

多参数磁共振与经直肠超声融合导航在前列腺靶向穿刺活检术中的应用研究进展

陈莉, 李春

南昌大学第一附属医院超声医学科, 江西 南昌, 330038

通信作者: 李春, E-mail: 35428561@qq.com

【摘要】 前列腺癌 (PCa) 是老年男性常见的恶性肿瘤之一, 随着我国人口老龄化, 我国 PCa 的发病率逐年升高, 且总体预后较差。因此提高 PCa 的早期诊断率以及治疗效果成为临床关注的重点。近年来, 随着医学影像技术的飞速发展, 多参数磁共振成像 (mp-MRI) 与经直肠超声 (TRUS) 融合导航技术在前列腺靶向穿刺活检中的应用日益广泛, 显著提高了前列腺癌的诊断准确率和治疗效率。本文将对这一领域的研究进展进行述评, 旨在探讨 mp-MRI 与 TRUS 融合导航技术在前列腺靶向穿刺活检中的应用价值、技术优势及未来发展方向。

【关键词】 前列腺肿瘤; 磁共振成像; 前列腺靶向穿刺活检; 经直肠超声; 重复穿刺

【文章编号】 2095-834X (2024)08-58-06

本文著录格式: 陈莉, 李春. 多参数磁共振与经直肠超声融合导航在前列腺靶向穿刺活检术中的应用研究进展 [J]. 当代介入医学电子杂志, 2024, 1(8): 58-63.

Research progress in the application of mp-MRI and transrectal ultrasound fusion navigation in prostate targeted biopsy

Chen Li, Li Chun

Department of Ultrasound Medicine, the First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330038, Jiangxi, China

Corresponding author: Li Chun, E-mail: 35428561@qq.com

【Abstract】 Prostate cancer (PCa) is one of the most common malignancies among elderly men. With the aging of the population in China, the incidence of PCa has been increasing annually, and the overall prognosis remains poor. Therefore, improving the early diagnosis rate and treatment outcomes of PCa has become a key clinical focus. In recent years, with the rapid development of medical imaging technology, the application of multi-parametric magnetic resonance imaging (mp-MRI) and transrectal ultrasound (TRUS) fusion navigation technology in prostate targeted biopsy has become increasingly widespread, significantly enhancing the diagnostic accuracy and treatment efficiency of PCa. This article review the research progress in this field, aiming to explore the application value, technical advantages, and future development directions of mp-MRI and TRUS fusion navigation technology in prostate targeted biopsy.

【Keywords】 Prostatic neoplasms; Magnetic resonance imaging; Targeted prostate biopsy; Transrectal ultrasound; Repeated biopsy

前列腺癌 (prostate cancer, PCa) 是全球男性最常见的恶性肿瘤之一, 特别是在欧美国家, 其发病率和死亡率均居高不下^[1]。而在中国, 尽管 PCa 发病率低于西方国家, 但近年来却呈现出逐年上升的趋势,

且初次就诊时中晚期病例比例较高^[2], 导致预后相对较差^[3]。临床上通常将前列腺穿刺活检取得病理结果作为早期诊断 PCa 的金标准。而近 20 年来, 临床中主要活检方法包括经直肠超声 (transrectal ultrasound,

TRUS)引导下经直肠(TR途径)以及经会阴(TP途径)穿刺活检,两种途径各有优缺点,但存在共同局限性,如超声对PCa敏感性低、易漏诊有显著临床意义的前列腺癌(clinical significant prostate cancer, csPCa)而导致治疗延误、对无显著临床意义的前列腺癌(non-clinically significant prostate cancer, nsPCa)检出后造成过度治疗等。近年来随着影像学的飞速发展,多参数磁共振(multiparametric magnetic resonance imaging, mp-MRI)由于具有对软组织结构显示清晰,能任意方位成像、多参数成像,还有功能成像等优点而被广泛应用于诊断前列腺癌。磁共振弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)、高信号、表观弥散系数值低均反映前列腺内肿瘤组织的存在,而这些特征性表现,为mp-MRI/TRUS融合引导前列腺靶向精准穿刺提供了条件。近年来,mp-MRI/TRUS融合靶向穿刺作为一种新型的前列腺穿刺方法,在临床中的应用也日益增多。

1 mp-MRI与TRUS融合导航技术的概述

1.1 mp-MRI技术简介 mp-MRI是一种结合多种成像参数(如T1WI、T2WI、DWI、DCE-MRI等)的磁共振成像技术,能够全面评估前列腺组织的解剖结构和功能状态,对前列腺癌的检测、定位、分期及疗效评估具有显著优势。特别是其高分辨率和多参数成像的特点,使得mp-MRI在前列腺癌的诊断中发挥着越来越重要的作用^[4]。

1.2 TRUS技术简介 TRUS作为前列腺穿刺活检的传统引导手段,具有实时成像、操作简便等优点,但具有检出率低^[5]、随机性、低估穿刺标本Gleason评分^[6]等不足。因此,经学者们研究将mp-MRI与TRUS结合,形成靶向穿刺活检技术,以期提高前列腺癌的诊断准确率。

1.3 mp-MRI与TRUS融合导航技术的实现 mp-MRI/TRUS软件融合成像靶向穿刺是近年来新发展的一种前列腺穿刺方法,该方法一开始是由美国医师Kaplana等^[7]于2002年报道。该技术将mp-MRI图像导入超声诊断仪并进行重建,在导入的mp-MRI图像中找出并标记可疑病灶位置。通过软件辅助,将超声图像中易于识别的部位(诸如尿道及其内外口)或小囊肿、钙化灶等特征,在mp-MRI图像中进行精确匹配并逐一融合。完成融合步骤后,系统即可转入实时虚拟导航状态。在此模式下,超声图像与mp-MRI图像实现同步互动,使得原先在mp-MRI图像上标注的病灶位置能够在超声图像中得到虚拟的直观展示。获得mp-MRI/TRUS实时融合图像后可在实时虚拟导航引导下对准病灶进行靶点精准穿刺取材。该技术兼具超声实时引导及mp-MRI精准定位的优点,且可以在最

大范围内减少操作人员的错误视觉配准,操作简单、准确性高。

2 mp-MRI与TRUS融合导航技术在前列腺靶向穿刺活检中的应用进展

2.1 应用于前列腺初次穿刺活检 近年来,mp-MRI/TRUS融合靶向穿刺技术因其能够实现mp-MRI与超声图像的实时融合而受到了广泛关注与应用。相较于传统的系统穿刺方法,该技术展现出了更为突出的临床优势:不仅提高了PCa的检出率,而且还使穿刺过程的针数减少、降低穿刺相关并发症的风险,并节约了成本^[8]。南京鼓楼医院泌尿外科在此领域进行了深入探索,积累了丰富的实践经验。Zhang等^[9-11]的研究进一步证实,采用mp-MRI/TRUS融合靶向前列腺穿刺技术,能够以更少的穿刺针数实现更高的诊断效率,尤其在中高危前列腺癌的诊断上表现优异。对于PI-RADS评分为5分和4分的病灶,其阳性率分别高达80.49%和65.62%,mp-MRI/TRUS融合靶向穿刺的病理与根治手术的病理符合率达81.48%。在另一项前瞻性研究中,在mp-MRI的低、中、高疑似患者中,mp-MRI/TRUS融合成像靶向穿刺分别有27.9%、66.7%和89.5%被诊断为癌症($P<0.001$)^[12]。Haffner等^[13]研究显示mp-MRI/TRUS融合成像靶向穿刺比系统穿刺明显提高了csPCa的检出率,同时降低了nsPCa的检出。Siddiqui等^[14]研究也证明了mp-MRI/TRUS融合成像靶向穿刺可以提高高危PCa的检出,说明了mp-MRI对诊断高危PCa具有较高的敏感性、特异性和准确性,同时避免了对nsPCa的过度诊断和治疗。白文坤等^[15]的研究涉及40例mp-MRI发现可疑病灶但超声未显示相同部位异常的患者,他们首先进行了融合成像靶向穿刺,随后进行了10针系统穿刺。结果显示,虽然融合成像穿刺(47.5%)在PCa的总体检出率上略高于系统性穿刺(35.0%),但两者间的差异未达到统计学显著水平($P>0.05$)。然而,融合成像穿刺的漏检率(13.6%)明显低于系统性穿刺(36.4%),且这一差异具有统计学意义($P=0.005$)。此外,融合成像穿刺在检测Gleason评分 ≥ 7 分的PCa方面表现更佳(78.9%和42.9%, $P=0.039$),表明其能降低PCa的漏检率并提升csPCa的检出率。Kasivisvanathan等^[16]的多中心随机试验纳入了500例患者,发现mp-MRI/TRUS融合成像靶向穿刺组的检出率显著高于系统穿刺组(38%和26%, $P=0.005$),且靶向穿刺组阳性率较高。美国国家癌症研究所自2008年开始利用UroNav系统对超过1000例患者进行了mp-MRI/TRUS融合成像靶向穿刺,结果表明超过80%的患者在mp-MRI的可疑区域被确诊为PCa^[12]。美国加州大学洛杉矶分校

Clark 泌尿外科中心于 2019 年开始将 Artemis 系统应用于临床实践,到 2013 年 1 月,该系统已对 501 例患者成功实施了 mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺,累计完成了 5645 次系统穿刺与 2336 次靶向穿刺^[17,18]。研究数据揭示,靶向穿刺获取的组织样本中,前列腺癌的检出比例更高(18%和 8%),且这些癌症大多具有显著的临床意义。Fujii 等^[19]在一项针对 133 例初次接受活检的前列腺疾病患者的回顾性研究中,所有患者均接受了 2~4 针的 mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺及 10 针系统穿刺。研究结果显示,融合成像靶向穿刺在检测 csPCa 方面,其检出率显著高于系统穿刺(43.5%和 35.9%, $P=0.04$),而在检测 nsPCa 方面,其检出率则显著低于系统穿刺(17.6%和 25.2%, $P=0.04$)。Patel 等^[20]在另一项涉及 1236 例患者的研究中发现,相较于系统穿刺活检,采用 mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺活检能够使单独靶向活检在检测 csPCa 方面的优势倍增。Aslan 等^[21]对 457 例患者进行穿刺,其中 127 例患者行 mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺联合系统穿刺,330 例患者行系统穿刺,结果显示靶向穿刺、靶向穿刺联合系统穿刺以及系统穿刺的 PCa 检出率分别为 67.0%、75.7%和 51.2%,提示 mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺联合系统穿刺比单纯系统穿刺准确性更高。

当前的研究数据表明,在首次穿刺的情况下,mp-MRI/TRUS 融合靶向穿刺对于前列腺癌的检出效率与系统穿刺相当^[14,22],然而,靶向穿刺活检所需的针数却明显更少,检出的有显著临床意义前列腺癌更多,且还可减少无显著临床意义前列腺癌的检出率^[23-25]。

2.2 应用于前列腺重复穿刺活检 对于既往穿刺阴性但前列腺特异抗原(prostate specific antigen, PSA)持续升高的患者,mp-MRI 与 TRUS 融合导航技术同样显示出其优越性。Sidana 等^[26]回顾性分析了 779 例曾经历 1 次或多次系统穿刺结果为阴性,随后在同一时期接受了 mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺与系统穿刺的患者的数据。研究结果显示,总体 csPCa 的检出率为 30.7%,其中通过融合活检检出的比例为 26.3%,而系统活检仅检出 4.4%,这一差异在统计学上具有显著意义($P<0.001$)。此外,Vouganti 等^[27]也运用该技术对既往穿刺结果为阴性但 PSA 水平升高的患者进行了重复穿刺活检,并发现该技术能显著提升 csPCa 的检出效率。这表明 mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺对于这类患者是合理的选择。Maxeiner 等^[28]研究发现,138 例之前有过系统穿刺阴性史的疑似 PCa 患者,再次对他们进行重复穿刺发现,mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺明显提高了检出率(39.8%),尤其是对于 csPCa。与此类似,Sonn 等^[18]对有穿刺结果阴性、PSA 升高的、需重复穿刺的 105 例患者进行 mp-

MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺,最终结果显示 PCa 阳性率为 34%,阳性病人中 72%为 csPCa,其中系统穿刺阳性的病人 csPCa 比例为 54%,靶向穿刺阳性的病人 csPCa 比例为 91%,结论认为 mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺在重复穿刺病人中能提高穿刺阳性率,并且大部分肿瘤为 csPCa。Cattarino 等^[29]在其报道中同样指出,mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺技术能够提升 csPCa 的检出效率。他们认为,对于先前活检结果为阴性但 PI-RADS 评分较高的患者,采用该技术进行穿刺是合理的选择,因为它既能确保 csPCa 的检出率,又能减少无显著临床意义 PCa 的误检。此外,Labanaris 等^[30]的研究也显示,在经历 4 次系统穿刺均为阴性但 mp-MRI 检查异常的患者群体中,mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺的诊断确认率高达 56%(96/170),相比之下,系统穿刺仅为 18%(30/170)。

随着后续再次穿刺次数的增加,系统穿刺的诊断的准确率逐渐下降,而对于融合活检来说,其诊断准确性不受影响。上述研究均指出,在重复穿刺的场景下,mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺相较于系统穿刺,展现出了更高的诊断效能。

2.3 在主动监测患者中的应用 对于选择主动监测(active surveillance, AS)的前列腺癌患者,mp-MRI 与 TRUS 融合导航技术同样具有重要的应用价值。Tran 等^[31]研究表明,在 AS 管理的患者中,mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺能够更准确地评估肿瘤的变化情况,为临床决策提供有力支持。Dieffenbacher 等人^[32]指出,mp-MRI 与 TRUS 融合成像靶向穿刺在识别病灶方面表现出色,能够为考虑 AS 的患者提供精确的风险分层信息。Okoro 等^[33]则进一步对比了 50 例 AS 患者的 mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺活检与系统穿刺活检结果,分析了融合活检获取的癌灶最长组织长度、最高受累百分比与肿瘤体积的相关性。他们发现,肿瘤体积与融合穿刺得到的癌灶长度有显著关联,而与系统穿刺的结果无此关联。这表明,在 AS 管理的背景下,融合活检能更准确地反映 PCa 患者的肿瘤负荷,进而优化风险分层。Eineluoto 等^[34]进行了一项前瞻性研究,纳入了 262 例疑似 PCa 的患者,这些患者分别接受了系统穿刺和 mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺,其中系统穿刺组的平均穿刺针数为 12 针,而融合穿刺组的平均穿刺针数则为 3 针。研究表明,与系统穿刺相比,接受融合穿刺的患者在活检后 30 d 内经历的疼痛、不适等症状大大减少。这一发现表明,对于处于 AS 阶段的前列腺癌患者来说,采用融合活检能够更有效地减少活检相关的并发症。此外,Park 等^[35]还开展了一项回顾性研究,该研究涉及 289 例根治性前列腺切除术患者,结果显示,术前 mp-MRI 显示有可疑病灶的患者中,有 49.8%在术后病理分级出现

上升,相比之下,mp-MRI未显示可疑病灶的患者中,这一比例仅为 14.3%。另一项类似的研究中,Turkbeys 等^[36]研究分析了 133 例根治性前列腺切除术患者的 mp-MRI 数据,发现其敏感性高达 93%,阳性预测值为 57%,且在预测患者是否适合 AS 方面,准确性达到了 92%。所以理论上由 mp-MRI/TRUS 融合导航的靶向穿刺可以更好的评估由 mp-MRI 发现的可疑病灶的实际病理分级及 PCa 患者的风险分层。

以上研究都表明 mp-MRI/TRUS 融合成像靶向穿刺有助于 PCa 患者 AS 期间更好的采样,有利于改善患者的风险分层^[37]。

2.4 在前列腺癌局部治疗中的应用 同时,mp-MRI 与 TRUS 融合成像技术不仅支持靶向穿刺,还促进了靶向治疗^[38]、外部放射治疗、近距离放射治疗、冷冻疗法^[39]、高强度聚焦超声消融治疗以及直接药物注射等多种治疗手段的应用,这些手段共同作用于前列腺癌,有望提升其治疗效果。尽管如此,鉴于存在的局限性,该技术的诊断价值仍有待通过更大规模的临床实践来深入验证与评估。

3 mp-MRI 与 TRUS 融合导航技术的优缺点分析

3.1 优点 (1)提高检出率:mp-MRI 与 TRUS 融合导航技术通过精准定位前列腺内的可疑病灶,并实施靶向穿刺活检,很大程度上提高了 PCa 的检出率,为早期发现和治疗提供了有力支持。(2)减少漏诊:相较于传统的系统穿刺活检方法,该技术能够更全面地覆盖前列腺区域,有效减少漏诊现象,确保患者得到及时准确的诊断。(3)减轻患者痛苦:通过减少不必要的穿刺次数,该技术不仅降低了患者的身体痛苦,还减少了因穿刺引起的并发症风险,提升了患者的就医体验。

3.2 缺点 (1)操作复杂:此技术实施时,对操作人员的专业技能及设备配置有着较高的标准,整个操作流程相对繁琐,唯有接受过专业训练的医护人员才能确保熟练且准确地运用。(2)费用较高:由于采用了先进的影像设备和软件,mp-MRI 与 TRUS 融合导航技术的检查费用相对较高,可能给患者带来一定的经济负担。(3)存在假阴性:尽管该技术显著提高了检出率,但仍存在假阴性的可能,即部分患者可能因技术限制或病灶特性而未被准确识别。

4 对于 mp-MRI 与 TRUS 融合导航技术的未来展望及建议

4.1 未来展望 (1)技术优化与普及:随着医学影像技术的不断进步,mp-MRI 与 TRUS 的融合成像技术将更加成熟,融合算法将更加精确,减少视觉配准误

差,提高穿刺的准确性。同时,随着技术的普及和成本的降低,更多医疗机构将引入该技术,使其在临床中得到广泛应用,惠及更多患者。(2)智能化与自动化发展:人工智能和机器学习的快速发展将推动 mp-MRI 与 TRUS 融合成像技术的智能化进程。未来,智能化软件将能够自动识别并分析 MRI 图像中的可疑病灶,自动规划穿刺路径,并在超声引导下实现精准穿刺。这种智能化的穿刺系统将进一步提高操作效率,减少人为误差,提升前列腺癌的诊断水平。(3)多模态影像技术结合:除了 mp-MRI 和 TRUS 外,其他影像技术如 OCT、光声成像等也在不断发展。未来,多模态影像技术的结合将成为新的研究方向,通过综合多种影像技术的优势,实现前列腺疾病的更全面、更精准的评估和治疗。(4)个性化治疗方案制定:随着精准医疗理念的深入人心,mp-MRI 与 TRUS 融合导航技术将为前列腺癌患者提供更加个性化的治疗方案。通过精准定位病灶并结合患者的具体病情和身体状况,医生可以制定更加针对性的治疗计划,提高治疗效果并改善患者预后。

4.2 建议 (1)加强多学科合作:促进泌尿外科、影像医学科、病理科等多学科之间的合作与交流,共同推动 mp-MRI 与 TRUS 融合导航技术的创新和应用。(2)完善临床指南和标准化流程:制定完善的临床指南和标准化流程,明确操作规范和技术要求,确保技术的准确性和可靠性。同时加强技术培训与推广,提高临床医生的操作技能和诊断水平。(3)加强国际交流与合作:分享各国在 mp-MRI 与 TRUS 融合导航技术研究和应用方面的经验和成果,促进技术的全球发展与创新。(4)关注患者体验和满意度:优化操作流程、提高诊断准确性并减少并发症发生以提高患者的就医体验和满意度。同时加强患者教育和沟通工作以增强其信任感和配合度。

综上所述,mp-MRI 与 TRUS 融合导航技术在前列腺靶向穿刺活检术中的应用具有广阔前景和重要临床价值。未来随着技术的不断发展和完善,该技术将在 PCa 的诊疗中发挥更大的作用,同时也需要各方共同努力推动技术的进一步发展和应用。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2015 [J]. CA Cancer J Clin, 2015, 65(1): 5-29.
- [2] 李小升, 赵玉兰, 陈习田, 等. 前列腺癌患者生存随访数据分析[J]. 中国病案, 2019, 20(11): 109-112.
- [3] 尹周一, 王梦圆, 游伟程, 等. 2022 美国癌症统计报告解读及中美癌症流行情况对比[J]. 肿瘤综合治疗电子

- 杂志, 2022, 8(2): 54–63.
- [4] Lee DJ, Ahmed HU, Moore CM, et al. Multiparametric magnetic resonance imaging in the management and diagnosis of prostate cancer: current applications and strategies[J]. *Curr Urol Rep*, 2014, 15(3): 390.
- [5] Rabbani F, Stroumbakis N, Kava BR, et al. Incidence and clinical significance of false-negative sextant prostate biopsies[J]. *J Urol*, 1998, 159(4): 1247–1250.
- [6] Milonas D, Grybas A, Auskalnis S, et al. Factors predicting gleason score 6 upgrading after radical prostatectomy[J]. *Cent European J Urol*, 2011, 64(4): 205–208.
- [7] Kaplan I, Oldenburg NE, Meskell P, et al. Real time MRI-ultrasound image guided stereotactic prostate biopsy[J]. *Magn Reson Imaging*, 2002, 20(3): 295–299.
- [8] Kongnyuy M, George AK, Rastinehad AR, et al. Magnet resonance imaging-ultrasound fusion-guided prostate biopsy: review of technology, techniques, and outcomes [J]. *Curr Urol Rep*, 2016, 14(7): 32.
- [9] Zhang Q, Wang W, Yang R, et al. Free-hand transperinealtargeted prostate biopsy with real-time fusion imaging of multiparametric magnetic resonance imaging and transrectal ultrasound: single-center experience in China[J]. *Int Urol Nephrol*, 2015, 47(5): 727–733.
- [10] Zhang Q, Wang W, Zhang B, et al. Comparison of freehand transperinealmp-MRI/TRUS fusion-guided biopsy withtransperineal 12-core systematic biopsy for the diagnosis of prostate cancer: a single-center prospective study in China[J]. *Int Urol Nephrol*, 2017, 49(3): 439–448.
- [11] Lian H, Zhuang J, Wang W, et al. Assessment of free-handtransperineal targeted prostate biopsy using multiparametricmagnetic resonance imaging-transrectal ultrasound fusion in Chinese men with prior negative biopsy and elevated prostate-specific antigen[J]. *BMC Urol*, 2017, 17(1):52
- [12] Pinto PA, Chung PH, Rastinehad AR, 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.
- [13] Haffner J, Lemaitre L, Puech P, et al. Role of magnetic resonance imaging before initial biopsy: comparison of magnetic resonance imaging-targeted and systematic biopsy for significant prostate cancer detection[J]. *BJU Int*, 2011, 108(8): 171–178.
- [14] Siddiqui MM, Rais-Bahrami S, Turkbey B, et al. Comparison of MR/ultrasound fusion-guided biopsy with ultrasound-guided biopsy for the diagnosis of prostate cancer[J]. *JAMA*, 2015, 313(4): 390–397.
- [15] 白文坤, 张蔚, 黄云霞, 等. 融合成像在初次前列腺癌穿刺活检中的应用价值[J]. *中华医学超声杂志*, 2017, 14(4): 310–313.
- [16] Kasivisvanathan V, Rannikko AS, Borghi M, et al. MRI-targeted or standard biopsy for prostate-cancer diagnosis [J]. *N Engl J Med*, 2018, 378(19): 1767–1777.
- [17] Natarajan S, Marks LS, Margolis DJ, et al. Clinical application of a 3D ultrasound-guided prostate biopsy system[J]. *Urol Oncol*, 2011, 29(3): 334–342.
- [18] Sonn GA, Chang E, Natarajan S, et al. Value of targeted prostatebiopsy using magnetic resonance-ultrasound fusion in men withprior negative biopsy and elevated prostate-specific antigen[J]. *Eur Urol*, 2014, 65(4): 809–815
- [19] Fujii S, Hayashi T, Honda Y, et al. Magnetic resonance imaging/transrectal ultrasonography fusion targeted prostate biopsy finds more significant prostate cancer in biopsy-naïve Japanese men compared with the standard biopsy[J]. *Int J Urol*, 2020, 27(2): 140–146.
- [20] Patel HD, Koehne EL, SheaSM, et al. Systematic versus margeted magnetic resonance imaging/ultrasound fusion prostate biopsy among men with visible lesions[J]. *J Urol*, 2022, 207(1): 108–117.
- [21] Aslan G, Çelik S, Sözen S, et al. Comparison of TRUS and combined MRI-targeted plus systematic prostate biopsy for the concordance between biopsy and radical prostatectomy pathology[J]. *Int J Clin Pract*, 2021, 75(3): e13797.
- [22] Baco E, Rud E, Eri LM, et al. A randomized controlled trial to assessand compare the outcomes of two-core prostate biopsy guided byfused magnetic resonance and tansrectal ultrasound images andtraditional 12-core systematic biopsy[J]. *Eur Urol*, 2016, 69(1): 149–156.
- [23] Sonn GA, Natarajan S, Margolis DJ, et al. Targeted biopsy in the detection of prostate cancer using an olfice based magneticresonance ultrasound fusion device[J]. *J Urol*, 2013, 189(1): 86–91
- [24] Puech P, Rouvière O, Renard-Penna R, et al. Prostate cancerdiagnosis: multiparametrie MR-targeted biopsy with cognitive andtransrectal US-MR fusion guidance versus systematic biopsy-prospective multicenter study [J]. *Radiology*, 2013, 268(2): 461–469.

- [25] Kasivisvanathan V, Stabile A, Neves JB, et al. Magnetic resonance imaging-targeted biopsy versus systematic biopsy in the detection of prostate cancer: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur Urol*, 2019, 76(3): 284-303.
- [26] Sidana A, Watson MJ, George AK, et al. Fusion prostate biopsy outperforms 12-core systematic prostate biopsy in patients with priornegative systematic biopsy: a multi-institutional analysis [J]. *Urol Oncol*, 2018, 36(7): 341.e1-341.e7.
- [27] Vourganti S, Rastinehad A, Yerram NK, et al. Multiparametric magnetic resonance imaging and ultrasound fusion biopsy detect prostate cancer in patients with prior negative transrectal ultrasound biopsies [J]. *Urol*, 2012, 188(6): 2152-2157.
- [28] Maxeiner A, Fischer T, Stephan C, et al. Real-time MR/US fusion-guided biopsy improves detection rates of prostate cancer in pre-biopsied patients [J]. *Aktuelle Urol*, 2014, 45(3): 197-203.
- [29] Cattarino S, Forte V, Salciccia S, et al. MRI ultrasound fusion biopsy in prostate cancer detection: are randomized clinical trials reproducible in everyday clinical practice? [J]. *Urologia*, 2019, 86(1): 9-16.
- [30] Labanaris AP, Engelhard K, Zugor V, et al. Prostate cancer detection using an extended prostate biopsy schema in combination with additional targeted cores from suspicious images in conventional and functional endorectal magnetic resonance imaging of the prostate [J]. *Prstate Cancer Prostatie Dis*, 2010, 13(1): 65-70.
- [31] Tran GN, Leapman MS, Nguyen HG, et al. Magnetic resonance imaging-ultrasound fusion biopsy during prostate cancer active surveillance [J]. *Eur Urol*, 2017, 72(2): 275-281.
- [32] Dieffenbacher S, Nyarangi-Dix J, Giganti F, et al. Standardized magnetic resonance imaging reporting using the prostate cancer radiological estimation of change in sequential evaluation criteria and magnetic resonance imaging/transrectal ultrasound fusion with transperineal saturation biopsy to select men on active surveillance [J]. *Eur Urol Focus*, 2021, 7(1): 102-110.
- [33] Okoro C, George AK, Siddiqui MM, et al. Magnetic resonance imaging/transrectal ultrasonography fusion prostate biopsy significantly outperforms systematic 12-core biopsy for prediction of total magnetic resonance imaging tumor volume in active surveillance patients [J]. *J Endourol*, 2015, 29(10): 1115-1121.
- [34] Eineluoto JT, Järvinen P, Kilpeläinen T, et al. Patient experience of systematic versus fusion prostate biopsies [J]. *Eur Urol Oncol*, 2018, 1(3): 202-207.
- [35] Park BH, Jeon HG, Choo SH, et al. Role of multiparametric 3.0-Tesla magnetic resonance imaging in patients with prostate cancer eligible for active surveillance [J]. *BJU Int*, 2014, 113(6): 864-870.
- [36] Turkbey B, Mani H, Aras O, et al. Prostate cancer: can multiparametric MR imaging help identify patients who are candidates for active surveillance? [J]. *Radiology*, 2013, 268(1): 144-152.
- [37] Ahmed HU, El-Shater Bosaily A, Brown LC, et al. Diagnostic accuracy of multi-parametric MRI and TRUS biopsy in prostate cancer (PROMIS): a paired validating confirmatory study [J]. *Lancet*, 2017, 389(10071): 815-822.
- [38] Willis SR, Ahmed HU, Moore CM, et al. Multiparametric MRI followed by targeted prostate biopsy for men with suspected prostate cancer: a clinical decision analysis [J]. *BMJ Open*, 2014, 4(6): e004895.
- [39] Valerio M, Shah TT, Shah P, et al. Magnetic resonance imaging-transrectal ultrasound fusion focal cryotherapy of the prostate: a prospective development study [J]. *Urol Oncol*, 2017, 35(4): 150.e1-150.e7.

(本文编辑: 马萌萌, 许守超)