

# 超声新技术在前列腺癌早期诊疗中的应用进展

刘金炳<sup>1,2</sup>, 蔡泳仪<sup>1</sup>

(1.广州市荔湾中心医院超声医学科,广东广州 510170;2.澳门科技大学中医药学院,澳门特别行政区,999078)

**摘要** 前列腺癌(PCa)是全球范围内中老年男性最为常见恶性肿瘤之一。PCa患者的生活质量及生存时间与其最初确诊时的肿瘤分期高度相关。作为PCa筛查最常用的影像诊断方法之一,超声影像技术具有广阔的应用前景。本文将围绕超声造影(CEUS)、超声弹性成像、显微超声(Micro-US)、高强度聚焦超声(HIFU)、超声靶向微泡破坏(UTMD)及多模态超声成像等不同的超声影像技术在PCa早期诊疗中的应用进展进行综述。

**关键词** 前列腺癌;超声;超声造影;超声弹性成像;多模态超声

中图分类号:R445.1;R737.25 文献标识码:A 文章编号:2095-9664(2024)04-0059-06

## Application progress of new ultrasound technology in the early diagnosis and treatment of prostate cancer

LIU Jinbing<sup>1,2</sup>, CAI Yongyi<sup>1</sup>

(1.Department of Ultrasound Medicine, Liwan Central Hospital of Guangzhou, Guangzhou 510170, Guangdong, China;

2.Faculty of Chinese Medicine, Macau University of Science and Technology, Taipa 999078, Macao, China)

Corresponding author: CAI Yongyi, Email: 2113466@qq.com

前列腺癌(prostate cancer, PCa)已成为当前世界范围内男性最常见的泌尿生殖系统恶性肿瘤,标化发病率为29.4/10万,位居全球男性恶性肿瘤发病率的第2位,仅次于位居榜首的肺癌<sup>[1-3]</sup>。PCa的发病率与年龄密切相关,而我国人口老龄化问题日渐突出。虽然,我国PCa的发病率低于国际水平,但呈逐年上升趋势,且确诊时以中晚期为主,死亡率较高<sup>[4]</sup>。前列腺特异性抗原(prostate specific antigen, PSA)是临床公认的筛查PCa的重要指标,但易受前列腺增生、炎症等因素干扰,并衍生了游离PSA/总PSA (fPSA/tPSA)、PSA密度(PSA density, PSAD)、PSA速率(PSA velocity, PSAV)、前列腺健康指数(prostate health index, PHI)、前列腺特异性膜抗原(prostate-specific membrane antigen, PSMA)等指标<sup>[5]</sup>。此外,直肠指检(digital rectal examination, DRE)、经直肠超声检查(transrectal ultrasound, TRUS)也是目前筛查男性PCa的重要手段,但特异

度和敏感度均不高。近年来,多参数MRI(multi-parametric MRI, mpMRI)被认为是现阶段诊断PCa的最佳影像学方法,但费用相对昂贵;当mpMRI不可及时,TRUS可作为首选的影像检查方法<sup>[6]</sup>。前列腺穿刺活检一直是诊断PCa的“金标准”。超声结合mpMRI或PSMA PET/CT进行靶向穿刺活检,具有良好的诊断效能,被认为是PCa精准穿刺的研究方向<sup>[7]</sup>;另外,也有专家认为18F-MD-PSMA PET/CT在诊断中高风险PCa患者临床分期及判断PCa转移状态方面更具优势<sup>[8]</sup>;而其不足在于经济成本和技术含量均较高,在基层医疗机构难以开展。基于超声新技术具有灵活、简便、快捷等特点,且相对容易普及推广,本文将对几种超声新技术在PCa早期诊疗中的应用现状及研究进展进行综述。

## 1 超声新技术在前列腺癌早期诊疗中的应用价值

### 1.1 超声造影

超声造影(contrast-enhanced ultrasound, CEUS)是通过静脉注射超声造影剂(如SonoVue、Sonazoid等),以增强目标器官的血流信号,从而实时动态观察组织内微循环灌注状态,借助时间-强度曲线(time-intensity curve, TIC)可灵敏反映病灶内微小血

管的血流变化<sup>[9-10]</sup>。CEUS的参数选择与PCa患者的个体差异以及前列腺肿瘤所在深度有关。PCa的CEUS特征之一为前列腺内局部血流增加及不对称的血管结构,PCa的血管增多程度与疾病所处阶段、分级及治疗后复发风险相关<sup>[11]</sup>。国内外研究认为<sup>[12-15]</sup>,CEUS通过微血流诊断PCa的灵敏度、特异度、诊断符合率均在80%左右,诊断效能显著提高,远超常规的TRUS,临床应用广泛。有研究认为<sup>[16]</sup>,基于CEUS内外腺分界的超声纹理特征差异而构建的模型对PCa的早期诊断有一定价值,与良性病灶相比,PCa的内外腺分界纹理会更为复杂、紊乱;另外,一个基于超声图像特征的PCa危险度预测模型也显示,前列腺的内外腺分界是否清晰与PCa的危险度高度相关<sup>[17]</sup>。研究发现,当患者的PSA在10 ng/ml以上时,经直肠三维CEUS断层成像在PCa的诊断方面,可以跟mpMRI媲美<sup>[18]</sup>。研究表明,CEUS除了可以提高诊断PCa的灵敏度、特异度外,还有助于提高靶向穿刺的准确性<sup>[19]</sup>。与12针的系统穿刺对比,在CEUS引导下进行靶向穿刺可明显提高PCa的检出率<sup>[20]</sup>。TRUS联合CEUS比TRUS联合MRI及单纯TRUS对于可疑前列腺结节的穿刺,诊断效能更佳<sup>[21]</sup>。

CEUS也存在一定的局限性,例如造影一次只能对同一层面(通常是单个结节)进行连续动态观察,当可疑结节多于一个时,难以实现一次检查即可综合评价全部病灶的状况;此外,当前列腺体积过大、可疑病灶位置过深及肠道气体干扰时,造影效果亦受影响;部分弥漫性PCa病例在造影时内外腺体的强化并无规律可循,很大程度上依赖操作者团队的技能和经验。CEUS联合mpMRI融合靶向穿刺在PCa的早期诊断中有着良好的应用前景,并在一定程度上避免过度诊疗,但无法替代“金标准”。

## 1.2 超声弹性成像

超声弹性成像是一种新型的超声诊断技术,最早由Ophir等<sup>[22]</sup>提出,并被Krouskop等<sup>[23]</sup>发现,正常前列腺组织与前列腺增生及PCa在硬度上存在差异,通过超声弹性成像对可疑区域进行检查,可提高PCa的检出率<sup>[24]</sup>。超声弹性成像可提供有关组织硬度及其形变能力等信息,最常用的两种类型包括:应变式弹性成像(strain elastography, SE)和剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)。SE及SWE已经被广泛应用于乳腺、甲状腺及肝脏疾病的诊断与鉴别诊断,并表现出良好的诊断效能<sup>[25-27]</sup>。

近年来,经直肠实时组织弹性成像(transrectal real-time tissue elastography, TRTE)在男性PCa的诊断方面备受关注。研究表明<sup>[28-29]</sup>,由于PCa组织内血管迅速增长,肿瘤细胞侵犯周边组织并引起结缔组织增生和胶原沉积,因此PCa病灶通常比周围组织硬度更大,在超声图像上呈现出不同的颜色编码或者弹性模量值,从而对组织硬度进行量化评估。正常前列腺弹性图像常表现为前列腺的包膜周边呈红色,而内部呈绿色;而PCa常表现为前列腺的周缘区出现稳定的蓝色区域。因此,可以通过超声弹性成像对PCa组织进行诊断,但需注意因前列腺钙化或结石造成的“假阳性”。超声弹性成像常常联合其他影像技术一起应用。研究发现<sup>[30]</sup>,CEUS联合实时应变式弹性成像(Real-Time SE)诊断早期PCa的敏感度、准确率和阴性预测值分别高达92.1%、86.2%和84.6%。巫明钢等<sup>[31]</sup>研究发现,SWE检测PCa病灶的平均杨氏模量值与其病理Gleason评分呈正相关。超声弹性成像联合mpMRI还可用于指导前列腺穿刺活检过程中针尖位置选择,有助于靶向穿刺活检。

超声弹性成像可作为常规超声诊断技术的一项补充,在临床应用中仍存在一些争议和局限性。例如,SE依靠手工产生应力,存在主观性过强、对操作者经验要求较高等缺点,且容易产生伪像,重复性和稳定性较差。SWE则是通过探头自动产生剪切波,相对而言更为客观、重复性更好,但同样无法替代“金标准”。

## 1.3 显微超声

与传统的超声成像技术相比,显微超声(micro-ultrasound, Micro-US)的最大特点是成像频率和空间分辨率显著提高,其成像频率可高达29 MHz,其分辨率是传统超声成像技术的3~4倍。Micro-US能更加清晰地显示前列腺细微病灶,但穿透力较弱,检测深度仅在5~6 cm,因此在前列腺体积较大时不易检测,存在一定的局限性,更适用于经会阴穿刺<sup>[12]</sup>。另外,Micro-US当前只能在矢状面成像,无法实现与MRI等其他影像技术进行融合成像。Ditunno等<sup>[32]</sup>在研究新型非MRI成像技术时发现,Micro-US在诊断PCa方面准确率很高,与mpMRI相比并不逊色,是一种具有吸引力的新型诊断策略。另外,Jiang等<sup>[33]</sup>提出了一种专用于前列腺Micro-US图像分割的深度学习方法:“MicroSegNet”模型,并使用55名患者的Micro-US图像训练该模型,然后对20名患者

进行评估,认为 Micro-US 在 PCa 方面的诊断效能与 MRI 相当,但在三维成像方面存在不足。Ghai 等<sup>[34]</sup>基于一项 2000 名患者参与的多中心随机对照试验,提出了 Micro-US 前列腺风险评分系统 (PRIMUS, 1-5 分), PRIMUS 评分为 5 分则诊断 PCa 的风险非常高。Lorusso 等<sup>[35]</sup>研究认为, Micro-US 在诊断 PCa 方面表现出良好的可靠性,其诊断效能可与 mpMRI 相媲美。也有学者认为,随着 Micro-US 技术的进一步发展, Micro-US 可展现出与 mpMRI 相似的诊断性能,并在前列腺体积较小的患者中更具优势;此外, Micro-US 还具有跟踪活检的功能,在 PCa 靶向穿刺活检方面的效能同样不亚于 mpMRI<sup>[36-37]</sup>。Micro-US 作为一项新兴技术,可提供更准确、更精细的图像,与 mpMRI 相比具有价格低廉、实时成像等优点,但目前临床应用经验相当较少,其能否替代 mpMRI 有待进一步验证。将 Micro-US 与 mpMRI、PSMA PET/CT 等影像技术互相融合,或许成为未来 PCa 精准诊断的发展趋势。

#### 1.4 高强度聚焦超声

高强度聚焦超声 (high intensity focused ultrasound, HIFU) 也称“海扶刀”,是利用高强度超声聚焦于靶组织,即将超声束及其能量聚焦到毫米级目标上,在极短时间内使靶区温度骤升至 60 °C 以上,使其发生凝固性坏死,从而实现治疗目的<sup>[38]</sup>。重庆医科大学的王智彪教授自主研发了全球首台 HIFU 肿瘤治疗系统并应用于临床。HIFU 具有不开刀、不出血,不受肿瘤大小、形状限制等优点,已广泛应用于包括在 PCa 在内的实体肿瘤治疗<sup>[39]</sup>。HIFU 旨在消融肿瘤的同时尽量保留正常前列腺组织,从而更好地保护其生理功能。HIFU 可一次性治疗也可按计划分期治疗,可整体治疗也可局部治疗,同时还可配合放疗、化疗等其他治疗方案。相比传统手术(根治性前列腺切除术)或放射治疗方式, HIFU 具有更少的副作用(如尿道狭窄、尿失禁等)和更快速的康复过程<sup>[40-41]</sup>, 严重不良事件罕见。MR 引导 HIFU 治疗局限性 PCa 被认为是一种安全、无创、靶向的治疗手段,对于需要保留生理功能的局限性 PCa 患者而言是一种全新的、可供选择的治疗方法<sup>[42-43]</sup>。研究认为<sup>[44]</sup>, 经直肠 HIFU 对 PCa 进行局灶消融治疗是一种非常安全的治疗手段,并可较好地保留尿控和性功能,有利于改善患者的身心健康。

然而, HIFU 也存在一定的局限性。在 HIFU 治

疗过程中,前列腺组织可能会因为直肠的连续蠕动或其他器官的间接运动而产生位移,或由于热作用而导致明显的组织肿胀,也存在消融不彻底及肿瘤复发的风险<sup>[45]</sup>。此外, HIFU 对于 PCa 患者中长期疗效仍然缺乏充足的临床数据支持。诚然,手术目前仍是 PCa 的首选治疗手段,但 HIFU 在治疗局限性 PCa 方面优势突出,随着超声影像设备的不断改进, HIFU 的应用范围和应用深度在未来将不断拓展。

#### 1.5 超声靶向微泡破坏

超声靶向微泡破坏 (ultrasound - targeted microbubble destruction, UTMD) 是一种新型的靶向给药方式,其通过声孔作用,增加细胞膜的通透性,有效促进大分子物质的胞内传输,曾被认为是超声医学研究中发展最迅猛的领域之一<sup>[46]</sup>。UTMD 以超声微泡/纳泡作为载体,当超声辐照于靶器官或靶组织时,超声微泡/纳泡靶向爆破并释放出药物或基因,以提高药物递送效率或基因转染效率,在肿瘤基因治疗领域具有广泛的应用前景<sup>[47-48]</sup>。McKaig 等<sup>[49]</sup>使用化疗药物多西紫杉醇和孟加拉玫瑰红制备超声微泡,随后利用 UTMD 技术对 PCa 小鼠模型进行靶向化疗-声动力治疗,取得了良好的疗效,并认为这是一种具有应用前景的替代治疗方法。Dash 等<sup>[50]</sup>研究认为,相比于腺病毒等基因递送方式, UTMD 更具安全性和实用性,有望成为 PCa 基因治疗从实验室转化为临床应用的新技术。也有学者研究发现,利用超声微泡递送腺病毒至免疫功能正常的 PCa 小鼠模型中,不会引发先天性和适应性免疫反应,并证实了 UTMD 介导的特异性腺病毒基因治疗的临床转化可行性<sup>[51]</sup>。Qin 等<sup>[52]</sup>研究发现, UTMD 介导的 miR-205 转染上调了 caspase-9、cleaved-caspase 9、cytochrome c 和 E-cadherin 的表达,增强了顺铂在 PCa 细胞中的细胞毒性。

UTMD 目前主要应用于基础研究阶段,距离治疗 PCa 患者的临床转化应用仍有一定距离,但发展潜力巨大。随着 UTMD 技术的深入研究和不断发展, UTMD 联合基因治疗将会更好地服务临床、造福大众<sup>[53]</sup>。新型超声微泡/纳泡将不但可以进行声学成像用于诊断,还能实现药物与基因的靶向递送用于治疗,真正做到诊疗一体化。通过靶向递送药物或基因至肿瘤细胞或滋养血管,抑制细胞增殖及血管新生,以达到治疗目的。

#### 1.6 多模态超声成像

多模态超声成像是指联合常规二维灰阶超声、

彩色多普勒、CEUS、超声弹性成像等在内的多种不同的超声影像技术进行检查和诊断的方法,在PCa的诊断中已展示出广阔的应用前景<sup>[54]</sup>。多模态超声成像综合了不同超声影像技术的各自优势,在PCa的诊断、肿瘤分期、治疗和预后评估中具有重要应用价值<sup>[55-56]</sup>。

Zhang等<sup>[57]</sup>在对比研究多模态超声成像与mpMRI检测局限性PCa的诊断性能时发现,前者的敏感度、阴性预测值和准确性均高于后者,分别为97.4% vs 94.7%、96.9% vs 92.3%、87.2% vs 76.9%,由此可见,多模态超声成像对于局限性PCa具有很高的诊断效能。研究发现,多模态超声成像实现了各技术的优势互补;与单一超声诊断技术相比,多模态超声成像联合诊断侵袭性PCa的灵敏度和特异度均更高,并为临床提供更为全面、精准的参考依据<sup>[58]</sup>。此外,靶向PCa超声造影技术与多模态多功能超声造影剂的研究,也是未来多模态成像的发展方向<sup>[59]</sup>。携带药物或基因的多模态多功能超声造影剂为PCa患者的精准诊断与精准治疗开辟了新思路,并为超声影像技术带来了新变革。

## 2 小结与展望

近年,我国逐渐进入人口老龄化社会,随着血清PSA、DRE、TRUS及前列腺系统穿刺的推广与普及,我国PCa的总体检出率逐年升高。超声影像技术因其灵活、简便、快捷、价廉、无辐射而成为PCa筛查及引导穿刺活检的常用方法。超声还能与mpMRI等影像技术相结合,显著提高PCa的诊断效能,并延长患者寿命,改善其生活质量。诚然,超声影像技术在PCa的诊断中也存在一定的局限性,一是对体积较小的肿瘤病灶无法及时检出,二是较大程度依赖医生的操作水平和临床经验,并存在一定的主观性。随着人工智能、大数据及影像组学的进一步发展,超声影像技术在PCa的早期诊疗方面必将发挥更加重要的作用。

### 参考文献

[1] 张希,杨雷,刘硕,等. 2022年全球恶性肿瘤统计报告解读[J]. 中华肿瘤杂志,2024,46(7): 710-721.

[2] 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 Cancer J Clin, 2024, 74(3): 229-263.

[3] Ji SY, Wu WB, Jiang Q. Crosstalk between Endothelial

Cells and Tumor Cells: A New Era in Prostate Cancer Progression [J]. Int J Mol Sci, 2023, 24(23): 16893.

- [4] 国家癌症中心,国家肿瘤质控中心前列腺癌质控专家委员会. 中国前列腺癌规范诊疗质量控制指标(2022版)[J]. 中华肿瘤杂志,2022,44(10): 1011-1016.
- [5] 中国抗癌协会泌尿男生殖系统肿瘤专业委员会前列腺癌学组. 前列腺癌筛查中国专家共识(2021年版)[J]. 中国癌症杂志,2021,31(5): 435-440.
- [6] 顾伟杰,朱耀. 2022版《CSCO前列腺癌诊疗指南》更新要点解读[J]. 中国肿瘤外科杂志,2022,14(3): 224-232.
- [7] 陈舰,武鹏,胡伟,等. 基于多参数磁共振和PSMA PET/CT的前列腺靶向穿刺研究进展[J]. 现代肿瘤医学,2024,32(2): 387-391.
- [8] 严叶青,梁胜,杨斌,等. 18F-MD-PSMA PET/CT显像在中高危前列腺癌初始分期中的应用价值[J]. 上海交通大学学报(医学版),2023,43(7): 873-881.
- [9] 陈明坤,彭雄强,刘红梅,等. 实时超声造影在经直肠前列腺穿刺活检中的应用[J]. 中华男科学杂志,2016,22(8): 698-703.
- [10] 梁晓秋,曹凌玲,陈溢旭. 经直肠超声造影引导前列腺穿刺活检诊断前列腺癌[J]. 中国介入影像与治疗学,2020,17(2): 93-97.
- [11] Qi TY, Chen YQ, Zhu YK, et al. Contrast-enhanced transrectal ultrasonography for detection and localization of prostate index tumor: correlation with radical prostatectomy findings [J]. Urology, 2014, 84(1): 138-143.
- [12] 林晋华,谢晓华,谢晓燕. 经直肠超声在前列腺癌诊断中的应用与新进展[J]. 中国医师杂志,2023,25(8): 1121-1124.
- [13] 张敏,刘明辉. 经直肠超声造影诊断前列腺癌的临床价值[J]. 中南大学学报(医学版),2018,43(8): 882-885.
- [14] Kundavaram CR, Halpern EJ, Trabulsi EJ. Value of contrast-enhanced ultrasonography in prostate cancer [J]. Curr Opin Urol, 2012, 22(4): 303-309.
- [15] 梁丹艳,刘倩,吴国柱,等. 超声造影诊断前列腺癌的Meta分析[J]. 临床超声医学杂志,2019,21(9): 651-655.
- [16] 唐小珍,农万贤,廖新红,等. 前列腺内外腺分界超声纹理分析在前列腺癌诊断中的应用[J]. 中国医学影像学杂志,2023,31(6): 648-652.
- [17] 冯玉洁,吴隘红,付启欢,等. 基于超声图像特征机器学习预测前列腺癌危险度的价值[J]. 中国临床医学影像学杂志,2022,33(1): 28-32.
- [18] 陈明,徐锦洋,吕国荣,等. 经直肠三维超声造影断层

- 成像与多参数MRI诊断前列腺癌的对比研究[J]. 临床超声医学杂志, 2020, 22(6): 435-439.
- [19] 李丹丹, 高振森, 寇光玲. 经直肠前列腺超声造影靶向活检诊断前列腺癌的可行性研究[J]. 中国超声医学杂志, 2020, 36(1): 63-66.
- [20] Wildeboer RR, Postema AW, Demi L, et al. Multiparametric dynamic contrast-enhanced ultrasound imaging of prostate cancer[J]. Eur Radiol, 2017, 27(8): 3226-3234.
- [21] 于立超, 黄志鹏, 王平. 实时超声造影及MRI联合经直肠超声对前列腺癌穿刺检出率的对比研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(6): 144-146.
- [22] Ophir J, Céspedes I, Ponnekanti H, et al. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues[J]. Ultrason Imaging, 1991, 13(2): 111-134.
- [23] Krouskop TA, Wheeler TM, Kallel F, et al. Elastic moduli of breast and prostate tissues under compression [J]. Ultrason Imaging, 1998, 20(4): 260-274.
- [24] 李佳, 胡兵, 胡滨, 等. 超声弹性成像在前列腺癌诊断中的价值[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2013, 7(4): 1781-1783.
- [25] Li JN, Sun B, Li YB, et al. Correlation analysis between shear-wave elastography and pathological profiles in breast cancer [J]. Breast Cancer Res Treat, 2023, 197(2): 269-276.
- [26] Kara T, Ateş F, Durmaz MS, et al. Assessment of thyroid gland elasticity with shear-wave elastography in Hashimoto's thyroiditis patients [J]. J Ultrasound, 2020, 23(4): 543-551.
- [27] Ayonrinde OT, Zelesco M, Welman CJ, et al. Clinical relevance of shear wave elastography compared with transient elastography and other markers of liver fibrosis [J]. Intern Med J, 2022, 52(4): 640-650.
- [28] 龙玉屏, 黄珊珊, 赵中千, 等. 经直肠常规超声、实时组织弹性成像及超声造影联合应用对侵袭性前列腺癌的诊断价值[J]. 临床超声医学杂志, 2022, 24(4): 291-294.
- [29] 刘培志, 刘水澎, 龚娥, 等. 常规超声、超声造影及剪切波弹性成像联合临床指标诊断前列腺癌的价值[J]. 临床超声医学杂志, 2021, 23(12): 905-909.
- [30] Chang Y, Yang JC, Hong H, et al. The Value of Contrast-Enhanced Ultrasonography Combined with Real-Time Strain Elastography in the Early Diagnosis of Prostate Cancer[J]. Aging Dis, 2018, 9(3): 480-488.
- [31] 巫明钢, 卢漫, 何发伟, 等. 剪切波弹性成像在前列腺癌诊断中的价值[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(24): 5525-5528.
- [32] Ditunno F, Franco A, Manfredi C, et al. Novel non-MRI imaging techniques for primary diagnosis of prostate cancer: micro-ultrasound, contrast-enhanced ultrasound, elastography, multiparametric ultrasound, and PSMA PET/CT [J]. Prostate Cancer Prostatic Dis, 2024, 27(1): 29-36.
- [33] Jiang HX, Imran M, Muralidharan P, et al. MicroSegNet: A deep learning approach for prostate segmentation on micro-ultrasound images [J]. Comput Med Imaging Graph, 2024, 112: 102326.
- [34] Ghai S, Eure G, Fradet V, et al. Assessing Cancer Risk on Novel 29 MHz Micro-Ultrasound Images of the Prostate: Creation of the Micro-Ultrasound Protocol for Prostate Risk Identification [J]. J Urol, 2016, 196(2): 562-569.
- [35] Lorusso V, Kabre B, Pignot G, et al. Comparison Between Micro-Ultrasound and Multiparametric MRI Regarding the Correct Identification of Prostate Cancer Lesions [J]. Clin Genitourin Cancer, 2022, 20(4): e339-e345.
- [36] 赵云鹏, 马振县, 聂芳. 超声新技术在前列腺癌诊断中的应用进展[J]. 兰州大学学报(医学版), 2023, 49(6): 85-90.
- [37] 郑中义, 曹晓明. 前列腺靶向穿刺活检新进展[J]. 现代泌尿外科杂志, 2024, 29(3): 278-283.
- [38] Izadifar Z, Izadifar Z, Chapman D, et al. An Introduction to High Intensity Focused Ultrasound: Systematic Review on Principles, Devices, and Clinical Applications [J]. J Clin Med, 2020, 9(2): 460.
- [39] 傅晓凤, 司星, 朱江. 高强度聚焦超声技术临床应用研究进展[J]. 中国临床新医学, 2021, 14(10): 1044-1048.
- [40] 褚玉民, 何凌峰, 牛立, 等. 高能聚焦超声治疗前列腺癌热强度的探讨[J]. 中国男科学杂志, 2019, 33(2): 51-54.
- [41] 张栋, 苏瑞, 程跃, 等. 高强度聚焦超声治疗前列腺癌的临床进展[J]. 重庆医科大学学报, 2019, 44(2): 129-132.
- [42] Napoli A, Alfieri G, Scipione R, et al. High-intensity focused ultrasound for prostate cancer [J]. Expert Rev Med Devices, 2020, 17(5): 427-433.
- [43] 沈彬, 谷涛, 李喆, 等. MR引导聚焦超声治疗局限性前列腺癌的初步临床观察[J]. 中华放射学杂志, 2023, 57(6): 673-678.
- [44] 沈志远, 樊建进, 刘喆, 等. 经直肠高能聚焦超声局灶治疗前列腺癌研究进展[J]. 中国男科学杂志, 2024, 38(3): 122-125.
- [45] Hong SK, Lee H. Focused ultrasound and prostate cancer [J]. Ultrasonography, 2021, 40(2): 191-196.

- [46] 王海强,车艳玲,史悦,等. 超声靶向微泡破坏技术介导基因转染在乳腺癌治疗中的研究进展[J]. 中国医学影像学杂志,2023,31(6): 663-666,676.
- [47] Huang ST, Shang MM, Guo L, et al. Hydralazine loaded nanodroplets combined with ultrasound - targeted microbubble destruction to induce pyroptosis for tumor treatment[J]. J Nanobiotechnology,2024,22(1): 193.
- [48] Wang XX, Shang MM, Sun X, et al. Dual - responsive nanodroplets combined with ultrasound - targeted microbubble destruction suppress tumor growth and metastasis via autophagy blockade[J]. J Control Release, 2022,343:66-77.
- [49] McKaig T, Logan K, Nesbitt H, et al. Ultrasound targeted microbubble destruction using docetaxel and Rose Bengal loaded Microbubbles for targeted Chemo - Sonodynamic therapy treatment of prostate cancer [J]. Eur J Pharm Biopharm,2023,192:196-205.
- [50] Dash R, Azab B, Shen XN, et al. Developing an effective gene therapy for prostate cancer: New technologies with potential to translate from the laboratory into the clinic [J]. Discov Med,2011,11(56):46-56.
- [51] De Carlo F, Thomas L, Brooke B, et al. Microbubble - mediated delivery of human adenoviruses does not elicit innate and adaptive immunity response in an immunocompetent mouse model of prostate cancer[J]. J Transl Med,2019,17(1):19.
- [52] Qin DW, Li H, Xie HL, et al. Ultrasound-targeted microbubble destruction-mediated miR-205 enhances cisplatin cytotoxicity in prostate cancer cells[J]. Mol Med Rep,2018,18(3):3242-3250.
- [53] 张波,王琳萍. 超声靶向微泡破坏在肿瘤基因治疗中的应用现状及研究进展[J]. 医学研究杂志,2020,49(4): 1-4.
- [54] Dias AB, O'Brien C, Correias JM. Multiparametric ultrasound and micro - ultrasound in prostate cancer: a comprehensive review [J]. Br J Radiol,2022,95(1131): 20210633.
- [55] 苏春,宋宇,黄玉慧,等. 多模态影像技术在前列腺癌靶向穿刺中的应用[J]. 中国医学影像学杂志,2022,30(7): 723-728.
- [56] 林舒婷,李佳,陈斌,等. 经直肠多模态超声联合应用在前列腺癌诊断中的临床价值[J]. 中华医学超声杂志,2020,17(5): 478-485.
- [57] Zhang MB, Tang J, Luo YK, et al. Diagnostic Performance of Multiparametric Transrectal Ultrasound in Localized Prostate Cancer: A Comparative Study With Magnetic Resonance Imaging[J]. J Ultrasound Med,2019,38(7): 1823-1830.
- [58] 刘辉,高曼丽,叶新华,等. 多模态超声诊断侵袭性前列腺癌的临床应用价值[J]. 医学影像学杂志,2023,33(8): 1415-1418.
- [59] 王慧杰,红华,梁丹艳,等. 前列腺癌靶向超声造影剂的研究进展[J]. 分子影像学杂志,2022,45(2): 303-307.

(收稿日期:2024-07-01)

(本文编辑:欧阳菁)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

## 投稿时关于图表的要求

原稿中每幅图表单占1页,集中附于文后,分别按其在正文中出现的先后次序连续编码。每幅图表应冠有图(表)题。说明性的文字应置于图(表)下方注释中,并在注释中标明图表中使用的全部非公知公用的缩写。采用三横线表(顶线、表头线、底线),如遇有合计和统计学处理内容(如 $t$ 值、 $P$ 值等),则在此行上面加1条分界横线;表内数据要求同一指标有效位数一致,一般按标准差的1/3确定有效位数。线条图的绘制,高宽比例以5:7为宜。电子版投稿中,图片建议采用.jpg格式。如文稿为Word文档,则所有图片均需另附原图,要求图片分辨率不小于300 dpi。如图片用Photoshop编辑过,请将图片保存为.psd格式,且不要合并图层;若用Excel或SPSS等软件作图,请将.xls、.cht等文件附上,以方便编辑。若刊用人像,应征得本人的书面同意,或遮盖其能被辨认出系何人的部分。大体标本照片在图内应有尺度标记。病理照片要求注明染色方法和放大倍数。图表中如有引自他刊者,应获得著作权人的书面许可并注明出处。