



· 论 著 ·

# 弹性成像参数对乳腺肿块的诊断价值

苏彤, 邓晶, 龚海燕, 王慧, 栗翠英

南京医科大学第一附属医院超声医学科, 江苏南京 210029

**[摘要]** 目的: 探讨不同弹性参数在不同切面诊断乳腺肿块的价值。方法: 对236例乳腺肿块行超声检查, 测量横切面及纵切面的应变弹性成像 (elasticity imaging, EI) 的应变率比值、面积比、长度比, 以及剪切波速度 (shear wave velocity, SWV) 的最大值、最小值及平均值。采用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线的曲线下面积 (area under curve, AUC) 比较各参数对乳腺肿块的诊断效能。结果: SWV最大值、平均值、最小值, 以及面积比、长度比和应变率比值在横切面的AUC分别为0.882、0.871、0.833、0.744、0.722和0.623; 在纵切面的AUC分别为0.866、0.863、0.786、0.774、0.719和0.593; 在联合切面的AUC分别为0.884、0.875、0.823、0.776、0.735和0.620。两切面之间仅SWV最小值的AUC差异有统计学意义 ( $P=0.031$ ), 其余参数差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。SWV最大值和平均值的AUC显著高于EI的应变率比值、面积比及长度比 ( $P<0.05$ )。多因素分析显示, SWV最大值联合面积比的AUC为0.901, 灵敏度和特异度分别为86.60%、79.86%。结论: SWV最大值和平均值诊断乳腺肿块良恶性的效能更好, SWV联合EI可提高诊断效能。

**[关键词]** 乳腺癌; 弹性成像技术; 超声; 诊断

DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2019.02.005

中图分类号: R737.9; R445.1 文献标志码: A 文章编号: 2096-6210(2019)02-0090-06

**Value of elastography parameters in diagnosis of breast lesions** SU Tong, DENG Jing, GONG Haiyan, WANG Hui, LI Cuiying (Department of Ultrasound, The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, Jiangsu Province, China)

Correspondence to: LI Cuiying Email: lynx\_ko@163.com

**[Abstract]** **Objective:** To evaluate the value of elastography parameters in the diagnosis of breast lesions in different planes. **Methods:** A total of 236 breast lesions were examined by elastography, and the quantitative parameters on transverse and longitudinal planes were calculated, including strain ratio, area ratio and distance ratio of elasticity imaging (EI), and maximal, mean and minimal shear wave velocities (SWVs). The areas under curve (AUC) of receiver operating characteristic (ROC) curve were used to compare the diagnostic efficiency of above parameters. **Results:** In transverse plane, AUCs of maximal SWV, mean SWV, minimal SWV, area ratio, distance ratio and strain ratio were 0.882, 0.871, 0.833, 0.744, 0.722 and 0.623, respectively. AUCs of those in longitudinal planes were 0.866, 0.863, 0.786, 0.774, 0.719 and 0.593, respectively. AUCs in combined planes were 0.884, 0.875, 0.823, 0.776, 0.735 and 0.620, respectively. There was significant difference in AUC of minimal SWV between the two planes ( $P=0.031$ ), but AUCs of other parameters were not significantly different ( $P>0.05$ ). The AUCs of maximal SWV and mean SWV were higher than those of area ratio, distance ratio and strain ratio ( $P<0.05$ ). Multivariate analysis showed that maximal SWV combined with area ratio had a higher AUC value of 0.901, with a sensitivity of 86.60% and a specificity of 79.86%. **Conclusion:** The maximal SWV and mean SWV show better diagnostic performance, and SWV combined with EI can improve the diagnostic efficiency.

**[Key words]** Breast cancer; Elastography; Ultrasonography; Diagnosis

乳腺癌是威胁女性健康的首要恶性肿瘤, 每年新发患者约27.9万<sup>[1]</sup>。目前, 乳腺癌的筛查和诊断方法有X线、超声、磁共振成像 (magnetic

resonance imaging, MRI) 等。常规二维超声检查可为鉴别乳腺肿块提供许多信息, 但无法测量肿块硬度。研究表明, 乳腺肿块中恶性病变比

**基金项目:** 江苏省教育厅自然科学基金 (14KJB320003); 江苏省妇幼健康科研项目 (F201627)。

**通信作者:** 栗翠英 E-mail: lynx\_ko@163.com

良性病变更硬<sup>[2-3]</sup>。弹性超声包括助力式的应变弹性成像 (elasticity imaging, EI) 和声力式的声触诊组织成像与量化技术 (virtual touch tissue imaging and quantification, VTIQ)。EI中的应变率比值、面积比、长度比, 以及VTIQ中的剪切波速度 (shear wave velocity, SWV) 最大值、最小值和平均值均可用于乳腺肿块的良好鉴别诊断<sup>[2, 4]</sup>, 但在不同切面乳腺肿块弹性值不同, 因此各参数的诊断价值存在差异性<sup>[5]</sup>。此外, 不同弹性成像技术也各有缺点, 可能导致高估或低估病变。本研究旨在比较EI与VTIQ定量参数在不同切面中的诊断效能, 并进行联合诊断, 以期提高诊断效能。

## 1 资料和方法

### 1.1 一般资料

收集2017年1月—2018年7月于南京医科大学第一附属医院就诊的乳腺疾病患者236例, 共计236个实性肿块。患者均为女性, 年龄19~80岁, 平均年龄 (45.2 ± 12.3) 岁。肿块最长径0.5~3.7 cm, 平均 (17.09 ± 8.08) mm。纳入标准: ① 实性乳腺肿瘤, 或二维超声图像上囊性成分 < 25%; ② 病灶直径5~37 mm; ③ 患侧乳腺未进行过外科手术, 无放化疗病史; ④ 所有患者年龄均 > 18岁, 为非哺乳期、非孕期女性。通过外科手术或粗针活检获得病理学诊断结果。每位患者的弹性超声检查均获得其知情同意。

### 1.2 仪器和方法

使用SIEMENS Acuson S3000彩色多普勒超声诊断仪, 将18L6线性阵列换能器 (频率为7~17 MHz) 用于常规二维超声检查, 9L4线性阵列换能器 (频率4~9 MHz) 用于VTIQ及EI检查。先用18L6探头行二维常规超声检查, 找到肿块后记录二维超声特点, 区分囊性部分与实性肿块。然后切换到9L4探头, 在不施压状态下使品质因子 (quality factor, QF) 稳定在60以上, 在弹性肿块最清晰时获取EI定量参数, 在横切面及纵切面记录应变率比值、面积比和长度比。换用

VTIQ模式, 通过调节阈值, 测量包括肿块内深红和深蓝在内的各组数据, 各采集8次。测量两个切面上肿块内SWV最大值、最小值和平均值, 并计算两个切面的平均值。操作过程中, 嘱患者屏住呼吸, 采用足够的耦合剂, 以获得高质量图像并减少呼吸运动对测定结果的干扰。

### 1.3 统计学处理

应用SPSS 22.0软件进行统计学分析, 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 良性病灶与恶性病灶之间参数比较采用两独立样本均数 $t$ 检验, 不同切面间参数比较采用配对 $t$ 检验。采用二元Logistic回归分析法分析各弹性参数, 并拟合出联合诊断预测新变量, 建立回归方程。绘制联合诊断新变量和原各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), 进行 $Z$ 检验。根据统计结果中各参数的诊断灵敏度及特异度, 获得约登指数, 以确定最佳诊断分界。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 病理学检查结果

对所有病灶均进行了病理学检查, 其结果, 良性病灶为139个, 包括乳腺纤维腺瘤83个、导管内乳头状瘤16个、乳腺腺病33个、浆细胞性乳腺炎6个、叶状肿瘤1个; 恶性病灶为97个, 包括浸润性导管癌44个、浸润性导管癌伴导管原位癌33个、导管原位癌5个、乳头状癌4个、黏液癌6个、浸润性小叶癌3个、小管癌1个、神经内分泌癌1个。

### 2.2 乳腺良恶性病灶之间各弹性定量参数的比较

无论横切面、纵切面或联合两个切面, 弹性参数的面积比、长度比、应变率比值, 以及SWV最大值、最小值和平均值在恶性组均高于良性组 ( $P$ 均 < 0.05, 表1)。各弹性定量参数在横切面均高于纵切面, 差异有统计学意义 ( $P$ 均 < 0.05)。

### 2.3 各弹性定量参数的ROC曲线分析及诊断效能比较

除面积比外, 各弹性定量参数在横切面中的灵敏度均高于纵切面(表2)。两切面之间除SWV最小值的AUC差异有统计学意义( $P=0.031$ )外, 面积比、长度比、应变率比值、SWV最大值和SWV平均值的AUC差异均无统计学意义( $P$ 均 $>0.05$ , 表3)。联合两个切面构建ROC曲线(图1), SWV最大值、平均值和最小值的AUC值分别为0.884、0.875和0.823, 高于应变率比值、面积比及长度比的AUC值(分别为0.620、0.776和0.735)。VTIQ的SWV最大值和平均值与EI各参数之间AUC差异有统计学意义(SWV最大值与长度比、面积比及应变率比值比较:  $Z=3.849$ 、 $2.887$ 、 $6.900$ ;  $P=0.0001$ 、

$0.0039$ ,  $<0.0001$ 。SWV平均值与长度比、面积比及应变率比较:  $Z=3.471$ 、 $2.564$ 、 $6.699$ ;  $P=0.0005$ 、 $0.0104$ ,  $<0.0001$ )。SWV最小值与最大值、最小值与平均值之间AUC有差异, 但最大值与平均值之间差异无统计学意义(最大值与最小值比较:  $Z=3.110$ ,  $P=0.0019$ ; 平均值与最小值比较:  $Z=3.659$ ,  $P=0.0003$ ; 最大值与平均值比较:  $Z=1.050$ ,  $P=0.2939$ )。

### 2.4 联合切面各弹性定量参数的多因素分析

多因素分析显示, 联合两切面弹性定量参数SWV最大值与面积比进入模型, 联合预测模型的AUC为0.901, 灵敏度为86.60%, 特异度为79.86%, AUC及灵敏度均高于单一弹性定量参数(表2、4)。

表1 不同切面之间各弹性定量参数值的比较

项目	所有病灶 ( $n=236$ )	良性肿块 ( $n=139$ )	恶性肿块 ( $n=97$ )	$P$ 值
面积比				
联合切面	1.12 ± 0.43	0.95 ± 0.28	1.26 ± 0.41	0.000
纵切面	0.94 ± 0.33	0.83 ± 0.28	1.10 ± 0.34	0.000
横切面	1.21 ± 0.46	1.07 ± 0.33	1.42 ± 0.52	0.000
长度比				
联合切面	1.11 ± 0.28	1.00 ± 0.23	1.16 ± 0.27	0.000
纵切面	0.98 ± 0.23	0.93 ± 0.21	1.05 ± 0.22	0.000
横切面	1.15 ± 0.31	1.08 ± 0.27	1.26 ± 0.34	0.000
应变率比值				
联合切面	2.85 ± 1.27	2.65 ± 1.19	3.13 ± 1.33	0.004
纵切面	2.29 ± 1.14	2.13 ± 1.01	2.52 ± 1.28	0.009
横切面	3.41 ± 1.61	3.18 ± 1.58	3.74 ± 1.61	0.009
SWV最大值/ ( $m \cdot s^{-1}$ )				
联合切面	4.13 ± 1.85	3.16 ± 1.13	5.52 ± 1.79	0.000
纵切面	3.74 ± 1.72	2.88 ± 1.01	4.96 ± 1.79	0.000
横切面	4.53 ± 2.07	3.44 ± 1.33	6.09 ± 1.96	0.000
SWV最小值/ ( $m \cdot s^{-1}$ )				
联合切面	2.33 ± 0.69	2.02 ± 0.51	2.78 ± 0.67	0.000
纵切面	2.11 ± 0.66	1.85 ± 0.49	2.49 ± 0.70	0.000
横切面	2.55 ± 0.77	2.19 ± 0.57	3.07 ± 0.73	0.000
SWV平均值/ ( $m \cdot s^{-1}$ )				
联合切面	3.13 ± 1.15	2.53 ± 0.69	3.98 ± 1.14	0.000
纵切面	2.90 ± 1.08	2.36 ± 0.65	3.68 ± 1.11	0.000
横切面	3.35 ± 1.25	2.71 ± 0.76	4.27 ± 1.24	0.000

注: 助力式EI弹性参数包括应变率比值、面积比和长度比; 声力式VTIQ弹性参数包括最大弹性值、最小弹性值和平均弹性值; 联合切面为两切面各弹性参数的平均值

表 2 不同切面的弹性定量参数AUC及诊断效能的比较

项目	界值	灵敏度	特异度	AUC
面积比				
纵切面	>0.95	71.13%	75.54%	0.774
横切面	>1.18	70.10%	73.38%	0.744
联合切面	>1.16	63.92%	84.89%	0.776
长度比				
纵切面	>1.06	52.58%	82.01%	0.719
横切面	>1.09	78.35%	61.15%	0.722
联合切面	>1.06	72.16%	66.19%	0.735
应变率比值				
纵切面	>2.50	48.45%	74.10%	0.593
横切面	>2.94	65.98%	54.68%	0.623
联合切面	>2.65	62.89%	58.99%	0.620
SWV最大值/ (m·s <sup>-1</sup> )				
纵切面	>3.55	78.35%	86.33%	0.866
横切面	>4.02	84.54%	79.86%	0.882
联合切面	>3.74	84.54%	83.45%	0.884
SWV最小值/ (m·s <sup>-1</sup> )				
纵切面	>2.15	71.13%	75.00%	0.786
横切面	>2.38	83.51%	69.78%	0.833
联合切面	>2.48	63.92%	87.77%	0.823
SWV平均值/ (m·s <sup>-1</sup> )				
纵切面	>2.85	74.23%	84.89%	0.863
横切面	>3.15	79.38%	82.73%	0.871
联合切面	>3.00	79.38%	82.73%	0.875

表 3 各弹性参数在横切面和纵切面间的AUC值Z比较

参数	Z值	P值
面积比	1.363	0.173
长度比	0.124	0.902
应变率比值	0.955	0.340
SWV最大值/ (m·s <sup>-1</sup> )	1.146	0.252
SWV最小值/ (m·s <sup>-1</sup> )	2.159	0.031
SWV平均值/ (m·s <sup>-1</sup> )	0.644	0.520

表 4 弹性定量参数的Logistic回归分析

影响因素	β	SE	Wald值	OR值	P值
面积比	2.149	0.592	13.167	8.573	0.000
SWV最大值	0.984	0.140	49.231	2.676	0.000

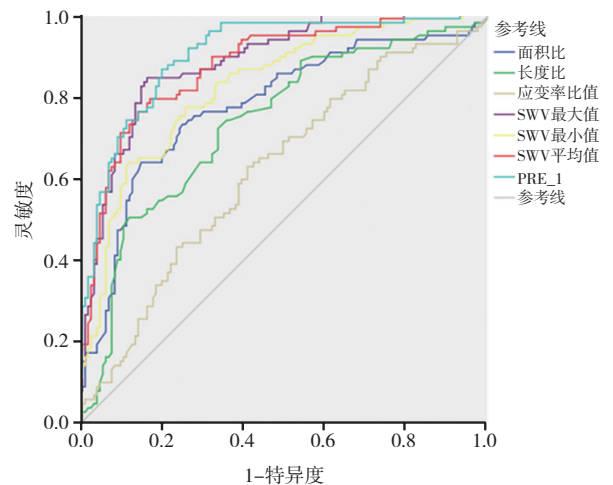


图 1 联合切面各参数的AUC曲线

注：PRE-1为多因素回归分析中SWV最大值联合面积比的诊断预测新变量

### 3 讨 论

超声弹性成像是一种生物力学成像技术。本研究中助力式EI是利用人体自身呼吸、心跳等产生的微运动,计算组织整体位移变化,从而计算组织硬度。声力式中的声脉冲辐射力成像是利用声辐射力推动的脉冲波短时间内在靶器官内产生剪切波,可测量出感兴趣区各点的SWV。其向感兴趣区内发射低压脉冲波,使局部产生微小形变,形成纵波和横波,而利用这两个方向的形变波衍生的VTIQ具有更多优越性。EI和剪切波弹性成像均可辅助常规超声诊断,从而提高乳腺癌的诊断准确性<sup>[6-7]</sup>。

本研究中,无论EI还是VTIQ,各弹性定量参数在恶性肿块中更高。这是因为不同组织的弹性值不同:浸润性导管癌>非浸润性导管癌>纤维组织>正常纤维组织>脂肪<sup>[8]</sup>;且恶性组织牵拉、浸润周围组织,导致硬度增加<sup>[9]</sup>。

本研究中,联合切面中SWV最大值、平均值及最小值的AUC分别为0.884、0.875及0.823,均大于0.8,有较高的诊断价值。SWV最大值与平均值的AUC无明显差异,与Liu等<sup>[6]</sup>的研究一致。但SWV最小值的AUC值低于SWV最大值和平均值,且SWV最大值和平均值的诊断AUC及灵敏度高于SWV最小值,这可能是由于乳腺癌间质反应使纤维细胞朝向肿瘤边缘生长,弹性成像时肿瘤周围组织硬度增大<sup>[10]</sup>。同时,恶性肿瘤组织对周围组织浸润并施加大小不等的牵拉力,导致周围组织血管扭曲、扩张,引起周围弹性模量增高,从而出现硬环、肿块内部衰减、测量值偏低,因此SWV最小值无法真实全面地反映肿瘤的硬度特征<sup>[9]</sup>。

本研究中,不同切面之间EI与VTIQ各参数的弹性值不同,且横切面更高,与既往研究一致<sup>[11-12]</sup>。可能原因如下:①乳腺病灶的各向异性,剪切波在乳腺腺体和脂肪组织的放射状结构平面上及肿瘤生长方向上传播更快<sup>[11, 13]</sup>。②肿块在不同切面向周围组织浸润的范围及趋势不同,剪切波顺着肿瘤浸润方向传播时,速度更快。虽然两个切面之间硬度值有差异,但无论

EI的应变率比值、面积比和长度比,还是VTIQ的SWV最大值和平均值,AUC差异均无统计学意义,与既往研究一致<sup>[14]</sup>,表明大多数弹性定量参数在两个切面均可用于诊断乳腺结节,具有相同的诊断价值。SWV最小值的AUC在横切面及纵切面上分别为0.833和0.786,差异有统计学意义,反映了在某些切面上组织各向异性仍会影响某些弹性定量参数的诊断效能,可能与上述各向异性有关,但需大样本和多中心实验进一步验证。除面积比外,横切面上各弹性参数的灵敏度均高于纵切面,提示临床可选用横切面进行弹性超声以诊断乳腺肿块。

不同于既往一些研究中助力式弹性参数获得的较高诊断效能<sup>[7, 15-16]</sup>,本研究中VTIQ的SWV最大值和平均值的AUC优于EI定量参数,具有更高的灵敏度和特异度。这是因为VTIQ具有自身的优越性:①为静态成像,更少依赖操作者,也更客观;②感兴趣区更小,仅为1 mm×1 mm,且可多点重复测量;③全自动成像,重复性高<sup>[17]</sup>。而EI利用患者自身呼吸、心跳等微小形变进行助力式弹性成像,更多依赖操作者经验,且重复性较差。

本研究存在以下不足。首先,弹性超声仅由1名操作员执行,可能导致操作者选择偏倚。本研究中恶性病变大多为浸润性导管癌,良性病变大多为纤维腺瘤,需纳入更多种类的乳腺肿瘤,也需多中心大样本研究进一步检验。其次,需排除其他混杂因素包括探测深度、乳腺厚度等。因为弹性参数测量结果与探测深度有关,深度越大,弹性测值变异越大,但同一深度的测值无明显差异。随着深度增加,线阵探头对感兴趣区的弹性低估程度越来越明显<sup>[18]</sup>。对于较浅的病灶,可能由于操作者施压而导致高估病灶,此时需更多的耦合剂和减轻操作者的施压以减少误差。

综上所述,VTIQ的SWV最大值和平均值诊断乳腺肿块良恶性的效能更好,声力式联合助力式弹性超声检查可提高诊断效能。在临床实践中,可结合常规超声检查,选用不同弹性定量参数,从而更好地判断乳腺肿块良恶性。

## [参 考 文 献]

- [1] 陈万青, 李贺, 孙可欣, 等. 2014年中国恶性肿瘤发病和死亡分析 [J]. 中华肿瘤杂志, 2018, 40(1): 5-13.
- [2] KIM Y S, PARK J G, KIM B S, et al. Diagnostic value of elastography using acoustic radiation force impulse imaging and strain ratio for breast tumors [J]. J Breast Cancer, 2014, 17(1): 76-82.
- [3] ZHANG Y, ZHAO C K, LI X L, et al. Virtual touch tissue imaging and quantification: value in malignancy prediction for complex cystic and solid breast lesions [J]. Sci Rep, 2017, 7(1): 7807.
- [4] BARR R G, NAKASHIMA K, AMY D, et al. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 2: breast [J]. Ultrasound Med Biol, 2015, 41(5): 1148-1160.
- [5] CHOI H Y, SOHN Y M, SEO M. Comparison of 3D and 2D shear-wave elastography for differentiating benign and malignant breast masses: focus on the diagnostic performance [J]. Clin Radiol, 2017, 72(10): 878-886.
- [6] LIU H, ZHAO L X, XU G, et al. Diagnostic value of virtual touch tissue imaging quantification for benign and malignant breast lesions with different sizes [J]. Int J Clin Exp Med, 2015, 8(8): 13118-13126.
- [7] MENEZES R, SARDESSAI S, FURTADO R, et al. Correlation of strain elastography with conventional sonography and FNAC/biopsy [J]. J Clin Diagn Res, 2016, 10(7): TC05-10.
- [8] KROUSKOP T A, WHEELER T M, KALLEL F, et al. Elastic moduli of breast and prostate tissues under compression [J]. Ultrason Imaging, 1998, 20(4): 260-274.
- [9] 赵亚楠, 杨会, 黄品同, 等. 剪切波弹性成像定量分析与硬环征在鉴别诊断乳腺肿块良恶性中的意义 [J]. 中华超声影像学杂志, 2017, 26(12): 1062-1068.
- [10] ZHOU J, ZHAN W, CHANG C, et al. Breast lesions: evaluation with shear wave elastography, with special emphasis on the "stiff rim" sign [J]. Radiology, 2014, 272(1): 63-72.
- [11] 陈雅玲, 高毅, 王芬, 等. 乳腺剪切波弹性成像的各向异性与组织病理学的相关性 [J]. 中华超声影像学杂志, 2017, 26(3): 254-258.
- [12] 黄春荣, 杨少伟, 谢丽玲, 等. 在不同切面中应用超声弹性成像面积比值法对BI-RADS 4级乳腺肿块良恶性判断的价值 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2015, 26(3): 175-178.
- [13] DAUGSCHIES M, ROHDE K, GLÜER C C, et al. The preliminary evaluation of a 1 MHz ultrasound probe for measuring the elastic anisotropy of human cortical bone [J]. Ultrasonics, 2014, 54(1): 4-10.
- [14] 陈雅玲, 高毅, 王芬, 等. 乳腺病灶三维实时剪切波弹性成像定量特征及其诊断价值 [J]. 中华超声影像学杂志, 2017, 26(7): 613-617.
- [15] 张花, 成涓, 冉海涛, 等. 弹性成像诊断BI-RADS IV级乳腺肿块良恶性的临床研究 [J]. 中国超声医学杂志, 2013, 29(5): 424-427.
- [16] 欧冰, 吴嘉仪, 周薪传, 等. 多中心研究: 弹性应变率比值对弹性评分法评估乳腺病灶良恶性的辅助价值探讨 [J]. 中华超声影像学杂志, 2017, 26(10): 867-871.
- [17] CHEN Y P, HAN T, WU R, et al. Comparison of virtual touch tissue quantification and virtual touch tissue imaging quantification for diagnosis of solid breast tumors of different sizes [J]. Clin Hemorheol Microcirc, 2016, 64(2): 235-244.
- [18] 王立娟, 勇强, 包晶晶, 等. 应用剪切波技术测量模块弹性值符合度的试验研究 [J]. 中国超声医学杂志, 2018, 34(7): 655-659.

(收稿日期: 2018-10-15 修回日期: 2018-11-15)