

# 多模态经直肠超声引导经会阴前列腺靶向穿刺活检的研究进展

黄秀荫<sup>1</sup> 李云杉<sup>1</sup> 陈浩易<sup>1</sup> 银航菲<sup>1</sup> 张步林<sup>2</sup> (通讯作者)

1.右江民族医学院研究生学院 广西 百色 533000

2.柳州市人民医院超声医学科 广西 柳州 545006

**【摘要】**：前列腺癌（PCa）是男性泌尿系统最常见的恶性肿瘤之一，近年来发病率和死亡率持续上升。传统经直肠超声引导下的系统性活检虽然操作成熟，但存在漏诊前列腺前部及尖部病灶、病理分级低估及感染并发症较高等局限。近年来，随着多模态影像技术的发展，基于经直肠超声的多模态影像引导经会阴前列腺靶向穿刺活检逐渐成为精准诊断 PCa 尤其是临床显著前列腺癌（csPCa）的重要手段。该方法综合利用灰阶超声、弹性成像、微超声、超声造影、多参数磁共振成像与人工智能辅助分析，实现病灶的精准定位与实时导航，有效提高靶向命中率、降低感染风险，并优化病理风险分层。本文综述了多模态经直肠超声引导经会阴前列腺靶向穿刺的技术基础、临床应用价值、存在问题及发展趋势，旨在为 PCa 的精准诊断和个体化治疗提供参考。

**【关键词】**：前列腺癌；经直肠超声；多模态超声；靶向活检；人工智能

DOI:10.12417/2811-051X.26.07.066

## 1 引言

前列腺癌（prostate cancer, PCa）是男性泌尿系统最常见的恶性肿瘤之一，近年来其发病率和死亡率持续上升，已成为威胁男性健康的重要疾病<sup>[1,2]</sup>。随着前列腺特异抗原筛查的普及以及影像学技术的进步，PCa 的早期发现能力明显提高，但与此同时，如何在提高诊断敏感性的基础上进一步提升临床显著前列腺癌（clinically significant prostate cancer, csPCa）的检出率、减少对临床意义较小病变的过度诊断，也逐渐成为 PCa 精准诊疗中的关键问题<sup>[3,4]</sup>。目前，前列腺穿刺活检仍然是确诊 PCa 的金标准，但传统经直肠超声引导下系统性活检本质上属于随机取样，存在漏诊前列腺前部及尖部病灶、低估病理分级以及感染并发症较高等不足<sup>[5,6]</sup>。

近年来，前列腺活检方式由“系统性取样”向“影像引导下精准取样”转变。多参数磁共振成像的广泛应用显著提高了前列腺可疑病灶的术前定位能力，也推动了靶向活检的快速发展<sup>[5,7,8]</sup>。与此同时，经会阴活检由于避开直肠黏膜和肠道菌群，感染率显著降低，并且对前列腺前部、腹侧及尖部病灶覆盖更充分，因此逐渐成为当前前列腺活检的重要发展方向<sup>[9,10]</sup>。在这一背景下，经直肠超声凭借实时、便捷和操作成熟的特点，仍是活检过程中最重要的实时引导平台。若将经直肠超声与多参数 MRI、微超声、超声造影、弹性成像及人工智能辅助识别等技术相结合，可在经会阴路径下实现病灶更精准的定位和取样，从而提高 PCa 特别是 csPCa 的诊断效能<sup>[11,12]</sup>。

因此，多模态经直肠超声引导经会阴前列腺靶向穿刺活检已成为当前 PCa 精准诊断的重要研究方向。本文围绕该技术的技术基础、临床价值、存在问题及发展趋势进行综述，以期

相关研究和临床应用提供参考。

## 2 多模态经直肠超声引导经会阴靶向穿刺的技术基础

### 2.1 经会阴路径的技术优势

传统前列腺活检主要经直肠途径完成，虽然操作成熟，但由于穿刺针经过直肠黏膜，感染和脓毒症风险始终是其临床局限之一<sup>[13,14]</sup>。经会阴路径则通过会阴部直接进入前列腺，可显著降低感染相关并发症，同时更有利于覆盖前列腺前部、尖部及腹侧区域，因此在当前前列腺活检体系中受到越来越多重视<sup>[15,16]</sup>。随着局麻经会阴活检技术不断成熟，该技术已逐步由麻醉条件下操作走向门诊化、规范化实施，临床可及性明显提高<sup>[17]</sup>。

### 2.2 经直肠超声的实时引导作用

尽管常规经直肠超声在 PCa 病灶直接显示方面不如多参数 MRI 敏感，但其在实时导航中的价值仍无可替代。经直肠超声可动态显示前列腺形态、穿刺针位置及针道深度，为经会阴路径下精准穿刺提供实时空间参考<sup>[18,19]</sup>。因此，在多模态引导体系中，经直肠超声的核心作用并不单纯在于识别病灶，而在于将术前或术中获得的多种影像信息转化为实际穿刺落点，是连接影像评估与介入操作的关键平台。

### 2.3 多参数 MRI 与经直肠超声融合技术

多参数 MRI 是当前 PCa 病灶术前定位最成熟的影像学手段。其通过 T2 加权成像、弥散加权成像和动态增强成像等序列，可较好识别前列腺内可疑病灶并完成 PI-RADS 风险分层，为前列腺靶向活检提供病灶定位依据<sup>[20]</sup>。在临床实践中，MRI 所提示的可疑病灶可通过认知融合或软件融合方式叠加到实时经直肠超声图像上，再由操作者在经会阴路径下完成精准取

样。这种 MRI/超声融合经会阴靶向穿刺兼顾了 MRI 定位准确和超声实时导航两方面优势,是目前证据最充分、应用最广泛的靶向活检方式之一<sup>[21,22]</sup>。

#### 2.4 微超声的实时病灶识别潜力

微超声是近年来前列腺影像领域发展较快的新技术。其采用更高频率探头,能够提供较常规经直肠超声更高的空间分辨率,从而在实时扫描中识别部分可疑病灶<sup>[23]</sup>。相较于“术前 MRI 定位+术中超声融合”的流程,微超声具有“实时识别—实时穿刺”的潜力。现有研究表明,微超声在 csPCa 检出方面与多参数 MRI 具有一定可比性,并可能在部分 MRI 阴性但临床仍高度怀疑 PCa 的患者中提供补充信息<sup>[23,24]</sup>。不过,微超声仍存在操作者依赖较强、判读体系需进一步统一等问题,因此目前更适合作为多参数 MRI 的重要补充,而非完全替代。

#### 2.5 超声造影的辅助作用

超声造影是近年来前列腺多模态超声成像的重要补充技术,其通过微泡造影剂反映前列腺组织的微循环灌注特征,从而提高异常血流区域的识别能力。PCa 组织常伴随肿瘤新生血管形成及局部灌注改变,因此超声造影可增强病灶可视化表现,为靶向穿刺提供附加信息<sup>[25,26]</sup>。与灰阶超声相比,其能够更直观地显示病灶的强化速度、程度及灌注分布差异,对灰阶表现不典型但血供异常的病灶具有提示价值。在多模态经直肠超声引导经会阴靶向穿刺中,超声造影主要用于辅助定位与优化靶区选择。一方面,对于 MRI 提示可疑但超声边界不清的病灶,可进一步缩小靶区范围,提高穿刺精准性;另一方面,在 MRI 资源不足或定位困难时,亦可作为重要补充,提高局灶异常区域的识别率<sup>[27,28]</sup>。但由于 PCa 血流表现存在异质性,并非所有 csPCa 均呈典型强化,因此超声造影目前仍以辅助应用为主,而非独立引导手段。

#### 2.6 弹性成像的辅助作用

弹性成像通过反映组织硬度差异识别可疑病灶。由于 PCa 组织在细胞密度、间质成分及结构排列上不同于正常前列腺,常表现为局部硬度增加,因此具备识别恶性病灶的理论基础<sup>[29]</sup>。目前常用方法包括应变弹性成像和剪切波弹性成像,均可在常规经直肠超声基础上提供额外力学信息,从而增强对可疑区域的判断能力。在经会阴靶向穿刺中,弹性成像可帮助发现灰阶超声下不易识别的硬结区域,并作为 MRI 或其他超声模式的补充参考。尤其在病灶边界不清、表现不典型或需进一步缩小靶区时具有一定价值<sup>[30]</sup>。但其结果易受探头压力、病灶位置、前列腺体积及操作者经验影响,稳定性和重复性仍有限。因此,弹性成像目前更适合作为多模态经直肠超声体系中的辅助工具,而非替代多参数 MRI 或融合靶向穿刺的主要依据。

#### 2.7 人工智能辅助下的多模态整合

人工智能技术正在推动前列腺靶向活检从经验驱动向数

据驱动转变。当前相关研究主要集中于前列腺轮廓自动勾画、MRI 病灶分割、超声异常区域识别、图像融合配准优化、穿刺路径规划及风险预测等方面<sup>[31]</sup>。人工智能有助于减少操作者差异,提高多模态图像的一致性和小病灶识别能力,并可能进一步提升经会阴靶向穿刺的标准化程度。虽然其临床应用尚处于持续发展阶段,但从技术趋势看,人工智能将成为多模态经直肠超声引导经会阴靶向穿刺的重要支撑手段。

### 3 多模态经直肠超声引导经会阴靶向穿刺的临床价值

多模态经直肠超声引导经会阴靶向穿刺的核心价值在于提高 csPCa 检出率。传统系统性活检因随机取样虽可覆盖全腺体,但对局灶性、小体积高分级及前列腺前部病灶识别不足。多模态影像可在术前或术中识别高风险区域,并结合经直肠超声实时引导与经会阴定点穿刺,提高靶区命中率及阳性针比例<sup>[32,33]</sup>。尤其适用于 PI-RADS 高分病灶、既往活检阴性但 PSA 持续升高者,以及主动监测或局灶治疗评估人群。

在安全性方面,经会阴路径较经直肠路径可显著降低发热、尿路感染及严重感染等并发症发生率<sup>[34]</sup>。在抗菌药物耐药问题日益突出的背景下更具优势。同时,多模态影像提高靶向性,有助于减少无效穿刺和重复活检,进一步改善患者体验及围术期安全性。

该技术还可提高病理风险分层的准确性。传统系统性活检易低估 Gleason 评分,而靶向活检通过精准获取最可疑病灶组织,可更真实反映肿瘤负荷和恶性程度,为主动监测、根治性及局灶治疗提供可靠依据<sup>[35,36]</sup>。经会阴路径在前部及尖部病灶取样方面的优势,使其更适用于局灶治疗评估。

对于重复活检人群,其补救诊断价值同样突出。既往系统性活检阴性不能完全排除 PCa,尤其前部及隐匿病灶常难以检出。结合多参数 MRI、微超声及多参数超声后,经会阴靶向穿刺可显著提高再次活检的阳性率<sup>[37,38]</sup>。因此,这一技术不仅适用于初次活检人群,也适用于高危但前次诊断未明患者。

### 4 存在的问题与发展趋势

尽管多模态经直肠超声引导经会阴前列腺靶向穿刺具有较高临床价值,但仍存在一些问题。首先,各中心在患者纳入标准、影像判读阈值、融合方式、穿刺针数及病理终点等方面尚未统一,导致研究结果存在异质性。其次,多模态技术的最佳整合模式尚不明确,多参数 MRI、微超声、超声造影及弹性成像在分层、联合或替代应用方面仍缺乏统一结论<sup>[39]</sup>。

此外,该技术对操作者要求较高,涉及 MRI 病灶理解、超声图像识别及经会阴空间定位,学习曲线较长。融合导航平台、微超声系统及 AI 软件等设备也增加成本,限制其在基层推广,因此目前主要应用于大型中心。

从发展趋势看,该技术将向精准化、标准化和智能化发展。一方面,术前多参数 MRI 联合经会阴靶向活检有望进一步成

为标准策略<sup>[40]</sup>。其二，微超声在实时靶向中的作用可能不断增强，未来有望与MRI形成互补并在部分场景中发挥更大作用。其三，人工智能在多模态融合、病灶识别和路径规划中的应用，将进一步降低操作者依赖、提高技术一致性。其四，随着更多高质量前瞻性研究和多中心随机对照研究的开展，该技术的适应证、最佳取样模式及卫生经济学价值将得到更充分的循证支持。

综上所述，多模态经直肠超声引导经会阴前列腺靶向穿刺活检集经会阴路径安全性高、经直肠超声实时导航及多模态影像精准定位于一体，在提高csPCa检出率、降低感染并发症和优化病理风险分层方面具有重要价值。随着影像融合技术和人工智能辅助系统的进一步发展，该技术有望在PCa精准诊断体系中发挥更加重要的作用。

## 参考文献:

- [1] Bray F,Laversanne M,Sung H,et al.Global cancer statistics 2022:GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J].CA:A Cancer Journal for Clinicians,2024,74(3):229-263.
- [2] 郑荣寿,陈茹,韩冰峰,等.2022年中国恶性肿瘤流行情况分析[J].中华肿瘤杂志,2024,46(3):221-231.
- [3] Hugosson J,Godtman R A,Wallstrom J,et al.Results after Four Years of Screening for Prostate Cancer with PSA and MRI[J].The New England Journal of Medicine,2024,391(12):1083-1095.
- [4] James N D,Tannock I,N'Dow J,et al.The Lancet Commission on prostate cancer:planning for the surge in cases[J].Lancet,2024,403(10437):1683-1722.
- [5] Cornford P,van den Bergh R C N,Briers E,et al.EAU-EANM-ESTRO-ESUR-ISUP-SIOG Guidelines on Prostate Cancer—2024 Update.Part I:Screening,Diagnosis,and Local Treatment with Curative Intent[J].European Urology,2024,86(2):148-163.
- [6] Hu J C,Assel M,Allaf M E,et al.Transperineal vs Transrectal Prostate Biopsy-The PREVENT Randomized Clinical Trial[J].JAMA oncology,2024,10(11):1590-1593.
- [7] Xiang J,Yan H,Li J,et al.Transperineal versus transrectal prostate biopsy in the diagnosis of prostate cancer:a systematic review and meta-analysis[J].World Journal of Surgical Oncology,2019,17(1):31.
- [8] Eklund M,Jäderling F,Discacciati A,et al.MRI-Targeted or Standard Biopsy in Prostate Cancer Screening[J].The New England Journal of Medicine,2021,385(10):908-920.
- [9] Bryant R J,Marian I R,Williams R,et al.Local anaesthetic transperineal biopsy versus transrectal prostate biopsy in prostate cancer detection(TRANSLATE):a multicentre,randomised,controlled trial[J].The Lancet.Oncology,2025,26(5):583-595.
- [10] Hu J C,Assel M,Allaf M E,et al.Transperineal vs Transrectal Prostate Biopsy-The PREVENT Randomized Clinical Trial[J].JAMA oncology,2024,10(11):1590-1593.
- [11] Grey A D R,Scott R,Shah B,et al.Multiparametric ultrasound versus multiparametric MRI to diagnose prostate cancer(CADMUS):a prospective,multicentre,paired-cohort,confirmatory study[J].The Lancet.Oncology,2022,23(3):428-438.
- [12] Saha A,Bosma J S,Twilt J J,et al.Artificial intelligence and radiologists in prostate cancer detection on MRI(PI-CAI):an international,paired,non-inferiority,confirmatory study[J].The Lancet.Oncology,2024,25(7):879-887.
- [13] Kalalahti I,Huotari K,Erickson A M,et al.Infectious complications after transrectal MRI-targeted and systematic prostate biopsy[J].World Journal of Urology,2022,40(9):2261-2265.
- [14] Stangl F P,Day E,Vallée M,et al.Infectious Complications After Transrectal Versus Transperineal Prostate Biopsy:A Systematic Review and Meta-analysis[J].European Urology Focus,2025:S2405-4569(25)00209-3.
- [15] Marra G,Bazzurro F,Dematteis A,et al.Transperineal Versus Transrectal Biopsy for Prostate Cancer Diagnosis:A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials[J].European Urology Oncology,2026:S2588-9311(26)00030-1.
- [16] Wu Q,Tu X,Zhang C,et al.Transperineal magnetic resonance imaging targeted biopsy versus transrectal route in the detection of prostate cancer:a systematic review and meta-analysis[J].Prostate Cancer and Prostatic Diseases,2024,27(2):212-221.
- [17] Lenart S,Shahin O,Krishnakumar M,et al.Accuracy and safety of in-office transperineal freehand cognitive fusion prostate biopsy

- under local anaesthesia without antibiotic prophylaxis[J].Scientific Reports,2025,15(1):39451.
- [18] Tang L,Wu M,Chen K,et al.Automatic MRI-TRUS Fusion Technique for Transperineal Biopsy Guidance:From Preoperative Planning to Intraoperative Navigation[J].The Prostate,2025,85(5):424-432.
- [19] Kaneko M,Medina L G,Lenon M S L,et al.Transperineal magnetic resonance imaging/transrectal ultrasonography fusion prostate biopsy under local anaesthesia:the“double-freehand”technique[J].BJU international,2023,131(6):770-774.
- [20] Gross M,Eisenhuber E,Assinger P,et al.MRI-guided in-bore biopsy of the prostate-defining the optimal number of cores needed[J].Cancer Imaging:The Official Publication of the International Cancer Imaging Society,2024,24(1):81.
- [21] Giannakodimos I,Kaltsas A,Moulavasilis N,et al.Fusion MRI/Ultrasound-Guided Transperineal Biopsy:A Game Changer in Prostate Cancer Diagnosis[J].Journal of Clinical Medicine,2025,14(2):453.
- [22] Tang L,Wu M,Chen K,et al.Automatic MRI-TRUS Fusion Technique for Transperineal Biopsy Guidance:From Preoperative Planning to Intraoperative Navigation[J].The Prostate,2025,85(5):424-432.
- [23] Avolio P,Piccolini A,Saitta C,et al.Enhanced diagnostic accuracy of micro-ultrasound in prostate cancer detection:An updated series from a single-center prospective study[J].Urologic Oncology,2025,43(8):470.e19-470.e26.
- [24] Albers P,Bennett J,Evans M,et al.Micro-ultrasound for the detection of clinically significant prostate cancer in biopsy-naive men with negative MRI[J].Canadian Urological Association Journal=Journal De l'Association Des Urologues Du Canada,2024,18(6):208-211.
- [25] Liu Y,Lu D,Xu G,et al.Diagnostic accuracy of qualitative and quantitative magnetic resonance imaging-guided contrast-enhanced ultrasound(MRI-guided CEUS)for the detection of prostate cancer:a prospective and multicenter study[J].La Radiologia Medica,2024,129(4):585-597.
- [26] Huang K,Luo L,Hong R,et al.A novel model incorporating quantitative contrast-enhanced ultrasound into PI-RADSv2-based nomogram detecting clinically significant prostate cancer[J].Scientific Reports,2024,14(1):11083.
- [27] Liu Y,Lu D,Xu G,et al.Diagnostic accuracy of qualitative and quantitative magnetic resonance imaging-guided contrast-enhanced ultrasound(MRI-guided CEUS)for the detection of prostate cancer:a prospective and multicenter study[J].La Radiologia Medica,2024,129(4):585-597.
- [28] Jawli A,Nabi G,Huang Z.The Performance of Different Parametric Ultrasounds in Prostate Cancer Diagnosis:Correlation with Radical Prostatectomy Specimens[J].Cancers,2024,16(8):1502.
- [29] Asif M F,Farooq S M Y,Gilani S A,et al.Use of ultrasound elastography for the diagnosis of prostate cancer:A systematic review[J].Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences,2026,57(2):102166.
- [30] Tyloch D J,Tyloch J F,Adamowicz J,et al.Comparison of Strain and Shear Wave Elastography in Prostate Cancer Detection[J].Ultrasound in Medicine&Biology,2023,49(3):889-900.
- [31] Wang X,Zhong S,Fang K,et al.Application and prospect of artificial intelligence in diagnostic imaging of prostate cancer[J].NPJ digital medicine,2026,9(1):168.
- [32] Kim M M,Wu S,Lin S X,et al.Transperineal Multiparametric Magnetic Resonance Imaging-Ultrasound Fusion Targeted Prostate Biopsy Combined with Standard Template Improves Prostate Cancer Detection[J].The Journal of Urology,2022,207(1):86-94.
- [33] Fang J H,Zhang L,Xie X,et al.Comparative diagnostic accuracy of multiparametric magnetic resonance imaging-ultrasound fusion-guided biopsy versus systematic biopsy for clinically significant prostate cancer[J].PeerJ,2023,11:e16614.
- [34] Hu J C,Assel M,Allaf M E,et al.Transperineal vs Transrectal Prostate Biopsy-The PREVENT Randomized Clinical Trial[J].JAMA oncology,2024,10(11):1590-1593.
- [35] Richart V,Costa M,MuniM,et al.Transperineal MRI-US Fusion-Guided Biopsy with Systematic Sampling for Prostate Cancer: Diagnostic Accuracy and Clinical Implications Across PI-RADS[J].Cancers,2025,17(17):2735.
- [36] Richart V,Costa M,MuniM,et al.Transperineal MRI-US Fusion-Guided Biopsy with Systematic Sampling for Prostate Cancer: Diagnostic Accuracy and Clinical Implications Across PI-RADS[J].Cancers,2025,17(17):2735.

- [37] Giannakodimos I,Kaltsas A,Moulavasilis N,et al.Fusion MRI/Ultrasound-Guided Transperineal Biopsy:A Game Changer in Prostate Cancer Diagnosis[J].Journal of Clinical Medicine,2025,14(2):453.
- [38] Richart V,Costa M,MuniM,et al.Transperineal MRI-US Fusion-Guided Biopsy with Systematic Sampling for Prostate Cancer: Diagnostic Accuracy and Clinical Implications Across PI-RADS[J].Cancers,2025,17(17):2735.
- [39] Alghamdi D,Kernohan N,Li C,et al.Comparative Assessment of Different Ultrasound Technologies in the Detection of Prostate Cancer:A Systematic Review and Meta-Analysis[J].Cancers,2023,15(16):4105.
- [40] Windisch O,Valerio M,Yee C H,et al.Biopsy strategies in the era of mpMRI:a comprehensive review[J].Prostate Cancer and Prostatic Diseases,2025,28(2):288-297.