

超声弹性成像对甲状腺结节良恶性多参数差异研究

王琚琰

苏州大学附属第四医院（苏州市独墅湖医院） 江苏苏州

【摘要】目的 探讨超声弹性成像多参数在甲状腺结节良恶性鉴别中的应用价值及诊断效能。**方法** 选取 2021 年 1 月至 2025 年 1 月收治的 200 例甲状腺结节患者，术后病理结果作为金标准，分良性组与恶性组。术前行超声弹性成像检查，记录 Emean、Emax、Eratio、SWV 等参数，评估常规超声特征。采用 t 检验、 χ^2 检验及多因素 Logistic 回归分析，绘制 ROC 曲线评价诊断效能。**结果** 恶性组 Emean、Emax、Eratio、SWV 及弹性评分均显著高于良性组 ($P<0.001$)。微钙化、边界不清、纵横比 ≥ 1 等常规特征具有统计学差异。Emax 和 Eratio 为独立预测因子，联合模型 AUC 达 0.938，显著优于单项参数。**结论** 超声弹性成像多参数能有效区分甲状腺结节良恶性，联合分析可显著提高诊断准确性，具有较高临床应用价值。

【关键词】 超声弹性成像；甲状腺结节；Emax；Eratio；诊断效能

【收稿日期】 2025 年 6 月 24 日

【出刊日期】 2025 年 7 月 28 日

【DOI】 10.12208/j.ijcr.20250363

Study on the multi-parameter differences of benign and malignant thyroid nodules by ultrasound elastography

Junyan Wang

The Fourth Affiliated Hospital of Soochow University (Suzhou Dushu Lake Hospital), Suzhou, Jiangsu

【Abstract】 Objective To explore the application value and diagnostic efficacy of multi-parameter ultrasound elastography in the differentiation of benign and malignant thyroid nodules. **Methods** Two hundred patients with thyroid nodules admitted from January 2021 to January 2025 were selected. The postoperative pathological results were used as the gold standard and they were divided into the benign group and the malignant group. Ultrasound elastography was performed before the operation to record parameters such as Emean, Emax, Eratio, and SWV, and to evaluate conventional ultrasound features. T-test, χ^2 test and multivariate Logistic regression analysis were used to draw the ROC curve to evaluate the diagnostic efficacy. **Results** The Emean, Emax, Eratio, SWV and elasticity scores in the malignant group were significantly higher than those in the benign group ($P<0.001$). The conventional features such as microcalcification, unclear boundaries, and aspect ratio ≥ 1 showed statistically significant differences. Emax and Eratio are independent predictors. The AUC of the combined model reaches 0.938, which is significantly better than that of a single parameter. **Conclusion** Multi-parameter ultrasound elastography can effectively distinguish between benign and malignant thyroid nodules. Combined analysis can significantly improve diagnostic accuracy and has high clinical application value.

【Keywords】 Ultrasonic elastography; Thyroid nodules; “Emax”; “Eratio”; Diagnostic efficacy

近年甲状腺结节检出率逐年增高，良恶性鉴别成为临床研究的热点。传统超声虽然应用广泛，但对结节性质判断仍有一定局限性。作为一种新兴的组织硬度评估技术，超声弹性成像为结节的定性诊断开辟了全新的研究方向。研究旨在探索多参数弹性成像对甲状腺结节良恶性的诊断和治疗价值，为临床提供可靠依据。

1 材料与方法

1.1 研究对象

研究将 2021 年 1 月至 2025 年 1 月期间本院接受手术或细针穿刺取得病理结果的甲状腺结节患者共计 200 例为研究对象。患者年龄均超过 18 岁，性别没有限制。纳入标准为：超声下见结节、病理资料齐全、术前未经处理及穿刺。排除标准为共病严重、图像质量不佳及不配合检查者。根据术后病理结果分为良性组和恶性组，对数据进行分析。

1.2 手术方案设计

所有患者根据临床和影像学判断制定手术方案。

术前的评估由甲状腺外科多学科团队共同完成,包括外科医生、超声科和麻醉科,共同确定最佳手术方法。对良性倾向明显的患者予以腺叶切除术,恶性疑似者或病灶较大者行全甲状腺切除及中央区清扫。所有手术均在全麻下进行,术中据具体情况确定手术范围扩大与否,术后保留病理送检标本。

1.3 手术操作与过程

手术均由两名以上具有高级职称的甲状腺外科医生完成,保证操作规范性。术中综合评估甲状腺结节位置、大小及浸润情况,完整切除标本。注意喉返神经和甲状旁腺的保护,以降低术后并发症。术后标本即刻送检病理,明确良恶性诊断,作为研究组别的金标准依据。

1.4 临床数据收集与分析

所有患者术前均接受常规超声与剪切波弹性成像检查。由两位经验丰富的超声医师独立完成数据采集,包括 Emean、Emax、Eratio、SWV 及弹性评分,记录常规超声表现(边界、钙化、回声、血流等)。研究中采用西门子 Sequoia 彩色多普勒超声诊断仪 18L6 探头测

定甲状腺结节的组织硬度,探头的频率范围 6-18MHz。

根据对先前研究中相似设备和病例数据的分析,要求符合所使用设备的测量范围和精度,选择 $E_{max} \geq 40 \text{ kPa}$ 和 $E_{ratio} \geq 1.2$ 作为甲状腺结节恶性预测的标准。在上述设备的测量下, $E_{max} \geq 40 \text{ kPa}$ 和 $E_{ratio} \geq 1.2$ 已被验证为具有较高的恶性预测价值。数据录入统一的数据库中,由专人对数据进行整理分析采用 SPSS26.0 进行统计处理,对各参数进行组间比较、回归分析及 ROC 效能评价。

2 结果

2.1 弹性参数比较

如表 1 所示,恶性组在所有弹性参数指标上都显著高于良性组,差异统计学上意义显著 ($P < 0.001$)。其中 Emean 及 Emax 所反映病灶组织的平均硬度及最大硬度在恶性组为 $32.5 \pm 6.3 \text{ kPa}$ 及 $45.3 \pm 8.1 \text{ kPa}$,明显高于良性组的 $18.2 \pm 4.1 \text{ kPa}$ 及 $25.6 \pm 5.5 \text{ kPa}$ 。Eratio(病灶及周围组织弹性比)和 SWV(剪切波速度)亦表现出类似趋势,可见恶性病灶硬度普遍增高。

表 1 弹性参数对比

参数	良性组 (均值 $\pm$ SD)	恶性组 (均值 $\pm$ SD)	P 值
Emean (kPa)	18.2 $\pm$ 4.1	32.5 $\pm$ 6.3	<0.001
Emax (kPa)	25.6 $\pm$ 5.5	45.3 $\pm$ 8.1	<0.001
Eratio	0.86 $\pm$ 0.12	1.45 $\pm$ 0.18	<0.001
SWV (m/s)	1.75 $\pm$ 0.4	3.25 $\pm$ 0.5	<0.001
弹性评分	2.1 $\pm$ 0.6	4.2 $\pm$ 0.7	<0.001

2.2 常规超声特征差异

由表 2 可知多个常规超声征象良恶性组间有明显差异。恶性组患者中,边界不清晰、微钙化、纵横比 ≥ 1 和低回声等典型恶性表现的比例均显著高于良性组,尤其是微钙化(73.8%vs23.3%)和边界不清晰(81.3%vs29.2%)差异最为显著, $P < 0.001$ 。血流分布方面,恶性组中血流丰富的比例也更高(52.5%vs15.0%)。这些特点体现出恶性结节形态学更具浸润性、血管生成活跃等特点,说明常规 B 超对甲状腺结节的诊断仍然有不可取代的价值,与弹性成像联合应用后可以形成互补^[1]。

2.3 多因素 Logistic 回归分析

如表 3 所示,多因素 Logistic 回归结果显示, $E_{max} \geq 40 \text{ kPa}$ ($OR = 4.82, 95\%CI: 2.45-9.47$) 和 $E_{ratio} \geq 1.2$ ($OR = 3.75, 95\%CI: 1.89-7.46$) 是甲状腺结节恶性的独立预测因素, P 值均小于 0.001。传统的超声波特征如微钙化 ($OR = 3.28$) 和纵横比 ≥ 1 ($OR = 2.91$) 也展示了

较高的诊断相关性。即使在控制其他变量后,弹性参数和某些形态学特性依然能显著预测恶性风险,为构建科学而效的诊断模型提供了理论基础^[2]。

表 2 常规超声特征差异

特征	良性组 n (%)	恶性组 n (%)	P 值
边界不清晰	35 (29.2%)	65 (81.3%)	<0.001
微钙化	28 (23.3%)	59 (73.8%)	<0.001
纵横比 ≥ 1	30 (25.0%)	58 (72.5%)	<0.001
低回声	47 (39.2%)	69 (86.3%)	<0.001
血流丰富	18 (15.0%)	42 (52.5%)	<0.001

表 3 Logistic 回归分析

变量	OR 值	95% CI	P 值
$E_{max} \geq 40 \text{ kPa}$	4.82	2.45 - 9.47	<0.001
$E_{ratio} \geq 1.2$	3.75	1.89 - 7.46	<0.001
微钙化	3.28	1.55 - 6.91	0.002
纵横比 ≥ 1	2.91	1.34 - 6.30	0.007

2.4 ROC 曲线诊断效能评估

各指标 ROC 曲线结果见表 4。在 Emax 单项测试中, AUC 值达到 0.892, 显示出相当高的敏感度(86.2%)和特异度(80.3%); Eratio 紧随其后, AUC 为 0.864。微钙化与纵横比虽 AUC 较低(分别为 0.812 和 0.789), 但特异度仍保持良好水平(均超过 76%)。值得一提的是, 联合诊断模型的 AUC 数值高达 0.938, 敏感度 90.5%, 特异度 87.2%, 显示出卓越的判别效能。说明多参数融合对甲状腺恶性结节的诊断效果明显好于单一指标的诊断效果, 为临床决策提供了更为可靠的手段^[3]。

表 4 ROC 诊断效能

指标	AUC	敏感度	特异度
Emax	0.892	86.20%	80.30%
Eratio	0.864	83.70%	78.50%
微钙化	0.812	73.50%	81.60%
纵横比 ≥ 1	0.789	71.30%	76.40%
联合诊断模型	0.938	90.50%	87.20%

3 讨论

3.1 弹性参数差异的解读

研究结果提示甲状腺恶性结节多项弹性成像参数明显高于良性结节, Emax 与 SWV 差别最为明显, 表明恶性结节组织一般硬度较高, 可能与细胞排列紧密、间质纤维增生、钙化及血管生成活跃等病理基础相关^[4]。Eratio 增高反映病灶与周围正常组织硬度对比加强, 亦为鉴别恶性的指标, 虽然没有定量参数精细, 但对大样本分析仍有良好区分度, 进一步佐证了弹性成像在恶性风险评估工具中的临床应用价值, 表明多种参数的共同应用能提高诊断信心^[5]。

3.2 常规超声特征对比分析

常规超声也表现出较强的鉴别能力。恶性组结节表现为边界不清、微钙化、低回声和纵横比 ≥ 1 的特征。这些表现在病理形态上与甲状腺癌高度一致, 体现了甲状腺癌侵袭性和浸润性生长模式。微钙化的发现已被文献反复证实为乳头状癌的重要表现。丰富的血流信号往往暗示血管新生, 支持肿瘤的活性。尽管这些常规征象也可发生于某些良性病变, 但是多项并存时综合预测价值明显提高^[6]。

3.3 多因素回归结果的解释

研究采用多因素 Logistic 回归方程, 进一步阐明 Emax、Eratio、微钙化及纵横比等独立预测因子在诊断

中的价值。其中 Emax ≥ 40 kPa 时 OR 值高达 4.82, 表明它单项即有较强恶性提示能力。此结果突出了硬度对恶性肿瘤鉴别的中心作用。Eratio ≥ 1.2 证实了内部硬度比周边组织高这一对比性指标的优势。传统特征如微钙化、纵横比的独立性说明形态学信息不可或缺^[7]。上述发现为构建综合预测模型提供了重要变量来源。

3.4 ROC 分析与诊断价值评价

ROC 曲线结果清楚揭示出各个参数的判别效能, Emax 与 Eratio 的 AUC 值均达 0.86 以上, 属于较好的诊断工具。联合参数模型 AUC 高达 0.938, 好于单一指标, 表明多参数整合存在明显协同效应。该协同既增加敏感度和特异度, 又减少误诊和漏诊可能性。与现有研究发现相一致, 该研究证实了“形态+弹性”组合策略实用性^[8]。临床实际操作时, 该多维信息整合方式与诊断流程更加贴合, 能够有效指导穿刺活检或手术决策。

3.5 局限性说明

尽管研究结果具备统计学和临床意义, 仍存在一定局限性。研究是单中心回顾性设计, 病例样本的来源比较集中, 可能存在选择偏倚。弹性成像结果受操作者经验和设备性能的影响, 本研究明确了使用西门子 Sequoia 彩色多普勒超声诊断仪 18L6 探头进行数据采集, 但由于不同设备之间的性能差异, 其他研究可能需要对不同品牌设备的效果进行进一步的验证和比较。某些参数有交叉干扰现象, 如钙化灶等可能造成局部硬度偏高, 影响真实反映。研究还没有进行外部验证, 还需在更多中心、更大样本中重复研究才能进一步提高研究结果稳健性与推广性。

4 结论

研究显示超声弹性成像对甲状腺结节良恶性的鉴别有重要的价值, Emax、Eratio 等参数明显优于常规单项指标。联合弹性参数和常规超声特征建立综合模型能显著提高诊断精度和可信度。多参数协同分析可作为结节性质临床评估的有效手段, 对后续穿刺或手术决策具有重要借鉴意义。

参考文献

- [1] 朱道伟, 周建, 张磊, 等. 超声弹性成像检查与 C-TIRADS 诊断在甲状腺结节良恶性鉴别中的应用[J]. 医学影像学杂志, 2024, 34(7): 153-156.
- [2] 姚岚, 吴琼. TI-RADS 联合超声弹性成像检查对甲状腺结节良恶性的鉴别诊断价值研究[J]. 中国实用医药, 2023, 18(4): 97-99.

- [3] 张风云,杨亚菲,马芳.实时剪切波弹性成像结合超声量化评分在甲状腺结节良恶性鉴别诊断中的应用价值[J].中国临床保健杂志, 2023, 26(4):545-549.
- [4] 陈彩霞,杨汇,余欢.超声弹性成像在甲状腺结节诊断中的应用价值探讨[J].现代医用影像学, 2023, 32(2):386-390.
- [5] 谭红信.高频彩超联合超声弹性成像技术鉴别诊断良性甲状腺结节的价值[J].中外医学研究, 2024, 22(26):77-81.
- [6] 钟永凤,叶传江,曾佩,等.探讨健康体检中超声弹性成像应变比值鉴别甲状腺结节良恶性的价值[J].中国临床医学影像杂志, 2024, 35(1):21-25.
- [7] 范珺,周泉.高频超声弹性成像技术在诊断桥本氏甲状腺炎合并甲状腺结节良恶性的临床价值[J].医学影像学杂志, 2023, 33(9):1663-1665.
- [8] 杜欢,慈红非,李林,等.声触诊弹性成像联合 c-Met 和 Galectin-3 对甲状腺结节良恶性的鉴别诊断价值[J].中国超声医学杂志, 2025, 41(3):257-260.
- [9] 冯文娟,刘敏,丁玲.彩色多普勒超声联合超声弹性成像对甲状腺良性结节的鉴别诊断价值研究[J].影像研究与医学应用, 2024, 8(18):94-96.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS