甲状腺结节与分化型甲状腺癌超声应用的临床进展

胡晓东[1]，吕朝晖[2]

1 解放军总医院第六医学中心 内分泌科，北京 100048；2 解放军总医院第一医学中心 内分泌科，北京 100853

摘要：高分辨率超声普及后甲状腺结节检出率明显升高，同时带来大量不必要的穿刺、过度诊疗等临床隐患。超声检查已全程参与甲状腺结节与分化型甲状腺癌的初始评估、恶性风险分层、术前颈部评估、穿刺与治疗方案制定、长期随访监测全流程。2025版美国甲状腺学会成人分化型甲状腺癌管理指南提出“诊断–风险/获益评估–治疗决策–治疗反应评估”管理框架，明确颈部超声在术前肿瘤分期、低危病灶主动监测、术后复发随访中的核心地位；中国《甲状腺结节和分化型甲状腺癌诊治指南（第二版）》纳入本土化甲状腺影像报告和数据系统，依靠该体系可完成结节恶性风险分层，指导穿刺活检与随访周期制定。现有对照研究证实，各类超声风险分层体系均具备一定良、恶性鉴别能力，但敏感度、特异度、过度穿刺发生率会随分类标准、穿刺临界阈值变化产生明显差异。临床工作需以标准化、高质量超声检查为基础，结合患者自身肿瘤高危因素、细胞病理结果，必要时联合分子检测、动态风险分层评估，以此制定个体化诊疗方案，减少无临床价值的过度干预。

关键词：甲状腺结节；分化型甲状腺癌；超声检查；危险性分类；细针穿刺活检；人工智能

中图分类号：R736.1；R445.1 **文献标识码：**A DOI：10.13885/j.issn.2097-681X.T20260049

Clinical advances in ultrasonography for thyroid nodules and differentiated thyroid cancer

HU Xiaodong[1], LYU Zhaohui[2]

1 Department of Endocrinology, The Sixth Medical Center, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100048, China;

2 Department of Endocrinology, The First Medical Center, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Abstract: The widespread use of high-resolution ultrasonography has increased the detection of thyroid nodules, while also raising concerns about unnecessary biopsy and overtreatment. Ultrasonography now helps throughout the care pathway for thyroid nodules and differentiated thyroid cancer, including initial evaluation, malignancy risk stratification, preoperative neck assessment, biopsy and treatment planning, and follow-up surveillance. The 2025 American Thyroid Association guidelines for adult differentiated thyroid cancer introduce the DATA framework—Diagnosis, risk/benefit Assessment, Treatment decisions, and response Assessment—and emphasize the role of neck ultrasonography in preoperative staging, active surveillance, and postoperative follow-up. In China, the second edition of the Guidelines for the Diagnosis and Management of Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer incorporates the Chinese Thyroid Imaging Reporting and Data System (C-TIRADS) to stratify malignancy risk and guide biopsy and follow-up. Comparative studies indicate that the major ultrasound-based risk stratification systems generally provide good discriminatory performance, although their sensitivity, specificity, and unnecessary biopsy rates vary according to classification rules and biopsy thresholds. In clinical practice, standardized high-quality ultrasonography should be

收稿日期：2026-04-14 **修回日期：**2026-04-26 **接受日期：**2026-04-30

基金项目：北京市自然科学基金面上资助项目（7222168）

作者简介：吕朝晖，男，主任医师，教授，博士研究生导师，中华医学会内分泌学分会常委及垂体学组副组长，北京医学会内分泌分会副主委，研究方向为内分泌与代谢性疾病，e-mail：metabolism301@126.com，通信作者

integrated with clinical risk factors and cytopathological findings, with molecular testing and dynamic risk assessment used when appropriate, to support individualized decision-making and reduce low-value interventions.

Keywords: thyroid nodule; differentiated thyroid cancer; ultrasonography; risk stratification; fine needle aspiration biopsy; artificial intelligence

甲状腺结节是内分泌科最常见疾病类型，大众健康体检普及叠加高分辨率超声设备广泛使用，甲状腺结节人群检出率逐年攀升，现已成为全球亟待解决的公共卫生难题[1-2]。超声是甲状腺结节的首选影像学检查手段，在临床诊疗决策中起到不可替代的支撑作用[3-4]。现阶段超声的价值不再局限于检出病灶，更重要的作用是筛选需细针抽吸活检（fine-needle aspiration biopsy, FNAB）、手术干预的高危结节。

1 甲状腺超声评估价值的演变及其完善

借鉴乳腺影像报告与数据系统对超声报告术语的标准化模式，2009年起多名学者[5-8]结合甲状腺恶性可疑超声征象，搭建了多套结节危险分层评判标准，随后，多个专业学会相继建立了超声危险性分类体系。2015年美国甲状腺学会（American Thyroid Association, ATA）采用基于模式识别的分类方法，将甲状腺结节分为良性、极低可疑、低度可疑、中度可疑和高度可疑等类型，并据此提出了不同的FNAB阈值，这标志着超声危险性分类体系具有影响临床决策的核心作用[9]。韩国甲状腺放射学会于2016年在修订版共识中正式提出韩国超声危险性分类体系（Korean Thyroid Imaging Reporting and Data System, K-TIRADS），采用基于结节实性程度、回声及可疑超声征象组合的模式识别方法指导危险分层和穿刺决策[10]。此后，美国放射学会甲状腺影像报告与数据系统（American College of Radiology Thyroid Imaging Reporting and Data System, ACR TIRADS）、欧洲甲状腺影像报告与数据系统（European Thyroid Imaging Reporting and Data System, EU-TIRADS）及中国甲状腺影像报告与数据系统（Chinese Thyroid Imaging Reporting and Data System, C-TIRADS）相继问世[4,11-12]。这些体系虽然分类方法不同，但目的基本一致，即尽量用较统一的标准识别高危结节，并减少不必要的FNAB。

临床超声检查除结节初筛评估外，还承担分化型甲状腺癌（differentiated thyroid cancer, DTC）术前颈部淋巴结检查、监测、术后反应评估和复发监测等任务。2025年ATA指南[13]不再把甲状腺结节与DTC放在同一部文件中，而是单独聚焦成人DTC的管理。提示临床需要适当区分结节评估和肿瘤管理，以利于诊断-风险/获益评估-治疗决策-反应评估管理框架理念的推广。新版ATA指南[13]更强调根据初始风险和后续疗效反应调整检查与治疗强度，而不是一次评估后长期沿用同一种管理方式[13]。

2 主流超声危险性分类体系的诊断效能与临床应用差异

目前临床常用的甲状腺结节超声危险性分类体系主要包括ATA模式识别、ACR TIRADS、EU-TIRADS、K-TIRADS、C-TIRADS等[4,9,11-12,14]。各体系对主要恶性征象的判断基本一致，通常都将实性成分、极低回声、垂直位、边缘不规则、点状强回声和甲状腺外侵犯视为高风险表现。然而，各体系在分类方法和FNAB阈值设置上仍有差别。ATA更强调模式识别，ACR TIRADS采用积分法量化风险，C-TIRADS则采用更简化的计数法，更接近中国超声报告书写习惯。总体来看，各体系的诊断表现都较稳定，但灵敏度和特异度并不完全一致。临床使用时，需要结合实际目标选择。

上述分类体系的总体诊断效能相近。KIM等[15]纳入39项研究、共49 661个结节进行网络荟萃分析后发现，在采用最优诊断切点时，6种主要TIRADS的灵敏度为64%～77%，特异度为82%～90%，其中ACR TIRADS的综合诊断效能较好。C-TIRADS基于中国多中心大样本病理数据建立，采用计数法分类，将纯囊性、海绵样变等

定为良性特征，垂直位、实性等定为恶性征象，相较于复杂的加权评分，该体系更为简明，符合中国临床筛查的需求[4]。多项循证证据验证了C-TIRADS的诊断效能。HU等[16]的系统评价结果显示，以C-TIRADS 4B类为诊断切点时，C-TIRADS的灵敏度为0.94（95% *CI*：[0.89，0.97]），特异度为0.70（95% *CI*：[0.60，0.79]），诊断比值比达33.71（95% *CI*：[25.51，42.40]），提示其具有较好的恶性风险识别能力。另一项纳入88项研究，59 304个结节的网络荟萃分析[17]显示，在采用各自最优切点（C-TIRADS 4B、ACR TIRADS TR5、EU-TIRADS TR5）时，各体系诊断效能相近，其中C-TIRADS 4B类表现出较高的灵敏度（82%）与诊断比值比（12.36），受试者工作特征曲线下面积[（area under the curve, AUC] 0.93）优于其他体系。各体系间的效能差异在很大程度上受FNAB阈值设定的影响。HUH等[18]研究发现，当统一应用ACR的FNAB适应证阈值时（如：低度可疑结节≥2.5 cm，中度可疑≥1.5 cm），Kwak学者版与2015版ATA指南[9]危险性分类体系的特异度可分别提升至64.0%和57.2%，提示危险性分类体系的性能表现受“诊断门槛”影响显著。各危险性分类体系在效能上的差异，主要源于对漏诊风险与穿刺率的权衡。KIM等[19]的系统评价显示，以TR5作为诊断切点时，ACR TIRADS的灵敏度和特异度分别为63.5%和89.5%，体现出较高特异度但灵敏度相对有限的特点。另一项针对穿刺标准的系统评价[20]显示，2016版K-TIRADS更侧重于高灵敏度（92.5%），但其特异度仅为21%，导致非必要活检率高达79%；采用调整后穿刺阈值的2021版K-TIRADS后，非必要活检率降至50%，但灵敏度下降至76%[20]。HOANG等[21]指出，ACR TIRADS通过相对较高的特异度和较大的结节穿刺尺寸阈值，可减少良性结节的非必要活检，但其潜在漏诊风险需要通过规范的超声随访平衡。

不同指南对甲状腺结节FNAB适应证的设置反映了危险性分类方法和临床管理目标的差异。2023版中国指南[3]将最大径≥2.0 cm的C-TIRADS 3类、≥1.5 cm的4A类及≥1.0 cm的4B～5类结节列为FNAB适应证；最大径＜1.0 cm的C-TIRADS 4B～5类结节，若拟行手术或消融治疗、病灶呈多灶性或紧邻重要结构、伴可疑颈部淋巴结、血清降钙素升高，或存在甲状腺癌家族史及相关综合征，也应考虑FNAB[3-4]。2015版ATA指南[9]采用超声模式识别法，建议高度和中度可疑结节在最大径≥1.0 cm、低度可疑结节在≥1.5 cm时行FNAB；极低可疑结节在≥2.0 cm时可考虑FNAB，亦可继续随访观察[9]。2025版ATA指南[13]仅针对已诊断的成人DTC，后续将制定甲状腺结节的管理指南，故其不再涵盖普通甲状腺结节的初始FNAB阈值。因此，甲状腺结节初始穿刺策略宜对照2023版中国指南[3]与2015版ATA指南[9]。在实际应用中，评估体系的选择需结合当地医疗资源配置、患者随访条件及具体的临床管理目标综合确定。

3　特殊临床背景及人群超声评估的适用场景

超声危险性分类体系的诊断效能受患者临床背景的影响。在桥本甲状腺炎中，甲状腺实质弥漫性低回声、结构紊乱及假结节形成，易干扰病灶边缘、内部回声及钙化的评估，降低了超声诊断的准确性。ACR TIRADS在这种复杂背景下显示出较好的稳定性。SŁOWIŃSKA-KLENCKA等[22]开展的回顾性研究发现，尽管Kwak学者版TIRADS对桥本甲状腺炎合并结节的灵敏度较高（91.67%），但ACR TIRADS的特异度（82.93%）、总准确度（81.19%）及受试者工作特征AUC（0.844）均优于前者和ATA分类体系（AUC＝0.782）。这种优势与ACR TIRADS的赋分机制有关：其“0分归类”允许典型良性征象（如囊性或海绵样变）直接归入TR1类，减少了实质回声异常造成的干扰；多维度的加权评分将主观图像特征转化为客观量化结果，有助于在桥本甲状腺炎的背景下识别可疑结节。对于恶性风险相对较高的儿童及青少年结节，不建议直接套用成人的FNAB阈值，需结合年龄、结节生长速度制定个体化评估方案[23-24]。

滤泡性肿瘤的术前鉴别仍是超声评估的难点。LIN等[25]研究指出，滤泡性腺瘤与滤泡癌常表现为等回声、边界清晰并伴完整晕环，因缺乏典型的乳头状癌超声恶性征象，易被TIRADS体系低

估风险。滤泡性腺瘤与滤泡癌的病理学区别在于有无包膜侵犯和/或血管侵犯，而常规超声不能可靠显示显微性侵犯，FNA细胞学也无法评价完整肿瘤包膜，因此超声和细胞学均不能完全区分滤泡性腺瘤与滤泡癌。WU等[26]发现，将ACR TIRADS分类联合结节数目、晕环完整性等特征，可提高滤泡癌的检出率。对于细胞学提示滤泡性肿瘤或Bethesda Ⅳ类的结节，超声主要用于评价结节大小、边缘、晕环、血流、腺外侵犯及颈部淋巴结，细胞学则用于识别滤泡性生长模式，条件允许时叠加分子检测评估恶性风险[3,9]。需要手术时，孤立性细胞学不具确诊价值，可首选诊断性腺叶切除；是否扩大手术范围，应综合超声高危特征、结节大小、双侧病变、分子检测结果、患者意愿及术后病理决定。具有乳头状癌细胞核特征的非浸润性滤泡型甲状腺肿瘤同样需要完整评估肿瘤包膜并排除侵犯，术前超声和细胞学只能提示可能性，不能作出确诊[27]。然而，滤泡性肿瘤的确诊最终仍依赖于术后病理学检查。甲状腺髓样癌影像学表现存在异质性，既可呈现典型的恶性特征，也可表现为等回声、边界清晰的“良性”外观[28]。影像学特征的重叠造成现有TIRADS评估体系在甲状腺髓样癌的危险性分类中存在局限。因此，对于非典型或疑难病例，建议结合超声特征、细胞病理学、血清学（如降钙素）及分子标志物综合评估。

4 术前精准局部分期与外科决策优化

术前颈部超声在评估病灶局部侵犯与淋巴结转移中具有重要临床价值。2025版ATA指南[13]及中国指南[3]均强调颈部超声在DTC术前局部分期中的重要作用，2023版欧洲甲状腺协会指南[29]同样强调超声在结节初始风险评估及后续管理中的基础地位。对于短径超过8～10 mm的可疑淋巴结，若其性质判定将改变治疗决策，建议行超声引导下FNAB；按需联合FNAB洗脱液甲状腺球蛋白测定可提高淋巴结转移的诊断准确率，但在甲状腺尚未切除的患者中（如评估中央区淋巴结时）存在假阳性可能[3,13,29]。对于存在肉眼腺外侵犯、纵隔受累或高危DTC特征的患者，应在超声评估基础上联合颈部增强计算机体层扫描或磁共振成像，以明确解剖关系并优化手术方案。需要注意的是，超声对中央区淋巴结转移的敏感度低于颈外侧区。颈前区受甲状腺、气管气体、胸骨和深部解剖位置影响，部分体积较小的转移性淋巴结难以显示，因此术前超声阴性不能排除颈前区淋巴结转移，也不能等同于病理学无转移。临床应结合原发灶特征、增强计算机体层扫描结果、术中所见及手术并发症风险综合决定中央区手术范围，不宜仅因超声敏感度有限而常规扩大清扫范围。

5 超声在主动监测与微创干预中的导向作用

随着主动监测与超声引导下经皮消融等非手术治疗的开展，超声在甲状腺癌管理中的作用进一步凸显。对于符合严格低危条件的cT1aN0M0甲状腺乳头状微小癌，2025版ATA指南[13]及中国指南[3]均指出，在医患共同决策下可选择主动监测路径。该路径高度依赖标准化的颈部超声随访：初始阶段通常建议每6个月复查1次，1～2年后若病灶稳定可改为每年1次。当超声监测发现结节径线显著增大（如径线增加≥3 mm）或出现淋巴结转移征象时，应及时转为手术治疗。同时，对于存在手术禁忌证或拒绝手术的良性结节及部分低危甲状腺乳头状微小癌患者，经皮热消融可作为替代性治疗选项[13]。现行国内外指南及共识均强调，对于拟行超声引导下经皮消融治疗的甲状腺结节或病灶，应在治疗前获得与其适应证相匹配的细胞学或组织病理学诊断证据，并完成系统化超声评估[29-31]。

6 术后管理路径优化：从常规随访向动态风险分层的跨越

术后超声管理已从固定的定期随访转向基于动态风险分层的个体化监测。2025版ATA指南[13]建议依据初始风险分层与“疗效反应评估”动态调整监测强度。对于初始风险低且“疗效满意”或“疗效不确切”的患者，随访重点在于确认病情的稳定性。2025版ATA指南[13]提出，对接受全甲状腺切除的低危DTC患者，无论是否接受放射性碘治疗，若治疗后5～8年持续维持疗效满意，

即血清甲状腺球蛋白处于相应低水平、甲状腺球蛋白抗体（anti-thyroglobulin antibody, TgAb）阴性且影像学无可疑结构性病灶，可停止常规颈部超声检查，此后每1～2年进行生化监测；若甲状腺球蛋白升高、TgAb新出现或出现可疑症状、体征，则应重新进行影像学评估。对于接受腺叶切除的低危患者，若初次术后超声阴性，建议每1～3年复查颈部超声，持续5～8年；残余叶内结节仍应按照甲状腺结节指南随访。对于“生化疗效不佳”或“结构性疗效不佳”的高危患者，应强化超声联合血清甲状腺球蛋白、TgAb及FNAB–甲状腺球蛋白的监测作用，尽早识别复发或残留病灶。术后发现超声可疑淋巴结或甲状腺床病灶时，是否穿刺应结合病灶大小及检查结果对临床决策的影响。2025版ATA指南[13]建议，对于最小径＜8～10 mm的可疑淋巴结或病灶，可暂行超声监测；若病灶增大或邻近并威胁喉返神经、气管、食管或大血管，则应进一步评估。对于最小径≥8～10 mm且细胞学诊断可能改变治疗方案的可疑淋巴结或病灶，建议行FNAB，按需联合FNAB–甲状腺球蛋白检测。这种基于动态评估的“降阶”随访模式有助于减少低危人群的过度医疗。但在实施过程中，需要结合各国的具体国情，临床医师需权衡监测频次与漏诊风险，确保随访方案的安全性。

7　结论与展望：构建多模态智慧管理体系

超声已由甲状腺结节的检出工具发展为贯穿危险性分类、穿刺选择、术前分期、主动监测、微创干预和术后随访的核心影像学手段。不同超声危险性分类体系的总体诊断效能相近，其临床差异主要体现为穿刺阈值以及漏诊风险与非必要活检之间的权衡。未来仍应以规范化灰阶超声和颈部淋巴结扫查为基础，提高影像信息的定量化、可重复性和纵向可比性。

多参数超声和影像组学可为传统灰阶超声提供补充。微血流成像、弹性成像和超声造影能够分别反映微循环、组织硬度和灌注特征，有助于提高中间风险及细胞学不确定结节的评估能力，但受设备、参数和操作者差异影响，尚不能替代FNAB[32-33]。超声影像组学可提取肉眼难以识别的形态、纹理和异质性特征。系统评价显示，其鉴别良恶性结节的合并灵敏度和特异度分别约为0.87和0.84，但不同研究在图像采集、感兴趣区分割、特征提取和验证方式方面差异较大[34]。

人工智能（artificial intelligence, AI）辅助超声正由单纯良恶性分类向自动分割、标准化测量、危险性分类和管理建议拓展。外部验证研究的荟萃分析显示，AI模型的合并灵敏度为87%、特异度为83%，AUC＝0.92，但现有证据仍以回顾性研究和亚洲人群为主，普适性有限[35]。多中心研究[36-37]表明，AI可提高医师判读效能，并在模拟情境中减少非必要FNAB；相关综述亦总结了AI在甲状腺结节诊断及淋巴结转移预测中的应用进展[38]。多模态生成式预训练变换器模型则进一步整合超声图像、文本和管理建议。然而，卫生领域多模态数据集构建仍相对不足[39]。因此，AI更适合作为医师主导下的辅助工具，而非替代临床判断。

未来研究重点应由提高AUC转向验证临床效用，评价校准度、净获益、非必要FNAB减少率、重要恶性肿瘤漏诊率、工作流程和患者结局，并开展跨中心、跨设备和跨人群的前瞻性外部验证。模型开发和报告宜遵循个体预后或诊断多变量预测模型透明报告规范AI扩展版、医学影像AI报告清单和AI驱动决策支持系统开发性与探索性临床研究报告规范，重视可解释性、不确定性表达、数据隐私及责任[40-42]。只有在证明其能够安全减少不必要干预、提高诊断一致性并改善临床流程后，多参数超声、影像组学和AI才适合进入常规实践。

利益冲突声明　所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献声明　胡晓东：文献整理、初稿撰写与文字修订；吕朝晖：选题设计、学术把关和论文审定。

参 考 文 献

[1] CHEN D W, HAYMART M R. Unravelling the rise in thyroid cancer incidence and addressing overdiagnosis[J]. Nature reviews endocrinology, 2026, 22(1): 10-20.

[2] FRANCIS D O, DAVIES L, ZHANG Y C, et al. Overdiagnosis of papillary thyroid cancer[J]. JAMA network open, 2026, 9(2): e2559852.

[3] 中华医学会内分泌学分会,中华医学会外科学分会甲状腺及代谢外科学组,中国抗癌协会头颈肿瘤专业委员会,等. 甲状腺结节和分化型甲状腺癌诊治指南(第二版)[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2023, 39(3): 181-226.

[4] 中华医学会超声医学分会浅表器官和血管学组,中国甲状腺与乳腺超声AI联盟. 2020甲状腺结节超声恶性危险分层中国指南:C-TIRADS[J]. 中华超声影像学杂志, 2021, 30(3): 185-200.

[5] KWAK J Y, HAN K H, YOON J H, et al. Thyroid imaging reporting and data system for US features of nodules: a step in establishing better stratification of cancer risk[J]. Radiology, 2011, 260(3): 892-899.

[6] HORVATH E, MAJLIS S, ROSSI R, et al. An ultrasonogram reporting system for thyroid nodules stratifying cancer risk for clinical management[J]. The journal of clinical endocrinology & metabolism, 2009, 94(5): 1748-1751.

[7] PARK J Y, LEE H J, JANG H W, et al. A proposal for a thyroid imaging reporting and data system for ultrasound features of thyroid carcinoma[J]. Thyroid, 2009, 19(11): 1257-1264.

[8] XU S Y, ZHAN W W, WANG W H. Evaluation of thyroid nodules by a scoring and categorizing method based on sonographic features[J]. Journal of ultrasound in medicine, 2015, 34(12): 2179-2185.

[9] HAUGEN B R, ALEXANDER E K, BIBLE K C, et al. 2015 American thyroid association management guidelines for adult patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer: the American thyroid association guidelines task force on thyroid nodules and differentiated thyroid cancer[J]. Thyroid, 2016, 26(1): 1-133.

[10] SHIN J H, BAEK J H, CHUNG J, et al. Ultrasonography diagnosis and imaging-based management of thyroid nodules: revised Korean society of thyroid radiology consensus statement and recommendations[J]. Korean journal of radiology, 2016, 17(3): 370-395.

[11] TESSLER F N, MIDDLETON W D, GRANT E G, et al. ACR Thyroid Imaging, Reporting and Data System (TI-RADS): White paper of the ACR TI-RADS Committee[J]. Journal of the American college of radiology, 2017, 14(5): 587-595.

[12] RUSS G, BONNEMA S J, ERDOGAN M F, et al. European thyroid association guidelines for ultrasound malignancy risk stratification of thyroid nodules in adults: the EU-TIRADS[J]. European thyroid journal, 2017, 6(5): 225-237.

[13] RINGEL M D, SOSA J A, BALOCH Z, et al. 2025 American thyroid association management guidelines for adult patients with differentiated thyroid cancer[J]. Thyroid®, 2025, 35(8): 841-985.

[14] HA E J, CHUNG S R, NA D G, et al. Korean thyroid imaging reporting and data system: current status, challenges, and future perspectives[J]. Korean journal of radiology, 2021, 22(9): 1569-1578.

[15] KIM D H, KIM S W, BASURRAH M A, et al. Diagnostic performance of six ultrasound risk stratification systems for thyroid nodules: a systematic review and network meta-analysis[J]. American journal of roentgenology, 2023, 220(6): 791-803.

[16] HU Y, XU S Y, ZHAN W W. Diagnostic performance of C-TIRADS in malignancy risk stratification of thyroid nodules: a systematic review and meta-analysis[J]. Frontiers in endocrinology, 2022, 13: 938961.

[17] YANG L T, LI C, CHEN Z, et al. Diagnostic efficiency among Eu-/C-/ACR-TIRADS and S-Detect for thyroid nodules: a systematic review and network meta-analysis[J]. Frontiers in endocrinology, 2023, 14: 1227339.

[18] HUH S, LEE H S, YOON J, et al. Diagnostic performances and unnecessary US-FNA rates of various TIRADS after application of equal size thresholds[J]. Scientific reports, 2020, 10: 10632.

[19] KIM J S, KIM B G, STYBAYEVA G, et al. Diagnostic performance of various ultrasound risk stratification systems for benign and malignant thyroid nodules: a meta-analysis[J]. Cancers, 2023, 15(2): 424.

[20] JOO L, LEE M K, LEE J Y, et al. Diagnostic performance of ultrasound-based risk stratification systems for thyroid nodules: a systematic review and meta-analysis[J]. Endocrinology and metabolism, 2023, 38(1): 117-128.

[21] HOANG J K, MIDDLETON W D, TESSLER F N. Update on ACR TI-RADS: successes, challenges, and future directions, from the *AJR* special series on radiology reporting and data systems[J]. American journal of

roentgenology，2021，216(3)：570-578.

[22] SŁOWIŃSKA-KLENCKA D，KLENCKI M，WOJTASZEK-NOWICKA M，et al. Validation of four thyroid ultrasound risk stratification systems in patients with Hashimoto's thyroiditis：impact of changes in the threshold for nodule's shape criterion[J]. Cancers，2021，13(19)：4900.

[23] FRANCIS G L，WAGUESPACK S G，BAUER A J，et al. Management guidelines for children with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer：the American thyroid association guidelines task force on pediatric thyroid cancer[J]. Thyroid®，2015，25(7)：716-759.

[24] LIM-DUNHAM J E. Ultrasound guidelines for pediatric thyroid nodules：proceeding with caution[J]. Pediatric radiology，2019，49(7)：851-853.

[25] LIN Y H，LAI S Q，WANG P Q，et al. Performance of current ultrasound-based malignancy risk stratification systems for thyroid nodules in patients with follicular neoplasms[J]. European radiology，2022，32(6)：3617-3630.

[26] WU S J，TAN L，RUAN J L，et al. ACR TI-RADS classification combined with number of nodules，halo features optimizes diagnosis and prediction of follicular thyroid cancer[J]. Clinical hemorheology and microcirculation，2022，82(4)：323-334.

[27] YANG G C H，FRIED K O，SCOGNAMIGLIO T. Can cytology and the Thyroid Imaging，Reporting，and Data System（TI-RADS）identify noninvasive follicular thyroid neoplasm with papillary-like nuclear features（NIFTP）before surgery[J]. Journal of the American society of cytopathology，2020，9(3)：159-165.

[28] 包珊丹，庞萍，臧丽，等. 超声影像学特点对甲状腺髓样癌的诊断价值[J]. 中华医学杂志，2016，96(31)：2482-2486.

[29] DURANTE C，HEGEDÜS L，CZARNIECKA A，et al. 2023 European thyroid association clinical practice guidelines for thyroid nodule management[J]. European thyroid journal，2023，12(5)：e230067-e230067.

[30] SINCLAIR C F，BAEK J H，HANDS K E，et al. General principles for the safe performance，training，and adoption of ablation techniques for benign thyroid nodules：an American thyroid association statement[J]. Thyroid®，2023，33(10)：1150-1170.

[31] 胡晓东，吕朝晖. 甲状腺结节的非手术治疗[J]. 中华内科杂志，2024，63(6)：544-549.

[32] MA G R，CHEN L B，WANG Y，et al. Application of microvascular ultrasound-assisted thyroid imaging report and data system in thyroid nodule risk stratification[J]. Insights into imaging，2024，15(1)：230.

[33] CANTISANI V，DE SILVESTRI A，SCOTTI V，et al. US-elastography with different techniques for thyroid nodule characterization：systematic review and meta-analysis[J]. Frontiers in oncology，2022，12：845549.

[34] CLEERE E F，DAVEY M G，O'NEILL S，et al. Radiomic detection of malignancy within thyroid nodules using ultrasonography：a systematic review and meta-analysis[J]. Diagnostics，2022，12(4)：794.

[35] GATTA E，GATTA R，MORANDI R，et al. Machine Learning for diagnosis of malignant thyroid nodules based on thyroid ultrasound：systematic review and meta-analysis of studies with external datasets[J]. European journal of radiology open，2026，16：100716.

[36] YAO J C，WANG Y P，LEI Z K，et al. Multimodal GPT model for assisting thyroid nodule diagnosis and management[J]. npj digital medicine，2025，8：245.

[37] PENG S，LIU Y H，LV W M，et al. Deep learning-based artificial intelligence model to assist thyroid nodule diagnosis and management：a multicentre diagnostic study[J]. The lancet digital health，2021，3(4)：e250-e259.

[38] 肖乐，鲁虹霞，蔡建民，等. AI在甲状腺结节超声诊断及预测甲状腺癌颈部淋巴结转移中的应用进展[J]. 兰州大学学报(医学版)，2024，50(9)：89-94.

[39] 田晨，赵国桢，贵向泉，等. 中国医疗卫生领域多模态数据集构建标准现状与展望[J]. 兰州大学学报(医学版)，2026，52(4)：10-18.

[40] COLLINS G S，MOONS K G M，DHIMAN P，et al. TRIPOD+AI statement：updated guidance for reporting clinical prediction models that use regression or machine learning methods[J]. Bmj，2024，385：e078378.

[41] TEJANI A S，KLONTZAS M E，GATTI A A，et al. Updating the checklist for artificial intelligence in medical imaging（CLAIM）for reporting AI research[J]. Nature machine intelligence，2023，5(9)：950-951.

[42] VASEY B，NAGENDRAN M，CAMPBELL B，et al. Reporting guideline for the early stage clinical evaluation of decision support systems driven by artificial intelligence：DECIDE-AI[J]. Bmj，2022，377：e070904.

（责任编辑：张　朗）