

人工智能辅助诊断在甲状腺超声中的应用进展

赵育芳

山西医科大学第一医院, 中国·山西 太原 030001

摘要: 超声是甲状腺结节筛查与诊断的首选影像手段, 但传统诊断模式高度依赖临床医师的从业经验, 存在主观偏差显著、医师间诊断一致性较差等短板, 易引发漏诊、误诊及过度医疗问题。人工智能技术尤其是深度学习算法的迭代升级, 有效推动甲状腺超声诊断朝着标准化、精准化、自动化方向革新。本文系统性梳理人工智能辅助诊断技术在甲状腺超声领域的最新研究成果, 围绕超声图像预处理、结节智能检测与精准分割、良恶性病灶鉴别、风险分层评估及颈部淋巴结转移预判等核心应用展开综述。

关键词: 人工智能; 超声影像; 深度学习; 计算机辅助诊断

Advances in the Application of AI-Assisted Diagnosis in Thyroid Ultrasound

Zhao Yufang

Shanxi Medical University First Hospital, China Shanxi Taiyuan 030001

Abstract: Ultrasonography is the preferred imaging modality for the screening and diagnosis of thyroid nodules; however, traditional diagnostic approaches rely heavily on the clinical expertise of physicians, which is characterized by significant subjectivity and poor inter-physician diagnostic consistency—factors that can easily lead to missed diagnoses, misdiagnoses, or overmedication. The iterative advancement of artificial intelligence technologies, particularly deep learning algorithms, has effectively propelled the evolution of thyroid ultrasonography toward greater standardization, precision, and automation. This article provides a systematic review of the latest research findings on AI-assisted diagnostic technologies in the field of thyroid ultrasonography, focusing on core applications such as ultrasonographic image preprocessing, intelligent nodule detection and precise segmentation, differentiation between benign and malignant lesions, risk stratification assessment, and prediction of cervical lymph node metastasis.

Keywords: Artificial intelligence; Ultrasonography; Deep learning; Computer-aided diagnosis

0 引言

甲状腺结节作为内分泌领域发病率最高的恶性肿瘤, 近年来全球甲状腺癌患病基数持续攀升, 临床诊疗压力逐年递增。超声检查凭借无创安全、操作便捷、可重复检测、无辐射等独特优势, 成为临床筛查和评估甲状腺结节的核心影像方式。但传统人工超声诊断模式存在明显局限性, 诊断结果极易受医师从业年限、操作习惯、阅片经验等主观因素影响, 不同层级医师的诊断结论差异较大, 不仅提升了漏诊、误诊风险, 还易导致患者接受不必要的穿刺活检、手术治疗等有创诊疗操作。结合当前医疗行业现状, 国内超声专科医师资源紧缺, 基层医疗机构超声诊断水平参差不齐, 如何高效提升甲状腺超声诊断的精准度与工作效率, 成为临床亟待攻克的重点难题。伴随人工智能与医学影像组学技术的飞速发展, 肿瘤影像智能分析、转移风险精准评估迎来全新突破。依托机器学习构建的影像组学技术, 可批量、高通量挖掘超声、超分辨率显微成像

(URM) 等多源影像数据特征, 彻底打破传统人工阅片主观性强、重复性不足的技术壁垒^[1]。其中超声微血管组学技术可无创获取肿瘤血管密度、管径、血流速度等多维度量化参数, 为甲状腺病灶早期转移筛查与精准风险分层提供客观数据支撑。本文全面总结人工智能技术在甲状腺超声诊疗中的应用场景、技术原理、临床转化现状及未来发展方向, 为后续相关学术研究与临床实践提供参考。

1 甲状腺超声领域人工智能技术体系

当前应用于甲状腺超声诊疗的人工智能技术, 主要分为传统机器学习与深度学习两大技术体系。其中卷积神经网络 (CNN) 是深度学习领域适配性最高、应用最广泛的核心框架。随着人工智能技术的持续迭代, Transformer 架构与大语言模型 (LLMs) 逐步渗透至甲状腺超声诊疗领域。视觉 Transformer (ViT) 模型及其与卷积神经网络融合的混合架构, 在结节定位、病灶分类任务中展现出优异的稳定性和精准度。同时, 生成式人工智能技术在甲状腺

超声报告智能解读、病灶风险分层工作中展现出巨大应用潜力,以 ChatGPT 为例,该模型基于甲状腺影像报告与数据系统(TIRADS)特征开展风险分级时,对高危结节的筛查敏感度可达 86.7%,具备良好的临床适配性。

2 人工智能在甲状腺超声中的核心应用场景

2.1 超声图像智能预处理

超声图像本身存在斑点噪声干扰、组织对比度偏低、成像质量受操作影响大等固有缺陷,极大制约了智能诊断模型的分析精度。图像预处理是人工智能精准分析甲状腺超声影像的前置核心环节,也是优化模型诊断性能的关键基础。现阶段深度学习技术已广泛应用于超声图像降噪、画质增强、格式标准化等处理工作,可有效剔除无关噪声干扰,凸显甲状腺结节的形态、边界、纹理等核心特征,为后续病灶分割、良恶性分类、风险评估等诊疗环节提供高质量影像数据支撑,从源头提升智能诊断模型的稳定性与准确性^[2]。

2.2 结节智能检测与精准分割

甲状腺结节的自动定位与像素级精准分割,是实现人工智能辅助精准诊断的基础前提。在各类深度学习模型中,U-Net 及其衍生优化架构凭借适配性强、精度高的优势,成为甲状腺超声图像病灶分割的主流模型。该类分割网络可自主识别超声影像中的甲状腺病灶区域,精准勾勒结节边缘轮廓,锁定感兴趣区域(ROI),为后续良恶性鉴别、风险分层提供精准的靶向分析区域。

近年来国内外学者持续优化分割算法,推出多款高性能创新模型。其中 DualFusion SwinConv-UNet 等 CNN 与 Transformer 融合架构,将甲状腺超声图像分割像素准确率提升至 92% 以上。多任务学习框架 MTL-TN 可同步完成结节精准分割与 TI-RADS 风险分级双重任务,大幅提升超声诊断的整体工作效率。精准的病灶分割结果不仅能够提升结节良恶性判别的精准度,还可术前病灶风险评估、个性化手术方案规划提供客观、精准的影像参考依据。

2.3 结节良恶性智能鉴别

甲状腺结节良恶性鉴别是人工智能辅助超声诊断的核心临床任务。传统诊断模式依赖医师人工判别结节大小、形态、边界、回声、钙化、血流等表象特征,主观依赖性极强。而深度学习模型可依托海量超声影像数据,自主学习病灶特征的高维隐性表达,构建端到端的智能分类模型,实现结节良恶性的自动化、精准化判别。在临床实操场景中,人工智能辅助诊断系统的综合诊疗能力已与高年资超声医师持平。该技术可有效规避人工阅片的主观偏

差,提升良恶性结节的鉴别准确率,减少不必要的穿刺活检与手术治疗,降低患者诊疗负担。目前已有成熟智能诊断产品实现临床落地,其中由台湾大学联合北京迈迪科泰医疗器械有限公司共同研发的安克侦诊断系统,已成功获得美国 FDA、欧盟 CE Mark 上市资质,在全球多地投入临床应用。

2.4 病灶风险分层与 TIRADS 体系优化

甲状腺影像报告和数据系统(TIRADS)是当前国际通用的甲状腺结节标准化风险分层工具,而人工智能技术与 TIRADS 体系的深度融合,可实现结节风险的自动化、精准化分级。临床研究表明,人工智能联合 C-TIRADS 体系开展诊断工作,灵敏度与准确率显著优于初级超声医师,诊疗水平可媲美资深专科医师。人工智能系统不仅可自动提取 TIRADS 分级所需的各类超声显性特征,还能依托深度学习算法挖掘传统分级体系未覆盖的隐性影像标志物,进一步细化风险分层标准,提升分级精准度。同时,该技术可自动生成标准化、结构化的超声诊断报告,统一报告书写规范,提升报告可读性与一致性,有效减轻临床医师文书工作压力,优化科室诊疗流程。

2.5 颈部淋巴结转移智能预判

甲状腺乳头状癌是甲状腺癌最主要的病理亚型,占有甲状腺癌病例的 80% 以上,该亚型恶性程度较低、整体预后良好,但极易发生颈部淋巴结转移。临床数据显示,20%~90% 的甲状腺乳头状癌患者确诊时已伴随颈部淋巴结转移,且部分患者术后易出现病情复发,远期可进展为低分化或未分化癌,严重威胁患者生命健康。颈部淋巴结转移状态是甲状腺乳头状癌患者预后评估、治疗方案制定的核心参考指标。

当前人工智能技术在淋巴结转移预判领域的应用逐步深化,深度学习模型可依托甲状腺超声影像特征,实现颈部淋巴结转移风险的术前精准预判。学界已研发多款专用预测模型,其中 LLNM-Net 架构首次实现甲状腺癌侧区淋巴结转移的术前精准预判,模型 AUC 值可达 0.944。融合超声影像与临床基线数据的多模态深度学习网络、结合 Vision Transformer 与影像组学的融合模型,可分别精准预判侧区、中央区淋巴结转移风险。但目前该类模型的诊断精准度仍有提升空间,专用临床转化产品仍处于研发优化阶段。

2.6 多模态数据融合诊断

单一灰阶超声影像所能承载的病灶信息较为有限,难以满足高精度临床诊断需求。现阶段学界普遍通过整合多

源数据构建多模态诊断模型,提升甲状腺结节的整体诊断效能。研究人员将 B 型超声、弹性成像、超声造影等多模态超声影像,与患者临床资料、实验室检验数据、病理结果等信息深度融合,依托多模态深度学习算法挖掘多维度数据的互补价值,突破单一影像诊断的局限性。有研究构建了整合二维超声、应变弹性成像、剪切波弹性成像及临床基线信息的多模态智能预测模型,该模型在训练集、内部验证集、独立外部测试集中的 AUC 值分别达到 0.975、0.917、0.844,展现出优异的稳定性与精准度。多模态数据融合技术不仅显著提升了甲状腺结节诊断的准确率,还可为患者个性化诊疗方案的制定提供全面、客观的数据支撑,助力精准医疗落地。

3 人工智能技术临床转化与应用现状

甲状腺超声人工智能诊断技术的相关科研成果,正快速从实验室研究向临床实操场景转化落地。国际范围内,多款人工智能辅助超声诊断设备已通过权威机构审批并投入市场。其中 PIUR tUS Infinity 等智能三维超声诊疗设备,依托人工智能算法优化诊疗流程,可有效缩短甲状腺超声检查时长,提升临床诊疗工作的标准化与可重复性。国内智能诊疗装备研发与落地进程同步提速,数坤科技等企业推出的人工智能诊疗系统,可覆盖甲状腺、乳腺等多部位影像智能诊断,实现全科室智能化辅助诊疗。同时,国内首款获批甲状腺人工智能三类医疗器械证的超声诊断软件,已在无锡市人民医院等多家三甲医疗机构投入临床试用,标志着国内甲状腺超声智能诊疗迈入规范化落地阶段。但整体而言,多数人工智能辅助诊断工具仍处于临床转化早期阶段,缺乏大规模、多中心、真实临床场景的有效性验证,尚未形成统一的标准化诊断报告体系与应用规范,技术从科研成熟到临床普及仍存在一定壁垒。

4 结语

高质量、大样本、多中心、标注统一的影像数据集是人工智能模型训练优化的核心基础。但甲状腺超声影像标注工作专业性极强,需资深超声专科医师耗时逐帧标注,人力、时间成本高昂,且不同标注人员的判定标准存在细微差异,易出现标注偏差。当前多数研究依托单中心、小样本数据集开展模型训练,导致算法泛化能力、多中心适配性较差,难以适配不同地区、不同设备的临床诊疗场景。深度学习算法固有的“黑箱”特性,导致模型诊断决策过

程无法直观阐释,仅能输出病灶良恶性概率结果,无法明确判定依据。甲状腺疾病诊疗直接关联患者的手术、随访等重大医疗决策,缺乏可解释性的智能诊断结果,难以获得临床医师的充分信任,极大制约了技术的临床落地应用。Grad-CAM 等可视化技术虽可一定程度展现模型关注的影像区域,但仍无法实现完整的决策逻辑阐释,可解释性人工智能技术仍需持续突破。人工智能辅助诊断过程需采集、存储、分析患者超声影像及个人诊疗隐私数据,存在数据泄露、信息滥用风险。同时,智能诊断结果与人工诊断出现偏差时的医疗责任划分、诊疗风险界定等伦理与监管问题,目前尚无统一规范标准,成为制约技术规模化落地的重要因素^[3]。

人工智能技术推动甲状腺超声诊疗实现了跨越式革新,在病灶检测、精准分割、良恶性鉴别、风险分层、转移预判等多个核心环节,展现出提升诊疗效率、优化诊断精度、减少过度医疗、规范诊疗流程的重要价值。当前该领域仍面临数据标准化不足、算法可解释性弱、伦理监管不完善等多重壁垒,技术临床规模化落地仍需持续突破。未来,随着多模态融合技术、可解释性人工智能算法、标准化临床评估体系的不断完善,人工智能将成为甲状腺超声精准诊疗的核心辅助工具,持续优化临床诊疗质量,惠及广大甲状腺疾病患者。

参考文献:

- [1] 罗定存,刘琪. 人工智能辅助超声诊断甲状腺结节的多中心临床研究[J]. *European Radiology*, 2023, 33(12): 8912-8920.
- [2] 张宇,李娟. 多模态深度学习在甲状腺结节超声诊断及淋巴结转移预测中的应用研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 2024, 33(5): 421-427.
- [3] 王浩,陈曦. 甲状腺超声人工智能诊断系统的临床转化应用与效能验证[J]. *中国医学影像技术*, 2025, 41(2): 256-260.

基金项目: 2025 年度山西省卫生健康事业高质量发展重大专项研究课题(项目编号: SXWSJKQN25012)。

作者简介: 赵育芳(1985.01-),男,汉族,山西省壶关县,硕士研究生,主治医师,研究方向: 超声人工智能及介入超声方向。