

甲状腺结节超声恶性危险分层中国指南 (C-TIRADS) 临床应用进展

吴晓婷¹ 郑剑^{1,2}

¹广东医科大学第一临床医学院, 湛江 524000; ²香港中文大学(深圳)附属第二医院 深圳市龙岗区人民医院超声科, 深圳 518172

【摘要】 甲状腺结节超声恶性危险分层中国指南 (C-TIRADS) 作为中国首个甲状腺成像报告与数据系统, 兼顾分类的准确性及临床易用性, 适应目前我国甲状腺结节诊治流程; 如果联合其他超声新技术, 如弹性成像、造影、人工智能等, 则可以提高其诊断效能。笔者对 C-TIRADS 的临床应用价值、局限性及与其他超声技术联合应用进行综述。

【关键词】 超声检查; 甲状腺成像报告与数据系统; 甲状腺结节; 应用进展

DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20230508-00261

Clinical application progress of Chinese Guidelines for Ultrasound Malignancy Risk Stratification of Thyroid Nodules (C-TIRADS)

Wu Xiaoting¹, Zheng Jian^{1,2}

¹The First School of Clinical Medicine, Guangdong Medical University, Zhanjiang 524000, China; ²Department of Ultrasound, the Second Affiliated Hospital, School of Medicine, the Chinese University of Hong Kong, Shenzhen & Longgang District People's Hospital of Shenzhen, Shenzhen 518172, China

DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20230508-00261

超声作为甲状腺检查的重要及首选的检查方法^[1], 为了规范甲状腺超声报告, 提高与临床沟通效率, 中华医学会超声医学分会浅表器官和血管学组专家以中国的甲状腺超声数据为基础, 于 2020 年首次正式推出了甲状腺结节超声恶性危险分层中国指南 (Chinese Guidelines for Ultrasound Malignancy Risk Stratification of Thyroid Nodules, C-TIRADS)^[2]。笔者从其临床应用价值、局限性及与超声新技术结合等方面对 C-TIRADS 的研究进展进行如下综述。

一、C-TIRADS 的临床应用

2009 年由 Horvath 等^[3]学者首次提出甲状腺成像与报告系统 (Thyroid Imaging Reporting and Data System, TIRADS), 历经十几年的发展, 不同专业组织及团队提出了不同的 TIRADS 版本多达十几种。为适应中国医疗现状, C-TIRADS 于 2020 年问世。自其发布以后许多学者对其临床应用进行研究, 笔者从 C-TIRADS 与其他 TIRADS 诊断效能对比及其对不同类型甲状腺癌的诊断探讨其临床应用价值。

1. C-TIRADS 与其他 TIRADS 的诊断效能比较

许多学者对 C-TIRADS 的诊断效能进行研究, 其中较多的研究将 C-TIRADS 与较常用的 2017 年美国放射学会版甲状腺报告与数据系统 (American College of Radiology Thyroid Imaging Reporting and Data System, ACR-TIRADS)^[4] 和 2016 年版韩国甲状腺报告与数据系统 (Korean Thyroid Image Reporting and Data System, K-TIRADS) 进行对比^[5]。Chen

等^[6]通过对 2 177 例甲状腺结节进行对比研究后发现 C-TIRADS 对甲状腺结节的恶性风险分层具有很好的临床意义, 且在最佳截断值时, 诊断效能与 ACR-TIRADS、K-TIRADS 相当。这与周本涛等^[7]和陈庆芳等^[8]的研究相似。同样, 毛森等^[9]将 C-TIRADS 与 ACR-TIRADS、K-TIRADS 进行研究后发现, C-TIRADS 在三者中敏感性、准确性和阴性预测值均最高, 因此认为 C-TIRADS 的整体效能最佳。此外, 李荣斌等^[10]研究发现, ACR-TIRADS 有更高的敏感性, 相比之下 C-TIRADS 有更高特异性且操作简便, 适用于临床推广。这与乔敏等^[11]和袁新等^[12]的研究相似。总的来说, 多项研究证明 C-TIRADS 表现出较好的诊断效能且操作更简便易行, 在中国推广 C-TIRADS 具有很大的意义。

在指导穿刺活检方面, 有研究表明当 C-TIRADS 4B 类作为最佳截止值时, 阴性预测值要高于 ACR-TIRADS 和 K-TIRADS^[6], 也就是说 C-TIRADS 可能可以减少更多无用甲状腺细针穿刺活检 (fine-needle aspiration biopsy, FNAB)。Zhu 等^[13]将 C-TIRADS 与 ACR-TIRADS、ATA 指南 (American Thyroid Association guideline)、K-TIRADS 对比后发现, C-TIRADS 在减少不必要活检率方面仅次于 ACR-TIRADS。然而, 目前对于 C-TIRADS 指导穿刺的研究并不多, 未来应进一步研究了解 C-TIRADS 基于超声引导下细针穿刺活检标准的临床适应性。

在观察者对与 C-TIRADS 指南判读方面, Qi 等^[14]研究发

现 C-TIRADS 具较好的一致性 ($ICC = 0.854$)。程红等^[15]对比了低年资住院医师和高年资主治医师对 C-TIRADS 的应用情况之后发现,对于结节的五大超声特征一致性在中等及以上 ($Kappa$ 值为 $0.53 \sim 0.84$),证明了不同年资超声医师评估甲状腺结节 C-TIRADS 超声指标的一致性较好,且低年资医师与高年资医师运用 C-TIRADS 指南的诊断效能相近 (AUC 值分别为 0.788 和 0.819)。C-TIRADS 在现有的研究中均表现出较好的一致性,这可能与其简便的计数方式有关,这个特点使 C-TIRADS 与目前中国人口众多、医疗资源不均衡等现状更加适配。然而,目前对于 C-TIRADS 重复性研究仍较少,期待更多医务人员的使用和研究。

2. C-TIRADS 对于不同类型甲状腺癌的诊断效能

甲状腺乳头状癌 (papillary thyroid carcinoma, PTC) 是甲状腺癌最常见的类型,约占 98.5% ^[16]。关于 C-TIRADS 对 PTC 的诊断效能的研究,田猛等^[17]通过分别对比 225 例良性结节和 PTC 之后发现 C-TIRADS 对 PTC 有较高的诊断效能 (敏感性、特异性、准确性分别为 0.924 、 0.868 、 0.893 , $AUC = 0.937$)。由于大部分的甲状腺恶性肿瘤类型为 PTC,故关于 C-TIRADS 对于鉴别良恶性结节大多集中于对 PTC 的研究,可以从目前的研究看出 C-TIRADS 对鉴别 PTC 有较高的临床应用价值。

甲状腺微小癌 (thyroid microcarcinoma, TMC, 最大径 ≤ 10 mm) 又被称为隐匿癌,超声的早期诊断对预防淋巴结转移及部分侵袭性发展起着非常关键的作用^[18]。关于 C-TIRADS 对于 TMC 的诊断, Qi 等^[14]的研究发现, C-TIRADS 在 TMC 诊断方面并不亚于非 TMC。同样,毛森等^[19]对 367 个最大径 ≤ 10 mm 的结节进行研究发现, C-TIRADS 对此类结节的诊断效能较好 ($AUC = 0.800$, 敏感性、特异性、准确率、阳性预测值、阴性预测值分别为 80.24% 、 79.83% 、 80.11% 、 89.24% 、 65.97%)。部分学者将 C-TIRADS 与弹性成像技术结合,从而提高对 TMC 的诊断效能^[19-20]。从现有的研究可以看出, C-TIRADS 对于 TMC 具有较高的诊断价值,与弹性成像技术结合可进一步提高对于 TMC 的诊断效能,但目前关于 C-TIRADS 对 TMC 的诊断价值尚缺少多中心大样本研究。

由于甲状腺滤泡性肿瘤 (follicular neoplasm, FN) 缺乏 PTC 的典型超声特征,故一直是超声诊断的难点,手术切除标本中肿瘤包膜侵犯或血管侵犯的病理证实是滤泡性甲状腺癌的唯一诊断标准^[21]。关于 C-TIRADS 对于 FN 的诊断, Yang 等^[22]对比 6 种 TIRADS 后发现 C-TIRADS 对 FN 的诊断效能最好 ($AUC = 0.798$)。然而, Lin 等^[23]同样对比 6 种 TIRADS 后发现: C-TIRADS 的 AUC 值并不理想 ($AUC = 0.611$),在减少不必要活检方面的表现并不令人满意。对此学者们认为针对 FN 的特性,应对其进行进一步研究并建立特定的分层系统和建议。

甲状腺髓样癌 (medullary carcinoma of the thyroid, MTC) 占甲状腺癌的 $1\% \sim 2\%$,但是由于其恶性程度高、淋巴结转移灶、预后较差等特点,超声的早期诊断有着非常重要的地位^[24]。潘祖贤等^[25]对比 C-TIRADS 与 ACR-TIRADS、ATA 指南对 66 例 MTC 的诊断效能后发现, C-TIRADS 在三者间的 AUC 值、敏感性、准确性、阳性预测值、阴性预测值

最高,显示出较好的诊断效能。MTC 因其特殊性具有很高的研究价值,但目前关于 C-TIRADS 对此类研究较少,仍需进一步多中心大样本研究确认。

PTC 为甲状腺癌最常见类型,然而其他类型的甲状腺癌也不可忽视, C-TIRADS 在目前研究也表现出了对这几种类型的甲状腺癌有着较好的诊断效能,但是目前仍缺乏大样本多中心的研究,如果将来更多研究针对 C-TIRADS 在不同病变之间的鉴别,可能会对 C-TIRADS 的发展、完善有帮助。学者们也正在尝试联合超声新技术等方法提高 C-TIRADS 对甲状腺癌的诊断效能。

3. C-TIRADS 的局限性

即使 C-TIRADS 有着较高的临床应用价值,但是在应用过程中仍存在着局限性,如部分学者认为在指南制定 C-TIRADS 4 类时跨度较大,这类结节的恶性率较高,容易造成误诊。也有学者认为 C-TIRADS 对 FTC 诊断效能较低^[23]。

二、C-TIRADS 分类与超声新技术联合诊断甲状腺结节

越来越多的学者认识到如果仅依靠二维超声诊断不足以诊断甲状腺结节的性质,需要更多的方法以避免漏诊、误诊、延误治疗和过度治疗的发生,提高诊断效能^[26]。李荣斌等^[10]指出对结节的描述会受个人主观因素影响,从而影响最终诊断结果,可结合多模态超声诊断新技术增强诊断信心,提高诊断效能。笔者将对近年来 C-TIRADS 与超声技术联合运用的研究进行阐述。

1. C-TIRADS 联合剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE)

超声弹性成像可以量化病灶的硬度,拓展超声诊断信息,对甲状腺结节良恶性的鉴别诊断有一定价值^[27]。临床常常将弹性成像技术用于辅助甲状腺结节性质的诊断^[28]。有研究认为 SWE 是在临床实践中支持超声诊断结节良恶性的重要工具^[29]。然而, Swan 等^[30]持相反意见,认为其诊断效能低,不能作为评估甲状腺结节的重要方法。

目前,已有研究评估 SWE 与其他 TIRADS 结合的诊断效能^[31-38]。近两年来国内学者也进行了 SWE 与 C-TIRADS 联合诊断的一系列研究。Gao 等^[39]通过对 586 个甲状腺结节进行回顾性分析后发现 C-TIRADS 联合 SWE 敏感性、特异性和准确性 (分别为 93.22% 、 90.35% 、 92.66%) 均大于单独使用 C-TIRADS 分类或单独使用 SWE,故认为将 C-TIRADS 联合 SWE 可以提高诊断效能。

在对 TMC 的诊断方面,部分学者将 C-TIRADS 与 SWE 联合诊断发现两者的联合亦可提高 TMC 的诊断性能^[19-20,39]。其中毛森等^[19]将 367 例结节按最大径分为 <0.5 cm 与 $0.5 \sim 1.0$ cm 两组, C-TIRADS 联合 SWE 在 <0.5 cm 组的敏感性 (91.82% 比 78.57%) 与准确率 (90.68% 比 80.36%) 明显高于 $0.5 \sim 1.0$ cm 组, C-TIRADS 联合 SWE 的诊断效能明显高于单独使用 C-TIRADS 或者 SWE,因此得出了 C-TIRADS 联合 SWE 可进一步提高 TMC 的诊断价值的结论。对于细针穿刺抽吸 (fine-needle aspiration, FNA) 细胞学不明确的甲状腺结节,张卫兵等^[40]通过对 243 例 FNA 细胞学不明确的甲状腺结节进行研究后发现 SWE 和 C-TIRADS 联合能有效提高对 FNA 细胞学不明确的甲状腺结节的诊断。Lin 等^[23]研究发现超声弹性成像可以对甲状腺 C-TIRADS 4 类结节的分类

进行校正,并且进一步指导穿刺,增加诊断的信心。

专家组曾在 C-TIRADS 指南中强调由于不同仪器测量得到的剪切波传播速度或杨氏模量值相差较大,无法相互参考^[2]。然而,不可否认的是 SWE 作为辅助 C-TIRADS 对甲状腺结节的诊断具有很高的价值,也为未来的学者们针对指南提出的问题进行研究与改进提供了方向。

2. C-TIRADS 联合超声造影 (contrast-enhanced ultrasonography, CEUS)

CEUS 具有评价甲状腺病变血管血流变化的能力,可作为常规超声的有效补充,且有研究证实,常规超声联合 CEUS 可提高甲状腺癌的诊断准确性^[41-42]。

国内学者也开始尝试将 C-TIRADS 与 CEUS 结合以提高诊断性能。Jin 等^[43]对 116 例接受常规超声和 CEUS 检查的甲状腺结节患者进行回顾性研究后发现单独使用 C-TIRADS 的 AUC 值明显低于 C-TIRADS 联合 CEUS, C-TIRADS 与 CEUS 联合诊断方法较单一诊断方法具有更高的诊断准确性,减少了甲状腺结节活检率。对于 FNA 诊断不确定的结节,张卫兵等^[44]通过研究 204 例 FNA 细胞学不明确且术前有 CEUS 诊断的甲状腺结节患者后,发现 C-TIRADS 和 CEUS 联合运用能提高诊断敏感性、阴性预测值及准确性,因此得出两者的联合有助于 FNA 不明确结节的治疗和管理的结论。对于 C-TIRADS 4 类的结节, Zhu 等^[45]通过对 228 个 C-TIRADS 4 类结节研究发现,45 例基于 C-TIRADS 的误诊结节被 CEUS 纠正,27 例因 CEUS 误诊结节经 C-TIRADS 得到纠正,且运用 CEUS 的假阴性结果不影响最终诊断。因此,认为 CEUS 与 C-TIRADS 相结合的 CEUS-TIRADS 可以弥补 C-TIRADS 敏感性的不足,诊断性能优于单独使用 C-TIRADS 或 CEUS。同样的, Cheng 等^[46]对 125 个经 CEUS 检查的 C-TIRADS 4 类结节进行研究应用 CEUS 特征调整 C-TIRADS 4 类结节的分类提高了诊断效率,特别是对于 C-TIRADS 指南推荐用于 FNA 的甲状腺结节。

当 CEUS 联合 C-TIRADS 时,部分研究选择文献普遍认可的可疑 CEUS 特征作为阳性、阴性指标调整 C-TIRADS 的分类,如 Cheng 等^[46]通过既往的文献报道,确定 CEUS 中低增强和早期消退为阳性指标,而等增强、高增强或无增强为阴性指标,对 C-TIRADS 4 类的结节进行升级降级。同样,沈润辉等^[47]通过既往研究确定 CEUS 中 6 个阳性指标:结节环状增强不明显或不完整、增强边界不清、开始强化晚于周围实质、开始消退早于周围实质、不均匀增强及峰值强度呈低增强,并且通过将上述每个阳性指标为 1 分的方法调整 C-TIRADS 分类。而部分研究则通过统计学分析确定区分结节良恶性的 CEUS 特征调整 C-TIRADS 分类。如张卫兵等^[44]研究发现结节 CEUS 中低增强、不均匀增强、增强后边界不清晰、快速消退为恶性征象,若研究中 FNA 结果不明确结节出现 CEUS 中的恶性征象则被判定为阳性。Zhu 等^[45]通过比值比 (OR 值) 计算不同 CEUS 特征在恶性特征中的权重,最后采取低增强 (OR 值为 39) 加 2 分,而开始增强时间晚 (OR 值为 24)、向心性增强 (OR 值为 12) 和不均匀性增强 (OR 值为 6) 加 1 分的方法调整 C-TIRADS 分类。Jin 等^[43]研究发现向心性/离心性的增强模式、不均匀性增强、非同步增强、同步消退、无周边环状增强和有造影剂滞留为结节恶性

征象,而离散性的增强模式、均匀增强、同步增强、同步消退、周边环状增强和无造影剂滞留为结节的良性征象,于是通过将结节 CEUS 中出现恶性征象加 1 分而良性征象减 1 分的做法调整 C-TIRADS 分类,与上述研究不同的是,该研究认为 CEUS 中的增强程度与结节良恶性无关。

遗憾的是在临床实践中,由于技术或患者接受程度的限制,CEUS 在甲状腺诊断领域尚未得到广泛推广^[45]。即使目前大多数关于 CEUS 的文献普遍认为结节开始增强时间晚于周围实质、低增强、不均匀增强、向心性增强和结节开始消退早于周围实质是恶性结节的特征,结节开始增强早于周围实质、无增强或弥散性增强、等增强或高增强、均匀增强、周围环状增强是良性结节的特点,然而,关于 CEUS 诊断甲状腺结节的目前尚无由权威机构发布明确统一的诊断标准^[43-50]。

综上所述,CEUS 与 C-TIRADS 的联合可以进一步提高诊断效能,两者的联合相辅相成,在减少甲状腺结节活检率方面效能优越,学者们认为未来应对 CEUS 与 C-TIRADS 的联合建立更加详细的分层标准和建议。

3. C-TIRADS 联合人工智能 (artificial intelligence, AI)

近年来,开发了基于超声图像的 AI 计算机辅助诊断系统 (AI-based computer-aided diagnosis, AI-CADS),且其效用已在乳腺和甲状腺恶性结节的检测中得到初步验证,结果令人满意^[51-56]。多项既往研究表明,用于甲状腺结节分类的 AI-CADS 也可以达到与高级超声科医生相当的准确性,减少经验依赖性,并在超声诊断中提供参考建议^[57-60]。其中 S-Detect 技术采用深度学习算法,是一种集扫描、阅读、报告于一体的 AI 技术。

Zhou 等^[61]将 S-Detect、ACR-TIRADS、C-TIRADS 应用于 159 个细胞学不明确的甲状腺结节 (cytologically indeterminate thyroid nodules, CITNs) 后发现, S-Detect 在鉴别 CITNs 方面的诊断性能与 ACR-TIRADS 相似并优于 C-TIRADS,尤其是对于 PTC,且认为 S-Detect 有机会成为 TIRADS 的替代品。对于 S-Detect 与 C-TIRADS 联合应用于临床,方明娣等^[62]研究后发现 S-Detect 技术诊断甲状腺结节的灵敏性较高,尤其适用于甲状腺恶性肿瘤的初筛, S-Detect 技术与 C-TIRADS 分类联合使用可提高甲状腺结节的诊断效能。类似的研究,李潜等^[63]将 S-Detect 与 C-TIRADS 分类结合后发现两者的联合诊断可以在保证诊断准确性的前提下大量减少甲状腺细针穿刺活检,避免过度诊疗。对于不同年资的超声医师,郑梅娟等^[64]对于 817 个有组织病理的甲状腺结节研究后发现: C-TIRADS 联合 AI 辅助系统对高年资医师价值有限,准确性、敏感性的差异均无统计学意义;但联合 AI 可提高低年资医师应用 C-TIRADS 的诊断特异性 (56.90% 比 86.76%,) 及准确性 (80.05% 比 92.66%), 避免过度诊断。

学者们认为 AI 作为一个新兴的技术,虽目前并未得到广泛的应用,但是与 C-TIRADS 联合的诊断效能不容小觑,特别是在肿瘤初筛时。随着未来 AI 技术的发展, C-TIRADS 也应对此作出相应的分层系统和建议。

三、现状与未来

C-TIRADS 指南作为中国首个甲状腺结节超声恶性危险分层的中国指南,有着诸多优点。首先, C-TIRADS 采用的用于恶性风险分层的超声特征可能更科学,因为这些特征已

经通过大样本为基础构建具有逐步选择的多元逻辑回归模型进行优化和评估^[65],而不是基于专家意见的超声特征进行评分。其次,C-TIRADS 指南更简便易行,相比于 K-TIRADS 和 EU-TIRADS 这些基于模式的分类系统,计数法的 C-TIRADS 无需记忆多种复杂的图像;相比于同样是 ACR-TIRADS 给予不同超声特征不同的分值,C-TIRADS 赋予每个超声特征同样的分值。这样的做法可以减少医师累计评分时间,简而言之,C-TIRADS 分类方法兼顾分类的准确性及临床易用性,适应目前我国甲状腺结节诊治流程^[66]。最后,甲状腺结节恶性风险分层系统的目的是给甲状腺结节临床管理提供意见。C-TIRADS 的最高级别 5 类的恶性率超过 90%,高于 K-TIRADS 的 60% 和 ACR-TIRADS 的 20%。在 FNA 并不普及的中国,C-TIRADS 分类给出了更多的参考做法^[2]。

C-TIRADS 指南中也提及,C-TIRADS 允许超声医师在长期经验积累的基础上结合血流、弹性及 CEUS 技术,对分类进行修正^[67]。然而,由于超声医生诊断经验的不足及对指南理解的偏差,容易造成观察者间及观察者内的差异^[68]。且对于 C-TIRADS 联合超声新技术对甲状腺结节诊断的统一标准也尚未制定,盲目使用可能与临床沟通和指南制定的初衷背道而驰。

综上所述,未来 C-TIRADS 应对特殊类型的结节进行深入研究并建立特定的分层系统和建议,对 C-TIRADS 的细针穿刺活检标准进行前瞻性大样本的研究,对 C-TIRADS 与超声新技术的结合实施进一步研究并制定普适的标准。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 吴晓婷:起草文章,查阅、分析文献;郑剑:对文章知识性内容作批评性审阅,指导,支持性贡献

参 考 文 献

- [1] Hoang JK, Middleton WD, Tessler FN. Update on ACR TI-RADS: Successes, Challenges and Future Directions, From the AJR Special Series on Radiology Reporting and Data Systems [J]. Am J Roentgenol, 2021, 216 (3): 570-578. DOI: 10. 2214/ AJR. 20. 24608.
- [2] 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人工智能联盟. 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. DOI: 10. 3760/cma. j. cn131148-20210205-00092.
- [3] Horvath E, Majlis S, Rossi R, et al. An ultrasonogram reporting system for thyroid nodules stratifying cancer risk for clinical management[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2009, 94 (5): 1748-1751. DOI: 10. 1210/jc. 2008-1724.
- [4] Tessler FN, Middleton WD, Grant EG, et al. ACR Thyroid Imaging, Reporting and Data System (TI-RADS): White Paper of the ACR TI-RADS Committee[J]. J Am Coll Radiol, 2017, 14 (5): 587-595. DOI: 10. 1016/j. jacr. 2017. 01. 046.
- [5] Shin JH, Baek JH, 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 J Radiol, 2016, 17 (3): 370-395. DOI: 10. 3348/kjr. 2016. 17. 3. 370.
- [6] Chen Q, Lin M, Wu S. Validating and comparing C-TIRADS, K-TIRADS and ACR-TIRADS in stratifying the malignancy risk of thyroid nodules [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2022, 13: 899575. DOI: 10. 3389/fendo. 2022. 899575.
- [7] 周本涛, 卢晓峰, 罗琼. 中国超声甲状腺影像报告和数据系统对甲状腺结节评估的有效性分析[J]. 影像技术, 2022, 34 (6): 71-80. DOI: 10. 3969/j. issn. 1001-0270. 2022. 06. 13.
- [8] 陈庆芳, 吴嗣泽. 甲状腺结节恶性风险分层的 C-TIRADS 与 ACR-TIRADS 诊断效能比较研究[J]. 中华超声影像学杂志, 2021, 30 (10): 861-867. DOI: 10. 3760/cma. j. cn131148-20210501-00305.
- [9] 毛森, 赵鲁平, 李小花, 等. 2020 中国超声甲状腺影像报告和数据系统在甲状腺结节鉴别诊断中的应用价值[J]. 中华医学杂志, 2021, 101 (45): 3748-3753. DOI: 10. 3760/cma. j. cn112137-20210401-00799.
- [10] 李荣斌, 李拾林. 2020 中国超声甲状腺影像报告和数据系统鉴别甲状腺结节良恶性的价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2022, 20 (2): 154-157. DOI: 10. 3969/j. issn. 1672-0512. 2022. 02. 012.
- [11] 乔敏, 冯尚勇, 沈德娟, 等. 中国甲状腺影像报告和数据系统对甲状腺结节良恶性的鉴别诊断[J]. 中国医学影像学杂志, 2021, 29 (11): 1070-1075. DOI: 10. 3969/j. issn. 1005-5185. 2021. 11. 003.
- [12] 袁新, 王娟, 李苗, 等. 5 种甲状腺结节超声恶性风险分层指南的对比分析[J]. 中华超声影像学杂志, 2022, 31 (8): 698-704. DOI: 10. 3760/cma. j. cn131148-20211219-00933.
- [13] Zhou BT, Lu XF, Luo Q. Analysis of the effectiveness of Chinese ultrasonic thyroid imaging report and data system in the evaluation of thyroid nodules [J]. Image Technology, 2022, 34 (6): 71-80. DOI: 10. 3969/j. issn. 1001-0270. 2022. 06. 13.
- [14] Chen QF, Wu SZ. Comparison of diagnostic performance between C-TIRADS and ACR-TIRADS for malignancy risk stratification of thyroid nodules [J]. Chin J Ultrasonogr, 2021, 30 (10): 861-867. DOI: 10. 3760/cma. j. cn131148-20210501-00305.
- [15] Mao S, Zhao LP, Li XH, et al. The diagnostic performance of 2020 Chinese Ultrasound Thyroid Imaging Reporting and Data System in thyroid nodules [J]. Natl Med J China, 2021, 101 (45): 3748-3753. DOI: 10. 3760/cma. j. cn112137-20210401-00799.
- [16] Li RB, Li SL. Value of 2020 Chinese TI-RADS in the diagnosis of benign and malignant thyroid nodules [J]. Chinese Imaging Journal of Integrated Traditional and Western Medicine, 2022, 20 (2): 154-157. DOI: 10. 3969/j. issn. 1672-0512. 2022. 02. 012.
- [17] Qiao M, Feng SY, Shen DJ, et al. Chinese Thyroid Imaging Reporting and Data System in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules [J]. Chinese Journal of Medical Imaging, 2021, 29 (11): 1070-1075. DOI: 10. 3969/j. issn. 1005-5185. 2021. 11. 003.
- [18] Yuan X, Wang J, Li M, et al. Comparison analysis of five ultrasound malignancy risk stratification guidelines for thyroid nodules [J]. Chin J Ultrasonogr, 2022, 31 (8): 698-704. DOI: 10. 3760/cma. j. cn131148-20211219-00933.

- [13] Zhu H, Yang Y, Wu S, et al. Diagnostic performance of US-based FNAB criteria of the 2020 Chinese guideline for malignant thyroid nodules: comparison with the 2017 American College of Radiology guideline, the 2015 American Thyroid Association guideline, and the 2016 Korean Thyroid Association guideline [J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2021, 11(8):3604-3618. DOI: 10.21037/qims-20-1365.
- [14] Qi Q, Zhou A, Guo S, et al. Explore the Diagnostic Efficiency of Chinese Thyroid Imaging Reporting and Data Systems by Comparing With the Other Four Systems (ACR TI-RADS, Kwak-TIRADS, KSThR-TIRADS, and EU-TIRADS): A Single-Center Study [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2021, 12: 763897. DOI: 10.3389/fendo.2021.763897.
- [15] 程红, 王琰, 俞樑龙, 等. 不同年资医师运用 C-TIRADS 指南评估甲状腺结节的一致性及其诊断效能比较[J]. *中华健康管理学杂志*, 2021, 15(3): 258-262. DOI: 10.3760/cma.j.cn115624-20210128-00050.
Cheng H, Wang Y, Yu LL, et al. Consistency of ultrasonic indicators evaluated by different seniority sonographer with C-TIRADS and comparison of diagnostic efficiency [J]. *Chin J Health Manage*, 2021, 15(3): 258-262. DOI: 10.3760/cma.j.cn115624-20210128-00050.
- [16] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries [J]. *CA Cancer J Clin*, 2021, 71(3): 209-249. DOI: 10.3322/caac.21660.
- [17] 田猛, 吴秀艳, 蔡雪珍, 等. 甲状腺结节超声恶性危险分层中国指南(C-TIRADS)对甲状腺乳头状癌的诊断价值[J]. *解放军医学院学报*, 2022, 43(8): 823-829. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2022.08.002.
Tian M, Wu XY, Cai XZ, et al. Diagnostic value of Chinese guidelines for ultrasound malignancy risk stratification of thyroid nodules (C-TIRADS) in papillary thyroid carcinoma [J]. *Acad J Chin PLA Med Sch*, 2022, 43(8): 823-829. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2022.08.002.
- [18] 谭雯, 肖伶俐, 张诗文, 等. 甲状腺微小乳头状癌中央区淋巴结转移的超声与病理对照[J]. *中国超声医学杂志*, 2022, 38(12): 1325-1327.
Tan W, Xiao LL, Zhang SW, et al. Ultrasonographic and pathological comparison of central lymph node metastasis in papillary thyroid microcarcinoma [J]. *Chinese J Ultrasound Med*, 2022, 38(12): 1325-1327.
- [19] 毛森, 王洪军, 赵鲁平, 等. 中国超声甲状腺影像报告和数据系统联合剪切波弹性成像对甲状腺微小结节的诊断价值[J]. *中国医师进修杂志*, 2022, 45(5): 422-427. DOI: 10.3760/cma.j.cn115455-20220216-00103.
Mao S, Wang HJ, Zhao LP, et al. The diagnostic value of Chinese-thyroid imaging reporting and data system classification combined with shear wave elastography in thyroid microcarcinoma [J]. *Chin J Postgrad Med*, 2022, 45(5): 422-427. DOI: 10.3760/cma.j.cn115455-20220216-00103.
- [20] 朱敏敏, 许妍, 肖潇, 等. 实时超声弹性成像调整 C-TIRADS 4 类甲状腺结节的临床价值[J]. *临床超声医学杂志*, 2022, 24(8): 583-587. DOI: 10.16245/j.cnki.issn1008-6978.2022.08.021.
Zhu MM, Xu Y, Xiao X, et al. Clinical value of real-time ultrasound elastography in adjusting the classification of thyroid C-TIRADS 4 nodules [J]. *J Clin Ultrasound in Med*, 2022, 24(8): 583-587. DOI: 10.16245/j.cnki.issn1008-6978.2022.08.021.
- [21] Ali SZ, Baloch ZW, Cochand-Priollet B, et al. The 2023 Bethesda system for reporting thyroid cytopathology [J]. *Thyroid*, 2023 Jul 8. DOI: 10.1089/thy.2023.0141. Online ahead of print.
- [22] Yang J, Sun Y, Li X, et al. Diagnostic performance of six ultrasound-based risk stratification systems in thyroid follicular neoplasm: a retrospective multi-center study [J]. *Front Oncol*, 2022, 12: 1013410. DOI: 10.3389/fonc.2022.1013410.
- [23] Lin Y, Lai S, Wang P, et al. Performance of current ultrasound-based malignancy risk stratification systems for thyroid nodules in patients with follicular neoplasms [J]. *Eur Radiol*, 2022, 32(6): 3617-3630. DOI: 10.1007/s00330-021-08450-3.
- [24] Trimboli P, Mian C, Piccardo A, et al. Diagnostic tests for medullary thyroid carcinoma: an umbrella review [J]. *Endocrine*, 2023, 81(2): 183-193. DOI: 10.1007/s12020-023-03326-6.
- [25] 潘祖贤, 李晓钰, 徐上妍, 等. 比较 3 种超声甲状腺结节风险分层系统对甲状腺髓样癌的 diagnostic 性能: ATA 指南、ACR TI-RADS 和 C-TIRADS [J]. *肿瘤影像学*, 2022, 31(5): 477-483. DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2022.05.004.
Pan ZX, Li XY, Xu SY, et al. Comparison of the diagnostic performance of three ultrasound thyroid nodule risk stratification systems for medullary carcinoma of the thyroid: ATA guideline, ACR TI-RADS and C-TIRADS [J]. *Oncoradiology*, 2022, 31(5): 477-483. DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2022.05.004.
- [26] Xiao F, Li JM, Han ZY, et al. Multimodality US versus thyroid imaging reporting and data system criteria in recommending fine-needle aspiration of thyroid nodules [J]. *Radiology*, 2023, 307(5): e221408. DOI: 10.1148/radiol.221408.
- [27] Cosgrove D, Barr R, Bojunga J, et al. WFUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography: Part 4. Thyroid [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2017, 43(1): 4-26. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.06.022.
- [28] Xu HX, Yan K, Liu BJ, et al. Guidelines and recommendations on the clinical use of shear wave elastography for evaluating thyroid nodule [J]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2019, 72(1): 39-60. DOI: 10.3233/CH-180452.
- [29] Filho RHC, Pereira FL, Iared W. Diagnostic accuracy evaluation of two-dimensional shear wave elastography in the differentiation between benign and malignant thyroid nodules: systematic review and meta-analysis [J]. *J Ultrasound Med*, 2020, 39(9): 1729-1741. DOI: 10.1002/jum.15271.
- [30] Swan KZ, Bonnema SJ, Jespersen ML, et al. Reappraisal of shear wave elastography as a diagnostic tool for identifying thyroid carcinoma [J]. *Endocr Connect*, 2019, 8(8): 1195-1205. DOI: 10.1530/EC-19-0324.
- [31] Baş H, Üstüner E, Kula S, et al. Elastography and Doppler may bring a new perspective to TIRADS, altering conventional ultrasonography dominance [J]. *Acad Radiol*, 2022, 29(3): e25-e38. DOI: 10.1016/j.acra.2021.02.011.
- [32] Chambara N, Lo X, Chow TCM, et al. Combined shear wave elastography and EU TIRADS in differentiating malignant and benign thyroid nodules [J]. *Cancers (Basel)*, 2022, 14(22): 5521.

- DOI:10.3390/cancers14225521.
- [33] Li G, Ma S, Zhang F, et al. The predictive models based on multimodality ultrasonography for the differential diagnosis of thyroid nodules smaller than 10 mm[J]. Br J Radiol, 2023 Jul 5: 20221120. DOI:10.1259/bjr.20221120. Online ahead of print.
 - [34] Petersen M, Schenke SA, Firl A J, et al. Shear wave elastography and thyroid imaging reporting and data system (TIRADS) for the risk stratification of thyroid nodules-results of a prospective study[J]. Diagnostics (Basel), 2022, 12(1): 109. DOI:10.3390/diagnostics12010109.
 - [35] Wang B, Ou X, Yang J, et al. Contrast-enhanced ultrasound and shear wave elastography in the diagnosis of ACR TI-RADS 4 and 5 category thyroid nodules coexisting with Hashimoto's thyroiditis[J]. Front Oncol, 2022, 12: 1022305. DOI:10.3389/fonc.2022.1022305.
 - [36] Yang JR, Song Y, Xue SS, et al. Suggested amendment of TI-RADS classification of thyroid nodules by shear wave elastography [J]. Acta Radiologica, 2020, 61(8): 1026-1033. DOI:10.1177/0284185119889567.
 - [37] Zhang WB, Li JJ, Chen XY, et al. SWE combined with ACR TI-RADS categories for malignancy risk stratification of thyroid nodules with indeterminate FNA cytology [J]. Clin Hemorheol Microcirc, 2020, 76(3): 381-390. DOI:10.3233/CH-200893.
 - [38] Zhao CK, Chen SG, Alizad A, et al. Three-dimensional shear wave elastography for differentiating benign from malignant thyroid nodules[J]. J Ultrasound Med, 2018, 37(7): 1777-1788. DOI:10.1002/jum.14531.
 - [39] Gao XQ, Ma Y, Peng XS, et al. Diagnostic performance of CTIRADS combined with SWE for the diagnosis of thyroid nodules [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2022, 13: 939303. DOI:10.3389/fendo.2022.939303.
 - [40] 张卫兵, 陈天奕, 何贝丽, 等. C-TIRADS 分类联合 SWE 对 FNA 细胞学不明确的甲状腺结节的诊断价值 [J]. 中国超声医学杂志, 2022, 38(7): 737-741.
 - Zhang WB, Chen TY, He BL, et al. C-TIRADS Categories Combined with SWE for Thyroid Nodules with Indeterminate Fine Needle Aspiration Cytology[J]. Chinese J Ultrasound Med, 2022, 38(7): 737-741.
 - [41] Radzina M, Ratniece M, Putrins DS, et al. Performance of contrast-enhanced ultrasound in thyroid nodules: review of current state and future perspectives[J]. Cancers (Basel), 2021, 13(21): 5469. DOI:10.3390/cancers13215469.
 - [42] Xiao F, Li JM, Han ZY, et al. Multimodality US versus thyroid imaging reporting and data system criteria in recommending fine-needle aspiration of thyroid nodules [J]. Radiology, 2023, 307(5): e221408. DOI:10.1148/radiol.221408.
 - [43] Jin Z, Zhu Y, Lei Y, et al. Clinical Application of C-TIRADS Category and Contrast-Enhanced Ultrasound in Differential Diagnosis of Solid Thyroid Nodules Measuring ≥ 1 cm [J]. Med Sci Monit, 2022, 28: e936368. DOI:10.12659/MSM.936368.
 - [44] 张卫兵, 秦爱平, 陈天奕, 等. 超声造影联合 C-TIRADS 分类诊断 FNA 细胞学不明确甲状腺结节 [J]. 中国超声医学杂志, 2022, 38(9): 979-983.
 - Zhang WB, Qin AP, Chen TY, et al. Contrast-Enhanced Ultrasound Combined with C-TIRADS Categories for the Diagnosis of Thyroid Nodules with Indeterminate FNA Cytology [J]. Chinese J Ultrasound Med, 2022, 38(9): 979-983.
 - [45] Zhu T, Chen J, Zhou Z, et al. Differentiation of thyroid nodules (C-TIRADS 4) by combining contrast-enhanced ultrasound diagnosis model with chinese thyroid imaging reporting and data system [J]. Front Oncol, 2022, 12: 840819. DOI:10.3389/fonc.2022.840819.
 - [46] Cheng H, Zhuo SS, Rong X, et al. Value of contrast-enhanced ultrasound in adjusting the classification of Chinese-TIRADS 4 nodules [J]. Int J Endocrinol, 2022, 2022: 5623919. DOI:10.1155/2022/5623919.
 - [47] 沈润辉, 黄媛婧, 崔可飞. 超声造影评分法联合中国版甲状腺影像报告与数据系统分类在甲状腺结节良恶性鉴别中的应用价值 [J]. 肿瘤基础与临床, 2022, 35(1): 19-23. DOI:10.3969/j.issn.1673-5412.2022.01.005.
 - Shen RH, Huang YJ, Cui KF. Application value of contrast-enhanced ultrasound scoring combined with Chinese version of thyroid imaging reporting and data system in the differential diagnosis of thyroid nodules [J]. Journal of Basic and Clinical Oncology, 2022, 35(1): 19-23. DOI:10.3969/j.issn.1673-5412.2022.01.005.
 - [48] Zhou P, Chen F, Zhou P, et al. The use of modified TI-RADS using contrast-enhanced ultrasound features for classification purposes in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules: A prospective and multi-center study [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2023, 14: 1080908. DOI:10.3389/fendo.2023.1080908.
 - [49] Cao H, Fan Q, Zhuo S, et al. The value of chinese thyroid imaging report and data system combined with contrast-enhanced ultrasound scoring in differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules [J]. J Ultrasound Med, 2022, 41(7): 1753-1761. DOI:10.1002/jum.15858.
 - [50] Sorrenti S, Dolcetti V, Fresilli D, et al. The role of CEUS in the evaluation of thyroid cancer: from diagnosis to local staging [J]. J Clin Med, 2021, 10(19): 4559. DOI:10.3390/jcm10194559.
 - [51] Berg WA, López Aldrete AL, Jairaj A, et al. Toward AI-supported US triage of women with palpable breast lumps in a low-resource setting [J]. Radiology, 2023, 307(4): e223351. DOI:10.1148/radiol.223351.
 - [52] Sun C, Zhang Y, Chang Q, et al. Evaluation of a deep learning-based computer-aided diagnosis system for distinguishing benign from malignant thyroid nodules in ultrasound images [J]. Med Phys, 2020, 47(9): 3952-3960. DOI:10.1002/mp.14301.
 - [53] Xing B, Chen X, Wang Y, et al. Evaluating breast ultrasound S-detect image analysis for small focal breast lesions [J]. Front Oncol, 2022, 12: 1030624. DOI:10.3389/fonc.2022.1030624.
 - [54] Wildman-Tobriner B, Buda M, Hoang JK, et al. Using artificial intelligence to revise ACR TI-RADS risk stratification of thyroid nodules: diagnostic accuracy and utility [J]. Radiology, 2019, 292(1): 112-119. DOI:10.1148/radiol.2019182128.
 - [55] Xu L, Gao J, Wang Q, et al. Computer-aided diagnosis systems in diagnosing malignant thyroid nodules on ultrasonography: a systematic review and meta-analysis [J]. Eur Thyroid J, 2020, 9(4): 186-193. DOI:10.1159/000504390.
 - [56] Li Y, Liu Y, Xiao J, et al. Clinical value of artificial intelligence in

- thyroid ultrasound: a prospective study from the real world[J]. Eur Radiol, 2023, 33(7): 4513-4523. DOI: 10. 1007/s00330-022-09378-y.
- [57] 方明娣, 彭梅, 毕玉. 人工智能 S-Detect 技术结合钙化特征对甲状腺结节的诊断价值[J/CD]. 中华医学超声杂志(电子版), 2021, 18(2): 177-181. DOI: 10. 3877/cma. j. issn. 1672-6448. 2021.02.010
- Fang MD, Peng M, Bi Y. Value of artificial intelligent S-Detect technique combined with calcification characteristics in differential diagnosis of thyroid nodules [J/CD]. Chin J Med Ultrasonography(Electronic Edition), 2021, 18(2): 177-181. DOI: 10. 3877/cma. j. issn. 1672-6448. 2021.02.010.
- [58] 王玉春, 杨斌, 黄鹏飞, 等. ACR TI-RADS 与基于人工智能的报告系统对甲状腺结节的诊断效能及减少不必要穿刺能力的比较[J]. 中华超声影像学杂志, 2021, 30(5): 408-413. DOI: 10. 3760/cma. j. cn131148-20201231-00989.
- Wang YC, Yang B, Huang PF, et al. A comparison between ACR TI-RADS and artificial intelligence TI-RADS regarding to diagnostic efficacy and ability to reduce unnecessary fine-needle aspiration cytology [J]. Chin J Ultrasonogr, 2021, 30(5): 408-413. DOI: 10. 3760/cma. j. cn131148-20201231-00989.
- [59] Buda M, Wildman-Tobriner B, Hoang JK, et al. Management of thyroid nodules seen on US images: deep learning may match performance of radiologists [J]. Radiology, 2019, 292(3): 695-701. DOI: 10. 1148/radiol. 2019181343.
- [60] Jeong EY, Kim HL, Ha EJ, et al. Computer-aided diagnosis system for thyroid nodules on ultrasonography: diagnostic performance and reproducibility based on the experience level of operators [J]. Eur Radiol, 2019, 29(4): 1978-1985. DOI: 10. 1007/s00330-018-5772-9.
- [61] Zhou L, Zheng LL, Zhang CJ, et al. Comparison of S-Detect and thyroid imaging reporting and data system classifications in the diagnosis of cytologically indeterminate thyroid nodules [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2023, 14: 1098031. DOI: 10. 3389/fendo. 2023. 1098031.
- [62] 方明娣, 彭梅, 毕玉. C-TIRADS 联合 S-Detect 技术在甲状腺结节诊断中的初步应用[J]. 中国超声医学杂志, 2021, 37(11): 1212-1215.
- Fang MD, Peng M, Bi Y. Preliminary application of Chinese Version of TI-RADS combined with S-Detect technology in thyroid nodules [J]. Chinese J Ultrasound Med, 2021, 37(11): 1212-1215.
- [63] 李潜, 丁思悦, 郭兰伟, 等. 甲状腺结节超声恶性危险分层中国指南(C-TIRADS)联合人工智能辅助诊断对甲状腺结节鉴别诊断的效能评估[J]. 中华超声影像学杂志, 2021, 30(3): 231-235. DOI: 10. 3760/cma. j. cn131148-20201106-00858.
- Li Q, Ding SY, Guo LW, et al. Evaluation of the efficacy of C-TIRADS combined with artificial intelligence-assisted diagnosis in thyroid nodule differential diagnosis [J]. Chin J Ultrasonogr, 2021, 30(3): 231-235. DOI: 10. 3760/cma. j. cn131148-20201106-00858.
- [64] 郑梅娟, 薛恩生, 俞悦, 等. C-TIRADS 联合人工智能辅助诊断系统对甲状腺结节良恶性的诊断价值[J]. 肿瘤影像学, 2022, 31(5): 484-490. DOI: 10. 19732/j. cnki. 2096-6210. 2022. 05. 005.
- Zheng MJ, Xue ES, Yu Y, et al. Evaluation of C-TIRADS combined with artificial intelligence-assisted diagnosis in differential diagnosis of thyroid nodules [J]. Oncoradiology, 2022, 31(5): 484-490. DOI: 10. 19732/j. cnki. 2096-6210. 2022. 05. 005.
- [65] Zhou J, Song Y, Zhan W, et al. Thyroid imaging reporting and data system (TIRADS) for ultrasound features of nodules: multicentric retrospective study in China [J]. Endocrine, 2021, 72(1): 157-170. DOI: 10. 1007/s12020-020-02442-x.
- [66] 周建桥, 詹维伟. 2020 年中国超声甲状腺影像报告和数据系统(C-TIRADS)指南解读[J]. 诊断学理论与实践, 2020, 19(4): 350-353. DOI: 10. 16150/j. 1671-2870. 2020. 04. 005.
- [67] Zhou J, Yin L, Wei X, et al. 2020 Chinese guidelines for ultrasound malignancy risk stratification of thyroid nodules: the C-TIRADS [J]. Endocrine, 2020, 70(2): 256-279. DOI: 10. 1007/s12020-020-02441-y.
- [68] Solymosi T, Hegedüs L, Bonnema S J, et al. Ultrasound-based indications for thyroid fine-needle aspiration: outcome of a TIRADS-based approach versus Operators' expertise [J]. Eur Thyroid J, 2021, 10(5): 416-424. DOI: 10. 159/00051183.

(收稿日期: 2023-05-08)

