

超声诊断甲状腺结节的研究现状与进展

彭 梅

同江市中医医院超声科, 黑龙江 佳木斯

收稿日期: 2025年5月19日; 录用日期: 2025年6月13日; 发布日期: 2025年6月23日

摘 要

甲状腺结节的精准鉴别是临床诊疗的核心问题, 超声技术凭借其无创性、高分辨率及实时动态成像优势, 已成为甲状腺结节筛查与评估的首选方法。近年来, 随着多模态超声技术、人工智能(AI)辅助系统及分子检测的整合应用, 超声诊断的敏感性与特异性显著提升, 推动了甲状腺结节诊疗的个体化与精准化发展。越来越多的学者注意到超声对于甲状腺结节的诊断价值, 同时也开展了更多的相关研究, 并取得了一定进展。基于此, 本研究旨在对超声诊断甲状腺结节的研究现状与进展进行综述, 以期为甲状腺结节诊治提供一些参考。

关键词

超声, 影像学, 甲状腺结节, 研究进展

Research Status and Progress of Ultrasound Diagnosis of Thyroid Nodules

Mei Peng

Ultrasound Department, Tongjiang Traditional Chinese Medicine Hospital, Jiamusi Heilongjiang

Received: May 19th, 2025; accepted: Jun. 13th, 2025; published: Jun. 23rd, 2025

Abstract

The precise identification of thyroid nodules is a core issue in clinical diagnosis and treatment. Ultrasound technology, with its non-invasive, high-resolution, and real-time dynamic imaging advantages, has become the preferred method for screening and evaluating thyroid nodules. In recent years, with the integrated application of multimodal ultrasound technology, artificial intelligence (AI) assisted systems, and molecular detection, the sensitivity and specificity of ultrasound diagnosis have significantly improved, promoting the individualized and precise development of thyroid nodule diagnosis and treatment. More and more scholars have noticed the diagnostic value of

ultrasound for thyroid nodules, and have also conducted more related research, making certain progress. Based on this, this study aims to review the current status and progress of ultrasound diagnosis of thyroid nodules, in order to provide some references for the diagnosis and treatment of thyroid nodules.

Keywords

Ultrasound, Imaging, Thyroid Nodules, Research Progress

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

甲状腺结节作为内分泌系统高发疾病之一，其早期精准诊断始终是临床研究的重点领域。全球流行病学统计显示，成人人群中甲状腺结节的触诊检出率约为 3%~7%，而随着高分辨率超声的普及，其实际检出率已攀升至 20%~76%，其中 5%~15% 存在恶性转化风险[1]。近十年甲状腺癌发病率年均增长率达 4.5%，尤其女性群体中其已跃居恶性肿瘤第五位，这使得建立高效诊断体系成为改善预后的关键[2]。传统诊断路径主要依赖触诊筛查、实验室生化检测、核素扫描及影像学检查：触诊对直径小于 1 cm 的结节敏感性不足 30%，且受操作者经验影响显著；血清 TSH、甲状腺球蛋白等指标因缺乏特异性难以单独作为诊断依据；放射性核素扫描虽能反映结节功能状态，但存在辐射暴露隐患且对微小恶性病灶识别能力有限；CT 与 MRI 虽可提供精细解剖信息，但对微钙化、血流特征等关键恶性征象辨识度不足，同时高昂成本限制了其作为初筛手段的可行性。尽管细针穿刺细胞学检查(FNAC)被视为病理诊断金标准，但约 10~20% 病例因取样误差导致结果不确定，加之存在出血、感染等并发症风险，其临床应用面临显著局限[3]。

在此背景下，超声诊断技术凭借其独特的综合优势实现了诊疗范式的革新。相较于传统方法，超声不仅具备无创、无辐射、可重复性强的物理特性，此外，三维超声重建技术可多平面显示结节与周围组织的空间关系，为手术导航提供精确解剖学依据，其与超声引导下细针穿刺活检的结合更将取材准确率提升至 95% 以上，特别对混合性结节及特殊解剖位置病灶展现出独特价值。当前技术革新正进一步延伸至治疗领域，微波消融等新型介入治疗全程依赖超声实时监控，实现了“诊断-治疗”一体化精准操作[4]。本文就超声诊断甲状腺结节的研究进展进行论述，为此病的防治提供参考。

2. 常规超声诊断

2.1. 二维超声

甲状腺结节是临床常见的甲状腺疾病之一，其良恶性鉴别对治疗方案的制定至关重要。二维超声作为甲状腺疾病首选的影像学检查方法，具有无创、实时、可重复及分辨率高等优势，能够清晰显示甲状腺结节的解剖结构及内部特征，为临床诊断提供关键依据，是甲状腺结节诊断中最基础、应用最广泛的影像学检查技术，其通过高频声波反射生成灰阶图像，直观显示甲状腺及结节的形态、结构特征[5]。良性结节多表现为圆形或椭圆形，边界清晰，可见完整或不完整的低回声晕环；恶性结节常呈不规则形，边界模糊或毛刺状，晕环缺失或中断。二维超声可评估结节是否侵犯被膜、邻近肌肉或血管与周围组织的关系，以及淋巴结皮质不均、淋巴门结构消失、微钙化等颈部淋巴结转移征象，为临床分期提供依据[6]。尽

管二维超声对甲状腺结节的良恶性鉴别具有较高敏感度,但其特异性受限于结节的异质性,需结合超声弹性成像、超声引导下细针穿刺细胞学检查(FNA)等技术进一步提高诊断准确性。

2.2. 彩色多普勒超声

彩色多普勒超声(CDFI)作为评估甲状腺结节血流动力学特征的重要技术,通过显示结节内部及周边血管分布、血流速度及阻力参数,为良恶性鉴别提供关键补充信息。其与二维超声联合应用,可显著提升甲状腺结节诊断的准确性,已成为临床评估的核心影像学手段[7]。CDFI基于多普勒效应,通过伪彩色编码实时显示结节内血流信号的分布、走行及血流动力学参数,包括收缩期峰值流速(PSV)、舒张末期流速(EDV)、阻力指数(RI)和搏动指数(PI)。良性结节的血流信号多呈规则的周边型或无血流型,与甲状腺腺体内正常血管分布一致;而恶性结节因肿瘤血管生成活跃,常表现为穿支型或混合型,甚至可见紊乱的分支血管,反映肿瘤新生血管的无序性。彩色多普勒超声通过可视化血流分布及量化血流动力学参数,为甲状腺结节的良恶性鉴别提供了二维超声形态学评估之外的功能学信息。其临床价值体现在多模态超声评估体系中,与二维超声、超声弹性成像及细针穿刺细胞学检查(FNA)协同应用,可有效提升诊断效能[8]。

3. 三维超声

甲状腺结节的精准诊断依赖于多模态影像学技术的综合应用。三维超声(3D Ultrasound)作为传统二维超声的延伸,通过容积数据采集与重建技术,实现了甲状腺结节的立体可视化与定量分析,为结节的形态学评估、血供特征及空间关系判断提供了全新维度的信息。其在甲状腺结节诊断中的独特优势,正逐步成为超声影像学研究的热点领域。在横断面、矢状面、冠状面三个正交平面同步显示结节特征,弥补二维超声单平面成像的局限性,尤其对贴近被膜、气管或食管的结节边界判断更精准。通过阈值分割算法勾勒结节三维轮廓,显示分叶、毛刺等表面形态及囊性变、钙化分布等内部结构,对复杂囊实性结节的空间定位优势显著。自动计算结节体积、表面积、纵横比,并可通过三维能量多普勒等血管增强模式评估血管指数及血管分布均匀性。通过冠状面重建清晰显示结节与甲状腺被膜、颈前肌群及颈动脉的空间毗邻,对被膜连续性中断、结节向周围组织突出等可疑被膜侵犯的检出率较二维超声提高15%~20% [9]。三维超声通过立体可视化与定量分析,填补了二维超声在空间结构评估中的盲区,为甲状腺结节的精准诊断提供了多维信息。

4. 超声弹性成像

超声弹性成像(Ultrasound Elastography)作为一种评估组织硬度的功能成像技术,通过可视化结节与周围正常甲状腺组织的弹性差异,为甲状腺结节的良恶性鉴别提供了传统二维超声形态学评估之外的力学特性信息。其结合组织形变或剪切波传播速度的量化分析,显著提升了超声对甲状腺结节的诊断效能,已成为多模态超声评估体系的重要组成部分。恶性结节因肿瘤细胞密集、胶原纤维沉积,硬度显著高于周围正常组织及良性结节,对比二维超声单纯依赖灰阶图像的解剖结构分析,弹性成像能够敏感捕捉到良恶性结节因细胞密度、间质成分及纤维化程度不同导致的硬度差异[10]。这种技术优势不仅体现在定性观察,更可通过定量参数精准量化硬度差异,为传统二维超声难以鉴别的等回声结节、微小病灶提供鉴别线索。临床研究证实,弹性成像能清晰显示甲状腺结节的硬度分布特征,对边界模糊、回声不均的可疑结节,可通过硬度值异常增高辅助判断恶性风险,指导临床医师结合二维超声特征综合评估结节性质。超声弹性成像的血流相关评估虽非核心优势,但其与彩色多普勒技术联合应用时,可通过分析硬度与血流分布的关联性进一步提升诊断效能。例如,恶性结节常表现为内部高硬度区域与穿支血流信号共存,而良性结节多呈现周边血流环绕伴均匀低硬度特征。有研究指出,弹性成像引导下针对结节内最硬区域

进行穿刺,可显著提高超声引导细针穿刺细胞学检查(FNA)的标本合格率,减少因穿刺路径避开硬组织导致的漏诊率。这种将组织力学特性与解剖结构、血流动力学相结合的多模态评估模式,为甲状腺结节的精准诊断提供了更全面的信息支持,尤其在复杂囊实性结节、不典型增生结节的鉴别中具有重要临床价值。

5. 超声造影

超声造影(CEUS)作为一种基于微泡造影剂的功能成像技术,通过实时动态显示甲状腺结节的微循环灌注特征,为结节的良恶性鉴别提供了传统二维超声及彩色多普勒之外的血流动力学信息。其利用直径 $<8\mu\text{m}$ 主要成分为惰性气体,如六氟化硫的微泡随血流进入组织微血管,通过非线性声学效应增强超声信号,清晰勾勒出结节内部及周边的血管分布、灌注时相及强度差异,从而精准评估组织的功能状态。与常规超声相比,超声造影的核心优势在于对微循环的高分辨率显示:良性结节多表现为均匀性高增强或周边环状增强,与正常甲状腺组织同步或稍早增强,延迟相消退缓慢,反映其血供来源于甲状腺固有动脉的规则分支;而恶性结节因肿瘤新生血管紊乱、微血管密度高但分布不均,常呈现低增强、不均匀增强或边缘不规则增强,且在动脉相快速增强后迅速消退,表现为“快进快退”特征。研究表明,恶性结节的低增强表现对甲状腺癌的诊断特异度可达85%~90%,尤其对二维超声难以鉴别的等回声或微小钙化结节具有重要鉴别价值[11]。

6. 超微血管成像技术

超微血管成像技术(SMI)作为一种新型超声血流成像技术,通过自适应信号处理算法滤除组织运动伪像,显著提升低速血流信号的检测灵敏度,实现了甲状腺结节微血管网络的高分辨率可视化。该技术无需依赖超声造影剂,仅通过常规探头即可捕捉直径 $<0.5\text{mm}$ 的微小血管,为甲状腺结节的良恶性鉴别提供了传统彩色多普勒超声(CDFI)难以获取的微血管分布信息。与CDFI相比,SMI的核心优势在于对低速、低流量血流的精准显示:良性结节的微血管多呈规则的周边型或放射状分布,血管走行自然、管径均匀,与甲状腺腺体内正常微血管网络延续性良好;而恶性结节因肿瘤血管生成因子诱导的异常血管新生,常表现为穿支型血流、杂乱型血流或簇状血管丛。研究表明,SMI对恶性结节特征性血流的检出率较CDFI提升20%~30%,尤其对直径 $<10\text{mm}$ 的微小癌灶,可清晰显示其内部纤细的穿支血管,而CDFI仅为45%[12]。

7. 小结与展望

二维超声虽能清晰呈现甲状腺结节的数目、大小、回声、边界、边缘、钙化类型等信息,为临床鉴别诊断提供基础依据,但其对结节内部血供情况的显示存在局限性。而彩色多普勒超声可清楚显示甲状腺结节内部的血供情况及血流分布状态,恶性结节由于生长的血管依赖性,血流信号多为II型和III型,血流阻力指数多 ≥ 0.7 ,但在判断结节的形态学特征方面又不如二维超声直观。在针对囊性结节的诊断中,超声弹性成像技术具有独特优势。囊性结节一般质地较软,弹性系数较低,通过超声弹性成像技术检测其弹性特征,能有效与实性结节相区分。但对于囊实性结节,单纯的弹性成像可能难以全面评估,需结合其他超声技术,综合判断结节性质。常规超声凭借操作便捷、无创可重复的优势,成为甲状腺结节筛查的主要手段,其基于二维灰阶图像的结节检出率达90%以上,能够有效发现直径 $\geq 5\text{mm}$ 的病灶。但该技术在结节良恶性鉴别中存在显著局限性,单纯依赖形态学特征的诊断准确率约70%,对等回声结节、微小囊实性病灶的性质判断易出现偏差,需结合其他功能成像技术以提升诊断效能。超声造影作为微循环评估的核心技术,通过微泡造影剂动态显示结节灌注模式,可提供达峰时间、峰值强度等量化参数,

显著减少观察者主观判读差异。研究表明,恶性结节特征性的“低增强”、“不均匀增强”表现对甲状腺癌的特异度达 85%,在鉴别亚急性甲状腺炎假瘤样病变与恶性结节中优势突出。然而,该技术存在检查流程相对复杂、费用较高及不同设备增强模式标准化不足等问题,临床普及受到一定限制。超微血管成像技术(SMI)通过自适应信号处理提升低速血流检出能力,可清晰显示直径 $< 0.5\text{ mm}$ 的肿瘤新生血管,对恶性结节内部穿支血流、杂乱血管丛的显示率较传统彩色多普勒超声提升 25%。其在微小癌灶($\leq 10\text{ mm}$)的微血管评估中优势显著,为穿刺活检提供精准靶向引导。但目前该技术缺乏统一的血管密度量化标准。此外,AI 辅助诊断在甲状腺结节超声诊断中,主要基于深度学习、机器学习等人工智能技术。深度学习算法可对海量甲状腺结节超声图像及对应的病理结果进行学习,自动提取图像中的特征信息,构建精准的诊断模型。在模型训练过程中,使用大量标注准确的超声图像数据,包括良性和恶性结节的图像,让模型不断学习和优化参数,提高对结节良恶性判断的准确性。当新的甲状腺结节超声图像输入已训练好的 AI 模型时,模型能快速分析图像特征,并依据学习到的模式给出结节良恶性的判断结果,为医生提供重要诊断参考。同时,一些 AI 系统还能对结节的大小、位置等信息进行自动测量与标注,进一步辅助医生全面了解结节情况。

尽管各类超声技术在甲状腺结节诊断中各具优势,但其固有局限性导致单一方法的诊断准确率难以突破 85% [11]。临床实践显示,基于常规超声形态学初筛,联合弹性成像(硬度评估)、超声造影(灌注分析)及 SMI (微血管显示)的多模态评估体系,可将诊断准确率提升至 90%以上[12]。

综上所述,超声技术在甲状腺结节诊断中呈现从解剖结构评估到功能学、微血管水平的进阶发展。未来临床需立足常规超声的初筛优势,整合新型功能成像技术的互补性特征,构建“形态-硬度-血流-灌注”多维度评估模型,通过标准化操作流程与量化指标体系的建立,进一步提升超声在结节良恶性鉴别中的精准度,为临床决策提供更可靠的影像学依据。

参考文献

- [1] 陶林波,徐珍玉. 超声引导下细针穿刺活检联合 TI-RADS 诊断甲状腺结节良恶性的效能分析[J]. 南通大学学报(医学版), 2025, 45(1): 90-93.
- [2] 夏玲芝,蔡冉,刘芳. 不同超声技术联合甲状腺结节分级系统在老年甲状腺癌诊断中的应用[J]. 肿瘤基础与临床, 2025, 38(1): 48-51.
- [3] 杨雅茹,郭丹. 诊断甲状腺疾病的影像组学进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(3): 1313-1322.
<https://doi.org/10.12677/acm.2025.153744>
- [4] 陈月容. 超声诊断甲状腺结节钙化在甲状腺癌中的应用价值[J]. 中国医疗器械信息, 2024, 30(11): 91-93.
- [5] 杨金芳,张登峰,黄琼芳,等. 超声造影定量参数与二维超声积分法在甲状腺结节鉴别诊断中的价值[J]. 影像研究与医学应用, 2025, 9(5): 49-51.
- [6] 王海宁. 彩色多普勒超声联合二维超声鉴别诊断甲状腺结节良恶性的价值研究[J]. 实用医学影像杂志, 2024, 25(4): 292-295.
- [7] 郑小蓓. 彩色多普勒超声与二维超声检查在甲状腺良恶性结节中的诊断价值比较[J]. 医药前沿, 2024, 14(14): 48-50.
- [8] 李春光. 二维和彩色多普勒超声在鉴别甲状腺节良恶性实性结诊断中的效果[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)医药卫生, 2023(5): 1-4.
- [9] 张渊,江泉,陈剑,等. 甲状腺单发结节三维超声定性诊断及其 ROC 曲线分析[J]. 中国临床医学影像杂志, 2010, 21(1): 13-16.
- [10] 夏斐. 常规超声和弹性成像在甲状腺结节细针穿刺活检中的应用效果[J]. 影像研究与医学应用, 2025, 9(3): 146-148.
- [11] 冯华梅,王春鹏,白立洁. 超声弹性成像联合超声造影对甲状腺结节微波消融治疗效果的预测分析[J]. 医学影像学杂志, 2025, 35(1): 32-35+52.
- [12] 王欢,邱建民,骆圣辉. 灰阶模式超微血管成像技术评估甲状腺结节良恶性的应用价值[J]. 实用放射学杂志, 2020, 36(5): 714-717.