·临床研究·

剪切波弹性成像在乳腺肿块良恶性鉴别及腋窝淋巴结 转移预测中的临床价值

孟飞逸,焦兰兰,范晨晨,刘银,张晓静,隋洋

要 目的 应用剪切波弹性成像(SWE)定量分析乳腺肿块及其周缘区域硬度,探讨其在鉴别肿块良恶性及 摘 预测腋窝淋巴结转移(ALNM)中的临床价值。方法 选取我院经手术病理确诊的乳腺肿块患者231例,其中恶性肿块 111例(恶性组,ALNM者40例,无ALNM者71例)和良性肿块120例(良性组);应用SWE测量肿块及距离其1mm、2mm、 3 mm 周缘区域杨氏模量最大值、平均值、标准差及最小值(Emax、Emean、Esd、Emin、E1max、E1mean、E1sd、E1min、 E2max、E2mean、E2sd、E2min、E3max、E3mean、E3sd、E3min),比较两组上述参数的差异;绘制受试者工作特征(ROC)曲 线分析 SWE 参数鉴别乳腺肿块良恶性的诊断效能。进一步比较恶性组中 ALNM 者与无 ALNM 者 SWE 参数的差异; 分析肿块及其周缘区域 SWE 参数与 ALNM 的相关性: ROC 曲线分析 SWE 参数预测乳腺恶性肿块 ALNM 的诊断效能。 结果 恶性组 Emax、Emean、Esd、E1max、E1mean、E1sd、E2max、E2mean、E2sd、E3max、E3mean、E3sd 均较良性组增大,差 异均有统计学意义(均P<0.05);两组Emin、E1min、E2min、E3min比较差异均无统计学意义。ROC曲线分析显示,Emax、 Emean、Esd、E1max、E1mean、E1sd、E2max、E2mean、E2sd、E3max、E3mean、E3sd 鉴别诊断乳腺肿块良恶性的 AUC 分别为 0.815、0.842、0.726、0.834、0.802、0.831、0.867、0.840、0.779、0.852、0.818、0.794,其中E1max、E2max、E3max 鉴别诊断乳腺 肿块良恶性的 AUC 均高于 Emax,差异均有统计学意义(均 P<0.05); E2max 的 AUC 最高,为0.867(95%可信区间:0.818~ 0.915), 其对应的灵敏度为73.9%, 特异度为87.5%。恶性组中ALMN者与无ALMN者Emax、E1mean、E1max、E1sd、 E2max、E2mean、E2sd、E3max、E3mean、E3sd比较差异均有统计学意义(均P<0.05),且均与ALNM呈正相关(r=0.399、 0.283、0.499、0.445、0.535、0.445、0.384、0.580、0.394、0.471,均P<0.05),其中以E3max相关性系数最大。ROC曲线分析显 示, E3max预测乳腺恶性肿块 ALMN的 AUC为 0.849(95% 可信区间: 0.771~0.927), 其对应的灵敏度为 72.5%, 特异度为 87.3%。结论 乳腺肿块及其周缘区域SWE参数可有效鉴别其良恶性,并预测ALNM状态,可为术前乳腺恶性肿块的临 床决策提供参考。

关键词 剪切波弹性成像;乳腺肿块,良恶性;腋窝淋巴结转移 [中图法分类号]R445.1;R737.9 [文献标识码]A

Clinical value of shear wave elastography in the differentiation of benign and malignant breast masses and prediction of lymph node metastasis

MENG Feiyi, JIAO Lanlan, FAN Chenchen, LIU Yin, ZHANG Xiaojing, SUI Yang

Department of Ultrasound Medicine, the First Affiliated Hospital of Bengbu Medical University, Bengbu 233099, China

ABSTRACT Objective To quantitatively analyze the hardness of breast masses and their peripheral region by shear wave elastography (SWE), and to explore its clinical value in differentiating benign and malignant breast masses and predicting axillary lymph node metastasis (ALNM). **Methods** A total of 231 patients with breast masses confirmed by surgical pathology in our hospital were selected, including 111 cases of malignant masses [malignant group, 40 cases with axillary lymph node metastasis (ALNM) and 71 cases without ALNM] and 120 cases of benign masses (benign group). The maximum, average,

基金项目:安徽省高等学校科学研究项目(2023AH051944)

作者单位:蚌埠医科大学第一附属医院超声医学科,安徽蚌埠233099

通讯作者:隋洋,Email:253734569@qq.com

standard deviation, minimum values of Young's modulus of the masses, and the peripheral regions 1 mm, 2 mm and 3 mm away from the masses (Emax, Emean, Esd, Emin, Elmax, Elmean, Elsd, Elmin, E2max, E2mean, E2sd, E2min, E3max, E3mean, E3sd, E3min) were measured by SWE. The differences in above parameters were compared between the two groups. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic efficacy of the SWE parameters for differentiating benign and malignant breast masses. The differences in SWE parameters between patients with and without ALNM in malignant group were compared. The correlation between SWE parameters of masses and their peripheral regions and ALNM were analyzed. ROC curves was drawn to analyze the diagnostic efficacy of SWE parameters for predicting ALNM. Results Emax, Emean, Esd, E1max, E1mean, E1sd, E2max, E2mean, E2sd, E3max, E3mean and E3sd in malignant group were higher than those in benign group, the differences were statistically significant (all P<0.05). There were no significant differences in Emin, E1min, E2min and E3min between the two groups.ROC curve analysis showed that the area under the curve of Emax, Emean, Esd, E1max, E1mean, E1sd, E2max, E2mean, E2sd, E3max, E3mean, E3sd for differentiating benign and malignant breast masses were 0.815, 0.842, 0.726, 0.834, 0.802, 0.831, 0.867, 0.840, 0.779, 0.852, 0.818, 0.794, respectively. Among them, the AUC of E1max, E2max, and E3max for differentiating benign and malignant breast masses were all higher than that of Emax, the differences were statistically significant (all P<0.05). The AUC of E2max was the highest, which was 0.867 (95% confidence interval: 0.818~0.915), with a sensitivity of 73.9% and a specificity of 87.5%. There were significant differences in Emax, E1mean, E1max, E1sd, E2max, E2mean, E2sd, E3max, E3mean and E3sd between patients with ALMN and without ALMN in malignant group (all P<0.05), and which were all positively correlated with ALNM (r=0.399, 0.283, 0.499, 0.445, 0.535, 0.445, 0.384, 0.580, 0.394, 0.471, all P<0.05). Among them, E3max had the highest correlation coefficient. ROC curve analysis showed that the AUC of E3max for predicting ALMN in malignant breast masses was 0.849 (95% confidence interval: 0.771~0.927, P<0.05), with a sensitivity of 72.5% and a specificity of 87.3%. Conclusion The SWE parameters of masses and their peripheral region can effectively differentiate the benign and malignant breast masses, and demonstrate predictive value for ALNM, which can provide valuable reference for preoperative staging of malignant breast masses and treatment strategy selection. KEY WORDS Shear wave elastography; Breast masses, benign and malignant; Axillary lymph node metastasis

根据2022年癌症统计数据印分析显示,乳腺癌是 女性最常见的癌症。早期发现乳腺恶性肿块有助于 提高其治愈率。超声具有无创、无辐射、价廉等优势, 目前已成为筛查乳腺疾病的首选检查方式。其中剪 切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)通过测 量剪切波在组织中的传播速度,精确反映病变区域的 组织力学特征,为无创鉴别诊断乳腺肿块良恶性提供 了依据[2-4]。研究[5-6]表明,乳腺肿块周缘区域易受到 癌细胞侵袭或扩散影响,肿块微环境是乳腺恶性肿块 发生和进展的关键因素。腋窝淋巴结转移(axillary lymph node metastasis, ALNM)状态是指导临床医师制 定治疗方案及评估患者预后的关键因素[7]。研究[8]报 道,乳腺恶性肿块ALNM患者5年生存率较早期无 ALNM患者明显下降。因此,客观评估乳腺肿块及其 周缘区域硬度以预测 ALNM 状态具有重要临床意 义。本研究应用SWE定量分析乳腺肿块及其周缘区 域硬度,探讨其在鉴别肿块良恶性及预测 ALNM 状 态的临床价值,旨在为术前乳腺恶性肿块的临床决 策提供参考。

资料与方法

一、研究对象

选取2023年1月至2024年6月我院经手术病理 确诊的乳腺肿块患者231例,均为女性、单发病灶,年龄 18~72岁,平均(45.45±11.35)岁;最大径11.5~38.2 mm, 平均(21.24±11.57)mm,其中良性肿块120例(良性 组),包括腺瘤105例、硬化性腺病7例、导管内乳头状 瘤6例、肉芽肿性乳腺炎2例;恶性肿块111例(恶性 组),包括浸润性导管癌74例、导管内癌25例、浸润性 小叶癌6例、黏液癌4例、髓样癌2例。恶性组中, ALNM者40例,无ALNM者71例。纳入标准:①乳腺 肿块不超出一个图像视野;②患者配合检查,无精神 病史;③术后病理资料完整。排除标准:①术前超声 检查资料不完整;②既往接受过放疗或者化疗治疗; ③乳腺囊性肿块;④肿块最大径≥4.0 cm。本研究经我 院医学伦理委员会批准(批准号:伦科批字[2024]第 230号),患者均知情同意。

二、仪器与方法

使用迈瑞Resona 7彩色多普勒超声诊断仪,线阵 探头,频率4~15 MHz。患者取仰卧位,手臂上举充分 暴露乳房及腋窝,先行常规超声检查确定肿块位置及 大小,将其置于屏幕中心,选择仪器自带的SWE模式 (图像默认双幅显示),将杨氏模量阈值设置为 140 kPa,调节感兴趣区大小及位置,感兴趣区应充分 包含肿块、肿块周缘3mm区域及周围部分正常腺体 或脂肪组织。嘱患者屏气,探头不施压,图像稳定时 间>5 s, 当屏幕右上角质控标志显示大于4颗星或可 靠性指数为80%以上时定帧存储。沿肿块轮廓通过 滑动轨迹球描记,勾画病灶边缘,系统自动测量肿块 及其周缘1mm、2mm、3mm区域杨氏模量最大值 (Emax、E1max、E2max、E3max)、平均值(Emean、 E1mean、E2mean、E3mean)、标准差(Esd、E1sd、E2sd、 E3sd)和最小值(Emin、E1min、E2min、E3min),所有参 数均重复测量3次取平均值。以上操作均由2名具有 8年乳腺超声诊断经验且熟练掌握SWE的超声医师使 用同一台超声仪器完成。

三、统计学处理

应用 SPSS 26.0 统计软件进行数据分析。计量资料以 x±s 表示,两组比较采用独立样本 t 检验。相关性分析采用 Spearman 相关性分析法。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析 SWE 参数鉴别诊断乳腺肿块良恶性及预测 ALNM 的诊断效能;曲线下面积(AUC)比较采用 DeLong 检验。P<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

一、两组SWE参数比较

恶性组 Emax、Emean、Esd、E1max、E1mean、E1sd、 E2max、E2mean、E2sd、E3mean、E3sd 均较良性 组增大,差异均有统计学意义(均P<0.05);两组Emin、 E1min、E2min、E3min比较差异均无统计学意义。见 表1和图1~3。

二、SWE参数鉴别乳腺肿块良恶性的诊断效能

将上述差异有统计学意义的SWE参数纳入ROC 曲线分析,结果显示E1max、E2max、E3max鉴别诊断乳 腺肿块良恶性的AUC均高于Emax,差异均有统计学意 义(均P<0.05);其中E2max的AUC最高,为0.867,诊断 截断值为123.44 kPa,其对应的灵敏度为73.9%,特异 度为87.5%。见表2和图4。

三、恶性组中ALNM者与无ALNM者SWE参数比较

恶性组中 ALNM 者 Emax、E1mean、E1max、E1sd、 E2max、E2mean、E2sd、E3max、E3mean、E3sd 均较无 ALNM者增大,差异均有统计学意义(均P<0.05);二者 其余参数比较差异均无统计学意义。见图2,3和表3。

四、乳腺恶性肿块 SWE 参数与 ALNM 状态的相关 性分析

相关性分析显示, Emax、Emean、E1max、E1sd、 E2max、E2mean、E2sd、E3max、E3mean、E3sd 与 ALNM 状态均呈正相关(均 P<0.01),其中以 E3max 的相关性 系数最大。见表4。

五、SWE参数预测乳腺恶性肿块 ALNM 的诊断 效能

ROC曲线分析显示, Emax、Emean、E1max、E1sd、 E2max、E2mean、E2sd、E3max、E3mean、E3sd预测乳腺 恶性肿块 ALNM的 AUC 分别为 0.740、0.670、0.800、 0.767、0.821、0.768、0.731、0.849、0.737、0.783, 其中以 E3max的 AUC 最高, 其诊断截断值为 180.87 kPa, 对应的灵敏度为 72.5%, 特异度为 87.3%。见表 5 和图 5。

表1 两组SWE参数比较(*x*±*s*)

kPa

· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·							KI a	
组别	Emax	Emean	Esd	Emin	E1max	E1mean	E1sd	E1min
良性组	75.54±24.97	29.19±7.76	9.56±2.89	9.33±4.89	84.34±26.32	29.58±8.55	10.62±3.96	8.94±5.06
恶性组	124.33±40.34	41.26±8.58	11.97±3.34	9.54±5.96	141.38±45.67	41.43±11.25	18.49±6.80	10.23±8.03
t 值	11.138	11.221	5.867	0.285	11.734	9.050	10.849	1.466
P值	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.776	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.144
组别	E2max	E2mean	E2sd	E2min	E3max	E3mean	E3sd	E3min
良性组	93.53±26.24	30.25±8.93	11.76±5.04	9.17±4.59	96.97±28.24	31.51±8.76	11.73±3.90	8.15±3.79
恶性组	160.92±55.06	45.51±11.92	17.81±6.49	9.65±6.18	162.60±54.81	45.45±11.40	18.20±6.34	9.21±5.17
t 值	12.013	11.056	7.933	0.674	11.526	10.420	9.416	1.784
P值	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.501	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.076

Emax、Emean、Esd、Emin:分别为乳腺肿块杨氏模量最大值、平均值、标准差、最小值;E1max、E1mean、E1sd、E1min:分别为乳腺肿块周缘1mm区域杨氏模量最大值、平均值、标准差、最小值;E2max、E2mean、E2sd、E2min:分别为乳腺肿块周缘2mm区域杨氏模量最大值、平均值、标准差、最小值;E3max、E3mean、E3sd、E3min:分别为乳腺肿块周缘3mm区域杨氏模量最大值、平均值、标准差、最小值



A: Emax、Emean、Esd、Emin:分别为 72.37、32.20、12.17、9.06 kPa; B: E1max、E1mean、E1sd、Emin:分别为 83.94、34.49、14.23、9.06 kPa; C: E2max、E2mean、E2sd、Emin:分别为 84.32、34.89、15.53、9.06 kPa; D: E3max、E3mean、E3sd、Emin:分别为 84.32、33.80、15.61、9.06 kPa

图1 良性组一乳腺纤维腺瘤患者(26岁)SWE图



A:Emax、Emean、Esd、Emin:分别为116.23、48.58、11.57、30.50 kPa;B:E1max、E1mean、E1sd、E1min:分别为118.38、51.63、15.07,30.30 kPa;C:E2max、 E2mean1、E2sd、E2min:分别为22.21、52.62、16.21、26.91 kPa;D:E3max、E3mean、E3sd、E3min:分别为122.21、52.17、15.80、26.91 kPa **图**2 恶性组一无 ALNM 的乳腺浸润性导管癌患者(36岁)SWE图



A: Emax、Emean、Esd、Emin:分别为139.19、45.66、9.73、16.55 kPa; B: E1max、E1mean、E1sd、E1min:分别为167.68、46.73、12.54、15.42 kPa; C: E2max、 E2mean、E2sd、E2min:分别为206.87、48.82、17.33、15.30 kPa; D: E3max、E3mean、E3sd、E3min:分别为206.87、50.25、19.87、13.85 kPa 图 3 恶性组中—ALNM的乳腺浸润性导管癌患者(56岁)SWE图

参数	截断值	灵敏度 (%)	特异度 (%)	AUC及其95% 可信区间	P值
Emax	95.74 kPa	76.6	83.3	0.815(0.755~0.875)	< 0.001
Emean	38.96 kPa	73.0	90.8	0.842(0.788~0.895)	< 0.001
Esd	9.56 kPa	79.3	65.0	0.726(0.661~0.792)	< 0.001
E1max	109.16 kPa	78.4	87.5	0.834(0.776-0.891)	< 0.001
E1mean	32.15 kPa	82.0	65.8	0.802(0.745~0.859)	< 0.001
E1sd	12.95 kPa	78.4	79.2	0.831(0.775~0.886)	< 0.001
E2max	123.44 kPa	73.9	87.5	0.867(0.818~0.915)	< 0.001
E2mean	36.66 kPa	75.7	88.3	0.840(0.785~0.895)	< 0.001
E2sd	12.74 kPa	77.5	72.5	0.779(0.718~0.840)	< 0.001
E3max	125.36 kPa	77.5	83.3	0.852(0.800~0.903)	< 0.001
E3mean	35.01 kPa	80.2	74.2	0.818(0.761~0.876)	< 0.001
E3sd	14.28 kPa	70.3	83.3	0.794(0.733~0.855)	< 0.001

表 2	SWE参数鉴别诊断到	腺肿块良	恶性的诊断	效能
18 4		M (M + M) + M (M)	TO ALL HIMMENT	AX Hr

AUC:曲线下面积

讨 论

临床上乳腺肿块的检出主要依赖于患者偶然发现或系统性体检筛查,其中乳腺恶性肿块对患者的长期预后及生存质量构成严重威胁^[1]。乳腺癌的典型病理学特征表现为多层次的基质重构,包括基底膜连续性中断、肿瘤细胞异常增殖及进行性间质纤维化。在



肿瘤进展过程中,癌细胞外基质(extracellular matrix, ECM)通过异常沉积的胶原纤维与周围组织形成致密 粘连,这种由癌巢-间质相互作用所形成的纤维化微 环境不仅为肿瘤细胞提供机械支持,更重要的是参与 维持其恶性生物学表型稳态过程^[8]。多项研究^[9-11]证 实,乳腺癌组织中胶原纤维的密度和空间排列取向与 组织硬度显著相关,而伴随肿瘤细胞快速增殖所引 发的促纤维化反应可导致病变组织硬度特征发生显 著改变。基于上述病理生理学基础,本研究应用 SWE 定量分析乳腺肿块及其周缘区域的组织硬度,

表3 恶性组中ALNM者与无ALNM者SWE参数比较(x±s)							kPa	
分类	Emax	Emean	Esd	Emin	E1max	E1mean	E1sd	E1min
ALNM 者	144.58±31.42	44.66±6.10	12.74±2.37	9.25±6.13	170.68±37.31	44.04±11.23	22.63±5.55	9.37±8.76
无ALNM者	112.91±40.51	39.34±9.19	11.54±3.73	9.70 ± 5.80	124.88±41.66	39.95±11.06	16.16±6.34	10.53±7.63
<i>t</i> 值	4.270	3.268	1.838	-0.383	5.768	1.858	5.395	-0.528
P值	< 0.001	< 0.001	0.069	0.703	< 0.001	0.066	< 0.001	0.599
分类	E2max	E2mean	E2sd	E2min	E3max	E3mean	E3sd	E3min
ALNM 者	201.31±55.32	52.44±8.46	21.40±6.70	9.46±7.96	205.19±52.10	51.91±7.98	21.99±5.57	9.40±0.58
无ALNM者	138.16±40.03	41.60±11.85	15.78±5.45	9.76±4.96	138.61±39.85	41.81±11.58	16.07±5.75	4.96±0.58
<i>t</i> 值	6.930	5.092	4.789	-0.239	7.546	4.891	5.261	0.288
<i>P</i> 值	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.812	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.774

Emax、Emean、Esd、Emin:分别为乳腺肿块杨氏模量最大值、平均值、标准差、最小值;E1max、E1mean、E1sd、E1min:分别为乳腺肿块周缘1mm区域杨氏模量最大值、平均值、标准差、最小值;E2max、E2mean、E2sd、E2min:分别为乳腺肿块周缘2mm区域杨氏模量最大值、平均值、标准差、最小值;E3max、E3mean、E3sd、E3min:分别为乳腺肿块周缘3mm区域杨氏模量最大值、平均值、标准差、最小值

表4 乳腺恶性肿块SWE参数与ALNM状态的相关性分析

会 粉r	ALNM 状态				
参奴 -	<i>r</i> 值	P值			
Emax	0.399	< 0.001			
Emean	0.283	< 0.001			
E1max	0.499	< 0.001			
E1sd	0.445	< 0.001			
E2max	0.535	< 0.001			
E2mean	0.445	< 0.001			
E2sd	0.384	< 0.001			
E3max	0.580	< 0.001			
E3mean	0.394	< 0.001			
E3sd	0.471	< 0.001			

ALNM:腋窝淋巴结转移

表5 SWE参数预测乳腺恶性肿块ALNM的诊断效能

参数	截断值	灵敏度 (%)	特异度 (%)	AUC 及其 95% 可信区间	P值
Emax	139.19 kPa	65.0	74.6	0.740(0.646~0.834)	< 0.001
Emean	41.14 kPa	90.0	49.3	0.670(0.569~0.771)	< 0.001
E1max	148.36 kPa	75.0	71.8	0.800(0.715~0.885)	< 0.001
E1sd	18.82 kPa	80.0	73.2	$0.767(0.675 \sim 0.860)$	< 0.001
E2max	170.51 kPa	72.5	81.7	0.821(0.739~0.904)	< 0.001
E2mean	49.57 kPa	87.5	66.2	0.768(0.676~0.859)	< 0.001
E2sd	18.40 kPa	75.0	71.8	0.731(0.628~0.834)	< 0.001
E3max	180.87 kPa	72.5	87.3	0.849(0.771~0.927)	< 0.001
E3mean	48.54 kPa	90.0	67.6	0.737(0.640~0.834)	< 0.001
E3sd	23.78 kPa	57.5	93.0	0.783(0.691~0.875)	< 0.001

AUC:曲线下面积

旨在探讨其在乳腺肿块良恶性鉴别及 ALNM 预测中的临床价值。

SWE 作为一种定量评估生物组织弹性力学特性 的影像学技术,在乳腺疾病的诊断及治疗监测中具有 重要的临床应用价值^[12-14]。在乳腺疾病领域,其主要



应用于鉴别肿块良恶性及评估新辅助治疗效果。本研 究通过定量分析乳腺肿块核心区及其周缘1mm、2mm、 3 mm区域的SWE参数,结果显示恶性组Emax、Emean、 Esd, Elmax, Elmean, Elsd, E2max, E2mean, E2sd, E3max、E3mean、E3sd 均较良性组增大,差异均有统 计学意义(均P<0.05)。反映了良性肿瘤细胞与恶性 肿瘤细胞固有的生物学异质性特征^[15]。且ROC曲线 分析显示, Emax、Emean、Esd、E1max、E1mean、E1sd、 E2max、E2mean、E2sd、E3max、E3mean、E3sd 鉴别诊断 乳腺肿块良恶性的AUC分别为0.815、0.842、0.726、 0.834,0.802,0.831,0.867,0.840,0.779,0.852,0.818, 0.794,相较于肿块核心区SWE参数(Emax),周缘区域 SWE参数(E1max、E2max、E3max)具有更高的鉴别诊 断效能。与叶磊等[16]提出的"肿瘤-间质界面力学梯 度"理论相吻合,同时也与恶性肿块周缘区域ECM动 态重构的病理学特征高度一致。从病理生理学机制 角度分析,恶性肿块核心区SWE参数(Emax)的升高 主要源于肿瘤细胞异常增殖导致的组织密度增加;而

· 405 ·

周缘区域SWE参数的显著升高则与ECM重构密切相 关,包括胶原纤维异常沉积、促血管生成因子诱导的 微血管增生等病理过程。这些改变不仅为肿瘤侵袭 提供结构支持,还通过调控肿瘤相关成纤维细胞的活 性,促进转移性微环境的形成[17-19]。另外,本研究结果 显示,E2max鉴别诊断乳腺肿块良恶性的AUC最高, 其截断值为123.44 kPa,与王华等^[20]、赵亚楠等^[21]研究 报道的截断值相近(分别为128.33 kPa、130.34 kPa),进 一步证实了乳腺肿块周缘区域SWE参数在良恶性鉴 别诊断中的重要价值。提示在临床诊断过程中应特 别关注"肿瘤-正常组织界面"这一生物力学活跃区域 的评估,为优化SWE检查方案和诊断标准提供了新的 理论依据和实践指导。王嘉图等[22]和周玮珺等[15]研 究认为E1max 鉴别诊断乳腺肿块良恶性的诊断效能 更高,本研究结果与之不同,分析原因为:①超声探 头预压力量化控制的差异性;②不同厂家仪器算法 对剪切波传播速度的校正差异[23-24]。因此,建立多 中心大数据平台进行标准化参数确定将成为后续研 究重点。

现有研究[25]及本团队研究数据均一致表明,乳腺 恶性肿块周缘区域的弹性力学特征较肿块核心区域 展现出更显著的临床诊断价值,其硬度变化与组织内 胶原纤维含量呈显著正相关。病理学研究[26]证实.乳 腺恶性肿块周缘区域存在大量肿块相关成纤维细胞 浸润,这些细胞通过分泌多种生长因子并与miRNA-21/155等分子形成复杂的调控网络,协同促进肿块血 管新生及淋巴管形成。更重要的是,该区域异常沉积 的胶原纤维可诱导上皮细胞发生上皮--间质转化,使 肿瘤细胞获得迁移侵袭能力,进而突破基底膜向周围 基质浸润——这一过程被认为是 ALNM 的始动环节。 在乳腺癌转移途径中,ALNM是最常见的转移方式,其 状态对患者临床分期和治疗方案的制定具有决定性 影响^[27-28]。本研究结果显示,恶性组中ALNM者 Emax, Emean, Elmax, Elsd, E2max, E2mean, E2sd、E3max、E3mean、E3sd 均较无 ALNM 者增大,差 异均有统计学意义(均P<0.05);与李婷婷等^[29]提出的 "周缘力学梯度"理论高度一致。相关性分析进一步 显示, Emax、E1mean、E1max、E1sd、E2max、E2mean、 E2sd、E3max、E3mean、E3sd 均与 ALNM 呈正相关(r= 0.399, 0.283, 0.499, 0.445, 0.535, 0.445, 0.384, 0.580, 0.394、0.471,均P<0.05),其中以E3max的相关性系数 最大。从机制上分析,乳腺恶性肿块周缘区域硬度的 增加可能通过以下途径促进转移:①干扰肌球蛋白的 正常收缩功能;②影响钙黏素依赖的细胞迁移调控机 制;③破坏细胞迁移的方向引导模式,最终导致肿瘤 细胞迁移行为紊乱。ROC曲线进一步分析显示,上述 SWE 参数对 ALNM 均具有一定的预测价值,其中 E3max 的预测效能最高(AUC=0.849);当其截断值为 180.87 kPa时,诊断灵敏度 72.5%,特异度 87.3%。分 析其原因:随着肿块进展,周缘 3 mm 区域更易接触淋 巴管网,且此区域的胶原纤维定向排列形成"转移通 道",显著提高肿瘤细胞侵袭效率。

本研究的局限性:①为单中心、回顾性研究,纳入 样本量虽满足初步统计需求,但可能影响亚组分析效 能,后续需通过多中心协作扩大队列规模以增强结果 外推性;②在ALNM状态评估中,仅进行二元分类,尚 未结合转移负荷(如微转移、宏转移)及前哨淋巴结受 累数目等关键预后指标开展分层分析,而后者对临床 治疗决策具有更重要的指导价值;③周缘区域研究范 围限定为1~3 mm的同心环形区域,未能结合肿块形 态学特征(如毛刺征、蟹足征)进行分析,建议后续引 入影像组学技术,通过空间异质性分析构建肿块-基 质界面的三维弹性梯度模型。

综上所述,乳腺肿块及其周缘区域的SWE参数可 有效鉴别其良恶性,并预测ALNM状态,可为术前乳腺 恶性肿块的临床决策提供参考。

参考文献

- Bray F, Laversanne M, Sung H, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [J]. CA Cancer J Clin, 2024, 74 (3): 229-263.
- [2] Hooley RJ, Scoutt LM, Philpotts LE. Breast ultrasonography: state of the art[J].Radiology, 2013, 268(3):642–659.
- [3] Berg WA, Cosgrove DO, Doré CJ, et al. Shear-wave elastography improves the specificity of breast US: the BE1 multinational study of 939 masses[J].Radiology, 2012, 262(2):435-449.
- [4] Athanasiou A, Tardivon A, Tanter M, et al. Breast lesions: quantitative elastography with supersonic shear imaging—preliminary results[J].Radiology, 2010, 256(1): 297–303.
- [5] 张书海,王小雷,朱芸,等.基于瘤内及瘤周早期动态增强MRI的 影像组学模型鉴别乳腺影像报告和数据系统4类肿瘤良性与恶性的价值[J].中华放射学杂志,2022,56(7):758-765.
- [6] Xu Q, Chen S, Hu Y, et al. Landscape of immune microenvironment under immune cell infiltration pattern in breast cancer [J]. Front Immunol, 2021, 12:711433.
- [7] Andersson Y, Bergkvist L, Frisell J, et al. Long-term breast cancer survival in relation to the metastatic tumor burden in axillary lymph nodes[J].Breast Cancer Res Treat, 2018, 171(2):359–369.

- [8] Chang JM, Leung JWT, Moy L, et al. Axillary nodal evaluation in breast cancer:state of the art[J].Radiology,2020,295(3):500-515.
- [9] Provenzano PP, Inman DR, Eliceiri KW, et al. Collagen density promotes mammary tumor initiation and progression [J]. BMC Med, 2008,6:11.
- [10] Li T, Li H, Xue J, et al.Shear wave elastography combined with grayscale ultrasound for predicting central lymph node metastasis of papillary thyroid carcinoma[J].Surg Oncol, 2021, 36:1-6.
- [11] 智文祥,周瑾,刘晁旭,等.剪切波弹性成像评估不同大小人源性 裸鼠三阴性乳腺癌弹性特征与临床病理的关系[J].中华超声影 像学杂志,2021,30(4):346-350.
- [12] Youk JH, Gweon HM, Son EJ, et al.Diagnostic value of commercially available shear-wave elastography for breast cancers: integration into BI-RADS classification with subcategories of category 4 [J]. Eur Radiol, 2013, 23(10): 2695–2704.
- [13] Kim SJ, Ko KH, Jung HK, et al. Shear wave elastography: is it a valuable additive method to conventional ultrasound for the diagnosis of small(≤2 cm) breast cancer?[J].Medicine (Baltimore),2015, 94(42):e1540.
- [14] Lee BE, Chung J, Cha ES, et al. Role of shear-wave elastography (SWE) in complex cystic and solid breast lesions in comparison with conventional ultrasound[J].Eur J Radiol, 2015, 84(7): 1236–1241.
- [15] 周玮珺,吴媛媛,吴芳芳,等.声触诊弹性成像定量定性评价瘤旁 组织硬度对乳腺肿瘤的诊断价值[J].中国超声医学杂志,2020, 36(8):695-698.
- [16] 叶磊,汪林,刘卫勇,等.定量分析周围区域弹性硬度在评估乳腺病灶良恶性中的价值[J].安徽医学,2021,42(2):124-128.
- [17] Scimeca M, Urbano N, Bonfiglio R, et al. Novel insights into breast cancer progression and metastasis: a multidisciplinary opportunity to transition from biology to clinical oncology[J].Biochim Biophys Acta Rev Cancer, 2019, 1872(1):138–148.
- [18] 田阳,李良子.超声弹性成像评分法、硬环征、直方图分析鉴别 乳腺肿瘤良恶性的诊断价值比较[J].临床超声医学杂志,2020, 22(5):340-343.
- [19] Shi XQ, Li J, Qian L, et al. Correlation between elastic parameters

and collagen fibre features in breast lesions [J].Clin Radiol, 2018, 73(6):595.e1-595.e7.

- [20] 王华,朱岩冰,丁赟洁,等.剪切波弹性成像技术定量评估肿瘤周 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.
- [21] 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 鉴别诊断乳腺肿瘤良恶性中的意义[J].中华超声影像学杂志, 2017,26(12):1062-1068.
- [22] 王嘉图,赵丽,尹世淩,等.剪切波弹性成像定量参数对乳腺肿瘤 良恶性鉴别及与生物学指标的相关性分析[J].中国现代医学杂 志,2022,32(6):56-62.
- [23] Han P, Yang H, Liu M, et al. Lymph node predictive model with in vitro ultrasound features for breast cancer lymph node metastasis [J]. Ultrasound Med Biol, 2020, 46(6):1395-1402.
- [24] Hosonaga M, Saya H, Arima Y. Molecular and cellular mechanisms underlying brain metastasis of breast cancer [J]. Cancer Metastasis Rev, 2020, 39(3):711-720.
- [25] Liu T, Zhou L, Li D, et al. Cancer-associated fibroblasts build and secure the tumor microenvironment[J].Front Cell Dev Biol, 2019,7:60.
- [26] 高纯一,吴新贺,姜正林,等.微环境下肿瘤相关巨噬细胞极化对 乳腺癌进展作用[J].交通医学,2018,32(3):205-211,217.
- [27] Zha HL, Zong M, Liu XP, et al. Preoperative ultrasound-based radiomics score can improve the accuracy of the Memorial Sloan Kettering Cancer Center nomogram for predicting sentinel lymph node metastasis in breast cancer [J]. Eur J Radiol, 2021, 135: 109512.
- [28] Sun Q, Lin X, Zhao Y, et al.Deep learning vs.radiomics for predicting axillary lymph node metastasis of breast cancer using ultrasound images:don't forget the peritumoral region[J].Front Oncol, 2020, 10:53.
- [29] 李婷婷,薛继平,苏莉莉.乳腺癌剪切波弹性成像与常规超声特 征预测腋窝淋巴结转移及模型建立[J].实用临床医药杂志, 2023,27(5):11-15.

(收稿日期:2024-08-13)

《临床超声医学杂志》征订启事

《临床超声医学杂志》是经国家科委批准,集超声影像诊断、治疗、工程及基础研究为一体的科技刊物。国内外公开发行,月刊。 为"中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊""中国科技核心期刊(中国科技论文统计源期刊)"。设有临床研究、实验研究、病例报道、 述评、专家讲座、工程及译文等栏目,报道超声医学领域影像诊断与治疗的先进技术和前沿进展,为广大临床超声医师和研究人员提 供良好的学术交流平台。

本刊刊号: ISSN 1008-6978; CN 50-1116/R。邮发代号: 78-116。

每期定价:19元,全年228元(含邮寄费)。请到全国各地邮局订阅,也可直接向本刊编辑部订阅。

- 地址:重庆市渝中区临江路74号,重庆医科大学附属第二医院内,临床超声医学杂志编辑部。邮编:400010
- 电话:023-63811304。Email:lccscq@vip.163.com