DOI:10.3969/j.issn.1000-9760.2026.05.012

· 综述 ·

胃癌的超声诊断方法及应用

司广亮[1]　综述　　段仰灿[2]　审校

([1] 济宁医学院医学影像与检验学院,济宁 272013;[2] 济宁医学院附属医院超声科,济宁 272029)

摘　要　胃癌作为全球高致死率的恶性肿瘤,早期诊断和准确分期对于优化治疗方案和改善患者预后至关重要。近年来,超声诊断技术因其无创、无辐射及实时动态观察等独特优势,在胃癌的筛查、诊断与分期中日益受到重视。尤其是经腹超声(TAUS)、内镜超声(EUS)和对比增强超声(CEUS)在提高诊断准确性和指导临床治疗方面展现出显著潜力。尽管目前超声技术在胃癌中的应用取得了诸多进展,但仍存在一定的技术局限和临床挑战。本文系统综述了胃癌超声诊断的主要方法,评估了各类超声技术的应用价值及不足,旨在为胃癌的早期识别和个体化治疗提供理论依据和技术支持。

关键词　胃癌;超声诊断;内镜超声;胃壁超声;对比增强超声;临床应用

中图分类号:R735.2;R445.1　　**文献标识码**:B　　**文章编号**:1000-9760(2026)10-456-08

Ultrasound diagnosis methods and their applications in gastric cancer

SI Guangliang[1], *DUAN Yangcan*[2]

([1]*School of Medical Imaging and Laboratory Medicine, Jining Medical University, Jining* 272013, *China*;
[2]*Department of Ultrasound, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining* 272029, *China*)

Abstract: Gastric cancer is a malignant tumor with a high global mortality rate. Early diagnosis and accurate staging are essential for optimizing therapeutic strategies and improving patient prognosis. In recent years, ultrasound diagnostic technology has garnered increasing attention in the screening, diagnosis, and staging of gastric cancer due to its unique advantages, including its noninvasiveness, lack of ionizing radiation, and capable of real-time dynamic observation. In particular, transabdominal ultrasound (TAUS), endoscopic ultrasound (EUS), and contrast-enhanced ultrasound (CEUS) have demonstrated significant potential in enhancing diagnostic accuracy and guiding clinical management. Despite substantial progress in the application of ultrasound technology for gastric cancer, certain technical limitations and clinical challenges persist. This paper systematically reviews the primary ultrasound diagnostic methods for gastric cancer, evaluates the clinical value and limitations of various ultrasound techniques, and aims to provide a theoretical basis and technical support for the early identification and individualized treatment of gastric cancer.

Keywords: Gastric cancer; Ultrasound diagnosis; Endoscopic ultrasound (EUS); Gastric wall ultrasound; Contrast-enhanced ultrasound (CEUS); Clinical application

胃癌作为全球范围内发病率和致死率均居前列的恶性肿瘤之一,其早期诊断和准确分期对于提高治疗效果和患者生存率具有重要意义。根据近年来多项流行病学研究,2000 年至 2019 年,我国胃癌发病率从 30.5/10 万上升至 43.1/10 万。尽管医疗技术不断进步,胃癌的年龄标化死亡率从 34.1/10 万下降至 21.7/10 万,但晚期胃癌患者的生存状况依然严峻,改善其预后仍面临挑战[1]。尽管总体发病率和死亡率呈下降趋势,但 5 年相对生存率仍较低,仅为约 27.6%,且生存率随年龄增长明显下降[2]。

胃超声诊断技术因其无辐射、无创伤、便捷且成本较低的特点,近年来在胃癌的辅助诊断和筛查中逐渐受到关注。目前各类超声技术的适用范围、诊断效能缺乏系统对比梳理,临床应用存在选择困惑。本文将系统总结胃癌的超声诊断方法及其临床应用现状,结合最新文献资料,全面分析各种超声技术的发展,为推动胃癌的早期诊断和精准治疗提供理论支持和实践指导。

[基金项目]济宁市重点研发计划项目(2023YXNS225)

[通信作者]段仰灿,E-mail:15853733198@163.com

1　胃癌超声诊断技术

胃部超声尤其是口服对比增强超声(OCEUS)及双重对比增强超声(DCEUS)能够清晰地显示胃壁结构及病变范围,评估肿瘤的形态学特征和血流灌注情况,对胃癌的早期筛查和 T 分期具有较高的敏感性和特异性[3]。此外,胃超声填充技术通过充盈胃腔,改善超声图像质量,提高胃癌病灶的检测率和分期准确度,研究显示其在临床应用中具有较高的诊断准确率和良好的安全性[4]。在胃癌淋巴结转移的检测方面,传统超声技术的敏感性和特异性有限,但结合内镜超声技术可以提高诊断价值[5]。

目前随着上消化道内镜超声(EUS)技术的迅猛发展关于早期胃癌的诊断及治疗有了进一步提高。影像学检查如计算机断层扫描(CT)、磁共振成像(MRI)及正电子发射断层扫描(PET)在肿瘤分期及远处转移评估中发挥重要作用,但存在侵入性强、辐射风险及成本较高等缺点。EUS 因其能够细致评估肿瘤浸润深度(T 分期)及区域淋巴结转移(N 分期),在胃癌的诊断与分期中占据重要地位,尤其适用于早期胃癌的评估,有助于指导内镜下切除或手术治疗方案的选择[6]。然而,EUS 操作技术要求较高,且对较大肿瘤及存在溃疡病灶的病例可能存在分期误差[7]。CT 和 MRI 在远处转移评估方面具有优势,尤其在肝转移检测中表现突出[8]。尽管如此,这些方法均存在一定的局限性及患者接受度问题。

随着技术的不断进步,超声引导下的新型诊断和治疗技术逐渐发展,如超声引导穿刺活检技术已被用于难以确诊的胃癌及胃部转移癌的病理诊断,显著提高了诊断率并优化治疗策略[9]。此外,超声引导下的局部治疗技术如射频消融(RFA)、光动力治疗(PDT)和纳米超声造影剂辅助的靶向药物递送系统等新兴手段也展现出良好的前景,有望改善晚期胃癌患者的治疗效果和生活质量。

2　胃癌超声诊断核心技术的临床应用

2.1　胃经腹超声(TAUS)的临床应用

TAUS 的临床价值与局限　TAUS 作为一种非侵入性、无辐射的影像学检查方法,在胃癌的筛查及随访中具有显著优势。首先,TAUS 操作简便、无创,避免了患者暴露于辐射环境中,适合反复检查,便于对胃癌患者的长期动态观察和疗效评估。此外,TAUS 能够较好地显示胃壁及周围组织结构,尤其在肿瘤较大或晚期胃癌的诊断中表现出较高的准确率和敏感性。一项荟萃分析显示,TAUS 在判别晚期胃癌中的诊断准确率显著高于早期胃癌,且其准确率甚至略高于 CT 和 EUS[10]。这说明 TAUS 在晚期胃癌的初步诊断及分期中具有重要的临床应用价值。

TAUS 在早期胃癌的诊断敏感性相对较低,这主要是由于早期病变体积小、胃壁结构变化不明显,且胃内气体和肥胖等因素可能影响超声图像质量,使得早期病灶难以被准确捕捉。此外,胃的解剖位置及胃内容物的干扰也限制了 TAUS 的应用范围。为弥补这一不足,TAUS 常结合彩色多普勒技术使用,通过评估肿瘤的血流及血管特征,能够辅助判断肿瘤的侵袭性和分期。晚期胃癌病灶往往表现出较高的彩色多普勒血流指数以及病变长度大于 1 cm 的特征,这些超声表现有助于区分不同分期的胃癌[11]。

此外,TAUS 在胃癌 TNM 分期方面也显示出较高的准确率。一项回顾性研究分析了 284 例胃肠道恶性肿瘤患者的 TAUS 数据,发现 TAUS 对胃癌的诊断敏感性和特异性分别为 82.4% 和 83.7%,对胃癌的 TNM 分期准确率达 85.5%[12]。这些数据表明,TAUS 能够较为准确地评估肿瘤浸润深度和淋巴结受累情况,尤其适用于晚期胃癌患者的辅助诊断和治疗方案制定。

总结来看,TAUS 因其非侵入、无辐射的特点,非常适合胃癌患者的筛查和随访,尤其在晚期胃癌及较大肿瘤病灶的诊断中具有较高的准确性。结合彩色多普勒技术,TAUS 还能进一步提供肿瘤血流及血管形态信息,增强诊断的全面性和准确性。然而,其在早期胃癌诊断中的敏感性不足,以及胃内气体和患者体型等因素的影响,仍是限制其广泛应用的主要因素。因此,TAUS 应作为 CT 和 EUS 等其他影像学检查的补充手段,共同提高胃癌的诊断效率和精确度[10-12]。

2.2　胃超声填充法的技术原理与分期诊断价值

胃超声填充法通过口服超声对比剂充盈胃腔,能够显著改善胃壁层次的显示,从而提高早期胃癌的检测率。该技术利用口服对比剂填充胃腔,使胃壁与胃腔内液体形成明显的声学对比,增强胃壁结构的分层清晰度,便于观察胃壁各层的厚度和完整性,尤其是针对早期胃癌的黏膜及黏膜下层病变的识别能力显著提升[4]。该方法具备无创、无辐射、操作简便及患者耐受性高等优点,适合临床广泛推广和应用。

在胃壁厚度及肿瘤浸润深度的评估方面,胃超声填充法表现出较高的准确率。研究显示,利用该方法对胃癌患者进行 T 分期诊断时,T3 和 T4 期的准确率分别高达 96.00% 和 83.33%,整体 T 期诊断准确率达到 76.00%,远高于 T1、T2 期的准确率[4]。胃壁厚度的测量在分辨早晚期胃癌中具有显著意义,T1-T2 期胃癌的胃壁厚度平均约为 9.8 mm,而 T3-T4 期则明显增厚至 17.0 mm,这为临床判断肿瘤浸润深度提供了重要依据。此外,胃超声填充法对胃癌远处转移(M 期)的诊断准确率达 100%,显示其在整体临床分期中的高度可靠性[4]。

2.3　对比增强超声(CEUS)在胃癌中的临床应用

2.3.1　CEUS 技术原理及分类　CEUS 是一种通过静脉注射超声造影剂来增强超声图像的技术,能够实时动态地显示组织的血流灌注情况及微血管系统的动态变化。CEUS 利用微泡造影剂在血管内的回声增强效应,实现对病灶的高灵敏度识别和定量分析,从而显著提升了传统超声在病

变检测和鉴别诊断中的能力。CEUS 技术的核心优势在于其非放射性、低不良反应、重复性好及能够提供高时间分辨率的动态灌注信息，因此被广泛应用于胃癌等消化系统肿瘤的诊断和疗效监测。

在胃癌的超声诊断中，CEUS 主要有两种形式：OCEUS 和 DCEUS。OCEUS 是通过口服液体对比剂充盈胃腔，使胃腔结构清晰显像，结合超声造影剂对胃壁微循环的增强，能够更好地展示胃腔及胃壁的形态和血流情况，提升对病灶的检测率。DCEUS 则是口服对比剂与静脉注射超声造影剂的联合应用，既显像胃腔轮廓，又增强胃壁及周围组织的血流灌注，能够更全面地反映胃癌的病理改变和血管分布特点，进一步提高胃癌的检出率和分期准确性。

CEUS 通过超声造影剂的血管内流动，实时观察胃壁及病灶的血流灌注模式，有助于鉴别良恶性病变。胃癌病灶通常表现为强化迟缓或低强化，且灌注模式不均匀，而良性炎症或良性肿瘤则多见均匀或高强化。通过 CEUS 技术，临床医生可以更准确地评估病灶的范围、深度及淋巴结转移情况，指导临床治疗方案的制定。

近年来，随着超声设备和造影剂技术的不断进步，CEUS 的图像质量和诊断性能显著提高。例如，新型专用探头（specially designed probe，SDP）克服了高 BMI 患者和脂肪肝患者超声穿透力不足的问题，显著提升了肿瘤检测的灵敏度和准确性。此外，结合微血流成像技术（micro-flow imaging，MFI）的 CEUS 能够更加精准地显示肿瘤内微血管结构，提高诊断的信心和准确率[13]。

从临床应用角度看，CEUS 的推广应用还受组织氛围和实践条件的影响。研究表明，医疗机构的组织氛围及具体实践对 CEUS 的知识普及、态度形成及临床使用行为有显著影响，强调了完善培训和激励机制的重要性[14]。此外，动态 CEUS（dynamic-CEUS，d-CEUS）通过定量分析造影剂在胃壁及病灶中的时间-强度曲线，提供了更丰富的灌注参数，为胃癌的诊断和疗效评估提供了客观指标，具有广阔的临床应用前景[15]。

综上所述，CEUS 利用超声造影剂显像胃腔及胃壁血流灌注情况，结合口服对比剂和静脉造影剂的不同应用模式，极大地提升了胃癌病灶的识别能力和诊断准确性。通过技术创新及临床实践的不断深化，CEUS 已成为胃癌超声诊断领域的重要技术手段，为临床早期诊断、精准分期及治疗决策提供了有力支持。

2.3.2　CEUS 对胃癌筛查、分期及疗效监测价值　近年来，CEUS 在胃癌的筛查与分期中展现出显著的优势。首先，CEUS 在肿瘤形态学和血管特征的评估上，表现出较传统超声更高的灵敏度和特异性。OCEUS 能够清晰地显示胃壁的厚度和层次结构，帮助对胃癌的高风险人群进行有效筛查。研究表明，通过测量胃壁厚度，OCEUS 可将人群分为不同风险层级，胃壁厚度大于 9 mm 的群体其胃癌发生风险显著升高，分别比胃壁厚度小于 6 mm 和 6~9 mm 的人群风险高出数百倍和数十倍，这为胃癌的风险分层筛查提供了重要依据[16]。此外，口服造影增强超声在早期胃癌尤其是 T1 期的检测中具有较高的准确率，且与胃镜的诊断结果一致性良好，显示其作为无创、经济的筛查工具的潜力[17]。

其次，CEUS 在胃癌的分期诊断中表现出较高的诊断准确率。基于人工智能（AI）算法的胃肠道充盈 CEUS（Gastrointestinal Filling CEUS）能够更清晰地显示胃周围组织病变，准确判断病灶的进展深度、浸润范围及淋巴结转移情况，特别是在胃癌的 T 分期（肿瘤浸润深度）评估中，其敏感性、特异性和准确性均优于传统 CT 扫描[18]。以 DCEUS 为例，其结合了口服和静脉注射造影剂，能更全面展示胃壁结构和病灶的血流灌注特征，临床研究显示 DCEUS 在胃癌各期 T 分期的诊断准确率远高于多层螺旋 CT（MDCT），尤其是在早期（T1）和晚期（T4）胃癌的判定中具有明显优势，准确率分别达到 90%以上[19]。此外，DCEUS 在淋巴结转移的检测中，同样展现出较高的敏感性和特异性，通过分析血流动力学参数如增强时间、达峰时间和血流上升率，有效识别有转移的淋巴结[20]。

第三，CEUS 具备实时监测治疗反应的能力，能够动态反映肿瘤血流动力学的变化，评估治疗效果。例如，通过分析肿瘤灌注参数的变化，医师可及时判断化疗或靶向治疗的疗效，为临床决策提供依据。此外，CEUS 的无创性和重复性使其成为疗效监测的理想选择[3]。在胃癌精准治疗和个体化方案制定过程中，CEUS 辅助影像评估可有效辅助病情的动态管理。

最后，作为一种经济、无创且便捷的辅助诊断手段，CEUS 在胃癌筛查和分期中的应用前景广阔。尤其在资源有限或偏远地区，口服造影增强超声因其成本低、易操作、患者接受度高等特点，成为胃癌早筛的理想工具，能够广泛推广以提高胃癌的早期发现率[16]。虽然当前胃癌的影像学评估仍以 CT、EUS 等为主，但 CEUS 凭借其独特优势，正逐步成为胃癌影像评估的重要补充手段，未来有望在临床路径中占据更加重要的位置[3]。

综上所述，CEUS 在胃癌筛查和分期诊断中，凭借高灵敏度和特异性，尤其在肿瘤形态学和血管特征的评估上优于传统超声，能够实时监测肿瘤血流动力学变化，评估治疗反应，同时作为无创、经济的辅助诊断手段，有望成为胃癌影像评估的重要工具，为临床早期诊断、精准分期及治疗管理提供有力支持。

2.4　EUS 在胃癌诊断中的应用

2.4.1　EUS 高分辨成像技术特征　EUS 技术结合了内镜与超声两种优势，能够实现对胃壁及其周围组织的近距离高分辨率成像。这种成像方式极大地提升了胃癌，尤其是早期胃癌的诊断准确性。通过 EUS，医师可以清晰地观察胃壁的不同层次结构，如黏膜层、黏膜下层、肌层及浆膜层，从而评估肿瘤的浸润深度（T 分期）[21]。此外，EUS 还能有效地检测胃周围及腹腔内的淋巴结，判断是否存在淋巴结

转移(N 分期),这对于胃癌的分期与治疗方案制定具有重要意义[22]。

EUS 对于早期胃癌及亚表层肿瘤的诊断敏感性较高,能够发现传统成像技术难以检出的微小病灶和浅表浸润。例如,线性 EUS 在判断早期胃癌的浸润深度方面表现出较高的准确率,尤其是在区分黏膜及浅层黏膜下浸润(EUS-M/SM1)与深层黏膜下浸润(EUS-SM2)方面,准确率分别达到 95%左右[23]。此外,EUS 结合先进的影像技术如弹性成像和对比增强,可进一步提高对肿瘤性质及浸润深度的判断能力[21-22]。

综上所述,EUS 以其结合内镜直视与超声高分辨率成像的技术优势,成为胃癌诊断和分期的重要手段。其在评估肿瘤浸润深度和淋巴结转移方面的准确性,为临床制定治疗方案提供了重要依据。同时,随着技术的不断进步和操作者经验的积累,EUS 在早期胃癌及亚表层肿瘤的敏感性诊断上展现出更为卓越的潜力[21,23]。

2.4.2　EUS 在胃癌分期中的价值　EUS 作为胃癌分期的重要影像学手段,尤其在肿瘤浸润深度(T 分期)和淋巴结转移(N 分期)的评估中显示出较高的准确性。多项研究显示,EUS 在 T1 期胃癌的诊断准确率明显优于 CT 扫描。例如,一项多中心回顾性研究中,线性 EUS 对胃癌浸润深度的诊断准确率在 T1 期达到 100%,而 CT 仅为 78%[22]。此外,针对 T1 期胃癌,EUS 的准确率高达 85%以上,有效指导内镜下切除(如内镜黏膜切除术、内镜黏膜下剥离术)的适应证判断[24],这对于早期胃癌患者选择微创治疗方案、提高生活质量具有重要意义。

在淋巴结转移的检测方面,传统 EUS 依赖形态学特征判断淋巴结的良恶性,但准确性受到限制。随着超声弹性成像和 CEUS 技术的发展,EUS 在鉴别良恶性淋巴结方面的能力得到显著提升。例如,结合吲哚菁绿(ICG)荧光导航与 EUS 的技术能够显著提高术中淋巴结的检测率和定位准确度,从而辅助精确淋巴清扫[25]。综合分析显示,EUS 对淋巴结转移的整体诊断准确率可达 60%~85%,优于 CT 的约 60%[5,26]。然而,EUS 在判断淋巴结 N 分期时仍存在一定局限性,尤其是对微小转移和远处淋巴结的检测敏感性不足。

关于远处转移(M 分期),EUS 的敏感性较低,主要局限于邻近结构及肝脏表面病灶的探查,对于腹膜播散、肺转移等远处转移的识别能力有限。因此,临床上需结合 CT、PET-CT 等影像学检查以完善 M 分期评估[8,21]。此外,EUS 在新辅助化疗后的疾病复查中表现出中等准确性,对评估肿瘤的治疗反应和手术可切除性有一定辅助作用,但因诊断准确率一般,需结合其他检查手段[27-28]。

综上所述,EUS 在胃癌尤其是早期胃癌 T1 期的分期中具有明显优势。结合超声弹性成像、对比增强技术及荧光导航,EUS 对淋巴结转移的检测准确性显著提高,有助于评估区域淋巴结状态。然而,EUS 对远处转移的敏感性有限,需与其他影像学方法联合应用,以实现胃癌的全面准确分期,指导个体化治疗方案的制定。

2.5　超声引导下的胃癌治疗体系

2.5.1　术中超声导航辅助胃癌外科手术　超声技术在胃癌尤其是早期胃癌手术中的应用,极大地提升了手术的精准性和安全性。传统胃癌手术在肿瘤定位方面存在一定的困难,早期胃癌因其肉眼难以区分与正常胃黏膜的界限,易导致术中失误,影响根治性切除和患者预后。超声引导技术通过实时影像帮助外科医生准确识别肿瘤边界及重要解剖结构,从而减少切除范围过大或过小的风险。特别是在早期胃癌的内镜下黏膜切除或腹腔镜辅助下的胃癌根治术中,超声技术能够提供有效的术中定位支持,显著降低术中出血和并发症的发生率,提高手术安全性和患者生活质量。

具体而言,超声引导技术不仅能辅助肿瘤的精准定位,还能实时监测手术操作过程,避免误伤重要血管和邻近器官。例如,超声引导下的放射性标记或荧光示踪技术已经被用来辅助胃癌的定位和切缘判断,提高切除的完全性。最近的研究中,结合抗 uPAR 纳米抗体的荧光成像技术,能够特异性标记胃癌细胞,辅助术中实时识别肿瘤及其边界,提升手术精确度和效果[29]。此外,AI 辅助的超声影像分析系统也在胃癌早期诊断和定位中显示出良好前景,能够通过分析胃黏膜的 pH 值变化和形态学特征,帮助医生更准确地发现早期病变区域,指导手术切除[30]。

术中超声引导的淋巴结清扫则是另一关键应用。淋巴结转移是胃癌术后复发和预后的重要影响因素,如何提高手术中淋巴结的检出率,确保清扫的彻底性,是提升患者生存率的关键。超声技术能帮助术者实时定位和评估淋巴结情况,指导淋巴结的精准切除,避免遗漏微小转移灶。相关临床研究表明,超声引导的淋巴结清扫组比传统手术组淋巴结清扫数量更多,术后并发症更少,长期生存率显著提升[31]。通过超声辅助,手术不仅更加精准,还能减少对周围正常组织的损伤,促进患者术后恢复,缩短住院时间,降低医疗成本。

综上,超声引导的精准定位及手术辅助在胃癌手术中发挥着不可替代的作用。它不仅提高了早期胃癌的手术定位准确率,减少术中失误,保障手术安全,还优化了淋巴结清扫效果,改善术后预后。随着分子成像、AI 和纳米技术的融合发展,未来超声引导技术将在胃癌手术中的应用更加广泛与精准,为胃癌患者带来更为显著的治疗获益和生存改善。

2.5.2　超声介导微创消融与局部止血治疗　超声引导的微创治疗方法在胃癌的临床治疗中日益受到关注,主要包括 EUS 引导下的局部注射治疗和超声引导的 RFA 联合化疗。通过超声的实时定位和精准引导,这些微创方法能够有效地控制胃癌相关的症状,改善患者预后,同时降低传统手术的创伤和并发症风险。

首先,EUS 引导下的局部注射治疗,尤其是硬化剂注

射,在难治性胃癌出血的控制中显示出独特优势。胃癌晚期患者常出现胃肠道出血,传统止血手段效果有限,且侵袭性强。利用 EUS 技术,可以精确定位出血血管或病变区域,直接注射硬化剂,从而有效封闭病变血管,达到止血目的。与传统内镜下止血相比,EUS 引导的局部注射不仅提高了治疗的准确性,还减少了反复出血和并发症的发生率,显著改善了患者的生活质量。此外,超声还能辅助评估局部病变及血流状态,为治疗方案提供科学依据[32]。

其次,RFA 联合化疗已在胃癌肝转移的治疗中显示出良好的疗效。肝转移是胃癌晚期的常见转移形式,传统手术切除适应证有限,化疗效果亦受限。RFA 作为一种局部热疗技术,通过探头释放射频能量,诱导肿瘤组织凝固性坏死。利用超声引导,RFA 可以精准定位肝转移灶,最大程度减少对周围正常肝组织的损伤。临床数据显示,RFA 联合系统性化疗能够延长胃癌肝转移患者的生存期,改善症状控制,且创伤小、恢复快,适合不能耐受大手术的患者[33]。此外,EUS 结合高强度聚焦超声(HIFU)等新兴技术的发展,进一步拓宽了微创治疗胃癌肝转移的手段和效果[33]。

综合来看,超声引导的微创治疗方法不仅提升了胃癌尤其是晚期患者的治疗精度和安全性,还在改善患者预后、减少治疗相关并发症方面展现出巨大潜力。随着超声技术和相关设备的不断进步,未来这些方法在胃癌治疗中的应用范围和效果预期将进一步扩大和提升。临床实践中,应结合患者具体病情与分期,合理选择超声引导的微创技术,发挥其最大临床价值[34]。

2.5.3　纳米超声微创靶向诊疗前沿探索　纳米超声对比剂作为一种新兴的超声诊断与治疗结合技术载体,正日益成为胃癌诊疗领域的研究热点。通过将纳米尺度的超声对比剂与超声靶向微泡破裂(Ultrasound-Targeted Microbubble Destruction, UTMD)技术相结合,可以实现靶向药物递送和基因治疗的精准控制,提高治疗效率并减少全身不良反应。纳米超声对比剂具有粒径小、易于表面修饰、穿透力强等优势,能够携带药物、基因或其他治疗分子,经过修饰后实现对肿瘤特异性靶向。例如,利用包裹有过氟己烷(PFH)的纳米载体,在超声激活下发生相变产生微气泡,增强超声造影效果的同时,实现药物的局部释放,提升治疗的局部浓度和特异性[35]。此外,纳米对比剂还可以通过与肿瘤细胞表面受体的特异性结合,增强对肿瘤的靶向性,从而提高诊断的灵敏度和治疗的精准度[36]。

针对 HER2 阳性胃癌的治疗研究取得了显著进展。HER2 阳性胃癌具有较高的侵袭性和生长速度,且肿瘤微环境常表现为缺氧状态,这不仅限制了传统化疗和免疫治疗的效果,也影响了超声介导的声动力治疗(sonodynamic therapy, SDT)的疗效。为解决这一问题,研究者开发了超声触发的纳米治疗系统,将针对 HER2 的抗体(如曲妥珠单抗)与声敏剂和携氧载体(如过氟溴辛烷,PFOB)构建成靶向纳米颗粒(TPPO NPs)。该系统在超声激发下释放氧气,缓解肿瘤缺氧,增强声动力疗法和抗体介导的免疫疗法的协同效应,从而显著提升治疗效果并降低不良反应[37]。此外,类似的纳米粒子系统在体内表现出良好的生物安全性和肿瘤富集能力,为 HER2 阳性胃癌的个性化治疗提供了新策略。

未来,纳米超声对比剂有望发展成为多功能诊疗一体化平台,集成精准诊断、靶向药物递送、基因治疗及实时治疗监测等功能。通过对纳米颗粒的表面进行多重修饰,实现同时携带多种治疗药物或基因载体,结合超声的高空间分辨率和穿透能力,可实现肿瘤的早期检测、精准定位及个体化治疗方案的实施[38]。此外,纳米超声对比剂与其他成像技术,如 MRI、光声成像(PAI)联合应用,能够实现多模态成像,进一步提升诊断的准确性和治疗的可视化[39]。纳米颗粒的设计优化,包括增强生物相容性、控制药物释放速率及提高靶向性,将是未来研究的重要方向。同时,超声辅助的纳米颗粒治疗也在不断克服生理屏障(如肿瘤微环境的高密度基质和缺氧状态),推动精准医学的发展。综上所述,纳米超声对比剂结合超声靶向微泡破裂技术,在胃癌的诊断与治疗中展示了广阔的应用前景,未来有望成为胃癌多学科综合治疗的重要组成部分。

2.6　新兴超声辅助技术与多模态融合诊断

2.6.1　新兴超声弹性成像鉴别胃壁及淋巴结病变性质　超声弹性成像,尤其是剪切波弹性成像(shear-wave elastography, SWE),作为一种无创、定量评估组织硬度的技术,近年来在胃癌的诊断与分期中显示出重要的应用价值。胃癌早期诊断和准确的分期对于制定个体化治疗方案至关重要,而传统的影像学方法在鉴别良恶性病变及淋巴结转移方面存在一定局限。超声弹性成像通过测定胃壁及相关淋巴结的硬度,能够辅助鉴别肿瘤性质,提升诊断的准确性。

首先,胃壁硬度的评估为胃癌的局部浸润深度提供了重要信息。EUS 结合弹性成像技术能够准确显示肿瘤侵犯的层次,辅助判断肿瘤的 T 分期。研究表明,胃癌病变区的组织硬度显著高于正常胃壁组织,这种差异使得弹性成像成为评估胃壁病变的重要手段。通过硬度值的定量分析,医生能够更好地识别早期胃癌,尤其是肿瘤局限于黏膜或黏膜下层的病例,从而指导内镜下切除等微创治疗方案的选择[21,39]。

其次,淋巴结的硬度评估在鉴别良恶性淋巴结方面表现出较高的敏感性和特异性。SWE 技术通过测量淋巴结内剪切波传播速度,反映其组织硬度,恶性淋巴结因细胞密度高、纤维化及肿瘤细胞浸润,硬度通常明显高于良性淋巴结。相关研究显示,使用 SWE 对手术切除的胃癌及食管癌患者淋巴结进行硬度测量,设定硬度阈值(如≥2.2 m/s)能有效区分转移性淋巴结与非转移性淋巴结,敏感性和特异性分别达到 0.76 和 0.82,显著提高了淋巴结转移的诊断准确性[40]。

此外,超声弹性成像在胃癌术前分期及治疗效果评估

中也发挥着辅助作用。准确的淋巴结分期(N 分期)对于确定手术范围及辅助治疗方案至关重要。结合 EUS 技术,弹性成像不仅能定性评估淋巴结是否转移,还能提供定量硬度指标,为临床提供更为客观的依据。特别是在新辅助化疗后,弹性成像有助于判断肿瘤及淋巴结的治疗反应,指导后续治疗策略的调整[21,39]。

综上所述,超声弹性成像作为胃癌诊断和分期中的新兴技术,利用其对组织硬度的敏感检测能力,能够有效辅助鉴别胃壁及淋巴结病变的良恶性,显著提高淋巴结转移的诊断准确性,并为临床分期和治疗方案的制定提供有力支持。未来,随着技术的不断完善和临床应用的深入,超声弹性成像有望成为胃癌超声诊断的重要组成部分,推动胃癌早期诊断和精准治疗的发展[21,39-40]。

2.6.2 超声联合多模态影像诊断　胃癌的诊断与分期因其复杂的病理变化和临床表现多样性,单一影像技术往往存在一定的局限性。超声检查,尤其是 EUS,在胃癌早期病变的层次分辨和局部浸润深度判断方面具有较高的敏感性和特异性,但其在全身淋巴结转移及远处转移的检测上相对不足。为此,结合 CT、PET-CT 等多模态影像技术,已成为提高胃癌诊断准确性和分期精确性的有效策略。CT 凭借其良好的空间分辨率,能够较全面地评估胃壁厚度、周围组织结构及远处转移情况;而 PET-CT 则通过代谢活动的检测,进一步揭示肿瘤的活性及潜在转移灶,弥补了传统解剖学影像的不足。

多模态影像联合应用不仅实现了形态学和功能学信息的互补,还为临床提供了更为丰富的肿瘤生物学特征,有助于制定个体化的治疗方案。文献显示,当前在食管及胃食管结合部肿瘤的管理中,CT、PET-CT 与 EUS 的联合应用已成为常规,尽管各自仍存在一定局限,但通过整合不同影像技术的优势,能够更全面地反映肿瘤的分布及侵袭情况,从而指导精准治疗决策[41]。此外,多模态影像技术的进步还推动了高分辨率 MRI、动态增强 MRI 等新技术的发展,为胃癌的诊断、分期和疗效评估提供了更多选择,使影像学评估更加精细和全面[41]。

网络 Meta 分析进一步证实,EUS 与 CT 联合应用显著提高了胃癌分期的准确性。EUS 在判断肿瘤侵及的层次深度(T 分期)上表现优异,而 CT 则在评估淋巴结转移(N 分期)及远端转移方面更具优势。联合使用两者,可有效弥补单一技术的不足,显著提升分期的综合准确率,进而优化治疗方案的选择和预后评估[42]。例如,一项前瞻性研究比较了 OCEUS 与增强 CT 在胃癌术前 T 分期中的准确性,结果显示两者总体准确率相近,表明超声技术联合 CT 能够实现有效的胃癌分期诊断。另一项研究则强调了多平面重建和虚拟胃镜技术在 CT 图像上的应用,进一步提高了胃癌的分期诊断水平[42]。

综上,多模态影像联合应用,尤其是 EUS 与 CT 的结合,已成为胃癌诊断和分期的一个重要方向。通过优势互补,能够提供更全面、准确的肿瘤信息,为临床制定合理的治疗策略提供坚实的影像学依据。同时,随着影像技术的不断进步,多模态影像融合的应用前景广阔,有望进一步提升胃癌的早期诊断和精准治疗水平[41-42]。

3　总结与展望

超声诊断技术在胃癌的筛查、诊断、分期及治疗评估中的重要性日益凸显,尤其是 EUS 和 CEUS 在早期发现和精准分期方面展现了独特优势,极大地推动了胃癌诊疗水平的提升。当前研究虽然在技术应用和临床价值上取得了显著进展,但仍需平衡不同研究中存在的差异与挑战,从而推动超声技术在胃癌管理中的更广泛和深入应用。

首先,EUS 以其高分辨率和近距离观察能力,成为胃癌尤其是早期胃癌诊断和浸润深度评估的金标准工具。然而,部分研究对其操作依赖性和患者适应度提出了限制,提示我们需要加强操作者培训和优化操作流程,提升其普适性和可重复性。相比之下,常规 TAUS 结合胃超声填充法因其无创、安全、经济的特点,为胃癌的初筛和术前评估提供了可靠的辅助手段,且在资源有限的医疗环境中具备广泛的推广潜力。尽管其分辨率和准确性略逊于 EUS,但两者的互补应用能够实现更全面的诊断策略。

其次,超声引导下的微创治疗技术及纳米超声对比剂的研发为胃癌靶向治疗开辟了新的方向。微创手术的精确导航和纳米对比剂的靶向增强,提升了治疗的精准性和安全性,减少了患者的创伤和恢复时间。当前,多项前瞻性研究和临床试验正在评估这些新技术的疗效和安全性,尽管初步数据令人鼓舞,但仍需大规模、多中心的临床验证以确立其标准化应用方案。

多模态影像技术与 AI 的结合,成为提升超声诊断准确性和临床应用价值的重要趋势。AI 辅助图像分析能够降低人为误差,提升早期病变的识别率,促进个体化诊疗方案的制定。不同研究中,AI 模型的算法选择、训练数据量及质量存在差异,这要求未来研究注重数据共享和算法标准化,促使 AI 技术真正融入临床实践,造福患者。

最后,推动超声技术的标准化和规范化是实现胃癌早诊早治的关键。当前国际和国内在超声操作规范、影像解读标准及报告体系方面尚缺乏统一标准,影响了不同中心间数据的可比性和研究结果的推广。加强多中心临床研究合作,建立权威的临床指南和培训体系,将有助于提升超声诊断的一致性和可靠性,最终提高胃癌患者的生存率和生活质量。

综上所述,超声诊断技术在胃癌管理中的应用正处于快速发展阶段,应理性看待不同研究的发现,积极推动技术创新与临床实践的深度融合,注重多学科协作及标准化建设。未来,依托先进的超声技术、多模态影像融合及 AI 辅助分析,结合规范化的临床路径,必将实现胃癌的早期精准诊断和个体化治疗,极大改善患者的预后和生活质量。

利益冲突：所有作者均申明不存在利益冲突。

参考文献：

[1] 曲艺琳，章诗伟，李顺清，等. 血清调节性 T 细胞比率、IL-17 及肿瘤标志物与晚期胃癌免疫治疗疗效的关系研究[J]. 西部医学，2025，37(11)：1646-1650，1656. DOI：10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2025. 11. 014.

[2] Wu A，Guo Z，Lin Y，et al. Trends in incidence，mortality and survival of gastric cancer in Xiamen，China from 2011 to 2020：a population-based study[J]. Cancer Epidemiol，2025，94：102718. DOI：10. 1016/j. canep. 2024. 102718.

[3] Liu GM，Liang H，Gui Y，et al. Advances in clinical application of gastric contrast-enhanced ultrasound for gastric cancer [J]. Zhongguo Yi Xue Ke Xue Yuan Xue Bao，2025，47(5)：716-724. DOI：10. 3881/j. issn. 1000-503X. 16604.

[4] Wang S，Hong Y，Wang L. Clinical study on the evaluation of the condition of patients with gastric tumors and the choice of surgical treatment by gastric ultrasonic filling method[J]. Contrast Media Mol Imaging，2022，2022：3960929. DOI：10. 1155/2022/3960929.

[5] Chen C，Song YL，Wu ZY，et al. Diagnostic value of conventional endoscopic ultrasound for lymph node metastasis in upper gastrointestinal neoplasia：a meta-analysis[J]. World J Gastroenterol，2023，29(30)：4685-4700. DOI：10. 3748/wjg. v29. i30. 4685.

[6] Schuster IP，DiMaio CJ. Endoscopic ultrasound in gastric cancer [J]. Surg Clin North Am，2025，105(1)：65-73. DOI：10. 1016/j. suc. 2024. 07. 003.

[7] Kim J，Chung H，Kim JL，et al. Hierarchical analysis of factors associated with T staging of gastric cancer by endoscopic ultrasound [J]. Dig Dis Sci，2021，66(2)：612-618.

[8] Giandola T，Maino C，Marrapodi G，et al. Imaging in gastric cancer：current practice and future perspectives[J]. Diagnostics (Basel)，2023，13(7)：1276. DOI：10. 3390/diagnostics13071276.

[9] Okamoto T，Suzuki H，Fukuda K. Gastric linitis plastica due to signet-ring cell carcinoma with Krukenberg tumors diagnosed by endoscopic ultrasound-guided fine-needle aspiration[J]. Clin J Gastroenterol，2021，14(4)：994-1003. DOI：10. 1007/s12328-021-01387-6.

[10] Zhang Y，Zhang J，Yang L，et al. A meta-analysis of the utility of transabdominal ultrasound for evaluation of gastric cancer[J]. Medicine (Baltimore)，2021，100(32)：e26928. DOI：10. 1097/MD. 0000000000026928.

[11] Zhong MY，Jian GL，Ye JY，et al. Clinical characteristics and transabdominal ultrasound features that associated with T3-T4 staging in gastric cancer：a retrospective study[J]. World J Gastrointest Surg，2025，17(6)：105073. DOI：10. 4240/wjgs. v17. i6. 105073.

[12] Dong JY，Gao YB，Tang LW，et al. Diagnostic value of transabdominal ultrasonography in gastrointestinal malignant tumors[J]. Altern Ther Health Med，2025，31(1)：380-385.

[13] Merrill C，Samuel A，Gupta S，et al. A novel technology for resolution of CEUS imaging problems in patients with high BMI and fatty liver[J]. J Ultrasound Med，2023，42(11)：2603-2614. DOI：10. 1002/jum. 16296.

[14] Lu J，Deng Q，Liu W. Effects of organizational atmosphere and organizational practice on knowledge，attitude，and practice toward diffusion and utilization of hepatic contrast-enhanced ultrasound among physicians[J]. Front Public Health，2022，10：778253. DOI：10. 3389/fpubh. 2022. 778253.

[15] Paratore M，Garcovich M，Ainora ME，et al. Dynamic contrast enhanced ultrasound in gastrointestinal diseases：a current trend or an indispensable tool? [J]. World J Gastroenterol，2023，29(25)：4021-4035. DOI：10. 3748/wjg. v29. i25. 4021.

[16] Guan S，Yan R，Chen X，et al. Risk stratification of gastric cancer screening in community population based on oral contrast-enhanced ultrasonography examination：a 3-year follow-up analysis report[J]. Front Oncol，2023，13：1218800. DOI：10. 3389/fonc. 2023. 1218800.

[17] Wang CY，Fan XJ，Wang FL，et al. Clinical value of oral contrast-enhanced ultrasonography in diagnosis of gastric tumors [J]. World J Gastrointest Oncol，2024，16(1)：110-117. DOI：10. 4251/wjgo. v16. i1. 110.

[18] Xu D，Liu R，Xu H，et al. Adoption of two-dimensional ultrasound gastrointestinal filling contrast on artificial intelligence algorithm in clinical diagnosis of gastric cancer[J]. Comput Math Methods Med，2022，2022：7385344. DOI：10. 1155/2022/7385344.

[19] Lv M，Hui X，Yang X，et al. Comparison of the diagnostic accuracy of enhanced-CT and double contrast-enhanced ultrasound for preoperative T-staging of gastric cancer：a meta-analysis [J]. Cancer Imaging，2025，25(1)：48. DOI：10. 1186/s40644-025-00861-5.

[20] Jiang Y，Xu SH，Han L，et al. Accuracy of dual-contrast gastrointestinal ultrasonography in predicting lymph node metastasis in older adults with gastric cancer-PubMed[J]. World J Gastrointest Oncol，2025，17(5)：104194. DOI：10. 4251/wjgo. v17. i5. 104194.

[21] Ziogas DI，Kalakos N，Manolakis A，et al. Endoscopic ultrasound (EUS) in gastric cancer：current applications and future perspectives[J]. Diseases，2025，13(8)：234. DOI：10. 3390/diseases13080234.

[22] de Nucci G，Gabbani T，Impellizzeri G，et al. Linear EUS accuracy in preoperative staging of gastric cancer：a retrospective multicenter study[J]. Diagnostics (Basel)，2023，13(11)：1842. DOI：10. 3390/diagnostics13111842.

[23] Zhou J，Wang Q，Li H，et al. Comparison of diagnostic accuracy between linear EUS and miniprobe EUS for submucosal invasion in suspected cases of early gastric cancer[J]. Rev Esp Enferm Dig，2022，114(11)：648-653. DOI：10. 17235/reed. 2022. 8512/2021.

[24] Wang YC，Liao YJ，Lin WT，et al. Assessment of endoscopic ultrasound for predicting preoperative T staging in patients with gastric adenocarcinoma[J]. J Surg Oncol，2025，131(3)：411-416. DOI：

10. 1002/jso. 27960.

[25] Zhao L, Zhao J, Wang Y, et al. A randomized trial of combined indocyanine green and endoscopic ultrasound for lymph node evaluation in gastric cancer surgery[J]. Quant Imaging Med Surg, 2025, 15(10): 9252-9265. DOI: 10. 21037/qims-2024-2654.

[26] Ungureanu BS, Sacerdotianu VM, Turcu-Stiolica A, et al. Endoscopic ultrasound vs. computed tomography for gastric cancer staging: a network meta-analysis[J]. Diagnostics (Basel), 2021, 11(1): 134. DOI: 10. 3390/diagnostics11010134.

[27] Sacerdotianu VM, Ungureanu BS, Iordache S, et al. Diagnostic value of endoscopic ultrasound after neoadjuvant chemotherapy for gastric cancer restaging: a meta-analysis of diagnostic test[J]. Diagnostics (Basel), 2022, 12(1): 100. DOI: 10. 3390/diagnostics12010100.

[28] Hoibian S, Giovannini M, Autret A, et al. Preoperative EUS evaluation of the response to neoadjuvant therapy for gastric and esophagogastric junction cancer is correlated with survival: a single retrospective study of 97 patients[J]. Endosc Ultrasound, 2021, 10(2): 103-110. DOI: 10. 4103/EUS-D-20-00073.

[29] Mateusiak Ł, Hakuno S, de Jonge-Muller E, et al. Fluorescent Nanobodies for enhanced guidance in digestive tumors and liver metastasis surgery[J]. Eur J Surg Oncol, 2025, 51(3): 109537. DOI: 10. 1016/j. ejso. 2024. 109537.

[30] Yan H, Li Z, Zhao J, et al. AI-assisted detection of early gastric cancer via visualization of mucosal acidity compromise during endoscopy[J]. Adv Sci (Weinh), 2025, 12(46): e04932. DOI: 10. 1002/advs. 202504932.

[31] Chen SY, Hu M, Feng ZB, et al. Application of ultrasound-guided localization technology in early gastric cancer surgery and prognostic analysis[J]. World J Gastrointest Surg, 2025, 17(11): 109002. DOI: 10. 4240/wjgs. v17. i11. 109002.

[32] Rai P, Kumar P, Hoda US, et al. Endoscopic ultrasound-guided vascular interventions: a review (with videos)[J]. Indian J Gastroenterol, 2024, 43(5): 927-942.

[33] Ashida R, Kawabata KI, Asami R, et al. Novel treatment system using endoscopic ultrasound-guided high-intensity focused ultrasound: a proof-of-concept study[J]. Pancreatology, 2024, 24(1): 88-92. DOI: 10. 1016/j. pan. 2023. 11. 013.

[34] Nakai Y, Smith Z, Chang KJ, et al. Advanced endoscopic techniques for the diagnosis of pancreatic cancer and management of biliary and gastric outlet obstruction[J]. Surg Oncol Clin N Am, 2021, 30(4): 639-656. DOI: 10. 1016/j. soc. 2021. 06. 005.

[35] Qin H, Teng R, Liu Y, et al. Drug release from gelsolin-targeted phase-transition nanoparticles triggered by low-intensity focused ultrasound[J]. Int J Nanomedicine, 2022, 17: 61-71. DOI: 10. 2147/IJN. S341421.

[36] Fu D, Huang X, Lv Z, et al. Ultrasound and magnetic resonance imaging of cyclic arginine glycine aspartic acid-gadopentetic acid-polylactic acid in human breast cancer by targeting αvβ3 in xenograft-bearing nude mice[J]. Bioengineered, 2022, 13(3): 7105-7117.

[37] Xie X, Zhang J, Sun L, et al. Ultrasound-triggered topical oxygen delivery enhances synergistic sonodynamic and antibody therapies against hypoxic gastric cancer[J]. J Control Release, 2025, 380: 736-750. DOI: 10. 1016/j. jconrel. 2025. 02. 019.

[38] Žulpaite U, Petrikaite V. Nanosystems for myocardial ischemic injury theranostics[J]. Biochem Pharmacol, 2025, 241: 117115. DOI: 10. 1016/j. bcp. 2025. 117115.

[39] Rossi G, Petrone MC, Healey AJ, et al. Gastric cancer in 2022: Is there still a role for endoscopic ultrasound? [J]. World J Gastrointest Endosc, 2023, 15(1): 1-9.

[40] Suzuki M, Sakurazawa N, Hagiwara N, et al. Usefulness of shear-wave elastography for detection of lymph node metastasis in esophageal and gastric cancer[J]. World J Gastrointest Oncol, 2025, 17(4): 101925. DOI: 10. 4251/wjgo. v17. i4. 101925.

[41] Withey SJ, Goh V, Foley KG. State-of-the-art imaging in oesophago-gastric cancer[J]. Br J Radiol, 2022, 95(1137): 20220410. DOI: 10. 1259/bjr. 20220410.

[42] Wu LL, Xin JY, Wang JJ, et al. Prospective comparison of oral contrast-enhanced transabdominal ultrasound imaging with contrast-enhanced computed tomography in pre-operative tumor staging of gastric cancer[J]. Ultrasound Med Biol, 2023, 49(2): 569-577. DOI: 10. 1016/j. ultrasmedbio. 2022. 10. 010.

(收稿日期　2026-01-06)

(本文编辑:石俊强)