

剪切波弹性成像联合常规超声诊断乳腺癌的价值

刘 健 王 宁 武敬平 李广涵 王秀红 郑建勋 王 瑛 张 波

摘 要 **目的** 探讨实时剪切波弹性成像最大杨氏模量值联合常规超声对乳腺良恶性肿瘤的诊断价值。**方法** 回顾性分析经手术或穿刺病理证实的 342 例乳腺肿物患者,共 342 个病灶,行常规超声 (ultrasound, US) 及实时剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 检查,对肿物进行 BI-RADS 分类并测量 SWE 最大杨氏模量值 SWEmax。以病理结果为金标准,对良、恶性肿瘤 SWEmax 进行比较,绘制受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线,BI-RADS 分类以 3~4A 为界点, SWE 取约登 (Youden) 指数最大时 ROC 曲线上的 SWEmax 值为界点,二者联合以 3~4A 为界点,计算 BI-RADS-US、SWE 及二者联合诊断乳腺肿物的 ROC 曲线下面积 (area under ROC curve, AUC)、敏感度、特异性、准确性,比较 3 种方法对乳腺肿物的诊断效能。**结果** 乳腺恶性肿瘤 SWEmax 为 143.4 ± 68.6 kPa,良性肿物 SWEmax 为 60.5 ± 47.5 kPa,二者比较差异有统计学意义 ($t = 13.213, P < 0.01$)。BI-RADS、SWEmax 及二者联合诊断乳腺肿物良恶性 AUC 分别为 0.739、0.799 和 0.850。SWEmax 以 88.4 kPa 为界点,SWEmax、BI-RADS 及联合法诊断乳腺结节的敏感度分别为 79.4%、98.6% 和 93.6%,特异性分别为 80.8%、50.0% 和 76.8%,准确性分别为 80.0%、79.8% 和 87.4%。二者联合诊断特异性较 BI-RADS 提升 26.8%,尤其对于 BI-RADS 4A 类但病理良性结节,联合诊断降类 80% (40/50)。**结论** BI-RADS 联合 SWE 能够提高乳腺癌诊断的特异性,减少不必要的穿刺活检。

关键词 乳腺癌 超声 剪切波弹性成像 诊断

中图分类号 R445.1

文献标识码 A

DOI 10.11969/j.issn.1673-548X.2020.11.027

Shear Wave Elastography Combined Conventional Ultrasound for Breast Cancer Diagnosis. Liu Jian, Wang Ning, Wu Jingping, et al. Department of Ultrasound, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China

Abstract **Objective** To explore the diagnostic performance of conventional ultrasound combined shear wave elastography in the diagnosis of benign and malignant breast masses. **Methods** A retrospective study was performed on 342 breast lesions from 342 cases of breast tumor confirmed by surgery or biopsy pathology. Conventional ultrasound, shear wave elastography were performed to classify the tumor by BI-RADS, the maximum Young's modulus of SWE (SWEmax) and the combined method. With pathology result as gold standard, SWEmax of benign and malignant breast tumor was compared, and the ROC curve was constructed. The thresholds of BI-RADS and combined method were 3-4A category, and SWE took SWEmax value on the ROC curve at the maximum of the Youden index as the boundary point. The AUC, sensitivity, specificity, and accuracy of BI-RADS, SWEmax and the combined method were calculated to compare the diagnostic efficacy. **Results** SWEmax of malignant breast tumor was 143.4 ± 68.6 kPa, while SWEmax of benign breast tumor was 60.5 ± 47.5 kPa, and the difference between the two was statistically significant ($t = 13.213, P < 0.01$). The AUC of BI-RADS, SWEmax and combined method were 0.739, 0.799 and 0.850, respectively. The sensitivity of SWEmax, BI-RADS and combined method were 79.0%, 98.6%, 93.6%, respectively, the specificity were 80.8%, 50.0%, and 76.8%, respectively, and the accuracy were 80.0%, 79.8%, 87.4%, respectively. The specificity of the combined method was increased 26.8% than that of BI-RADS, especially for BI-RADS category 4A but pathologically benign nodules, 80% (40/50) was downgraded to category 3. **Conclusion** Conventional US combined SWE can improve the specificity of breast cancer diagnosis and reduce unnecessary biopsy.

Key words Breast cancer; Ultrasound; Shear wave elastography; Diagnosis

乳腺癌是我国女性最常见的恶性肿瘤^[1,2]。超声 (ultrasound, US) 是乳腺癌最常用的诊断方法,乳

腺良恶性肿瘤常规超声形态学征象等方面存在部分重叠,其诊断敏感度较高,特异性低^[3]。剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 能够定量评估乳腺肿物软硬度,为诊断提供额外的机械力学信息,具有较高的诊断敏感度和特异性^[4,5]。本研究探讨常规 US 联合 SWE 诊断乳腺癌的应用价值。

资料与方法

1. 研究对象:回顾性分析 2016 年 1 月~2020 年

基金项目:中日友好医院引进人才项目 (2019-RC-2); 中日友好医院院级科研基金资助项目 (2019-1-QN-54)

作者单位:100029 北京,中日友好医院超声医学科 (刘健、武敬平、李广涵、郑建勋、王瑛、张波),普通外科二部 (王宁),病理科 (王秀红)

通讯作者:张波,主任医师,博士生导师,电子邮箱:thyroidus@163.com

5 月就诊于笔者医院的乳腺肿物患者 342 例,共 342 个乳腺病灶,均行穿刺活检或手术病理证实。术前接受常规 US 及 SWE 检查,获得 SWE_{max} 定量参数。本研究通过中日友好医院医学伦理学委员会审核,所有患者均签署知情同意书。

2. 仪器与方法:采用 Supersonic Aixplorer 超声诊断仪,配备 L15-4 线阵探头,频率 4~15MHz,内置 SWE 成像软件及 Q-box 定量测量工具。患者取仰卧或侧卧位,双臂上举充分暴露乳腺及腋窝,常规超声以乳头为中心放射状顺时针逐个切面扫查,发现病灶后记录其二维超声表现及 CDFI 血流改变。随后切换至 SWE 成像模式采用双幅成像,调整取样框位置和大小,嘱患者屏住呼吸,探头垂直于皮肤并固定探头待图像稳定后,冻结图像,激活 Q-Box 测量软件(直径 2mm),置于肿块内部及周边红色最亮处(杨氏模量标尺提示最硬)测量,得到肿块的 SWE_{max} 值,同一病灶测量 4 次取平均值。

3. 图像分析及超声诊断判别标准:由两名有 10 年以上乳腺超声诊断经验及 3 年以上乳腺 SWE 成像经验的医生,独立分析患者常规超声及 SWE 成像图像,两名医生对患者的病史和病理结果不知情,若结果不一致以讨论后一致意见为准。常规超声采用美国放射学会(American Collage of Radiology, ACR)推荐的 2013 版乳腺超声影像报告和数据体统(breast ultrasound imaging report and data system, BI-RADS)分类指标进行分级,SWE_{max} 取 4 次测量后均值为分

析参数^[6]。

4. SWE 及 BI-RADS 联合方法:BI-RADS 分级以 3~4A 级为界点,SWE_{max} 以 ROC 曲线上 Youden 指数最大时所对应的杨氏模量值为界点,若 SWE_{max}> 界值,BI-RADS 分类 2~4C 级分类依次上调一级,5 级分类保持不变,若 SWE_{max}< 界值,BI-RADS 分类 3~5 级分类下调一级,2 级分类保持不变。二者联合诊断以 3~4A 级为界点。

5. 统计学方法:采用 SPSS 16.0 统计学软件及 MedCalc 软件(Version 12.3.0.0)对数据进行统计分析,计量资料采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,计数资料采用例数(百分比)[$n(\%)$]表示。乳腺良恶性结节组 SWE_{max} 比较采用独立样本 *t* 检验,常规超声、SWE_{max} 及联合法 AUC 比较采用 *Z* 检验,敏感度、特异性比较采用配对 χ^2 检验,准确性、PPV 及 NPV 比较采用 χ^2 检验,以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1. 患者一般情况及病理结果:患者共 342 例,其中男性 5 例,女性 338 例,患者年龄 18~89 岁,平均年龄 54±13 岁。乳腺结节共 342 个,最大径 2.03±1.31cm。良性结节 124 个,恶性结节 218 个,良性结节中,纤维腺瘤最多,占比 29.0%(36/124),恶性结节中,浸润性导管癌最多,占比 71.6%(156/218)。恶性结节 SWE_{max} 大于良性结节(143.7±68.5kPa vs 60.6±47.6kPa),二者比较差异有统计学意义(*t*=13.198,*P*<0.01,表 1)。

表 1 病理结果及 SWE_{max} 值 [$n(\%)$, $\bar{x} \pm s$]

病理结果	例数(百分比)	SWE _{max} (kPa)	病理	例数(百分比)	SWE _{max} (kPa)
恶性	218(100.0)	143.7±68.5	良性	124(100.0)	60.6±47.6
浸润性导管癌	156(71.6)	154.0±63.2	纤维腺瘤	36(29.0)	50.0±35.6
浸润性小叶癌	11(5.0)	142.1±83.5	腺病	36(29.0)	37.8±25.3
混合型癌	8(3.7)	132.9±66.8	炎性病变	13(10.5)	85.9±56.4
黏液癌	6(2.8)	120.9±65.9	导管内乳头状瘤	11(8.9)	76.4±58.1
髓样癌	3(1.4)	50.0±58.1	良性叶状肿瘤	6(4.8)	116.9±70.8
小管癌	1(0.5)	206.2	交界性叶状肿瘤	4(3.2)	69.2±75.3
其他浸润性癌	13(6.0)	153.4±79.1	脂肪坏死结节	3(2.4)	161.3±58.1
导管原位癌	14(6.4)	88.8±83.9	硬化性腺病	2(1.6)	21.0±19.4
导管内乳头状瘤	5(2.3)	80.7±54.6	腺肌上皮瘤	2(1.6)	78.7±96.2
囊内乳头状瘤	1(0.5)	91.3	其他良性病变	11(8.9)	68.8±39.4

2. 常规超声诊断效能:BI-RADS 2 类结节 13 例,均为良性。3 类结节 52 例,良性 49 例,恶性 3 例。4A 类结节 76 例,良性 50 例,恶性 26 例。4B 类结节 41 例,良性 5 例,恶性 36 例。4C 类结节 44 例,良性 4 例,恶性 40 例。5 类结节 116 例,良性 3 例,恶性

113 例。以 3~4A 为界点,常规超声 BI-RADS 分类诊断乳腺结节 AUC 为 0.741,敏感度、特异性、准确性、PPV 及 NPV 分别为 98.6%、50.0%、81.0%、77.6% 和 93.4%(表 2)。

表 2 BI-RADS 诊断乳腺结节效能

BI-RADS	病理结果		合计
	恶性	良性	
恶性	215	62	277
良性	3	62	65
合计	218	124	342

3. SWE 诊断效能:以约登指数最大时 SWE_{max} 88.4kPa 为界点, SWE_{max} 诊断乳腺结节 AUC 为 0.798, 敏感度、特异性、准确性、PPV 及 NPV 分别为 79.4%、80.6%、79.8%、87.8% 和 69.0% (表 3)。

表 3 SWE_{max} 诊断效能

SWE _{max}	病理结果		合计
	恶性	良性	
恶性	173	24	197
良性	45	100	145
合计	218	124	342

4. 二者联合法诊断效能:BI-RADS 及 SWE_{max}

联合诊断乳腺癌 AUC 为 0.849, 敏感度、特异性、准确性、PPV、NPV 分别为 93.6%、76.6%、87.4%、87.6% 和 87.2% (表 4)。

表 4 BI-RADS 联合 SWE_{max} 诊断效能

联合法	病理结果		合计
	恶性	良性	
恶性	204	29	233
良性	14	95	109
合计	218	124	342

5. BI-RADS 及联合法诊断效能比较:联合法 AUC 大于 BI-RADS, 二者比较差异有统计学意义 ($Z=3.37, P<0.01$, 表 5、图 1)。BI-RADS 敏感度大于联合法 ($\chi^2=7.69, P<0.01$), 特异性小于联合法 ($\chi^2=23.67, P<0.01$), 准确性小于联合法 ($\chi^2=5.69, P=0.017$)。联合法能将病理良性 BI-RADS 4A 类 80% (40/50) 的结节降为 3 类 (图 2)。

表 5 BI-RADS 及联合法诊断效能比较 (%)

项目	界值	AUC	敏感度	特异性	准确性	PPV	NPV
BI-RADS-US	3~4A	0.741	98.6	50.0	81.0	77.4	93.8
SWE _{max}	88.4kPa	0.798	79.4 [#]	80.6 [#]	79.8	87.8 [#]	69.0 [#]
联合法	3~4A	0.849 [*]	93.6 [*]	76.6 [*]	87.4 [*]	87.6 [*]	87.2
χ^2/Z	BI-RADS-US vs SWE _{max}	1.662	38.20 [#]	27.25 [#]	0.08	8.46 [#]	15.99 [#]
	BI-RADS-US vs 联合法	3.370 [*]	7.690 [*]	23.670 [*]	5.690 [*]	8.960 [*]	0.610
P	BI-RADS-US vs SWE _{max}	0.097	0.000 [#]	0.000 [#]	0.775	0.004 [#]	0.000 [#]
	BI-RADS-US vs 联合法	0.000 [*]	0.006 [*]	0.000 [*]	0.017 [*]	0.003 [*]	0.437

联合法与 BI-RADS-US 比较, ^{*} $P<0.05$; SWE_{max} 与 BI-RADS-US 比较, [#] $P<0.05$

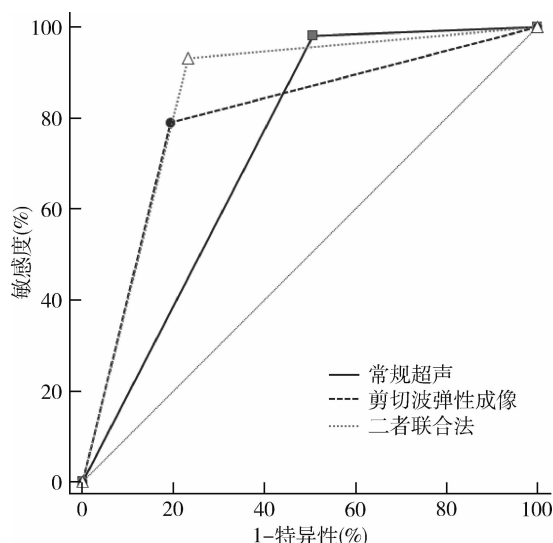


图 1 常规超声、剪切波弹性成像及二者联合法 ROC 曲线图



图 2 右乳剪切波弹性成像及常规超声图

患者,女性,35岁。常规超声右乳 12 点钟低回声结节,形态规则,边缘浅分叶,边界清晰,BI-RADS 4A 类,剪切波弹性成像 SWE_{max} 31.9kPa,二者联合该结节降为 3 类,病理:纤维腺瘤

讨 论

常规超声是乳腺结节筛查和诊断的重要方法之一,主要通过形态学鉴别良恶性乳腺结节,恶性结节表现为形态不规则,边缘分叶、毛刺、成角,纵横比 >1 ,微钙化,后方回声衰减,周围结构改变等。但乳腺结节良恶性征象存在部分重叠,常规超声诊断乳腺癌敏感度高,特异性低。本研究中常规超声诊断乳腺结节敏感度为 98.6%,特异性为 50.0%,与既往的研究结果一致^[7,8]。BI-RADS-US 是 ACR 推介的乳腺癌诊断和交流的标准化参考术语,2 类考虑良性,3 类恶性可能行 $<2\%$,推荐观察,5 类恶性可能性 $>95\%$,建议手术治疗,4 类结节恶性可能性为 $3\% \sim 94\%$,跨度较大,导致诊断假阳性率增高,从而对部分良性结节采取了不必要的穿刺活检。因此,需要一种无创的超声影像检查方法,辅助常规超声检查,提高其诊断乳腺结节的特异性,避免对良性结节进行穿刺活检。

SWE 是近年来兴起的新技术,能够用杨氏模量值量化乳腺结节的软硬度,恶性结节硬,良性结节软。本研究中,乳腺恶性结节 SWE_{max} 高于良性结节 ($143.7 \pm 68.5 \text{ kPa}$ vs $60.6 \pm 47.6 \text{ kPa}$),二者比较差异有统计学意义 ($t = 13.198, P < 0.01$),与既往的研究结果一致^[9]。SWE_{max} 以 88.4 kPa 为界值,其诊断乳腺癌的敏感度和特异性分别为 79.4% 和 80.6%。SWE 诊断乳腺癌的敏感度低,特异性高,因此其不适合临床上单独应用于乳腺癌的筛查和诊断^[10,11]。究其原因,剪切波弹性成像受病变直径、深度、病理类型等因素影响^[12,13]。

本研究中无论是良性结节还是恶性结节,病变的 SWE_{max} 与其直径呈正相关,良恶性结节与直径的相关系数分别为 0.276 及 0.341 (P 均 < 0.05)^[14]。恶性结节 SWE_{max} 漏诊 45 例,直径 $<$ 非漏诊的 173 例结节 (1.43 ± 0.78 vs $2.19 \pm 1.15, P < 0.05$),良性结节误诊 24 例,直径 $>$ 非误诊的 100 例结节 (2.76 ± 1.61 vs $1.84 \pm 1.56, P < 0.05$)。病变位置过深则 SWE_{max} 会降低,位置过浅则 SWE_{max} 会升高^[13,15]。良性结节出现钙化、纤维化、玻璃样变、炎性改变则硬度增加,恶性病变出现坏死液化则硬度降低^[16]。恶性病变病理类型不同硬度也不同,本研究中非特殊类型浸润性乳腺癌硬度明显高于非浸润性乳腺癌及特殊类型乳腺癌^[14]。非浸润性乳腺癌中, SWE_{max} 漏诊率占 60.0% (12/20),黏液癌漏诊率 50.0% (2/4),髓样癌漏诊率 100.0% (3/3),浸润性导管癌 SWE 漏诊率 13.4% (21/156),浸润性小叶癌漏诊率 27.3%

(3/11)。良性结节病理类型不同,硬度不同。本研究中,腺病硬度最低,脂肪坏死结节硬度最高 (37.8 ± 25.3 vs $161.3 \pm 58.1, P < 0.05$),脂肪坏死结节误诊率 100.0% (3/3),良性叶状肿瘤误诊率为 66.7% (4/6),炎性病变误诊率为 38.5% (5/13),导管内乳头状瘤误诊率为 27.3% (3/11),交界性叶状肿瘤误诊率为 25.0% (1/4),腺病误诊率为 5.6% (2/36),纤维腺瘤误诊率为 0(0/36)。

剪切波弹性成像和常规超声联合,能够克服二者的不足,能够提高乳腺癌的诊断效能,本研究中,联合法 AUC 大于 BI-RADS ($P < 0.01$),敏感度较常规超声下降 5.0% ($P < 0.05$),特异性较 BI-RADS 提高 26.8%,能够将 80% 病理良性 4A 类结节降为 3 类,避免了不必要的穿刺活检,与既往研究结果一致^[17,18]。但 Lee 等^[19]研究表明,SWE 联合常规超声,能够在不降低敏感度的情况下,提高特异性,可能与该研究 SWE_{max} 界点取值有关,该研究中 SWE_{max} 取值较为保守,取 SWE_{max} 30 kPa 作为软硬度的界值。本研究中 SWE_{max} 漏诊的 45 例乳腺结节中,BI-RADS 4B 类、4C 类及 5 类分别为 12 例、11 例及 8 例,二者联合能够提高 SWE_{max} 单独诊断乳腺癌的敏感度。BI-RADS 误诊的 62 例乳腺结节中,46 例 SWE_{max} $< 88.4 \text{ kPa}$,其中 40 例 4A 类结节降为 3 类,二者联合提高了 BI-RADS 诊断特异性。

本研究存在一定不足,由于本研究没有纳入 BI-RADS 评估为 3 类以下,且未穿刺活检无法获得病理学结果的乳腺结节,因此不能适用于人群中的普遍特征。SWE 只有 SWE_{max} 定量参数纳入评估,其他参数未纳入,但有研究表明,SWE 定量参数中,SWE_{max} 稳定性和效能最好,不受 Q-Box 取样框大小等的影响。

综上所述,剪切波弹性成像联合常规超声,能够提高乳腺癌诊断效能,提高诊断特异性,尤其是对 BI-RADS 4A 类结节,能够将 80% 病理良性的 4A 类结节降为 3 类,避免了不必要的穿刺活检,值得在临床中推广应用。

参考文献

- 1 Fan L, Strasser - Weippl K, Li JJ, et al. Breast cancer in China[J]. Lancet Oncol, 2014, 15(7): e279 - e289
- 2 Li T, Mello - Thoms C, Brennan PC. Descriptive epidemiology of breast cancer in China: incidence, mortality, survival and prevalence [J]. Breast Cancer Res Treat, 2016, 159(3): 395 - 406
- 3 Au FW, Ghai S, Moshonov H, et al. Diagnostic performance of quantitative shear wave elastography in the evaluation of solid breast masses: determination of the most discriminatory parameter[J]. AJR Am J Roentgenol, 2014, 203(3): W328 - W336 (下转第 131 页)

- inflammatory response in human osteoarthritic chondrocytes[J]. *Eur J Pharmacol*, 2015, 756: 38–42
- 8 楚爱景, 程旭峰, 赵慧朵, 等. 蒲公英甾醇对脂多糖诱导乳腺炎大鼠的抗炎作用及其机制[J]. *东南大学学报*, 2019, 38(2): 303–308
- 9 田华, 闫平慧, 张锋利. 蒲公英甾醇通过 ROS/ERK/iNOS 途径保护 Hp 相关性胃炎大鼠胃黏膜的实验研究[J]. *中国民族民间医药*, 2018, 27(21): 23–25
- 10 Wu LY, Ye ZN, Zhou CH, *et al.* Roles of pannexin-1 channels in inflammatory response through the TLRs/NF- κ B signaling pathway following experimental subarachnoid hemorrhage in rats[J]. *Front Mol Neurosci*, 2017, 10: 175
- 11 Yuan B, Tang WH, Lu LJ, *et al.* TLR4 upregulates CBS expression through NF- κ B activation in a rat model of irritable bowel syndrome with chronic visceral hypersensitivity[J]. *World J Gastroenterol*, 2015, 21(28): 8615–8628
- 12 Zhang X, Feng H, Du J, *et al.* Aspirin promotes apoptosis and inhibits proliferation by blocking G₀/G₁ into S phase in rheumatoid arthritis fibroblast-like synoviocytes via downregulation of JAK/STAT3 and NF- κ B signaling pathway[J]. *Int J Mol Med*, 2018, 42(6): 3135–3148
- 13 梁菁菁, 辛雷, 肖涟波, 等. 二烯丙基三硫化物对人类风湿关节炎成纤维样滑膜细胞的作用[J]. *中华风湿病学杂志*, 2019, 23(3): 148–152
- 14 丁爽, 方芳, 段宏梅, 等. CTGF siRNA 对类风湿关节炎成纤维样滑膜细胞凋亡的影响[J]. *中国医科大学学报*, 2016, 45(5): 430–433
- 15 Lundberg AM, Ketelhuth DFJ, Johansson ME, *et al.* Toll like receptor 3 and 4 signaling through the TRIF and TRAM adaptors in haematopoietic cells promotes atherosclerosis[J]. *Cardiovasc Res*, 2013, 99: 364–373
- 16 Gao JM, Meng XW, Zhang J, *et al.* Dexmedetomidine protects cardiomyocytes against hypoxia/reoxygenation injury by suppressing TLR4-MyD88-NF- κ B signaling[J]. *Biomed Res Int*, 2017, 2017: 1674613
- 17 Yang H, Sun R, Ma N, *et al.* Inhibition of nuclear factor- κ B signal by pyrrolidine dithiocarbamate alleviates lipopolysaccharide-induced acute lung injury[J]. *Oncotarget*, 2017, 8(29): 47296–47304
- 18 刘国钰, 郑雅丹, 戴嘉婧, 等. 羟氯喹通过核因子- κ B 信号通路抑制类风湿关节炎成纤维样滑膜细胞白细胞介素-6 的表达[J]. *中国药物与临床*, 2019, 19(15): 2538–2540
- 19 Xu L, Yu L, San GR, *et al.* Protective effects of taraxasterol against ethanol-induced liver injury by regulating CYP2E1/Nrf2/HO-1 and NF- κ B signaling pathways in mice[J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2018, 2018: 8284107

(收稿日期: 2020-06-04)

(修回日期: 2020-06-17)

(上接第 125 页)

- 4 叶旭, 何以枚. 实时剪切波弹性成像在乳腺疾病的应用进展[J]. *中华超声影像学杂志*, 2017, 26(11): 1008–1011
- 5 Shiina T, Nightingale KR, Palmeri ML, *et al.* WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: part 1: basic principles and terminology[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2015, 41(5): 1126–1147
- 6 Mendelson EB, Bohm-Velez M, Berg WA, *et al.* ACR BI-RADS Ultrasound. In: ACR BI-RADS Atlas, Breast Imaging Reporting and Data System. Reston, Va: American College of Radiology, 2013. <https://www.acr.org>
- 7 Li DD, Xu HX, Guo LH, *et al.* Combination of two-dimensional shear wave elastography with ultrasound breast imaging reporting and data system in the diagnosis of breast lesions: a new method to increase the diagnostic performance[J]. *Eur Radiol*, 2016, 26(9): 3290–3300
- 8 Yao MH, Wu R, Xu G, *et al.* A novel two-dimensional quantitative shear wave elastography to make differential diagnosis of breast lesions: comprehensive evaluation and influencing factors[J]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2016, 64(2): 223–233
- 9 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
- 10 Barr RG, 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
- 11 Yoon JH, Kim MJ, Kim EK, *et al.* Discordant elastography images of breast lesions: how various factors lead to discordant findings[J]. *Ultraschall Med*, 2013, 34(3): 266–271
- 12 Choi HY, Seo M, Sohn YM, *et al.* Shear wave elastography for the diagnosis of small (≤ 2 cm) breast lesions: added value and factors associated with false results[J]. *Br J Radiol*, 2019, 92(1097): 20180341
- 13 Elseedawy M, Whelehan P, Vinnicombe S, *et al.* Factors influencing the stiffness of fibroadenomas at shear wave elastography[J]. *Clin Radiol*, 2016, 71(1): 92–95
- 14 Choi HY, Seo M, Sohn YM, *et al.* Shear wave elastography for the diagnosis of small (≤ 2 cm) breast lesions: added value and factors associated with false results[J]. *Br J Radiol*, 2019, 92(1097): 20180341
- 15 Yoon JH, Jung HK, Lee JT, *et al.* Shear-wave elastography in the diagnosis of solid breast masses: what leads to false-negative or false-positive results? [J]. *Eur Radiol*, 2013, 23(9): 2432–2440
- 16 Toprak N, Yokus A, Gündüz M, *et al.* Histopathology and elastography discordance in evaluation of breast lesions with acoustic radiation force impulse elastography[J]. *Pol J Radiol*, 2019, 84: e224–e233
- 17 Song EJ, Sohn YM, Seo M. Diagnostic performances of shear-wave elastography and B-mode ultrasound to differentiate benign and malignant breast lesions: the emphasis on the cutoff value of qualitative and quantitative parameters[J]. *Clin Imaging*, 2018, 50: 302–307
- 18 李婷婷, 康春松, 李慧展, 等. 剪切波弹性成像图像分型在乳腺肿瘤诊断中的价值[J]. *中华肿瘤杂志*, 2019, 41(7): 540–545
- 19 Lee SH, Chang JM, Kim WH, *et al.* Added value of shear-wave elastography for evaluation of breast masses detected with screening US imaging[J]. *Radiology*, 2014, 273(1): 61–69

(收稿日期: 2020-06-12)

(修回日期: 2020-06-20)