·论著·

基于实时剪切波弹性成像参数鉴别甲状腺结节病理性质的价值

杨　戈*
河南省直第三人民医院超声科(河南 郑州 450000)

【摘要】**目的** 分析实时剪切波弹性成像(SWE)参数鉴别甲状腺结节(TNS)病理性质的价值。**方法** 回顾性选择2023年1月至2024年6月医院收治的60例TNS患者临床资料作为研究对象。根据TNS病理性质进行分组，将患者分为恶性组及良性组。比较两组基线资料、常规超声检查结果(结节直径、回声、形态、边界、钙化、声晕)、SWE参数[弹性模量最大值(Emax)、弹性模量平均值(Emean)]水平；采用二元Logistic回归检验SWE参数对TNS患者病理性质的鉴别价值；采用受试者工作特征曲线(ROC)曲线评估SWE参数对TNS患者良、恶性的诊断价值；采用决策曲线分析Emax、Emean诊断TNS患者良、恶性的价值。**结果** 60例TNS患者中发生恶性病变23例，发生率为38.33%；恶性组实性回声、纵横比≥1形态、边界模糊、存在钙化、高回声占比高于良性组，Emax、Emean高于良性组(*P*<0.05)；经二元Logistic回归分析，Emax、Emean对TNS患者病理性质具有一定鉴别价值(OR>1，*P*<0.05)；绘制ROC曲线结果显示，Emax、Emean及联合检查诊断TNS患者良、恶性的AUC为0.918，0.947，0.982，均>0.70，具有一定的诊断价值，且二者联合检查价值最高，联合检查特异度为0.946，灵敏度为0.957，约登指数为0.903；绘制决策曲线，结果显示，在阈值0.080~1.000范围内，Emax、Emean水平联合诊断TNS患者良、恶性的净收益率优于单独的净收益率。**结论** SWE参数在鉴别TNS病理性质上具有一定价值。

【关键词】甲状腺结节；超声诊断；实时剪切波弹性成像；弹性模量最大值；弹性模量平均值
【中图分类号】R581
【文献标识码】A
DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2025.3.020

The Value of Distinguishing the Pathological Properties of Thyroid Nodules Based on Real-time Shear Wave Elastography Parameters

YANG Ge*.
Department of Ultrasound, The Third People's Hospital of Henan Province, Zhengzhou 450000, Henan Province, China

Abstract: ***Objective*** The value of analyzing real-time shear wave elastography (SWE) parameters in distinguishing the pathological properties of thyroid nodules (TNS). ***Methods*** Retrospective selection of clinical data from 60 TNS patients admitted to the hospital from January 2023 to June 2024 as the research subjects. According to the pathological properties of TNS, patients were divided into malignant group and benign group. Compare baseline data, routine ultrasound examination results (nodule diameter, echo, morphology, boundary, calcification, acoustic halo), and SWE parameter levels (maximum elastic modulus (Emax), average elastic modulus (Emean)) between two groups; Using binary logistic regression to test the differential value of SWE parameters in the pathological properties of TNS patients; Evaluate the diagnostic value of SWE parameters for benign and malignant TNS patients using receiver operating characteristic (ROC) curves; Using decision curve analysis to evaluate the value of Emax and Emean in diagnosing benign and malignant TNS patients. ***Results*** Among 60 TNS patients, 23 cases developed malignant lesions, with an incidence rate of 38.33%. The proportion of solid echoes, aspect ratio≥1 morphology, blurred boundaries, calcification, and high echo in the malignant group was higher than that in the benign group, and Emax and Emean were higher than those in the benign group (*P*<0.05). According to binary logistic regression analysis, Emax and Emean have certain differential value in the pathological properties of TNS patients (OR>1, *P*<0.05). The ROC curve results show that the AUC of Emax, Emean, and combined examination for diagnosing benign and malignant TNS patients are 0.918, 0.947, 0.982, all greater than 0.70, and have certain diagnostic value. The combined examination value of the two is the highest, with a specificity of 0.946, sensitivity of 0.957, and Youden index of 0.903. Draw a decision curve, and the results show that within the threshold range of 0.080-1.000, the net return rate of Emax and Emean level combined diagnosis of benign and malignant TNS patients is better than the net return rate alone. ***Conclusion*** The SWE parameters have certain value in distinguishing the pathological properties of TNS.

Keywords: Thyroid Nodules; Ultrasonic Diagnosis; Real-time Shear Wave Elastography; Maximum Value of Elastic Modulus; Average Value of Elastic Modulus

甲状腺结节(TNS)是一种常见的内分泌系统疾病，早期无明显症状，随着结节增大，可能会出现喉咙触痛、吞咽困难等症状[1]。大部分TNS为良性病变，但若不及时干预，随着疾病的进展，有可能发生恶性病变，早诊断、早干预是降低TNS恶性病变发生风险，改善TNS患者预后的关键。常规超声是TNS的首选检查方式之一，具有重复性高、无创等优点，可快速检查病灶大小、形状等信息，但良、恶性结节的超声图像存在部分折叠，临床易发生漏诊、误诊[2]。甲状腺细针穿刺细胞学检查(FNAC)虽可明确TNS病理性质，但其属于侵入性操作，会给患者带来额外的痛苦[3]。因此，临床亟需寻求一种可快速、无创、准确诊断TNS病理性质的检查方式。实时剪切波弹性成像(SWE)可通过剪切波在病灶组织中传播，获取弹性模量值，评估病灶内部结构，据李辉[4]等研究显示，SWE在诊断前列腺病变良、恶性鉴别诊断上具有一定意义，其参数水平越高，发生恶性病变的风险越高。鉴于此，本研究着重分析SWE参数在鉴别TNS病理性质中的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选择2023年1月至2024年6月医院收治的60例TNS患者临床资料作为研究对象。

纳入标准：符合《中国甲状腺疾病诊治指南—甲状腺结节》[5]诊断标准，并经病理学检查确诊；均接受SWE检查；临床资料完整；年龄≥18岁。排除标准：结节完全钙化；超声图像不清晰；精神疾病者；合并其他恶性肿瘤；接受消融或药物治疗者；哺乳期、妊娠期女性；存在凝血功能障碍、免疫功能障碍、重要脏器功能障碍者；存在超声禁忌证者。

1.2 基线资料收集 收集患者年龄、病程、体质量指数(BMI)、糖尿病、高血压、性别。

1.3 SWE检查方法 取患者仰卧位，充分暴露颈部，确保甲状腺处于检查视野中，使用超声诊断仪GE LOGIQ E11，高频线阵探头频率15MHz，在灰阶模式下进行常规超声检查，采用颈部横切、纵切、半环扫查，检查结节直径、回声、形态、边界、钙

【第一作者】杨　戈，女，主治医师，主要研究方向：妇产方向。Email：yiyuoo0214@126.com
【通讯作者】杨　戈

化、声晕。选择SWE模式，设置弹性模量量程为0~100kPa，嘱咐患者闭气，探头尽可能垂直于皮肤表面，轻触肿块，设置感兴趣区域(ROI)，ROI一般为病灶2倍，包含结节及周边甲状腺组织，静止3s后，待图像质量稳定冻结图像，通过仪器定量分析ROI内弹性模量最大值(Emax)以及弹性模量平均值(Emean)，同一病灶测量三次，取三次平均值。图像选取标准：(1)无明显压迫伪像；(2)信号框内几乎全部有颜色填充。60例TNS患者均由同一位超声医师检查。

1.4 TNS病理性质判定及分组 超声引导下进行FNAC，通过切片、免疫组化等方式观察患者病灶细胞形态及分化程度，以及常规超声辅助检查的方式，判断TNS病理性质，若出现明显核异常或异常增殖，则考虑为恶性TNS病变。根据TNS病理性质进行分组，将患者分为恶性组及良性组。

1.5 统计学方法 采用SPSS 25.0软件进行数据处理，计量资料以“$\bar{x}\pm s$”表示，两组间比较采用独立样本t检验；计数资料用n%表示，采用χ^2检验；采用二元Logistic回归检验SWE参数对TNS患者病理性质的鉴别价值；采用受试者工作特征曲线(ROC)曲线评估SWE参数对TNS患者良、恶性的诊断价值，AUC<0.5无价值，0.5≤AUC<0.7价值较低，0.7≤AUC≤0.9价值中等，>0.9价值高；采用R4.1.3统计学软件，以高风险阈值为横坐标，净收益率为纵坐标，绘制Emax、Emean诊断TNS患者良、恶性的决策曲线；检验水平α=0.05。

2 结　果

2.1 TNS患者病理性质 根据TNS病理性质，将60例TNS患者分为两组，良性组(n=37)，恶性组(n=23)，恶性TNS发生率为38.33%。见表1。

2.2 两组基线资料比较 恶性组实性回声、纵横比≥1形态、边界模糊、存在钙化、高回声占比高于良性组(*P*<0.05)，其他基线资料比较(*P*>0.05)。见表2 。

2.3 比较两组SWE参数 恶性组Emax、Emean高于良性组(*P*<0.05)。见表3。

2.4 SWE参数对TNS患者病理性质的鉴别价值 将病理性质作为状态变量(“1”=恶性，“0”=良性)，将Emax、Emean水平作为自变量(均为连续变量)，经二元Logistic回归分析，Emax、Emean对TNS患者病理性质具有一定鉴别价值(OR>1，*P*<0.05)。见表4。

2.5 SWE参数对TNS患者良、恶性的诊断价值 绘制ROC曲线结果显示，Emax、Emean及联合检查诊断TNS患者良、恶性的AUC为0.918，0.947，0.982，均>0.70，具有一定的诊断价值，且二者联合检查价值最高，联合检查特异度为0.946，灵敏度为0.957，约登指数为0.903。详见表5、图1。

2.6 SWE参数诊断TNS患者良、恶性的决策曲线 绘制决策曲线，结果显示，在阈值0.080~1.000范围内，Emax、Emean水平联合诊断TNS患者良、恶性的净收益率优于单独的净收益率。决策曲线见图2。

表1 TNS患者病理性质 n(%)

组别	良性			恶性		
	甲状囊肿	甲状腺瘤	炎性包块	甲状腺乳头状癌	未分化癌	甲状腺泡状癌
TNS患者(n=60)	26(43.33%)	8(13.33%)	3(5.00%)	18(30.00%)	1(1.67%)	4(6.67%)
合计		37(61.67%)			23(38.33%)	

表2 两组基线资料比较n(%)

资料		恶性组(n=23)	良性组(n=37)	χ^2/t值	*P*
年龄(年)		39.56±2.56	40.03±2.39	0.721	0.474
病程(年)		2.18±0.53	2.07±0.54	0.773	0.443
BMI(kg/m^2)		22.28±0.62	22.31±0.71	0.167	0.868
结节直径(cm)		1.74±0.43	1.53±0.39	1.950	0.056
糖尿病	是	7(30.43)	9(24.32)	0.271	0.603
	否	16(69.57)	28(75.68)		
高血压	是	4(17.39)	10(27.03)	0.736	0.391
	否	19(82.61)	27(72.97)		
性别	男	9(39.13)	12(32.43)	0.280	0.597
	女	14(60.87)	25(67.57)		
回声	实性	20(86.96)	9(39.13)	22.280	<0.001
	囊实性	3(13.04)	28(75.68)		
形态	纵横比<1	4(17.39)	26(70.27)	15.864	<0.001
	纵横比≥1	19(82.61)	11(29.73)		
边界	清晰	6(26.09)	28(75.68)	14.204	<0.001
	模糊	17(73.91)	9(24.32)		
钙化	有	16(69.57)	13(35.14)	6.733	0.010
	无	7(30.43)	24(64.86)		
声晕	高回声	14(60.87)	9(24.32)	10.084	0.007
	低回声	6(26.09)	10(27.03)		
	无回声	3(13.04)	18(48.65)		

表3 比较两组SWE参数(kPa)

组别	Emax	Emean
恶性组(n=23)	60.26±8.27	41.26±6.65
良性组(n=37)	45.28±7.03	26.59±6.38
t值	7.498	8.521
*P*值	<0.001	<0.001

表4 SWE参数对TNS患者病理性质的鉴别价值

相关因素	β	标准误	Wald χ^2	*P*值	OR	95%置信区间
Emax	0.317	0.130	5.919	0.015	1.373	1.063-1.772
Emean	0.326	0.116	7.812	0.005	1.385	1.102-1.740
常量	-28.253	9.638	8.594	0.003	-	-

表5 SWE参数对TNS患者良、恶性的诊断价值

项目	AUC	cut-off值	95%CI	P值	特异度	灵敏度	约登指数
Emax	0.918	57.310	0.848-0.987	<0.001	0.973	0.736	0.712
Emean	0.947	30.840	0.894-1.000	<0.001	0.784	0.957	0.741
联合检查	0.982	0.347	0.955-1.000	<0.001	0.946	0.957	0.903

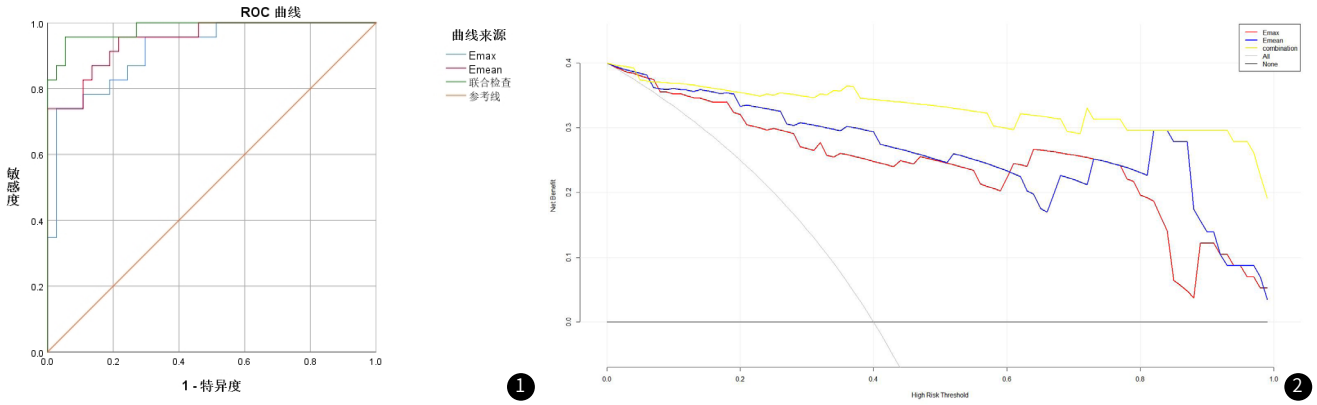

图1 SWE参数鉴别诊断TNS患者良、恶性的ROC曲线。**图2** Emax、Emean诊断TNS患者良、恶性的决策曲线。

3 讨　论

TNS是一种因甲状腺细胞异常生长而引发的散在病变，随着环境因素的影响，TNS的发病率从2009年的28.90%升至2017年的43.80%，呈现逐年上升趋势[6]。据戴红[7]等研究显示，80例TNS患者中恶性TNS 27例，发生率为33.75%，与本研结果相似，说明TNS患者发生恶性病变风险较高。恶性TNS可能会引发甲状腺功能亢进，损害多个器官，影响患者日常生活。因此，寻求一种可有效诊断TNS患者病理性质的检查方式，并对高危患者进行针对性干预，对减少恶性TNS发生风险具有积极意义，也是目前临床研究的重点。

TNS常规超声特征多样，良、恶性结节常存在交叉、重叠影像，临床具有较大诊断差异性。FNAC虽可明确诊断TNS良、恶性，但其属于有创操作，可能会引发感染或肿瘤细胞播散。SWE是一种量化组织的成像模式，可通过测量病灶组织中剪切波速度获得组织硬度，其在评估肿块周围组织硬度及乳腺良恶性肿瘤鉴别诊断中具有一定价值[8]。

本研究结果显示，恶性组实性回声、纵横比≥1形态、边界模糊、存在钙化、高回声占比高于良性组，Emax、Emean高于良性组，且经二元Logistic回归分析，Emax、Emean对TNS患者病理性质具有一定鉴别价值。一般情况下，结节硬度常反映病变的性质特征，恶性TNS肿瘤细胞的异常增生，可导致结节内部纤维化，从而增加结节硬度[9]。除此之外，恶性TNS肿瘤细胞在增殖过程中可促进炎症因子的分泌，刺激机体免疫系统产生炎症反应，提升甲状腺细胞出现损伤、坏死风险，造成肿瘤细胞中的钙盐沉积，增加结节及周围组织的密度[10-11]。而良性TNS生长缓慢且边界清晰，其包膜完整，组织结构疏松，内部由滤泡胶质构成，质地较恶性TNS更柔软[12]。SWE参数对TNS患者病理性质的诊断，主要通过病灶组织硬度进行评估，Emax可反映出TNS患者所选区域内测量到的最高硬度值，Emean可反映TNS患者选区内组织的平均硬度指标，Emax、Emean数值的异常上升，通常意味着TNS患者病灶硬度较大，可能存在恶性病变。李艳艳[13]等研究指出，SWE联合血浆循环游离DNA在诊断TNS病理性质上具有一定价值，其认为病灶组织的硬度、纤维化程度与TNS良、恶性具有一定相关性，SWE参数可反映TNS硬度，对恶性TNS有较优诊断效能，与本研究结果相似。

绘制ROC曲线结果显示，Emax、Emean及联合检查诊断TNS患者良、恶性病理性质的AUC均为>0.70，具有一定的预测价值，且二者联合检查价值最高，说明SWE参数可诊断TNS患者病理性质。绘制决策曲线结果显示，在阈值0.080~1.000范围内，Emax、Emean水平联合诊断TNS患者良、恶性的净收益率优于单独的净收益率，说明Emax、Emean水平联合检测可有效诊断TNS患者病理性质。因此，临床需密切关注TNS患者SWE参数水平，针对高风险TNS患者采取针对性干预，以降低恶性TNS发生风险，改善患者预后。

综上所述，SWE参数在鉴别诊断TNS病理性质上具有一定价值。

参考文献

[1]许怀瑾,胡晓东,李洁菲,等.甲状腺结节手术人群吸烟状态与甲状腺乳头状癌发生风险的相关性分析[J].解放军医学杂志,2023,48(5):516-522.
[2]王洁.彩色多普勒超声在甲状腺结节性病变诊断的价值[J].中国药物与临床,2020,20(11):1812-1813.
[3]乔旭东.超声引导下甲状腺细针穿刺细胞学检查与超声造影联合检查对甲状腺结节定性诊断的价值[J].中国医药导报,2022,19(34):149-153.
[4]李辉,尉维录,吴茂林.经直肠剪切波弹性成像对存在下尿路症状的前列腺病变良恶性的鉴别诊断价值及其影响因素分析[J].中华医学超声杂志电子版,2023,20(11):1193-1198.
[5]中华医学会内分泌学会《中国甲状腺疾病诊治指南》编写组.中国甲状腺疾病诊治指南——甲状腺结节[J].中华内科杂志,2008,47(10):867-868.
[6]Qu MY,Tang W,Cui XY,et al.Increased prevalence of thyroid nodules across nearly 10 years in Shanghai,China[J].Curr Med Sci,2023,43(1):191-197.
[7]戴红,李慎义,龙湘党,等.超声造影定量参数联合血清TSH,Tg,外周血NLR在甲状腺结节良恶性诊断中的应用价值[J].现代生物医学进展,2023,23(11):2094-2097.
[8]王华,朱岩冰,丁赟洁,等.剪切波弹性成像技术定量评估肿块周围组织硬度对乳腺良恶性肿瘤鉴别诊断的价值[J].现代肿瘤医学,2023,31(6):1099-1103.
[9]沈冬花,李蓉,周玲莉,等.实时剪切波弹性成像超声检查在甲状腺良恶性结节鉴别诊断中的应用[J].陕西医学杂志,2021,50(8):999-1002.
[10]叶泽呈,陈瑞,夏柏.实时剪切波弹性成像的甲状腺结节图像特征及弹性模量参数对恶性结节的预测价值[J].海军医学杂志,2023,44(9):916-920.
[11]周超,徐新艳,倪庆丰,等.甲状腺结节中央区剪切波弹性成像与超声造影参数对良恶性的诊断价值[J].江苏大学学报(医学版),2022,32(4):283-287.
[12]贺亚萍,欧阳向柳,郑立春,等.中国版甲状腺影像报告和数据系统(C-TIRADS)联合结节内部及周围腺体硬度鉴别甲状腺良,恶性结节[J].中国医学影像技术,2024,40(1):37-41.
[13]李艳艳,任玉菊,黄红梅,等.超声剪切波弹性成像联合血浆cfDNA鉴别诊断良恶性甲状腺结节的临床价值[J].川北医学院学报,2022,37(11):1480-1483.

（收稿日期：2024-09-25）
（校对编辑：翁佳鸿）