剪切波弹性成像联合超声造影在C-TIRADS 4类甲状腺结节诊断中的应用

朱玉皎[1,2] 申向辉[2通讯作者] 刘艳超[2]
1. 承德医学院研究生学院 河北 承德 067000；
2. 邯郸市中心医院 河北 邯郸 056002

摘 要 目的：分析剪切波弹性成像（SWE）与超声造影（CEUS）对C-TIRADS 4类甲状腺结节良恶性的诊断价值。方法：收集2024年8月至2025年10月于邯郸市中心医院超声科就诊并诊断为C-TIRADS 4类甲状腺结节的89个结节，对所入选结节分别进行SWE和CEUS检查，将病理结果作为金标准，画ROC曲线评估不同诊断方法对C-TIRADS 4类甲状腺结节良恶性的诊断能力。结果：89个结节中，恶性结节46个，良性结节43个。SWE杨氏模量值的最佳截断值为50.2 Kpa。SWE、CEUS及联合诊断的灵敏度分别为76.09%、76.09%、91.30%；特异度分别为76.74%、79.07%、69.77%；准确率分别为76.40%、77.53%、80.90%，其中联合诊断的灵敏度和准确率相对较高。联合诊断的AUC（0.890）高于单独应用SWE（0.846）和CEUS（0.825）（Z=2.067、2.349，P < 0.05）。结论：SWE与CEUS联合诊断C-TIRADS 4类甲状腺结节的诊断效能相较于单一检查方法具有明显优势，有效提高C-TIRADS 4类甲状腺结节的诊断准确性，为临床医生早期诊治提供可靠依据。

关键词 甲状腺结节；C-TIRADS；超声造影；剪切波弹性成像

Application of Shear Wave Elastography Combined with Contrast-Enhanced Ultrasound in the Diagnosis of C-TIRADS Category 4 Thyroid Nodules

Zhu Yu-jiao[1,2], Shen Xiang-hui[2Corresponding Author], Liu Yan-chao[2]
1. Graduate School, Chengde Medical University, Chengde 067000, Hebei Province, China;
2. Handan Central Hospital, Handan 056002, Hebei Province, China

Abstract Objective: To analyze the diagnostic value of shear wave elastography (SWE) and contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in distinguishing benign from malignant C-TIRADS category 4 thyroid nodules. Methods: A total of 89 thyroid nodules diagnosed as C-TIRADS category 4 in the Ultrasound Department of Handan Central Hospital from August 2024 to October 2025 were collected. SWE and CEUS examinations were performed on the selected nodules. Pathological results served as the gold standard. Receiver operating characteristic (ROC) curves were plotted to evaluate the diagnostic performance of different methods for distinguishing benign from malignant C-TIRADS category 4 thyroid nodules. Results: Among the 89 nodules, 46 were malignant and 43 were benign. The optimal cutoff value for SWE Young's modulus was 50.2 kPa. The sensitivity of SWE, CEUS, and combined diagnosis was 76.09%, 76.09%, and 91.30%, respectively; specificity was 76.74%, 79.07%, and 69.77%, respectively; and accuracy was 76.40%, 77.53%, and 80.90%, respectively. The combined diagnosis demonstrated relatively higher sensitivity and accuracy. The area under the curve (AUC) of the combined diagnosis (0.890) was higher than that of SWE alone (0.846) and CEUS alone (0.825) (Z=2.067, 2.349, P<0.05). Conclusion: The combined diagnosis of SWE and CEUS shows significant advantages in diagnostic efficacy for C-TIRADS category 4 thyroid nodules compared to single examination methods, effectively improving diagnostic accuracy and providing reliable evidence for early clinical diagnosis and treatment.

Key words Thyroid Nodule; C-TIRADS; Contrast-Enhanced Ultrasound; Shear Wave Elastography

现阶段，超声已成为鉴别甲状腺结节良恶性的主要方式，为进一步统一国内超声对于甲状腺结节的分类，在2020年时中华医学会超声医学分会制定了《2020甲状腺结节超声恶性危险分层中国指南：C-TIRADS》，但其中4类结节的恶性率（约2%～90%）跨度较大，导致了诊断结果在实际的临床应用之中还有一定的局限。随着影像技术的不断创新，剪切波弹性成

像（Shear Wave Elastography，SWE）和超声造影（Contrast-Enhanced Ultrasound，CEUS）逐渐获得超声医师的重点关注[1]。CEUS和SWE的联合诊断可以尽可能地弥补二维超声诊断的不足，本研究通过剖析C-TIRADS 4类甲状腺结节的剪切波弹性成像杨氏模量参数和超声造影增强特征，评估两者一起对甲状腺结节良恶性诊断的效果。

1 对象与方法

1.1 对象

选取2024年8月至2025年10月于邯郸市中心医院行常规超声检查诊断为C-TIRADS 4类的甲状腺结节患者74例（含89个结节）作为研究对象，其中女性患者56例（65个结节），男性患者18例（24个结节）；平均年龄（52.75 ± 13.01）岁。本研究已签署知情同意书，并通过伦理委员会审查批准。

1.2 纳入及排除标准

纳入标准：①术前均完成甲状腺超声检查、CEUS检查及SWE检查；②均进行了甲状腺结节手术或细针穿刺活检，具有明确病理结果；③数据资料清晰完整。

排除标准：①曾有甲状腺手术史或接受过相关放射治疗；②对造影剂不耐受；③心肺功能严重障碍。

1.3 仪器和方法

1.仪器。采用GE LOGIQ E10S型彩超诊断仪，探头型号L3-12，探头频率（4～15 MHz）。

2.SWE检查。让患者取仰卧位，将头部尽可能后仰以充分暴露颈部，对甲状腺区域展开全面扫查，观察并记录甲状腺结节的基本特征，选取结节最佳切面保持不动，后切换至SWE模式，调整探头使结节处于取样框中心位置，并嘱患者屏气3 s后，对清晰图像进行冻结并保存，同时对结节的剪切波弹性成像（SWE）参数杨氏模量值进行测量。

3.CEUS检查。患者结束SWE检查后，二维超声下选择可将甲状腺结节和周围腺体组织同时显示的切面，选择超声造影模式，实时观察二维超声与超声造影的图像变化。造影剂悬浮液是由5 mL生理盐水加入造影剂声诺维（SonoVue）中混悬形成。通过患者肘静脉注射造影剂悬浮液2 mL后，立刻注射0.9%生理盐水5 mL，注射后立即开始计时，持续观察结节的造影剂灌注情况，并录像3 min，储存完整图像供后续分析。诊断标准：将结节呈不均匀低增强、向心性增强及造影剂灌注呈晚进早退诊断为恶性结节；将结节呈均匀高增强或等增强、离心性增强、完整环状增强及造影剂灌注呈早进晚退诊断为良性结节[1]。

1.4 图像分析

由两名从事超声诊断工作10年以上的超声医师对患者的SWE及CEUS图像进行分析，如两者意见不一致，则由另外一位医师参与并确定最后结果。当两者联合诊断时，SWE与CEUS检查结果均为良性则判定为良性，若其中一项为恶性则判定为恶性。

1.5 统计学方法

运用SPSS 27.0及MedCalc统计学软件开展数据处理工作，计量资料以均数 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）描述，组间比较采用独立样本t检验；计数资料用例（%）表示，组间比较采用卡方（χ^2）检验。以病理结果作为金标准，绘制受试者工作特征曲线（Receiver Operating Characteristic，ROC），计算曲线下面积（Area Under Curve，AUC），并计算出最大约登指数时的SWE最佳截断值；比较CEUS诊断、SWE诊断及两者联合诊断的灵敏度、特异度、准确率及AUC，组间AUC比较采用Delong检验，以$P < 0.05$表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 C-TIRADS 4类甲状腺结节的病理检查结果

74例患者中共检出89个结节，经病理结果确诊为恶性结节46个（51.7%），良性结节43个（48.3%）。

2.2 SWE杨氏模量参数

本研究以病理结果为金标准，通过绘制ROC曲线分析（见图1），得出结果显示，SWE的最佳截断值为50.2 Kpa，即SWE诊断恶性结节为杨氏模量值≥50.2 Kpa。

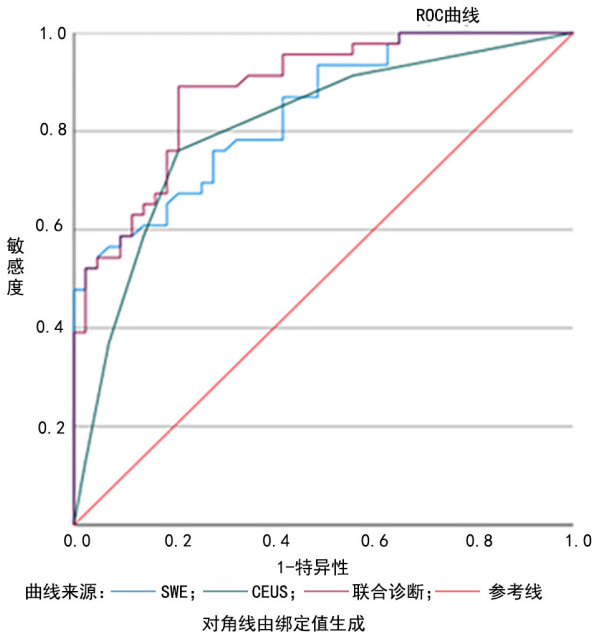


图1 不同分类方法诊断C-TIRADS 4类甲状腺结节的ROC曲线

2.3 SWE、CEUS及SWE联合CEUS诊断C-TIRADS 4类结节的效能对比

以病理结果为金标准，SWE诊断C-TIRADS 4类结节良恶性的灵敏度为76.09%（35/46）、特异度为76.74%（33/43）、准确率为76.40%（68/89）。CEUS诊断的灵敏度为76.09%（35/46）、特异度为79.07%（34/43）、准确率为77.53%（69/89）。联合诊断的灵敏度为91.30%（42/46）、特异度为69.77%（30/43）、准确率为80.90%（72/89）。三种方法对C-TIRADS 4类甲状腺结节良恶性的诊断差异均具有统计学意义（$P<0.05$）。

2.4 SWE、CEUS及联合诊断C-TIRADS 4类结节的ROC曲线分析

本研究将病理结果作为金标准，绘制ROC曲线结果显示，在评估甲状腺C-TIRADS 4类结节诊断效能时，联合诊断的AUC（0.890）高于SWE（0.846）和CEUS（0.825）单一诊断（见图1），差异具有统计学意义（Z=2.067、2.349，$P<0.05$）。

3 结论

甲状腺结节主要源自甲状腺滤泡上皮细胞或者是滤泡旁细胞，恶性结节属于头颈部发病率最高[2]。大多数甲状腺恶性结节的预后相对较好，但其发病多隐匿，在疾病的早期阶段通常无明显临床症状[3]。

本研究结果显示根据ROC曲线计算得出SWE杨氏模量值最佳截断值为50.2 Kpa，故当杨氏模量值大于50.2 Kpa时则判定为恶性，得出SWE对C-TIRADS 4类结节良恶性诊断的灵敏度、特异度及准确率分别为76.09%、76.74%及76.40%。此外，本研究结果表明，SWE检测中恶性结节的杨氏模量值明显高于良性结节，差异存在统计学意义（$P<0.05$），这与良恶性结节的硬度有关。本研究中病理结果为良性的结节中，有10个结节的杨氏模量值较高，其原因可能是结节内部含有钙化灶或纤维化改变等易导致结节硬度增加的因素，导致SWE的结果受到影响。因此，在临床诊断工作中，需将SWE与其他诊断方法相结合，以进一步提升甲状腺结节性质的诊断效能[4-5]。本研究结果表明，CEUS对C-TIRADS4类结节良恶性诊断的灵敏度、特异度及准确率分别为76.09%、79.07%、77.53%，其中结节呈不均匀低增强、向心性增强及造影剂晚进早退等征象对恶性结节的鉴别有较高的诊断价值，其中大多数呈不均匀低增强的恶性结节为乳头状癌。另外，本研究中部分病理结果为良性的结节，造影表现呈不均匀低增强，这可能与桥本甲状腺炎在病变后期出现滤泡组织退化、结缔组织增生，同时结节内出现钙化、囊变、坏死等征象有关[6]。本研究结果显示，联合诊断C-TIRADS 4类甲状腺结节的灵敏度及AUC均高于SWE和CEUS单独检查的结果，表明SWE与CEUS联合诊断可以使C-TIRADS 4类甲状腺结节的诊断效能明显增加，两者联合可优势互补，通过反映结节硬度及血流分布情况，从而对结节性质进行更好的评估，尽量避免漏诊或误诊的可能，为临床提供一定的参考依据。

4 结论

综上所述，SWE联合CEUS诊断对甲状腺C-TIRADS 4类结节性质的鉴别有较高的准确率。但本研究仍存在一些局限性，在后续研究中需要增加样本量及观察时间，并开展多中心研究对甲状腺结节良恶性的诊断方法进行进一步的验证与完善。

参考文献

[1]WANG J H, TIAN Z, SUN H G, et al. The application value of SMI technology and contrast-enhanced ultrasound in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules[J].Contrast Media & Molecular Imaging,2022,2022:6157026.

[2]中华人民共和国国家卫生健康委员会.甲状腺癌诊疗指南（2022年版）[J].中国实用外科杂志,2022,42(12):1343-1357,1363.

[3]谢新静,李忠原.实时剪切波弹性成像联合甲状腺球蛋白抗体检测在甲状腺癌诊断中的应用研究[J].陕西医学杂志,2021,50(2):154-157.

[4]吴晓安,刘丽萍.二维超声TI-RADS分类联合超声造影在诊断甲状腺癌中的应用[J].中国医学影像学杂志,2019,27(2):131-134.

[5]孟盈,姚晓华,王静,等.ACR TI-RADS联合超声造影诊断甲状腺结节良恶性的价值[J].中国超声医学杂志,2020,36(11):980-983.

[6]乔妙,孙艳,侯新华,等.超声造影对桥本甲状腺炎背景下甲状腺良恶性结节的诊断效能[J].中国医学影像学杂志,2018,26(2):104-108.

（本文编辑 王 冬）

