活检及系统活检。③ 无放疗、化疗、内分泌治疗史。排除标准: ① mpMRI或SE提示前列腺癌已侵犯至前列腺包膜外或弥漫性前列腺癌; ② 患者所需临床及影像学信息不完整。所有患者穿刺前根据《前列腺穿刺中国专家共识》^[5]明确穿刺指征并排除禁忌证。本研究获得太仓市第一人民医院及苏州大学附属第二医院伦理委员会批准, 审批号: 伦研批第2023-ky-047号及JD-LK2025028-IR01, 所有参加本研究的患者均已签署知情同意书。

1.2 仪器与方法

穿刺前采用荷兰Philips公司的Ingenia 3.0 T

磁共振扫描仪，对患者进行盆腔扫描，所有mpMRI图像均包括T1加权成像（T1-weighted imaging, T1WI）、T2加权成像（T2-weighted imaging, T2WI）、弥散加权成像（diffusion-weighted imaging, DWI）以及动态对比度增强成像。图像分析由2名具有8年以上经验的副高级职称放射科医师独立完成，若有可疑病灶，依据前列腺影像报告和数据系统（Prostate Imaging Reporting and Data System, PI-RADS）2.1版本标准进行评分并记录，PI-RADS评分 >3 则为阳性^[6]。

TRUS相关诊断以及融合导航采用意大利Esaote公司的MyLab Twice超声诊断仪，配有MRI-TRUS图像融合软件Virtual Navigatoro，配备EC-123腔内端射式探头（频率3~9 MHz）以及专用穿刺引导架。穿刺前嘱患者排空直肠及膀胱，取左侧胸膝卧位，暴露肛门。将超声探头置入患者直肠内，通过灰阶超声测量前列腺体积，同时观察前列腺的形态、实质回声、包膜及内部血流等情况，记录异常征象。随后切换至SE模式，固定探头位置，规律按压前列腺组织1~2次/s，当取样框内图像保持稳定后计算病灶弹性应变率比值（strain ratio, SR），高于临界值2.0的评估为恶性。

1.3 TRUS引导下穿刺活检

穿刺前患者取左侧卧位，选择经直肠穿刺方法，穿刺前将MRI图像数据导入MyLab Twice超声诊断仪主机内，将磁场发生器置于穿刺床旁，采用Urology预设条件，借助尿道内口等解剖标记将MRI图像叠加到TRUS图像上，完成图像配准并标记目标病灶，在实时mpMRI-TRUS融合导航引导下使用美国Bard公司MN1820 18 G活检针依次对MRI病灶行2~3针靶向穿刺，然后行10针系统穿刺。穿刺过程由1名具备5年以上TRUS经验的超声科医师与1名泌尿外科医师配合完成。取得标本固定后记录活检部位，送病理科进行病理学检查。根据国际泌尿外科病理学会前列腺癌Gleason分级共识对本标本进行评分，Gleason ≥ 7 分为有临床意义的前列腺癌^[7]。

1.4 统计学处理

采用SPSS 26统计学软件对数据进行分析。对符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示，采用独立样本 t 检验，不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示。计数资料以 $n(\%)$ 表示，对于不同穿刺方式的组间数据比较用 χ^2 检验或Fisher精确概率法进行显著性检验。诊断性实验绘制受试者工作特征（receiver operating characteristic, ROC）曲线，采用曲线下面积（area under curve, AUC）来比较各穿刺方式对前列腺癌的诊断价值。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料及TRUS、SE、mpMRI结果

本研究共纳入患者66例，共96个可疑病灶（图1），患者年龄、血清PSA、前列腺体积、TRUS表现、SE表现、PI-RADS评分见表1。

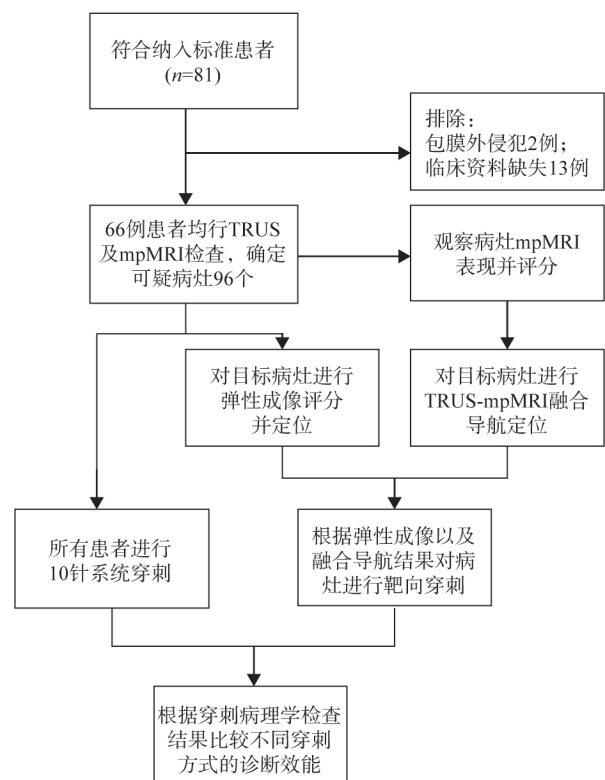


图1 研究设计流程图

Fig.1 Flow chart of the study design

表1 一般资料与TRUS、SE及mpMRI结果

Tab.1 General information and results of TRUS, SE, and mpMRI

特征	数值
年龄/岁	73 (68, 79)
PSA/ (ng·mL ⁻¹)	16.92 (7.23, 18.45)
前列腺体积/mL	58.34 (41.18, 70.55)
TRUS表现异常	37 (38.54)
SE评分异常	53 (55.21)
PI-RADS评分	
≤3	20 (20.83)
4	51 (53.13)
5	25 (26.04)

2.2 病理学检查结果

本研究66例疑似前列腺癌患者, 病理学检查确诊前列腺癌51例; 66例疑似前列腺癌患者共进行862针穿刺活检, 结果良性565针 (66.5%); 恶性297针 (34.5%), Gleason评分最低6分 (3+3), 最高10分 (5+5)。

2.3 系统穿刺法与靶向穿刺法的前列腺癌检出率比较

系统穿刺组检测出经病理学检查确诊的前列腺癌患者共42例, 靶向穿刺组检测出经病理学检查确诊的前列腺癌患者共46例, 靶向联合系统穿刺法检测出经病理学检查确诊的前列腺癌患者共48例, 系统穿刺法检出率为63.64% (42/66), 靶向穿刺法检出率为69.70% (46/66), 差异有统计学意义 ($\chi^2=14.72, P<0.01$, 表2)。

表2 系统穿刺法与靶向穿刺法的前列腺癌检出率比较

Tab.2 Comparison of PCa detection rates between systematic biopsy and targeted biopsy

穿刺方法	穿刺活检结果	
	恶性	良性
靶向穿刺法	46	20
系统穿刺法	42	24
靶向联合系统穿刺法	48	18

2.4 mpMRI、TRUS及SE的诊断效能

根据mpMRI、SE及TRUS影像学特征, 分为mpMRI阳性组、SE阳性组及TRUS阳性组 (图2)。

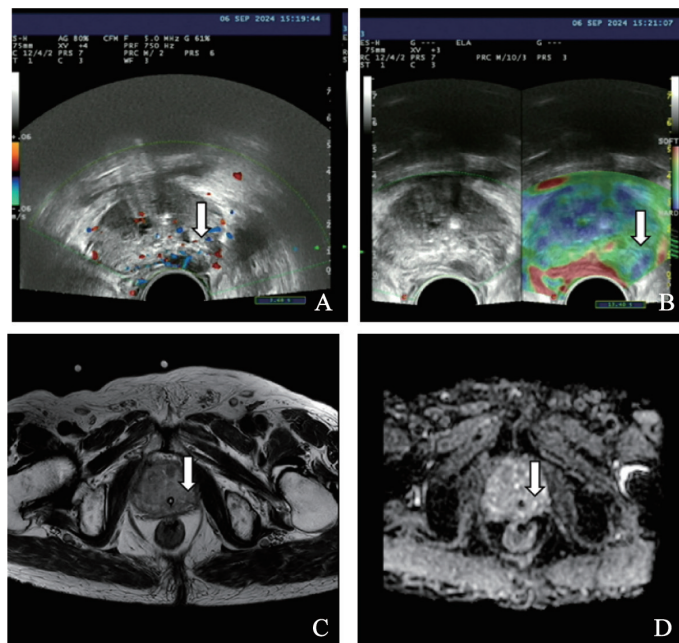


图2 前列腺癌病灶在不同影像学检查方式中的定位定性表现

Fig.2 Imaging features of prostate cancer lesions across different imaging modalities

A: 前列腺底-尖部左侧外腺横切面约3~6点钟方向可见一个低回声, 前列腺包膜完整, 大小约30 mm × 23 mm × 12 mm, 形状呈结节状, 分布欠均质, 边界尚清晰, 内部见散在红蓝色点状血流信号; B: 靶向区域SE显示病灶呈不对称、局灶性无应变 (蓝色区域完全覆盖整个病变, 甚至超出病变); C、D: mpMRI提示外周带左侧份见结节状T2WI/ADC低、DWI高稍低信号灶, 长径15 mm, 部分外凸。前列腺外周带左侧份结节灶 (PI-RADS 4)。病理学检查结果为前列腺腺泡腺癌, Gleason分级评分: 4+3=7。

mpMRI阳性组疑诊的前列腺癌病灶76个，经靶向穿刺活检证实为前列腺癌共58个，mpMRI对前列腺癌诊断的灵敏度、特异度及准确度分别为86.57%、37.93%及71.88%；TRUS阳性组疑诊的前列腺癌病灶为37个，经病理学检查证实为前列腺癌共33个，TRUS对前列腺癌诊断的灵敏度、特异度及准确度分别为49.25%、86.21%及60.42%；SE阳性组疑诊的前列腺癌病灶为53个，经病理学检查证实为前列腺癌共44个，SE对前列腺癌诊断的灵敏度、特异度及准确度分别为65.67%、68.96%及66.67%（表3）。

表3 mpMRI、TRUS、SE组穿刺活检结果

Tab.3 mpMRI, TRUS, SE group benign and malignant results, and biopsy results

检查方法	分组	穿刺活检结果		准确度/%
		恶性 (n=67)	良性 (n=29)	
mpMRI	恶性 (n=76)	58	18	71.88
	良性 (n=20)	9	11	
TRUS	恶性 (n=37)	33	4	60.42
	良性 (n=59)	34	25	
SE	恶性 (n=53)	44	9	66.67
	良性 (n=43)	23	20	

2.5 mpMRI-TRUS融合导航联合SE的诊断效能

mpMRI-TRUS融合导航联合SE组疑诊的前列腺癌病灶为83个，经病理学检查证实为前列腺癌共63个，mpMRI-TRUS融合导航联合SE对前列腺癌诊断的灵敏度、特异度及准确度分别为94.03%、31.03%及86.46%（表4）。

表4 联合成像穿刺活检结果

Tab.4 Biopsy results of combined imaging

联合成像	穿刺活检结果	
	恶性 (n=67)	良性 (n=29)
恶性 (n=83)	63	20
良性 (n=13)	4	9

2.6 SE、mpMRI和联合成像对前列腺癌诊断价值的比较

对SE、mpMRI以及联合成像3种检查方法

相互比较，ROC曲线分析结果显示，联合成像组AUC为0.717，高于SE、mpMRI组，差异有统计学意义（ $Z=2.11, P=0.035$ ； $Z=2.02, P=0.043$ ）。联合成像组灵敏度、阴性预测值均较高，分别为94.03%、69.23%，高于各单一方法（表5，图3）。

表5 各穿刺方法诊断效能比较

Tab.5 Comparison of diagnostic performance among different biopsy methods

方法	灵敏度 /%	特异度 /%	阳性预测值/%	阴性预测值/%	AUC (95% CI)
SE	65.67	68.96	83.02	46.51	0.673 (0.555~0.791)
mpMRI	86.57	37.93	76.32	55.00	0.622 (0.494~0.751)
两者联合	94.03	31.03	75.90	69.23	0.717 (0.601~0.833)

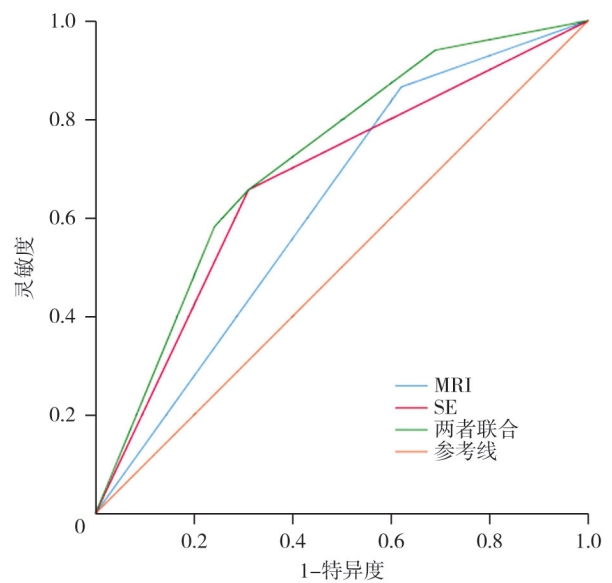


图3 SE、mpMRI以及联合成像3种检查方法的ROC曲线

Fig.3 ROC curves of SE, mpMRI, and combined imaging modalities

2.7 各穿刺方法穿刺针数、阳性针数及针数阳性率比较

根据不同的穿刺方式，将患者分为mpMRI-TRUS融合导航组、SE组、联合成像组及系统穿刺组。

66例患者总共穿刺862针，其中mpMRI组穿刺182针，单针阳性率为69.23%，SE组共穿刺120

针, 单针阳性率为76.67%, 联合成像组共穿刺200针, 单针阳性率为81.50%, 系统性穿刺活检共穿刺660针, 单针阳性率为27.73%, 两者差异有统计学意义 ($\chi^2=184.57$, $P<0.01$, 表6)。

表6 不同穿刺方式的总穿刺针数、阳性针数及阳性率比较

Tab.6 Comparison of total biopsy cores, positive cores, and positive rate among different biopsy methods

穿刺方式	总穿刺针数	阳性针数	阳性率/%
mpMRI	182	126	69.23
联合成像	200	163	81.50
系统穿刺	660	183	27.73

3 讨 论

前列腺癌主要影响老年男性, 全球每年近36万男性因此死亡, 是仅次于肺癌的第二大癌症死亡原因^[8]。由于前列腺癌早期临床征象较为隐匿, 因此能否早期明确诊断与患者预后密切相关。目前临床仍将TRUS引导前列腺穿刺活检视为前列腺癌诊断的“金标准”, 但由于前列腺癌的超声声像图具有多样性, 与前列腺增生等良性疾病的鉴别存在困难, 可能导致肿瘤漏检、过度诊断及过度治疗^[9]。此外, 前列腺穿刺还会引起血精(62%)、血尿(61%)、短期疼痛(38%)和直肠出血(25%)等并发症^[10]。因此, 提高无创性检查方式的检出率与准确度, 对减少有创穿刺针数具有重要意义。而MRI扫查在软组织病变的诊断方面相较于TRUS有较高的分辨率, 其中mpMRI检测前列腺癌的灵敏度可达85%~90%, 特异度可达88%~100%^[11-12]。mpMRI引导下的穿刺活检在前列腺癌诊断中具有更高的准确度, 但由于其操作复杂和检查费用较高, 通常不作为首选的检查方式。近年来, TRUS实时弹性成像已成为前列腺癌相关影像学诊断的研究热点。Aboumarzouk等^[13]的研究显示, 弹性成像的诊断灵敏度为26%~87%, 特异度为17%~76%; 而Zhang等^[14]的研究则表明, 弹性成像可作为区分前列腺良恶

性结节的辅助诊断工具, 其灵敏度为66%~88%, 特异度为60%~92%。综上所述, TRUS、SE、MRI三者各具特点且可相互补充, 在诊断前列腺癌中均具有重要价值。

因前列腺癌较良性前列腺增生更好发于前列腺外腺区, 其中位于外周带的前列腺癌可高达70%^[15]。而TRUS较传统经腹超声距前列腺更贴近, 所以可更好地分辨前列腺的解剖结构, 从而更早发现外腺区结节以及内外腺分界不清等前列腺癌特征性表现, 但是其超声图像在分辨前列腺癌良恶性的特征上仍有重叠, 如82.0%的前列腺癌患者的超声声像图表现为低回声结节, 难以与增生结节进行辨别^[16]。此外, 前列腺癌的显著特征之一是腺体内微血管数量的增多^[17], 但传统的TRUS在显示这些微血管方面的效果较为有限, 因此其在前列腺癌诊断中的灵敏度和准确度均不甚理想^[18]。本研究通过对患者前列腺TRUS的影像学征象进行分析, 将具有 ≥ 3 个异常特征的结节视为阳性, 此方法对前列腺癌的诊断灵敏度为49.25%, 特异度为86.21%, 准确度为60.42%, 特异度较高, 但灵敏度不高, 出现了较多假阴性结果, 与既往研究^[19]基本相符。

大部分前列腺癌组织较正常前列腺组织的硬度更高^[20]。SE正是通过比较前列腺内不同组织的硬度差异来诊断与定位前列腺癌病灶, 从而提供比直肠指诊更加客观的病理学变化信息。在一项涵盖1 568例患者的研究^[21]中, 与传统的系统穿刺活检结果对比, SE诊断前列腺癌的特异度可达85%, 灵敏度为87%。赵云鹏等^[22]的一项多模态TRUS研究显示, 采用应变弹性5分法 > 2 分时, SE诊断前列腺癌的灵敏度为74.6%、特异度为67.5%, 提示弹性评分结合其他超声参数可优化诊断效能。而在本研究中, SE对前列腺癌的诊断灵敏度为65.67%, 特异度为68.96%, 准确度为66.67%, 与其他研究结果略有差距, 可能是由于探头下组织受力不均, 以及病灶内或周围的钙化对弹性成像模式的干扰所致。

mpMRI的高分辨率以及多序列联合扫查技术使其在前列腺癌病灶识别上具有独特优势。随

着mpMRI技术的发展,基于此技术的靶向穿刺方式应运而生,Wegelin等^[23]进行的包含43项研究的meta分析提出,尽管MRI靶向活检与系统活检在整体前列腺癌检测上差异不显著,但在临床显著性前列腺癌检测中,靶向活检的灵敏度更高。同样,本研究使用基于软件的mpMRI-TRUS图像融合导航靶向活检的价值目前已经得到学术界认可。Pinto等^[24]的研究显示,将mpMRI-TRUS融合成像靶向穿刺与系统穿刺结合,前列腺癌的检出率可达到54.4%,其中靶向穿刺的阳性率(20.6%)明显高于系统穿刺(11.7%)。此外,还有学者^[25]提出,在前列腺癌的检出上,mpMRI-TRUS融合成像目标穿刺可能取代传统的12针系统穿刺。本研究中,mpMRI-TRUS组在前列腺癌诊断上的灵敏度为86.57%,准确度为71.88%,高于SE组及TRUS组;同时,其单针阳性率为69.23%,远高于系统穿刺的27.73%。显示出了mpMRI-TRUS融合成像靶向穿刺在引导前列腺穿刺活检中的明显优势。

不同技术综合运用能显著提高疾病诊断的准确度^[26-28]。本研究通过将SE、超声技术与mpMRI-TRUS图像软件融合导航相结合,联合应用的灵敏度为94.03%,特异度为31.03%,准确度为86.46%。同时表现出较高的单针阳性率(81.50%)和AUC(0.717)。这些指标均高于单独的系统穿刺、mpMRI-TRUS融合导航及SE等方法,能更有效地诊断前列腺癌。

本研究作为一项回顾性研究,存在一定的局限性。首先,本研究样本量相对较小,可能导致该研究结果的广泛适用性不足。其次,本研究中弹性成像诊断结果的准确度依赖于操作人员的经验,故存在一定的主观性,可能会对病灶的诊断及定位产生影响从而造成误差。

综上所述,本研究的结果表明,相比于单独使用TRUS、SE、mpMRI及系统穿刺法,TRUS融合mpMRI导航联合SE引导前列腺靶向穿刺活检显示出更高的前列腺癌检出率以及单针阳性率,减少了所需穿刺针数,从而可进一步降低患者的并发症风险。联合成像方式在诊断前列腺癌

方面的价值高于单独的SE或mpMRI,对于指导前列腺穿刺活检具有重要的临床意义。

第一作者:

李安域(ORCID: 0000-0002-3291-0733), 硕士。

通信作者:

朱正(ORCID: 0009-0004-4286-6221), 硕士, 主任医师,
E-mail: zhuzheng751213@163.com

作者贡献声明:

李安域: 文章撰写, 文献检索, 数据统计分析。朱正: 选题, 审校。马麒: 穿刺操作, 数据资料收集、整理。

[参 考 文 献]

- [1] 邱海波, 曹素梅, 徐瑞华. 基于2020年全球流行病学数据分析中国癌症发病率、死亡率和负担的时间趋势及与美国和英国数据的比较[J]. 癌症, 2022, 41(4): 165-177.
QIU H B, CAO S M, XU R H. Based on the global epidemiological data in 2020, the temporal trend of cancer incidence, mortality and burden in China was analyzed and compared with the data in the United States and Britain [J]. Chin J Cancer, 2022, 41(4): 165-177.
- [2] GAYET M, VAN DER AA A, BEERLAGE H P, et al. The value of magnetic resonance imaging and ultrasonography (MRI/US)-fusion biopsy platforms in prostate cancer detection: a systematic review [J]. BJU Int, 2016, 117(3): 392-400.
- [3] CASH H, GÜNZEL K, MAXEINER A, et al. Prostate cancer detection on transrectal ultrasonography-guided random biopsy despite negative real-time magnetic resonance imaging/ultrasonography fusion-guided targeted biopsy: reasons for targeted biopsy failure [J]. BJU Int, 2016, 118(1): 35-43.
- [4] KROUSKOP T A, WHEELER T M, KALLEL F, et al. Elastic moduli of breast and prostate tissues under compression [J]. Ultrason Imaging, 1998, 20(4): 260-274.
- [5] 傅强, 韩邦旻, 刘振湘, 等. 前列腺穿刺活检专家共识[J]. 中华男科学杂志, 2022, 28(5): 462-470.
FU Q, HAN B M, LIU Z X, et al. Expert consensus on prostate biopsy [J]. Natl J Androl, 2022, 28(5): 462-470.
- [6] TURKBEY B, ROSENKRANTZ A B, HAIDER M A, 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.
- [7] EPSTEIN J I, EGEVAD L, AMIN M B, et al. The 2014 International Society of Urological Pathology (ISUP) consensus conference on gleason grading of prostatic carcinoma: definition of grading patterns and proposal for a new grading system [J]. Am J Surg Pathol, 2016, 40(2): 244-252.
- [8] MOTTET N, VAN DEN BERGH R C N, BRIERS E, et al. EAU-EANM-ESTRO-ESUR-SIOG guidelines on prostate cancer-2020 update. Part 1: screening, diagnosis, and local treatment with curative intent [J]. Eur Urol, 2021, 79(2): 243-262.

- [9] DIAS A B, O'BRIEN C, CORREAS J M, et al. Multiparametric ultrasound and micro-ultrasound in prostate cancer: a comprehensive review [J] . Br J Radiol, 2022, 95(1131): 20210633.
- [10] BARRY M J, SIMMONS L H. Prevention of prostate cancer morbidity and mortality: primary prevention and early detection [J] . Med Clin North Am, 2017, 101(4): 787-806.
- [11] JOHNSON L M, TURKB EY B, FIGG W D, et al. Multiparametric MRI in prostate cancer management [J] . Nat Rev Clin Oncol, 2014, 11(6): 346-353.
- [12] OBERNEDER M, HENZLER T, KRIEGMAIR M, et al. Prediction of clinically significant prostate cancer using multiparametric MRI, biparametric MRI, and clinical parameters [J] . Urol Int, 2025, 109(1): 26-33.
- [13] ABOUMARZOUK O M, OGSTON S, HUANG Z H, et al. Diagnostic accuracy of transrectal elastosonography (TRES) imaging for the diagnosis of prostate cancer: a systematic review and meta-analysis [J] . BJU Int, 2012, 110(10): 1414-1423;discussion1423.
- [14] ZHANG B L, MA X L, ZHAN W L, et al. Real-time elastography in the diagnosis of patients suspected of having prostate cancer: a meta-analysis [J] . Ultrasound Med Biol, 2014, 40(7): 1400-1407.
- [15] MCNEAL J E, REDWINE E A, FREIHA F S, et al. Zonal distribution of prostatic adenocarcinoma. Correlation with histologic pattern and direction of spread [J] . Am J Surg Pathol, 1988, 12(12): 897-906.
- [16] 红 华, 吴国柱, 郭瑞强. 经直肠超声造影参数及临床资料预测前列腺癌的多因素分析 [J] . 中华超声影像学杂志, 2018(2): 155-159.
HONG H, WU G Z, GUO R Q. Multivariate analysis of prediction prostate cancer based on the contrast-enhanced transrectal ultrasonography and clinical data [J] . Chin J Ultrason, 2018(2): 155-159.
- [17] 张明博, 罗渝昆, 张 艳, 等. 经直肠多模态超声影像评分系统诊断前列腺癌的临床研究 [J] . 中华医学超声杂志 (电子版), 2019, 16(1): 66-71.
ZHANG M B, LUO Y K, ZHANG Y, et al. The clinical study of multi-mode trans-rectal ultrasonic imaging scoring system in the diagnosis of prostate cancer [J] . Chin J Med Ultrasound Electron Ed, 2019, 16(1): 66-71.
- [18] 赵云歆, 江 怡, 姚 敏, 等. 前列腺癌超声造影低增强结节的病理学基础探索 [J] . 肿瘤影像学, 2018, 27(5): 382-386.
ZHAO Y X, JIANG Y, YAO M, et al. Pathological basis of low-enhancement nodules of prostate cancer on contrast-enhanced ultrasound [J] . Oncoradiology, 2018, 27(5): 382-386.
- [19] JAWLI A, NABI G, HUANG Z H. The performance of different parametric ultrasounds in prostate cancer diagnosis: correlation with radical prostatectomy specimens [J] . Cancers (Basel), 2024, 16(8): 1502.
- [20] GOOD D W, STEWART G D, HAMMER S, et al. Elasticity as a biomarker for prostate cancer: a systematic review [J] . BJU Int, 2014, 113(4): 523-534.
- [21] ANBARASAN T, WEI C, BAMBER J C, et al. Characterisation of prostate lesions using transrectal shear wave elastography (SWE) ultrasound imaging: a systematic review [J] . Cancers (Basel), 2021, 13(1): 122.
- [22] 赵云鹏, 马振县, 王 臻, 等. 多模态超声鉴别前列腺良恶性病变的诊断价值 [J] . 肿瘤影像学, 2023, 32(6): 525-530.
ZHAO Y P, MA Z X, WANG Z, et al. Diagnostic value of benign and malignant prostate lesions of multimodal ultrasonography [J] . Oncoradiology, 2023, 32(6): 525-530.
- [23] WEGELIN O, VAN MELICK H H E, HOOFT L, et al. Comparing three different techniques for magnetic resonance imaging-targeted prostate biopsies: a systematic review of in-bore versus magnetic resonance imaging-transrectal ultrasound fusion versus cognitive registration. is there a preferred technique? [J] . Eur Urol, 2017, 71(4): 517-531.
- [24] PINTO P A, CHUNG P H, RASTINEHAD A R, et al. Magnetic resonance imaging/ultrasound fusion guided prostate biopsy improves cancer detection following transrectal ultrasound biopsy and correlates with multiparametric magnetic resonance imaging [J] . J Urol, 2011, 186(4): 1281-1285.
- [25] BAGO E, RUDE E, ERI L M, et al. A randomized controlled trial to assess and compare the outcomes of two-core prostate biopsy guided by fused magnetic resonance and transrectal ultrasound images and traditional 12-core systematic biopsy [J] . Eur Urol, 2016, 69(1): 149-156.
- [26] 杨敬春, 常 莹, 王 萍. 多模态经直肠超声检查在前列腺穿刺活检中的临床应用 [J] . 中华医学超声杂志 (电子版), 2015, 12(1): 50-55.
YANG J C, CHANG Y, WANG P. Value of multi-modal guided transrectal ultrasonography prostate biopsies in improving prostate cancer detection [J] . Chin J Med Ultrasound Electron Ed, 2015, 12(1): 50-55.
- [27] 周柱玉, 李 金, 郑 红, 等. 多模态经直肠超声与MRI诊断前列腺癌的对比如分析 [J] . 临床泌尿外科杂志, 2020, 35(10): 795-799.
ZHOU Z Y, LI J, ZHENG H, et al. Comparative analysis between multi-model TRUS and MRI on detection of prostate carcinoma [J] . J Clin Urol, 2020, 35(10): 795-799.
- [28] 王佳讯, 汤 庆, 汤佳馨, 等. 多模态超声联合靶向引导穿刺活检可疑前列腺癌的应用价值 [J] . 影像诊断与介入放射学, 2018, 27(2): 91-95.
WANG J X, TANG Q, TANG J X, et al. Targeted puncture biopsy guided by multiple ultrasound imaging modalities in the diagnosis of early prostate cancer [J] . Diagn Imag Interv Radiol, 2018, 27(2): 91-95.