

基于多模态超声成像对TI-RADS 4级甲状腺结节良恶性的鉴别诊断价值研究

刘 湘

昌吉回族自治州人民医院超声科, 新疆 昌吉

收稿日期: 2025年6月24日; 录用日期: 2025年7月18日; 发布日期: 2025年7月25日

摘 要

目的: 探讨基于多模态超声成像对TI-RADS 4级甲状腺结节良恶性的鉴别诊断价值。方法: 2022年1月到2024年12月在本院诊治的80例TI-RADS 4级甲状腺结节患者, 均行彩色多普勒超声(CDU)、超声弹性成像(UE)、超声造影(CEUS)检查, 比较CDU、UE、CEUS单项以及三项联合检查对TI-RADS 4级甲状腺结节良恶性的检出率, 以手术病理诊断结果为准, 比较CDU、UE、CEUS单项以及三项联合检查的鉴别诊断价值。绘制受试者工作特征(ROC)曲线, 分析CDU、UE、CEUS单项检查以及三项联合检查对甲状腺恶性结节的诊断价值。结果: 80例患者, 经手术病理诊断为恶性结节62例(77.50%), 良性结节18例(22.50%)。三项联合检查对TI-RADS 4级甲状腺结节良恶性的检出率均高于CDU、UE单项检查($P < 0.05$); 略高于CEUS检查($P > 0.05$)。三项联合检查鉴别诊断的准确率、敏感度、特异度均高于CDU、UE单项检查($P < 0.05$), 准确率、敏感度均高于CEUS单项检查($P < 0.05$), 特异度略高于CEUS检查($P > 0.05$)。三项联合检查对甲状腺恶性结节诊断的曲线下面积(AUC)、灵敏度、特异度高于CDU、UE、CEUS单项检查。结论: 基于多模态超声成像对TI-RADS 4级甲状腺结节的鉴别诊断价值高, 可提供可靠参考依据, 值得推行。

关键词

多模态超声成像, TI-RADS 4级, 甲状腺结节, 良恶性, 鉴别诊断

Research on the Differential Diagnostic Value of TI-RADS Grade 4 Thyroid Nodules between Benign and Malignant Based on Multimodal Ultrasound Imaging

Xiang Liu

Ultrasound Department, Changji Hui Autonomous Prefecture People's Hospital, Changji Xinjiang

Abstract

Objective: To explore the differential diagnostic value of TI-RADS grade 4 thyroid nodules between benign and malignant based on multimodal ultrasound imaging. **Method:** 80 patients with TI-RADS grade 4 thyroid nodules treated in our hospital from January 2022 to December 2024 were selected and underwent color Doppler ultrasound (CDU), elastography (UE), and contrast-enhanced ultrasound (CEUS) examinations. The detection rates of benign and malignant TI-RADS grade 4 thyroid nodules by CDU, UE, CEUS single and three combined examinations were compared, and the differential diagnostic value of CDU, UE, CEUS single and three combined examinations was compared based on surgical pathological diagnosis results. Draw the receiver operating characteristic (ROC) curve to analyze the diagnostic value of CDU, UE, CEUS alone and their combination in thyroid malignant nodules. **Result:** Among the 80 patients, 62 (77.50%) were diagnosed as malignant nodules and 18 (22.50%) as benign nodules through surgical pathology. The detection rate of benign and malignant TI-RADS grade 4 thyroid nodules by three combined examinations was higher than that of CDU and UE single examinations ($P < 0.05$); slightly higher than CEUS examination ($P > 0.05$). The accuracy, sensitivity, and specificity of the three combined examinations for differential diagnosis were higher than those of CDU and UE single examinations ($P < 0.05$), and the accuracy and sensitivity were higher than those of CEUS single examination ($P < 0.05$), with slightly higher specificity than CEUS examination ($P > 0.05$). The area under the curve (AUC), sensitivity and specificity of the three combined examinations in the diagnosis of thyroid malignant nodules are higher than those of CDU, UE and CEUS alone. **Conclusion:** Multimodal ultrasound imaging has high value in the differential diagnosis of TI-RADS category 4 thyroid nodules, which can provide a reliable reference and is worthy of promotion.

Keywords

Multimodal Ultrasound Imaging, TI-RADS Levels 4, Thyroid Nodules, Benign and Malignant, Differential Diagnostic

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

甲状腺结节是内分泌系统中常见的病变，其发病率逐年上升[1]。甲状腺影像报告和数据系统(TI-RADS)作为一种标准化的甲状腺结节分类系统，根据结节的超声特征进行分级，有助于临床医生初步判断结节的良恶性[2]。然而，仅凭 TI-RADS 分类并不能完全确定结节的性质，尤其是对于 TI-RADS 4 级结节，其良恶性鉴别存在一定的困难。因此，寻找更为准确、可靠的鉴别诊断方法显得尤为重要。多模态超声成像技术包括彩色多普勒超声(CDU)、超声弹性成像(UE)、超声造影(CEUS)等多种模式，每种模式都能反映结节的不同性质[3]。CDU 可以观察结节的形态、回声、钙化等特征，UE 可以反映结节的硬度，CEUS 可以评估结节的血流灌注情况[4]。这些不同模式的超声成像技术各有优势，但也存在一定的局限性。联合应用多种超声成像技术，或能进一步提高甲状腺结节定性诊断的特异度和敏感度。基于此，本研究就 80 例 TI-RADS 4 级甲状腺结节患者的病历资料展开分析，旨在深入探讨多模态超声成像的鉴别诊断价值，为临床提供可靠诊断依据。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

选取 2022 年 1 月到 2024 年 12 月在本院诊治的 80 例 TI-RADS 4 级甲状腺结节患者(结节恶性概率为 5%~50%), 其中男 38 例, 女 42 例; 年龄 32~74 (49.39 ± 6.88) 岁; 体重指数 19~28 (23.24 ± 2.05) kg/m^2 ; 临床症状: 淋巴结肿大 47 例, 声音嘶哑 41 例, 交感神经受压 10 例, 吞咽及呼吸困难 6 例; 合并症: 高血压 15 例, 糖尿病 12 例。

2.2. 纳排标准

纳入标准: (1) 病历资料完整; (2) 经手术病理证实, 符合甲状腺结节诊断标准, TI-RADS 4 级。4A 级: 结节恶性概率为 5%~10%, 结节表现为实性, 边界尚清, 但有可疑超声特征, 如微小钙化等; 4B 级: 结节恶性概率为 10%~50%, 结节边界不清晰, 形态稍不规则, 内部回声不均匀且有更多可疑的钙化等; (3) 行多模态超声成像检查, 图像质量良好, 满足诊断需求; (4) 对研究知情。

排除标准: (1) 其他甲状腺疾病; (2) 既往甲状腺手术史、颈部手术史; (3) 放射治疗史; (4) 精神疾病; (5) 其他癌症; (6) 孕产妇; (7) 检查禁忌。

2.3. 方法

所有患者均行 CDU、UE、CEUS 检查。

CDU 检查方法: 使用西门子 Sequoia ACUSON 超声诊断仪, 探头频率 9~11 MHz。患者去除颈部饰品, 取仰卧位, 垫高肩部、微抬下颌, 头部保持正中, 有效显露颈部。多切面扫查双侧淋巴结、甲状腺, 探查结节性状、大小、分布范围、钙化灶等, 分析结节内血流信号。

UE 检查方法: 将探头中央准确置于结节部位进行轻微震动。将显像范围控制在病变视野范围的 3~4 倍之间, 将压放指数保持在 3~4 之间, 弹性图像稳定持续 3~4 秒。操作时探头尽量与皮肤垂直, 使被检组织受力均匀。采取弹性成像模式, 获取声触诊组织成像与量化技术(VTIQ)图像, 分析图像质量。启动 VTIQ 质控系统, 图像呈均匀绿色提示质量良好。测量结节内部及其相邻正常组织的剪切波速度 5 次, 取平均值。

CEUS 检查方法: 选择可同时能显示甲状腺结节特征及相邻正常组织的切面, 选择超声造影模式, 机械指数 0.07, 焦点位于结节。经肘前静脉团注造影剂 SonoVue 2 mL (Bracco 公司), 注入 5 mL 生理盐水, 启动计时与动态存储键, 观察造影剂注入方式, 重点观察甲状腺的血流灌注情况以及病变的增强模式。

2.4. 观察指标

(1) 分析 TI-RADS 4 级甲状腺结节的手术病理诊断结果。

(2) 比较 CDU、UE、CEUS 单项检查以及三项联合检查对 TI-RADS 4 级甲状腺结节良恶性的检出率。CDU 诊断恶性结节的标准: 结节形态不规则, 边界不清晰, 可呈蟹足样向周围组织浸润; 内部回声多不均匀, 可出现低回声或极低回声; 出现微小钙化, 表现为点状、砂砾样或簇状钙化; 结节内部及周边血流信号可丰富或稀少, 多呈不规则分布。UE 诊断恶性结节的标准: 弹性图像呈现不均匀的质地分布, 结节内部的剪切波速度明显高于相邻正常组织。CEUS 诊断恶性结节的标准: 不均匀增强, 增强峰值时间早于或晚于周围正常甲状腺组织; 增强强度高于或低于周围正常甲状腺组织。三项联合检查诊断恶性结节的标准: 三项检查中, 任意两项诊断出恶性结节或三项检查均诊断出恶性结节。

- (3) 以手术病理诊断结果为准, 比较 CDU、UE、CEUS 单项检查以及三项联合检查的鉴别诊断价值。
- (4) 绘制受试者工作特征(ROC)曲线, 分析 CDU、UE、CEUS 单项检查以及三项联合检查对甲状腺恶性结节的诊断价值。

2.5. 统计学方法

采用 SPSS 24.0 软件, 计数数据以%表示, 行 χ^2 检验, 计量数据以($\bar{x} \pm s$)表示, 行 t 检验, ROC 曲线分析诊断价值, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 手术病理诊断结果

80 例患者, 手术病理诊断为恶性结节 62 例(77.50%); 其中 4A 级 35 例(56.45%), 4B 级 27 例(43.55%); 乳头状癌 25 例(40.32%), 滤泡状癌 20 例(32.26%), 髓样癌 11 例(17.74%), 未分化癌 6 例(9.68%); 淋巴结转移 27 例(43.55%), 肺转移 6 例(9.68%), 骨转移 1 例(1.61%)。良性结节 18 例(22.50%), 其中结节性甲状腺肿 10 例(55.56%), 甲状腺囊肿 5 例(27.78%), 甲状腺腺瘤 3 例(16.67%)。

3.2. CDU、UE、CEUS 单项检查以及三项联合检查的检出率比较

三项联合检查对 TI-RADS 4 级甲状腺结节良恶性的检出率均高于 CDU、UE 单项检查, $P < 0.05$; 三项联合检查对 TI-RADS 4 级甲状腺结节良恶性的检出率略高于 CEUS 检查, $P > 0.05$ 。见表 1、表 2。

Table 1. Comparison of detection rates by CDU, UE, CEUS alone and their combination [case (%)]

表 1. CDU、UE、CEUS 单项检查以及三项联合检查的检出率比较[例(%)]

检查方法	例数	恶性甲状腺结节	良性甲状腺结节
CDU 检查	80	41 (51.25)*	39 (48.75)*
UE 检查	80	47 (58.75)*	33 (41.25)*
CEUS 检查	80	53 (66.25)	27 (34.75)
三项联合检查	80	61 (76.25)	19 (23.75)

注: 与三项联合检查比较, * $P < 0.05$ 。

Table 2. Comparison of diagnostic results by CDU, UE, CEUS alone and their combination with surgical pathological diagnostic results (n)

表 2. CDU、UE、CEUS 单项检查以及三项联合检查的诊断结果与手术病理诊断结果比较(n)

手术病理 诊断结果	CDU 检查		UE 检查		CEUS 检查		三项联合检查		合计
	恶性结节	良性结节	恶性结节	良性结节	恶性结节	良性结节	恶性结节	良性结节	
恶性结节	33	29	40	22	49	13	60	2	62
良性结节	8	10	7	11	4	14	1	17	18
合计	41	39	47	33	53	27	61	19	80

3.3. CDU、UE、CEUS 单项检查以及三项联合检查的鉴别诊断价值比较

三项联合检查对 TI-RADS 4 级甲状腺结节良恶性鉴别诊断的准确率、敏感度、特异度均高于 CDU、UE 单项检查, 准确率、敏感度均高于 CEUS 单项检查, $P < 0.05$; 三项联合检查对 TI-RADS 4 级甲状腺结节良恶性鉴别诊断的特异度略高于 CEUS 检查, $P > 0.05$ 。见表 3。

Table 3. Comparison of differential diagnostic value by CDU, UE, CEUS alone and their combination [% (n/N)]
表 3. CDU、UE、CEUS 单项检查以及三项联合检查的鉴别诊断价值比较[% (n/N)]

检查方法	准确率	敏感度	特异度
CDU 检查	53.75 (43/80)	53.23 (33/62)	55.56 (10/18)
UE 检查	63.75 (51/80)	64.52 (40/62)	61.11 (11/18)
CEUS 检查	78.75 (63/80)	79.03 (49/62)	77.78 (14/18)
三项联合检查	96.25 (77/80)	96.77 (60/62)	94.44 (17/18)
χ^2 值(CDU 检查与三项联合检查)	38.533	31.355	7.259
<i>P</i> 值(CDU 检查与三项联合检查)	<0.001	<0.001	0.007
χ^2 值(UE 检查与三项联合检查)	26.406	20.667	5.786
<i>P</i> 值(UE 检查与三项联合检查)	<0.001	<0.001	0.016
χ^2 值(CEUS 检查与三项联合检查)	11.200	9.177	2.090
<i>P</i> 值(CEUS 检查与三项联合检查)	<0.001	0.002	0.148

3.4. CDU、UE、CEUS 单项检查以及三项联合检查对甲状腺恶性结节的诊断价值

三项联合检查对甲状腺恶性结节诊断的曲线下面积(AUC)、灵敏度、特异度高于 CDU、UE、CEUS 单项检查。见表 4。

Table 4. Diagnostic value of CDU, UE, CEUS alone and their combination in thyroid malignant nodules
表 4. CDU、UE、CEUS 单项检查以及三项联合检查对甲状腺恶性结节的诊断价值

检查方法	AUC	标准误	<i>P</i>	AUC 的 95%CI	灵敏度	特异度
CDU 检查	0.543	0.065	<0.05	0.415~0.671	53.23%	55.56%
UE 检查	0.628	0.061	<0.05	0.508~0.748	64.52%	61.11%
CEUS 检查	0.784	0.050	<0.05	0.686~0.882	79.03%	77.78%
三项联合检查	0.956	0.021	<0.05	0.915~0.997	96.77%	94.44%

4. 讨论

TI-RADS 是根据甲状腺结节的超声特征，如形态、回声、钙化、边界等，对结节进行分级，用以评估其恶性风险[5]。3 级结节通常被认为是可能良性的，恶性概率小于 5%，而 4 级结节则被视为可疑恶性，需要进一步检查。4 级结节还可以细分为 4a、4b 和 4c，恶性风险依次增加。

在鉴别诊断过程中，CDU 是基础检查手段，能够观察到结节的形态、回声等基本信息，可以初步判断结节的活性或恶性可能[6]。一般来说，恶性结节往往血流信号丰富，但这并非绝对，因为血流情况还受到结节大小、位置等多种因素的影响[7]。UE 通过评估结节的硬度提供额外的诊断信息，恶性结节通常比良性结节更硬，因此在弹性成像中可能显示为红色或更硬的颜色编码[8]。然而，需要注意的是，某些良性结节如腺瘤等也可能表现出较高的硬度[9]。CEUS 通过观察结节的血流灌注情况来进一步评估其良恶性，在造影过程中，恶性结节往往表现出不均匀的增强模式，而良性结节则通常表现为均匀增强[10]。但这一特征也并非绝对，因为不同类型的结节在造影中的表现可能存在差异。

多模态超声成像技术结合了多种超声检查模式的优点，为甲状腺结节的鉴别诊断提供了更为全面、准确的信息，在评估甲状腺结节的血流情况、硬度以及内部微细结构方面具有显著优势[11] [12]。此外，

多模态超声成像技术还具有无创、实时、可重复性好等优点[13]。相比于其他诊断方法,如 CT、MRI 等,超声检查无需使用放射性物质,对患者无辐射损伤[14]。同时,超声检查可以实时观察结节的动态变化,为临床医生的决策提供更加及时、准确的信息。此外,超声检查的可重复性好,便于在不同时间点对结节进行随访观察,评估其生长速度和形态变化[15]。

本文结果显示,三项联合检查对 TI-RADS 4 级甲状腺结节良恶性的检出率最高;表明多模态超声成像能够更全面、细致地捕捉结节的超声特征,从而提高检出率。原因可能在于,不同超声成像模式能够从不同角度反映结节的生物学特性,如形态、回声、硬度、血流灌注等,联合应用可以实现对结节的多维度评估,减少漏诊和误诊。三项联合检查鉴别诊断的准确率、敏感度、特异度均提高;表明多模态超声成像在鉴别结节良恶性方面具有更高的准确性,能够更可靠地指导临床决策。原因可能在于,联合检查能够综合不同超声成像模式的优势,实现对结节的全方位评估,从而提高鉴别诊断的准确性。ROC 曲线分析进一步验证了多模态超声成像在甲状腺恶性结节诊断中的显著优势,其 AUC、灵敏度、特异度均高于单项检查,为临床诊断提供了更为可靠的依据,凸显了多模态超声成像技术在该领域的重要应用价值。

与分子诊断、基因检测等先进技术相比,多模态超声具有显著优势:其无创、无辐射,可实时动态观察结节形态与血流变化,重复检查便捷,且成本较低,能快速为临床提供初步诊断依据,尤其适合基层医疗机构推广。但也存在局限性:无法像基因检测(如 BRAF 基因突变检测)那样提供特异性分子层面信息,对微小隐匿病灶的识别精度可能不足,且诊断结果受操作者经验影响较大。因此,临床可考虑将多模态超声与分子诊断联合应用,以互补短板,进一步提升 TI-RADS4 级甲状腺结节良恶性鉴别的准确性。

综上,基于多模态超声成像对 TI-RADS 4 级甲状腺结节的鉴别诊断价值高,可为临床诊断提供可靠参考依据,值得推行。

声 明

该病例报道已获得病人的知情同意。

参考文献

- [1] 钟迪,唐棣,高小强,等.多模态超声与超声引导下细针穿刺抽吸活检鉴别 C-TIRADS4 类甲状腺良、恶性结节[J].中国医学影像技术,2024,40(2): 182-185.
- [2] 黄瑞娟,丛淑珍,林振意,等.多模态超声成像用于 TI-RADS3-5 类甲状腺结节的诊断价值[J].中国辐射卫生,2024,33(3): 346-352.
- [3] 张娜,闫凤芝,李娅,等.多模态超声在甲状腺弥漫性病变背景中 C-TIRADS4a 类结节诊断价值优势[J].中国超声医学杂志,2023,39(5): 490-494.
- [4] 邱睿.多模态超声术前诊断甲状腺 AGR TI-RADS 4、5 类结节的建模研究[D]:[硕士学位论文].广州:南方医科大学,2023.
- [5] 陶毅,赵鹏,孔汉卿,等.基于多模态超声构建预测甲状腺结节性质的定量诊断模型[J].中华超声影像学杂志,2022,31(5): 420-426.
- [6] 李维芝,崔蕾,彭雪艳,等.多模态超声在诊断 TI-RADS4 类甲状腺结节中的应用研究[J].川北医学院学报,2024,39(6): 758-761.
- [7] 王茜,蒋天安.多模态超声检查诊断甲状腺结节良恶性的临床意义研究[J].影像研究与医学应用,2024,8(11): 125-127.
- [8] 宋和琴,托静美,司晓娟.多模态超声定量分析联合血清 TSH、TRAb 水平对甲状腺结节良恶性的诊断价值[J].东南大学学报(医学版),2023,42(5): 730-735.
- [9] 花霞,赵艳红,鹿丹丹,等.甲状腺结节大小对细针穿刺细胞学及多模态超声诊断准确度的影响[J].河北医科大学

- 学学报, 2022, 43(10): 1178-1182.
- [10] 付莹, 姜双全, 田家玮. 多模态超声量化评分鉴别甲状腺结节良恶性的诊断效能[J]. 哈尔滨医科大学学报, 2022, 56(2): 133-137.
 - [11] 李宁, 阚艳敏, 王艺桦, 等. 基于判别分析的甲状腺乳头状癌多模态超声诊断模型的建立与分析[J]. 实用肿瘤杂志, 2022, 37(6): 522-529.
 - [12] 李娅, 张娜, 杜宪, 等. 甲状腺良恶性结节多模态超声显像参数差异分析[J]. 中国临床研究, 2023, 36(11): 1659-1663, 1672.
 - [13] 宋建明, 陈花, 游宇光, 等. 超声造影联合超声弹性成像在甲状腺 TI-RADS3-4 类结节中的应用[J]. 中国超声医学杂志, 2023, 39(9): 969-973.
 - [14] 景磊, 刘新羽, 陈小军, 等. 超声引导下甲状腺细针穿刺联合常规超声在不同 TI-RADS 分级甲状腺结节中诊断价值分析[J]. 临床和实验医学杂志, 2024, 23(15): 1663-1667.
 - [15] 邓仕超, 孙强, 陈佳栋, 等. 811 例甲状腺结节 B 超 TI-RADS 分级特征性分析与研究[J]. 中国现代普通外科进展, 2022, 25(10): 767-771.