



· 论 著 ·

STE和SE定量及定性参数对BI-RADS 4类乳腺病灶的诊断价值及与HER2表达的相关性

柯 强¹, 刘晓芳², 任家仪¹, 王 超¹, 陈 武²

1. 山西医科大学医学影像学院, 山西 太原 030001 ;
2. 山西医科大学第一医院超声影像科, 山西 太原 030001

[摘要] 目的: 比较声触诊弹性成像 (sound touch elastography, STE) 和应变弹性成像 (strain elastography, SE) 定性及定量参数对乳腺影像报告和数据系统 (Breast Imaging Reporting and Data System, BI-RADS) 4类乳腺病灶良恶性的鉴别诊断价值, 并探讨其参数与BI-RADS 4类乳腺恶性病灶中人表皮生长因子受体2 (human epidermal growth factor receptor 2, HER2) 表达的相关性。方法: 选取2022年11月—2023年9月于山西医科大学第一医院检查且诊断为BI-RADS 4类乳腺病灶患者的临床病理学资料, 获取STE与SE定量、定性参数 [STE弹性最大值 (E_{max})、STE定性评分值、SE应变比 (strain ratio, SR) 及SE定性评分值], 比较两种超声弹性技术参数鉴别BI-RADS 4类乳腺病灶良恶性的价值以及与BI-RADS 4类乳腺恶性病灶HER2表达的相关性。结果: 共纳入106例患者, 共106个病灶。BI-RADS 4类乳腺良性与恶性病灶的 E_{max} 、STE评分、SR和SE评分的差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 与病理学检查结果相比较, E_{max} 、STE评分、SR、SE评分根据截断值诊断BI-RADS 4类乳腺病灶良恶性的差异有统计学意义 ($P < 0.05$), E_{max} 、STE评分、SR的诊断效能与“金标准”相比一致性一般 ($Kappa = 0.436, 0.420, 0.502$), SE评分的诊断效能与“金标准”相比一致性较强 ($Kappa = 0.626$), SE评分 (AUC = 0.883) 受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线的曲线下面积 (area under curve, AUC) 均高于 E_{max} (AUC = 0.743)、STE评分 (AUC = 0.756)、SR (AUC = 0.783) 诊断, 具有最大的诊断效能, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 在BI-RADS 4类乳腺恶性病灶中, E_{max} 与SE评分在HER2阳性表达与阴性表达之间差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。 E_{max} 、SE评分与HER2阳性表达呈正相关 ($r = 0.458, 0.356$)。 E_{max} 与SE评分诊断HER2阳性表达的最佳截断值为123.75 kPa和4分, 灵敏度为81.2%和62.5%, 特异度为60.5%和68.4%, AUC为0.766和0.689。结论: STE与SE技术在应用于鉴别BI-RADS 4类乳腺病灶时, SE评分的诊断效能较高; E_{max} 、SE评分与HER2阳性表达均呈正相关, E_{max} 与SE评分鉴别BI-RADS 4类乳腺恶性病灶HER2阳性表达具有重要价值。

[关键词] 乳腺癌; 超声; 声触诊弹性成像; 应变弹性成像; 人表皮生长因子受体2

中图分类号: R737.9; R445.1 文献标志码: A

DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2025.01.007

基金项目: 山西省基础研究计划自然科学研究面上项目 (20210302123259)。

利益冲突: 无。

伦理批件: K-K0081。

知情同意: 有。

引用本文: 柯 强, 刘晓芳, 任家仪, 等. STE和SE定量及定性参数对BI-RADS 4类乳腺病灶的诊断价值及与HER2表达的相关性 [J]. 肿瘤影像学, 2025, 34 (1): 47-54.

Funding: Natural science project of Shanxi Basic Research Program (20210302123259) .

Conflicts of interest: no.

Ethical approval: K-K0081.

Informed consent: available.

Cite this article: KE Q F, LIU X F, REN J Y, et al. The diagnostic value of quantitative and qualitative parameters of STE and SE in BI-RADS 4 breast lesions and their correlation with HER2 expression [J]. Oncoradiology, 2025, 34(1): 47-54.

The diagnostic value of quantitative and qualitative parameters of STE and SE in BI-RADS 4 breast lesions and their correlation with HER2 expression

KE Qiang¹, LIU Xiaofang², REN Jiayi¹, WANG Chao¹, CHEN Wu²
(1. School of Medical Imaging, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, Shanxi Province, China; 2. Department of Ultrasound Imaging, The First Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, Shanxi Province, China)

Correspondence to: CHEN Wu E-mail: 13633411868@163.com

[**Abstract**] **Objective:** To compare the diagnostic value of qualitative and quantitative parameters of sound touch elastography (STE) and strain elastography (SE) in differentiating benign and malignant Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS) 4 breast lesions, and to explore the correlation between the parameters and the expression of human epidermal growth factor receptor 2 (HER2) in BI-RADS 4 breast malignant lesions. **Methods:** The clinicopathological data of patients with BI-RADS 4 breast lesions diagnosed by ultrasound examination in The First Hospital of Shanxi Medical University were selected. The quantitative and qualitative parameters of STE and SE were obtained: STE maximum elasticity (E_{max}), STE qualitative score, SE strain ratio (SR) and SE qualitative score. To compare the value of two ultrasonic elastography parameters in differentiating benign and malignant BI-RADS 4 breast lesions and their correlation with HER2 expression in BI-RADS 4 breast malignant lesions. **Results:** A total of 106 patients with 106 lesions were included. The difference of E_{max} , STE score, SR and SE score between benign and malignant lesions of BI-RADS 4 breast was statistically significant ($P < 0.05$). Compared with the pathological results, the difference of E_{max} , STE score, SR and SE score in the diagnosis of benign and malignant BI-RADS 4 breast lesions according to the cut-off value was statistically significant ($P < 0.05$). The diagnostic efficacy of E_{max} , STE score and SR was generally consistent with that of the gold standard (Kappa=0.436, 0.420, 0.502), and the diagnostic efficacy of SE score was more consistent with that of the gold standard (Kappa=0.626). The area under the receiver operating characteristic (ROC) curve (AUC) of SE score (AUC=0.883) was higher than that of E_{max} (AUC=0.743), STE score (AUC=0.756) and SR (AUC=0.783) diagnosis, with the greatest diagnostic efficiency, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). In BI-RADS 4 breast malignant lesions, the difference of E_{max} and SE scores between HER2 positive expression and negative expression was statistically significant ($P < 0.05$). E_{max} and SE scores were positively correlated with HER2 positive expression ($r=0.458, 0.356$). The best cut-off value of E_{max} and SE score in the diagnosis of HER2 positive expression was 123.75 kPa and 4 points, the sensitivity was 81.2% and 62.5%, the specificity was 60.5% and 68.4%, and the AUC was 0.766 and 0.689. **Conclusion:** The diagnostic efficacy of SE score was higher when STE and SE techniques were used to identify BI-RADS 4 breast lesions. E_{max} and SE scores were positively correlated with HER2 positive expression. E_{max} and SE score are of great value in identifying HER2 positive expression in BI-RADS 4 breast malignant lesions.

[**Key words**] Breast cancer; Ultrasound; Sound touch elastography; Strain elastography; Human epidermal growth factor receptor 2

乳腺癌是女性最常见的恶性肿瘤, 是女性癌症死亡的主要原因^[1], 早期发现与治疗乳腺癌是降低患者死亡率的有效措施。美国放射学会发布的乳腺影像报告和数据系统 (Breast Imaging Reporting and Data System, BI-RADS) 对乳腺病灶的超声特征进行了统一的规范, 但BI-RADS 4类乳腺病灶的恶性率为3%~95%^[2], 良恶性跨度大。人表皮生长因子受体2 (human epidermal growth factor receptor 2, HER2) 在乳腺癌的进展中发挥着重要作用, 也与内分泌及化学治疗密切相关, 是患者预后的重要影响因素。基于生物力学的超声弹性成像已经被证实在鉴别乳腺病灶良恶性中发挥着重要作用, 声触诊弹性成像 (sound touch elastography, STE) 和应变弹性成像 (strain elastography, SE) 可以通过不同的定

量或定性参数鉴别乳腺病灶的良恶性^[3], 但目前对于STE与SE的定性、定量参数鉴别BI-RADS 4类乳腺病灶良恶性的最佳参数尚不明确, 并且对于各参数与BI-RADS 4类乳腺恶性病灶HER2阳性表达的相关性也尚不明确。因此, 本研究尝试探讨STE和SE不同参数对乳腺BI-RADS 4类病灶良恶性的鉴别诊断价值, 比较其诊断效能, 并且进一步分析其与BI-RADS 4类乳腺恶性病灶HER2表达之间的关系, 希望可以为临床医师提供更加精准的超声弹性成像信息。

1 资料和方法

1.1 研究对象

收集2022年11月—2023年9月经山西医科大

学第一医院超声科检查且诊断为BI-RADS 4类乳腺病灶患者，穿刺前或术前均行STE和SE检查。纳入标准：① BI-RADS 4类乳腺病灶患者；② 经病理学检查确诊，临床资料完整，超声图像质量清晰。排除标准：① 妊娠或哺乳期；② 有乳腺相关治疗或手术史。本研究已获取医院伦理委员会审批（审批号：K-K0081），患者均已签署知情同意书。

1.2 仪器与方法

1.2.1 仪器

采用深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司Nuewa R9 Pro彩色多普勒超声诊断仪，STE、SE检查均使用L15-3 WU线阵探头。

1.2.2 STE及SE检查

患者取仰卧位，充分暴露乳房，选取灰阶超声下乳腺病灶最大径线切面，嘱患者平静呼吸，进入STE模式或SE模式检查，取样框完全覆盖病灶，获取稳定、清晰的彩色弹性图像，根据机器自带软件，绘制感兴趣区（region of interest, ROI），获取病灶STE最大弹性值（ E_{max} ）、SE同深度病灶与周围组织应变率比值即SE应变比（strain ratio, SR）。

1.2.3 判断标准

STE定量与定性参数：定量参数为 E_{max} ；定性参数选取STE评分，根据Tozaki等^[4]提出的视觉模式分类进行定性评分，1分（模式一），病灶内部及周围均显示为均匀的蓝色；2分（模式二），病灶周围及内部出现不均匀的色彩，即垂直条纹模式伪像；3分（模式三），病灶边缘出现彩色区域；4分（模式四），病灶内部及边缘出现不均匀的彩色区域。

SE定量与定性参数：定量参数SR；定性参数选取SE评分，采用Itoh等^[5]提出的5分法，1分，病灶整体或大部分显示为绿色；2分，病灶显示为绿色与红色镶嵌；3分，病灶显示为边缘为绿色，中心红色；4分，病灶整体显示为红色或内部伴有少许绿色；5分，病灶整体及周围组织显示为红色。

1.2.4 HER2表达分析

从术后或穿刺病理学检查结果中记录患者病

灶的HER2的表达情况，将恶性病灶分为两组，即HER2阳性组与HER2阴性组。

1.3 统计学处理

采用SPSS 25.0和MedCalc 20.0统计学软件进行统计学分析。计数资料以 n 表示，率的比较采用 χ^2 检验；符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，比较采用 t 检验；一致性采用Kappa检验；相关性使用Spearman秩相关分析法，以病理学检查结果为“金标准”，绘制不同参数的受试者工作特征（receiver operating characteristic, ROC）曲线，计算曲线下面积（area under curve, AUC）、最佳截断值、灵敏度及特异度，AUC的比较采用Z检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 BI-RADS 4类乳腺病灶的STE与SE参数差异比较

研究共纳入106例患者（共106个病灶），均为女性，年龄19~72岁（图1）。106个BI-RADS 4类乳腺病灶中，良性病灶36个，恶性病灶70个，BI-RADS 4类恶性病灶 E_{max} 、STE评分、SR、SE评分均高于良性病灶，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ，表1，图2）。

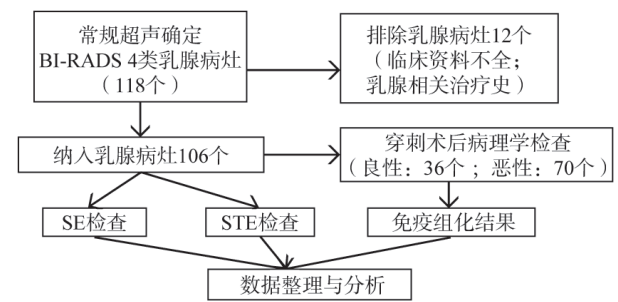


图1 研究设计流程图

Fig.1 Research design flow chart

2.2 E_{max} 、STE评分、SR、SE评分的诊断价值

E_{max} 、STE评分、SR、SE评分诊断结果与病理学检查结果“金标准”比较，绘制ROC曲线，4种参数以截断值鉴别病灶良恶性，差异均有统计学意义（ $P < 0.05$ ，表2，图3）。 E_{max} 、STE评分、SR的诊断效能与“金标准”相比一致性一般

($Kappa=0.436$ 、 0.420 、 0.502)，SE评分的诊断效能与“金标准”相比一致性较强($Kappa=0.626$)。 E_{max} 以93.46 kPa为截断值，其灵敏度、特异度、准确度、AUC分别为80.0%、63.9%、74.5%、0.743；STE评分以2分为截断值，其灵敏度、特异度、准确度、AUC分别为82.9%、58.3%、74.5%、0.756；SR以3.89为截断值，其灵敏度、特异度、准确度、AUC分别为81.4%、

69.4%、77.4%、0.783；SE评分以3分为截断值，其灵敏度、特异度、准确度、AUC分别为85.7%、77.8%、83.0%、0.883。SE评分诊断的灵敏度、特异度、准确度、AUC均高于 E_{max} 、STE评分、SR，SE评分与 E_{max} 、STE评分、SR的AUC相比较差异有统计学意义($Z=2.61$ 、 2.965 、 2.124 ， $P<0.05$ ，表3，图4)，SE评分的诊断效能高于其余3种参数。

表1 乳腺良恶性病灶STE及SE参数比较

Tab.1 Comparison of STE and SE parameters between benign and malignant breast lesions

组别	<i>n</i>	E_{max}/kPa	STE评分/分	SR	SE评分/分
良性	36	90.35 ± 47.75	2.33 ± 0.93	3.51 ± 1.30	2.92 ± 0.77
恶性	70	140.84 ± 63.61	3.21 ± 0.76	5.49 ± 2.24	4.30 ± 0.75
<i>t</i> 值		4.190	5.244	4.879	8.921
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

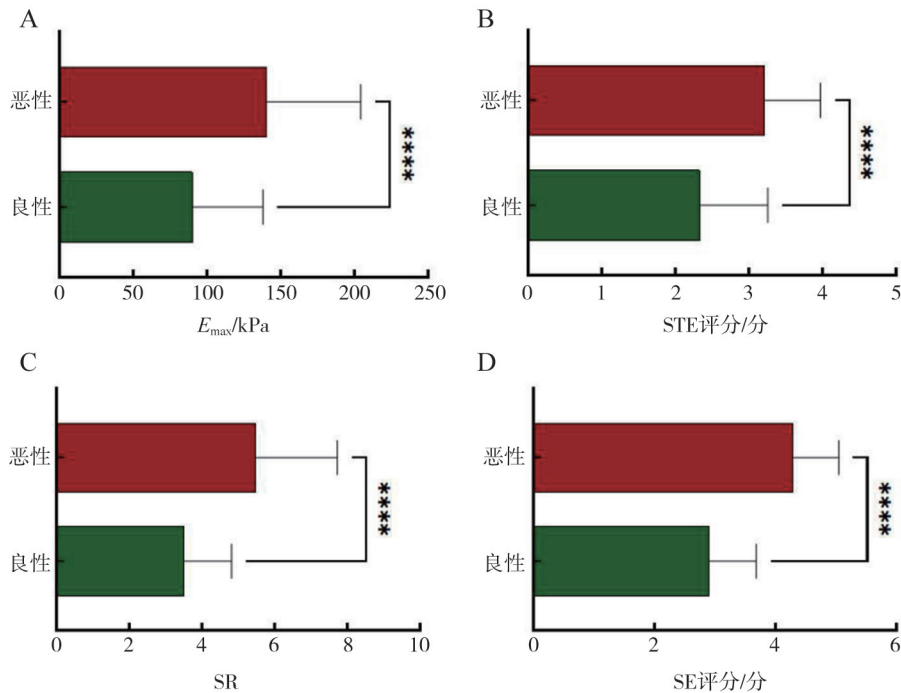


图2 BI-RADS 4类乳腺良恶性病灶STE及SE参数差异

Fig.2 Differences in STE and SE parameters between BI-RADS 4 benign and malignant breast lesions

A: E_{max} 差异; B: STE评分差异; C: SR差异; D: SE评分差异。*: $P<0.05$; **: $P<0.01$; ***: $P<0.001$; ****: $P<0.0001$ 。

表2 各参数诊断结果与病理学检查结果比较

Tab.2 Comparison of diagnostic results of each parameter with pathological examination results

病理学检查结果	E_{max}/kPa		STE评分/分		SR		SE评分/分	
	>93.46	≤93.46	>2	≤2	>3.89	≤3.89	>3	≤3
良性	13	23	15	21	11	25	8	28
恶性	56	14	58	12	57	13	60	10
χ^2 值	20.154		18.813		26.754		41.673	
<i>P</i> 值	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	
Kappa值	0.436		0.420		0.502		0.626	

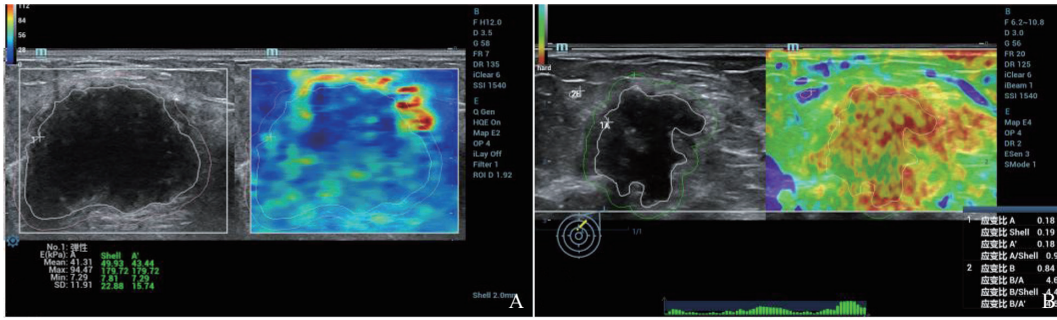


图3 浸润性乳腺癌超声弹性成像图

Fig.3 Ultrasonic elastography of invasive breast cancer

A: STE图像, E_{max} 为94.47 kPa, STE评分为3分; B: SE图像, SR为4.62, SE评分为5分。

表3 各参数诊断效能

Tab.3 Diagnostic efficiency of each parameter

参数	截断值	AUC (95% CI)	灵敏度/%	特异度/%	准确度/%	P值
E_{max}	93.46 ^a	0.743 (0.649~0.823)	80.0	63.9	74.5	<0.001
STE评分	2 ^b	0.756 (0.663~0.834)	82.9	58.3	74.5	<0.001
SR	3.89	0.783 (0.692~0.857)	81.4	69.4	77.4	<0.001
SE评分	3 ^b	0.883 (0.806~0.937)	85.7	77.8	83.0	<0.001

a: 单位为kPa; b: 单位为分。

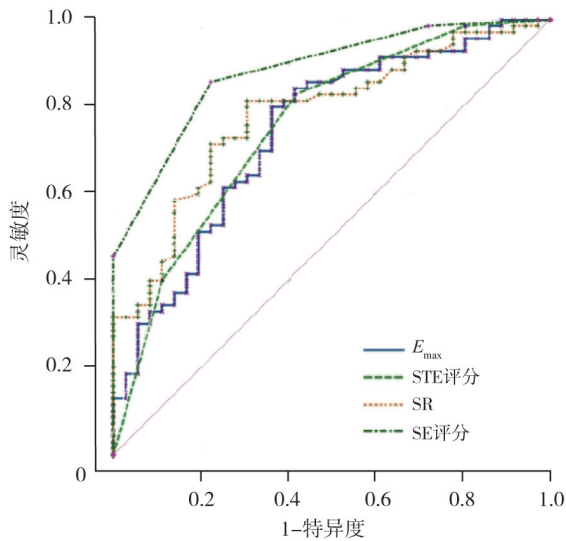


图4 E_{max} 、STE评分、SR、SE评分诊断乳腺病灶良恶性ROC曲线

Fig.4 ROC curves of E_{max} , STE score, SR, SE score in the diagnosis of benign and malignant breast lesions

2.3 E_{max} 、STE评分、SR、SE评分对HER2表达的相关性

70例BI-ARDS 4类乳腺恶性病灶患者中, HER2阳性32例, HER2阴性38例。与HER2阴性组相比, HER2阳性组的 E_{max} 、SE评分均较高, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); SR、STE评分在HER2阳性与阴性组之间差异无统计学意义 ($P > 0.05$, 表4)。

E_{max} 、SE评分与HER2阳性表达呈正相关 ($r = 0.458, 0.356, P < 0.05$)。 E_{max} 与SE评分诊断HER2阳性表达的ROC曲线显示, 最佳截断值为123.75 kPa和4分, 灵敏度为81.2%和62.5%, 特异度为60.5%和68.4%, AUC为0.766和0.689 (表5, 图5)。

表4 HER2表达的STE及SE参数比较

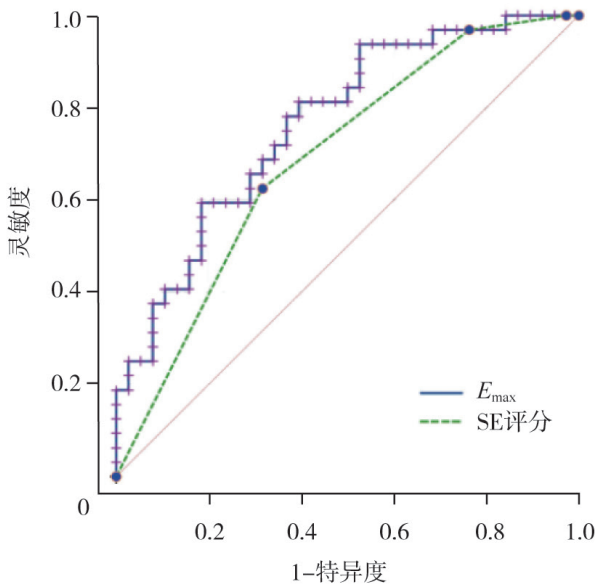
Tab.4 Comparison of STE and SE parameters of HER2 expression

组别	n	E_{max} /kPa	STE评分/分	SR	SE评分/分
HER2表达阳性	32	172.67 ± 66.59	3.41 ± 0.71	5.72 ± 2.16	4.59 ± 0.56
HER2表达阴性	38	114.04 ± 47.08	3.05 ± 0.77	5.30 ± 2.32	4.05 ± 0.80
t值		4.302	1.982	0.786	3.208
P值		<0.001	0.052	0.435	0.002

表5 E_{\max} 与SE评分对于HER2阳性表达诊断效能Tab.5 Diagnostic efficacy of E_{\max} and SE score for HER2 positive expression

参数	截断值	AUC (95% CI)	灵敏度/%	特异度/%	P值
E_{\max}	123.75 ^a	0.766 (0.649~0.859)	81.2	60.5	0.000
SE评分	4 ^b	0.689 (0.806~0.937)	62.5	68.4	0.001

a: 单位为kPa; b: 单位为分。

图5 E_{\max} 与SE评分评价HER2阳性表达ROC曲线Fig.5 ROC curves of HER2 positive expression evaluated by E_{\max} and SE score

3 讨 论

对于BI-RADS 4类乳腺病灶,其恶性风险为3%~95%^[6],常规超声难以明确其良恶性。恶性病灶中快速增殖的癌细胞、肿瘤微环境中较多的胶原纤维^[7],可以使病灶硬度增加,因此恶性病灶的硬度往往要大于良性病灶。STE属于剪切波弹性成像新技术,可以通过剪切波检测病灶的硬度,获取定量以及定性参数,显示病灶的硬度,鉴别其良恶性^[8]。而SE主要通过对病灶施加恒定的压力,使病灶发生形变,获取相应的定量与定性参数,通过参数反映病灶的硬度进而对病灶进行诊断^[9]。SE主要的定量与定性参数为SR与SE评分法(5分法)^[3],STE主要的定量与定性参数为弹性最大值(E_{\max})与STE评分法(四种模式、四分法)。Ranjakesh等^[10]的研究

结果显示,SR以1.90为最佳截断值时,诊断乳腺病灶良恶性的灵敏度为77.3%,特异度为79.6%,SE评分的最佳截断值为3分。本研究SR的最佳截断值为3.89,SE评分的最佳截断值为3分,与上述研究相比,诊断效能相似,但SR的最佳诊断值较大,SE评分的最佳截断值相同。有研究^[11]发现,STE评分的最佳截断值为2分,还有研究^[12]发现, E_{\max} 以70.7 kPa为最佳截断值时,诊断乳腺病灶良恶性的灵敏度为72.0%,特异度为65.7%。本研究STE评分最佳截断值也为2分, E_{\max} 的最佳截断值与上述研究结果相比较小,但诊断效能相似。本研究结果也再次证实SE评分和STE评分的最佳截断值分别为3分和2分。造成其余最佳截断值不同的主要原因可能与检查所用的超声诊断机器不同有关,不同的机器所使用技术也有差异,因此本研究的所有检查使用同一种超声诊断机器,消除了机器差异所造成的误差。在既往研究^[13-14]中,虽然已经比较了STE与SE诊断效能,也证明了STE与SE对于诊断乳腺病灶具有一定的价值,但并未具体到哪种参数的诊断效能更高,也并未针对BI-RADS 4类的乳腺病灶,仅仅只是笼统的 compares STE与SE诊断乳腺病灶的价值。本研究4种参数均对BI-RADS 4类乳腺病灶良恶性具有鉴别诊断价值,结果发现SE评分诊断BI-RADS 4类乳腺病灶的灵敏度、特异度、准确度、AUC均大于 E_{\max} 、STE评分和SR,对于BI-RADS 4类乳腺的病灶的诊断,SE评分的诊断效能最优。Ranjakesh等^[10]的研究也发现,在SE各种参数鉴别乳腺病灶良恶性中,SE评分的诊断效能要高于其他参数,与本研究结果相似。因此,当我们在使用STE与SE技术去鉴别BI-RADS 4类乳腺病灶良恶性时,SE评分的诊断效能最优,当BI-RADS 4类病灶SE评分大于3分时,病灶的恶性可能性越大。

HER2是位于染色体17q的原癌基因，其表达情况与乳腺癌的肿瘤转化、进展和预后不良有关^[15]。研究^[16]发现，HER2阳性表达可以抑制肿瘤细胞的凋亡，增加肿瘤细胞的存活时间，肿瘤细胞增殖活跃，生长迅速，侵袭性高。富血供病灶比乏血供病灶硬度更大^[17]，HER2阳性表达与肿瘤血管生成及血管内皮生长因子表达显著相关^[18]，因此HER2阳性表达与组织细胞基质的硬度具有相关性。相关研究^[19]发现， E_{\max} 参数对于乳腺癌的生物学预后因素具有一定的相关性，HER2阳性病灶的 E_{\max} 要大于HER2阴性病灶。沈吉等^[20]的研究也发现，超声弹性成像与乳腺癌的HER2阳性表达具有一定的相关性，可以作为乳腺癌的预后评价指标。本研究结果也发现， E_{\max} 、SE评分与HER2阳性表达呈正相关，因此，本研究认为反映肿瘤硬度的STE及SE定量与定性参数可以在一定程度上作为HER2表达的评价指标，肿瘤组织越硬， E_{\max} 值及SE评分分值也越大，其HER2阳性表达的可能性也就越大。本研究结果显示，HER2阳性表达的病灶 E_{\max} 、SE评分均大于阴性表达， E_{\max} 、SE评分在BI-RADS 4类乳腺恶性病灶中显示出显著的相关性， E_{\max} 、SE评分诊断HER2阳性表达的AUC分别为0.766、0.689，虽然在ROC曲线分析中特异度不是很高，但是 E_{\max} 的灵敏度较高。Hasebe^[21]的研究证实，HER2过表达可以促进细胞中的血管生成相关因子的表达，从而引起病灶硬度增加，HER2阳性表达时，肿瘤细胞增殖活跃，导致肿瘤细胞氧气供给不足其代谢能力下降，代谢下降会导致细胞钙质的分泌增加，钙质分泌的增加导致细胞内钙化的形成，最终导致病灶硬度增加。李艳等^[22]的研究也表明，弹性成像定量参数与HER2的表达具有相关性。Evans等^[23]的研究表明，乳腺恶性肿瘤的弹性参数对病理学预后因素有较大的评估价值，对患者术前治疗方式的选择有一定的参考价值。这些研究均支持本研究中BI-RADS 4类乳腺恶性病灶中HER2阳性组病灶组织的 E_{\max} 、SE评分相对于阴性组较高， E_{\max} 、SE评分可以鉴别HER2表达的表达情况的结论，因此，对于BI-RADS 4类乳腺病灶弹

性超声诊断高度怀疑为恶性病灶且具有较高 E_{\max} 值与SE评分值时，HER2可能阳性表达，应该引起临床医师重视，这对于指导乳腺癌患者的个体化治疗具有重要的影像学意义。

STE与SE的诊断效能也会受到一定因素的影响，如病灶组织因感兴趣区域有限、STE的剪切波无法完全穿透病变组织、正常和异常乳腺组织中剪切波速度的巨大差异、反射和折射引起的伪影可能会增加等^[24]。SE的诊断效能会受到病灶自身物理性质等多种因素的影响，如探头施加压力的大小、病灶的深度、仪器的调节等。在检查中，应该尽量减少这些因素所造成的误差。

综上所述，STE与SE诊断BI-RADS 4类乳腺良恶性病灶均具有一定价值，SE诊断效能要优于STE，尤其是SE评分法定性诊断， E_{\max} 与SE评分与HER2的表达具有相关性， E_{\max} 与SE评分可以作为乳腺癌HER2阳性表达的评价指标，期望可以为临床精准化治疗提供更多的前期超声弹性成像信息。

第一作者：

柯强 (ORCID: 0009-0005-6303-4165)，硕士。

通信作者：

陈武 (ORCID: 0000-0002-0736-6764)，硕士，主任医师，E-mail:13633411868@163.com。

作者贡献声明：

柯强：病例收集，文章撰写，数据资料收集，数据统计分析；刘晓芳：病例收集、数据分析、论文指导；任家仪、王超：病例收集、数据收集；陈武：选题，审校，论文指导。

[参 考 文 献]

- [1] SIEGEL R L, MILLER K D, WAGLE N S, et al. Cancer statistics, 2023 [J]. CA Cancer J Clin. 2023, 73(1): 17-48.
- [2] SPAK D A, PLAXCO J S, SANTIAGO L, et al. BI-RADS® fifth edition: a summary of changes [J]. Diagn Interv Imaging. 2017, 98(3): 179-190.
- [3] BARR R G. Future of breast elastography [J]. Ultrasonography, 2019, 38(2): 93-105.
- [4] TOZAKI M, FUKUMA E. Pattern classification of ShearWave™ Elastography images for differential diagnosis between benign and malignant solid breast masses [J]. Acta Radiol, 2011, 52(10): 1069-1075.
- [5] ITOH A, UENO E, TOHNO E, et al. Breast disease: clinical application of US elastography for diagnosis [J]. Radiology, 2006, 239(2): 341-350.
- [6] 中国抗癌协会乳腺癌专业委员会, 中华医学会肿瘤学分

- 会乳腺肿瘤学组. 中国抗癌协会乳腺癌诊治指南与规范 (2024年版) [J]. 中国癌症杂志, 2023, 33(12): 1092–1186.
- The Society of Breast Cancer China Anti-Cancer Association, Breast Oncology Group of the Oncology Branch of the Chinese Medical Association. Guidelines for breast cancer diagnosis and treatment by China Anti-cancer Association (2024 edition) [J]. *China Oncol*, 2023, 33(12): 1092–1187.
- [7] HU D D, LI Z Q, ZHENG B, et al. Cancer-associated fibroblasts in breast cancer: challenges and opportunities [J]. *Cancer Commun (Lond)*, 2022, 42(5): 401–434.
- [8] WANG Y, LIU Y B, ZHENG X Y, et al. Added value of different types of elastography in evaluating ultrasonography detected breast lesions: a compared study with mammography [J]. *Clin Breast Cancer*, 2020, 20(3): e366–e372.
- [9] MA Y, ZHANG S, LI J, et al. Comparison of strain and shear-wave ultrasonic elastography in predicting the pathological response to neoadjuvant chemotherapy in breast cancers [J]. *Eur Radiol*, 2017, 27(6): 2282–2291.
- [10] RANJKESH M, HAJIBONABI F, SEIFAR F, et al. Diagnostic value of elastography, strain ratio, and elasticity to B-mode ratio and color Doppler ultrasonography in breast lesions [J]. *Int J Gen Med*, 2020, 13: 215–224.
- [11] 沈倩倩, 刘晓芳, 任志翔, 等. 剪切波弹性成像和超声造影联合评分鉴别不同大小BI-RADS 4类乳腺肿块良恶性的临床价值 [J]. 临床超声医学杂志, 2022, 24(7): 521–526.
- SHEN Q Q, LIU X F, REN Z X, et al. Clinical value of the combined score of shear wave elastography and contrast-enhanced ultrasound in differentiating benign and malignant BI-RADS 4 breast masses with different size [J]. *J Clin Ultrasound Med*, 2022, 24(7): 521–526.
- [12] BAE J S, CHANG J M, LEE S H, et al. Prediction of invasive breast cancer using shear-wave elastography in patients with biopsy-confirmed ductal carcinoma in situ [J]. *Eur Radiol*, 2017, 27(1): 7–15.
- [13] JIANG H W, YU X D, ZHANG L N, et al. Diagnostic values of shear wave elastography and strain elastography for breast lesions [J]. *Rev Med Chil*, 2020, 148(9): 1239–1245.
- [14] SHAHZAD R, FATIMA I, ANJUM T, et al. Diagnostic value of strain elastography and shear wave elastography in differentiating benign and malignant breast lesions [J]. *Ann Saudi Med*, 2022, 42(5): 319–326.
- [15] BASSULLU N, TURKMEN I, DAYANGAC M, et al. The predictive and prognostic significance of c-erb-B2, EGFR, PTEN, mTOR, PI3K, p27, and ERCC1 expression in hepatocellular carcinoma [J]. *Hepat Mon*, 2012, 12(10 HCC): e7492.
- [16] ZUO W J, JIANG Y Z, WANG Y J, et al. Dual characteristics of novel HER2 kinase domain mutations in response to HER2-targeted therapies in human breast cancer [J]. *Clin Cancer Res*, 2016, 22(19): 4859–4869.
- [17] LING W W, LU Q, LU C L, et al. Effects of vascularity and differentiation of hepatocellular carcinoma on tumor and liver stiffness: in vivo and in vitro studies [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2014, 40(4): 739–746.
- [18] GOUSSIA A, SIMOU N, ZAGOURI F, et al. Associations of angiogenesis-related proteins with specific prognostic factors, breast cancer subtypes and survival outcome in early-stage breast cancer patients. A Hellenic Cooperative Oncology Group (HeCOG) trial [J]. *PLoS One*, 2018, 13(7): e0200302.
- [19] LIU C X, ZHOU J, CHANG C, et al. Feasibility of shear wave elastography imaging for evaluating the biological behavior of breast cancer [J]. *Front Oncol*, 2022, 11: 820102.
- [20] 沈 吉, 韩运生, 陈文显. 乳腺癌超声弹性成像与组织学特征、分子生物学指标的相关性 [J]. 中国老年学杂志, 2019, 39(1): 72–74.
- SHEN J, HAN Y S, CHEN W X. Correlation between ultrasonic elastography and histological characteristics and molecular biological indexes of breast cancer [J]. *Chin J Gerontol*, 2019, 39(1): 72–74.
- [21] HASEBE T. Tumor-stromal interactions in breast tumor progression: significance of histological heterogeneity of tumor-stromal fibroblasts [J]. *Expert Opin Ther Targets*, 2013, 17(4): 449–460.
- [22] 李 艳, 栾宇婷, 常静瑄, 等. 剪切波弹性成像参数对乳腺肿块的鉴别价值及与临床病理学特征的相关性分析 [J]. 肿瘤影像学, 2023, 32(6): 506–511.
- LI Y, LUAN Y T, CHANG J X, et al. The value of shear wave elastography parameters in the identification of breast mass and their correlation with clinicopathological features [J]. *Oncoradiology*, 2023, 32(6): 506–511.
- [23] EVANS A, SIM Y T, POURREYRON C, et al. Pre-operative stromal stiffness measured by shear wave elastography is independently associated with breast cancer-specific survival [J]. *Breast Cancer Res Treat*, 2018, 171(2): 383–389.
- [24] WU H Y, ZHANG S N, WANG C, et al. Comparing the accuracy between shear wave elastography and strain elastography in the diagnosis of breast tumors: systematic review and meta-analysis [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2022, 101(18): e29139.

(收稿日期: 2024-10-07 修回日期: 2025-01-03)