

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2020.13.019

乳腺良恶性病变剪切波弹性成像的典型表现及其鉴别诊断价值*

钟 华 严冬梅 刘圆圆 曾梅青 黄密伶

(广东药科大学附属第一医院超声诊断科 广东 广州 510080)

摘要 目的:观察乳腺良恶性病变的剪切波弹性成像(SWE)的典型表现,探讨SWE对乳腺良恶性病变的鉴别诊断价值。**方法:**选取2017年6月~2019年6月我院收治的162例行SWE检查的乳腺肿块患者,经组织活检或病理证实良性肿块105例(良性组)、恶性肿块57例(恶性组)。对比良、恶性组SWE的典型表现、SWE参数[最大值(E_{max})、最小值(E_{min})、平均值(E_{mean})、标准差(SD)、病灶与邻近脂肪弹性比值(SWE-Ratio)]的差异,分析SWE鉴别诊断乳腺良恶性病变的价值。**结果:**恶性组乳腺肿块"硬边征"检出率、III型~V型弹性图像检出率、E_{max}、E_{mean}、SD、SWE-Ratio均高于良性组($P<0.05$),E_{min}低于良性组($P<0.05$)。Logistic多元回归分析结果显示,"硬边征"、E_{max}、E_{mean}、SWE-Ratio与病理诊断乳腺肿块性质独立相关($P<0.05$)。受试者工作特征(ROC)曲线分析结果显示,"硬边征"、E_{max}、E_{mean}、SWE-Ratio鉴别诊断乳腺良恶性病变的曲线下面积(AUC)分别为0.923、0.686、0.873、0.879。**结论:**SWE是诊断乳腺良恶性病变的有效影像手段,SWE的"硬边征"、SWE-Ratio、E_{mean}对乳腺良恶性病变具有较高的鉴别价值。

关键词:乳腺病变;诊断;超声;剪切波弹性成像技术;硬边征;SWE-Ratio;E_{mean}

中图分类号:R445.1;R737.9 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2020)13-2492-05

Typical Manifestations and Differential Diagnostic Value of Shear Wave Elastography in Benign and Malignant Breast Lesions*

ZHONG Hua, YAN Dong-mei, LIU Yuan-yuan, ZENG Mei-qing, HUANG Mi-ling

(Department of Ultrasound Diagnosis, The First Affiliated Hospital of Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou, Guangdong, 510080, China)

ABSTRACT Objective: To observe the typical performance of shear wave elastography (SWE) in benign and malignant breast lesions, and to explore the value of SWE in differential diagnosis of benign and malignant breast lesions. **Methods:** 162 patients with breast masses who underwent SWE examination in our hospital from June 2017 to June 2019 were selected. 105 cases of benign masses (benign group) and 57 cases of malignant masses (malignant group) were confirmed by biopsy or pathology. The differences of SWE typical performance, SWE parameters [E_{max}, E_{min}, E_{mean}, standard deviation (SD), SWE-Ratio] between benign and malignant breast lesions were compared, and the value of SWE in differentiating benign and malignant breast lesions was analyzed. **Results:** The detection rate of "stiff rim sign", elastic image of type III-type V, E_{max}, E_{mean}, SD and SWE-Ratio of breast masses in malignant group were higher than those in benign group ($P<0.05$), and E_{min} was lower than that in benign group ($P<0.05$). Logistic regression analysis showed that "stiff rim sign", E_{max}, E_{mean} and SWE-Ratio were independently correlated with the pathological diagnosis of breast mass ($P<0.05$). The results of receiver operator characteristics curve (ROC) curve analysis show that the area under curve (AUC) of "stiff rim sign", E_{max}, E_{mean} and SWE-Ratio in diagnosing benign and malignant breast lesions were 0.923, 0.686, 0.873 and 0.879, respectively. **Conclusion:** SWE is an effective imaging method in the diagnosis of benign and malignant breast lesions. SWE "stiff rim sign", SWE-Ratio and E_{mean} have high value in differentiating benign and malignant breast lesions.

Key words: Breast lesions; Diagnosis; Ultrasound; Shear wave elastography technology; Stiff rim sign; SWE-Ratio; E_{mean}

Chinese Library Classification(CLC): R445.1; R737.9 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2020)13-2492-05

前言

乳腺癌是全球女性发病率位居首位的恶性肿瘤,近年来,乳腺癌发病人数逐渐增多且呈年轻化趋势发展^[1,2],我国乳腺癌死亡率逐年上升^[3]。早期发现、诊断、治疗乳腺癌是降低乳腺癌

死亡率的关键。乳腺触诊硬度与肿块性质存在密切关系,但触诊受个人经验、主观判断差异的影响而导致准确率偏低,传统超声弹性成像技术(Ultrasonic Elastography, UE)需施加一定压力获得弹性成像,受操作者施力大小影响较大。剪切波弹性成像技术(Shear wave elastography, SWE)是一种新型定量评价组

* 基金项目:广东省科技计划项目(2015A020232401)

作者简介:钟华(1984-),女,硕士研究生,主治医师,研究方向:妇产超声,E-mail: zhonghua331@126.com

(收稿日期:2019-10-31 接受日期:2019-11-25)

织弹性值的影像技术,无需施压,通过测量剪切波运行速度变化获得组织弹性值,可对肿瘤组织弹性或硬度属性进行更为客观的评价,为肿瘤鉴别提供常规超声检查之外的诊断信息^[4,5]。本研究拟探讨乳腺良恶性病变 SWE 的典型表现,并分析其鉴别良恶性乳腺肿块的价值,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选择 2017 年 6 月至 2019 年 6 月我院收治的行 SWE 检查的 162 例乳腺肿块患者。纳入标准:① 均经超声引导下经空芯针穿刺活检或手术、微创旋切术获得病理结果;② 行二维超声、SWE 检查,资料完整;③ 乳腺影像报告和数据系统(Breast imaging reporting and data system, BI-RADS)分级 2 级及以上肿块;④ 女性。排除标准:① 单纯囊性乳腺肿块者;② 术前接受放疗、化疗;③ 超声弹性图像质量较差不能满足诊断者。患者年龄 35~63 岁,平均(52.14±6.34)岁,乳腺肿块直径 0.51~6.32 cm,平均(2.75±0.61)cm, BI-RADS 分级:2 级 96 例,3 级 39 例,4 级 21 例,5 级 6 例。本研究获得我院伦理委员会批准,患者及其家属均知情同意并签署同意书,诊疗过程严格遵循伦理学原则,保障患者隐私和安全。

1.2 方法

Mindray Resona 7 实时剪切波弹性成像超声诊断设备,探头频率为 10-15MHZ,患者平躺暴露胸部检查区域,采用横向、纵向、斜向多平面结合方式先进行二维灰阶扫查,观察肿块大小、形态、边缘形态、回声特征等。嘱患者屏气 3~5 s,开启 SWE 扫查模式,剪切波弹性的量程为 0~180 kpa,待图像稳定后冻结,选择感兴趣区(Region of interest, ROI),ROI 范围调至病灶区域的 1~3 倍,手持探头在病灶部位,不施加压力。双幅实时显示功能观察二维图与弹性图,选取病灶区域,静置 3~5 s,保持探头稳定以获得稳定弹性图并保存,观察和记录病灶弹性模量颜色分布特征。仪器自带 Q-BOXTM 定量测量工具测量病灶内部及周边组织杨氏弹性模量值[最大值(E_{max})、最小值(E_{min})、平均值(E_{mean})、标准差(Standard deviation, SD)、病灶与邻近脂肪弹性比值(SWE-Ratio),每个病灶测量 3 次,取平均值。以上由我院两名主治医师职称或以上并在乳腺影像学检查工作年限超过 10 年的超声医师对扫描图像进行观察、描述,共同进行诊断。

1.3 弹性图像分类标准

根据扫描图像弹性模量颜色特征对病灶进行分型^[6]:I 型:病灶周边组织表现为均匀蓝色;II 型:病灶周边组织呈略不均匀蓝色,皮肤侧或胸肌侧分布其他颜色垂直线条,最硬处表现为绿色。III 型:病灶或周围组织颜色差异明显,最硬处表现为红色。IV 型:病灶内部颜色缺失,前部及两侧表现为均匀蓝色或无规律颜色,最硬处表现为红色。V 型:病灶周围颜色明亮,最硬处表现为红色,可出现典型"硬边征"(病灶周边出现黄色或红色的亮色晕环,其范围≥病灶边缘的 1/2^[7])。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 25.0 进行数据分析,所有计量资料经 Kolmogorov-Smirnov(K-S)法进行拟合优度检验符合正态分布,计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,采用独立样本 t 检验。以率(%)表示计数资料,采用 χ^2 检验。采用 Logistic 多元回归分析 SWE 征象、SWE 参数与病理诊断乳腺肿块性质的相关性,采用受试者工作特征(Receiver operator characteristics curve, ROC)曲线进行鉴别诊断效能分析,采用组内相关系数(Intraclass correlation coefficient, ICC)评估不同测量者测量同一例患者弹性参数的一致性。所有统计均采用双侧检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 病理诊断结果

162 例患者共检出 195 个病灶,其中良性 105 例 112 个病灶,恶性 57 例 83 个病灶,良性病灶包括乳腺增生 24 个,纤维腺瘤 21 个,纤维腺肿瘤合并乳腺增生症 15 个,乳腺病症 11 个,乳腺病合并腺瘤样增生 9 个,导管内乳头状瘤 11 个,慢性肉芽肿性炎症伴脓肿形成 8 个,急性炎细胞浸润 6 个,其他 7 个;恶性病灶包括浸润性导管癌 25 个,浸润性小叶癌 19 个,导管内癌 17 个,导管内乳头状癌 12 个,原位癌 10 个。

2.2 乳腺良恶性病变 SWE 的典型表现

良性肿块弹性图像以蓝色为主,其中纤维腺瘤、腺病表现为均一蓝色,慢性肉芽肿性炎症伴脓肿形成、急性炎细胞浸润以蓝色为主夹杂绿色或多处未着色区,弹性图像分类以 I 型、II 型居多。恶性肿块弹性图像以红色为主,颜色杂乱,分类以 III 型、IV 型、V 型居多,浸润性导管癌、导管内癌表现为红色为主的杂乱彩色,导管内乳头状癌表现为蓝红相间、蓝色为主,伴钙化病灶以明亮红色为主。经统计分析,恶性组乳腺肿块"硬边征"检出率、III 型~V 型弹性图像检出率高于良性组($P<0.05$),见表 1。

表 1 乳腺良恶性病变的 SWE 成像特征差异 例(%)

Table 1 Differences in SWE imaging features of benign and malignant breast lesions n(%)

Ultrasound signs	n	Malignant group (n=57)	Benign group (n=105)	χ^2	P
"Stiff rim sign"					
Yes	42	29(50.88)	13(12.38)	28.509	0.000
No	120	28(49.12)	92(87.62)		
Elastic image classification					
Type I ~type II	106	23(40.35)	83(79.05)	24.459	0.000
Type III~type V	56	34(59.65)	22(20.95)		

2.3 不同性质乳腺肿块 SWE 参数比较

不同测量者之间测量弹性值一致性较好($ICC=0.915, P=0.$

000)。恶性组 Emax、Emean、SD、SWE-Ratio 均高于良性组($P<0.05$), Emin 低于良性组($P<0.05$), 见表 2。

表 2 良恶性乳腺肿块 SWE 参数的差异($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Difference of SWE parameters between benign and malignant breast masses($\bar{x} \pm s$)

Groups	n	Emean(kpa)	Emin(kpa)	Emax(kpa)	SD	SWE-Ratio
Malignant group	57	114.25± 35.26	5.14± 1.57	195.24± 52.64	39.52± 14.24	6.35± 2.59
Benign group	105	21.35± 9.58	12.24± 3.24	36.54± 9.52	5.24± 1.26	2.15± 0.45
t		25.385	15.566	30.074	24.555	16.212
P		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

2.4 超声征象、SWE 参数与乳腺良恶性病变的相关性

以病理诊断乳腺肿块性质(1= 恶性, 0= 良性)为因变量, 弹性图像分类 (1= I 型~ II 型, 0= III 型~ V 型)、" 硬边征 "(1= 是, 0= 否)、Emax(连续性变量)、Emin(连续性变量)、Emean(连续性变量)、SD(连续性变量)、SWE-Ratio(连续性变量)为自变

量, 建立 Logistic 多元回归模型, 最大似然估计前进法排除无关变量(入 $=P<0.05$, 出 $=P>0.1$)。结果显示, " 硬边征 "、Emax、Emean、SWE-Ratio 与病理诊断乳腺肿块性质独立相关($P<0.05$), 见表 3。

表 3 Logistic 多元回归模型分析结果

Table 3 The results of binary logistic regression model analysis

Independent variable	β	Wald χ^2	OR(95%CI)	P
"Stiff rim sign"	0.815	15.324	2.259(1.352~10.254)	0.000
Emean	0.615	10.349	1.850(1.035~5.642)	0.003
Emax	0.495	5.334	1.640(1.001~4.594)	0.035
SWE-Ratio	0.724	13.245	2.063(1.254~8.594)	0.000

2.5 " 硬边征 "、Emax、Emean、SWE-Ratio 鉴别诊断乳腺良恶性病变的价值分析

ROC 曲线分析结果显示, " 硬边征 "、Emax、Emean、

SWE-Ratio 鉴别诊断乳腺良恶性病变的曲线下面积 (Area under the curve, AUC) 分别为 0.923、0.686、0.873、0.879, 见图 2 和表 4。

表 4 " 硬边征 "、Emax、Emean、SWE-Ratio 对乳腺良恶性病变的鉴别诊断效能

Table 4 Analysis of diagnostic efficacy of "stiff rim sign", "Emax", "Emean" and "SWE-Ratio" in benign and malignant breast lesions

Indicators	Cut-off	AUC(95%CI)	P	Sensitivity(%)	Specificity(%)
"Stiff rim sign"	/	0.923(0.872~0.974)	0.000	91.23	93.33
Emax	95.89kpa	0.686(0.602~0.770)	0.000	66.67	72.38
Emean	50.51 kpa	0.873(0.811~0.936)	0.000	85.96	87.62
SWE-Ratio	3.45	0.879(0.811~0.947)	0.000	87.72	90.48

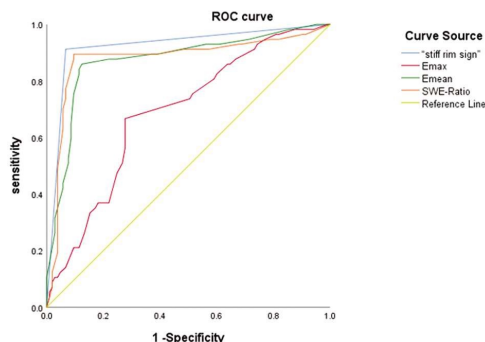


图 1 " 硬边征 "、Emax、Emean、SWE-Ratio 鉴别诊断乳腺良恶性病变的 ROC 曲线图

Fig.1 ROC diagrams of benign and malignant breast lesions diagnosed by "stiff rim sign", Emax, Emean and SWE-Ratio

3 讨论

弹性是物质基本物理特征之一, 反映组织硬度, 乳腺硬度与内部结构病变密切相关。组织病理学研究及临床研究均表明乳腺癌组织硬度高于良性乳腺组织和周边正常组织^[89], 良性乳腺肿块一般由腺体增生与炎症导致, 而恶性乳腺肿块多由乳腺癌变导致, 硬度越大代表乳腺肿块恶性风险越大^[10], 因此评估乳腺组织弹性可客观评估乳腺肿瘤性质。UE 利用不同组织弹性系统的差异以及对外力作用应变差异, 将病灶组织应变分布形成弹性图, 通过弹性图像分析病灶软硬度, 进而鉴别良恶性肿瘤, 在乳腺癌^[11]、前列腺癌^[12]等已有广泛应用。目前临床应用的 UE 技术主要有瞬时弹性成像、声辐射力脉冲弹性成像和 SWE, 瞬时弹性成像受定位和操作者影响, 可重复性差, 声辐射

力脉冲弹性成像对操作者经验要求较高,临床应用受到一定限制。SWE 是近年来发展起来的新型乳腺超声检查方法,被认为是目前最先进的剪切波成像技术^[13,14]。SWE 基于二维超声和传统超声成像,采用声波触诊,通过计算剪切波速度评估组织弹性实现组织弹性定量研究,实时、准确、客观地评价病灶硬度,重复性好^[15,16]。SWE 通过换能器产生剪切波,代替传统手工施压形式,减少传统 UE 因操作者施压力度不同而导致的检查结果差异化弊端。SWE 超高速剪切波在组织不同深度聚焦,以马赫圆锥形式被放大增强,可在组织中产生足够剪切波,以彩色编码技术产生弹性图,自带 Q-BOXTM 定量测量工具可测量组织杨氏模量值,敏感准确评价活体组织弹性特征^[17-19]。

良恶性肿瘤组织硬度不同,在剪切波弹性图上表现不同,弹性图通过对组织弹性模量值进行彩色编码后叠加在二维灰阶图上,红色部分表示较硬组织,而蓝色部分表示较软组织,因此弹性图可直观了解病灶硬度及其分布情况,相关研究显示在规范操作下可通过弹性成像图鉴别病灶性质^[20,21]。Cong R 等人^[6]根据弹性图像对乳腺肿块进行分类,发现乳腺肿块弹性分类与 SWE 参数具有良好相关性。本研究通过统计分析发现良恶性乳腺肿块弹性图像分类之间存在统计学差异,表现为恶性组以 III 型~V 型弹性图像居多,良性组以 I 型~II 型弹性图像居多,提示良恶性乳腺肿块存在明显硬度差异。胡彧^[22]对 114 例乳腺病变女性患者进行 SWE 检测,发现恶性肿块组弹性图像分级高于良性组,弹性图像分级与乳腺病灶性质密切相关。恶性肿块硬度最大区域位于病灶周围,在弹性成像图呈现典型的"硬边征"^[7,23],"硬边征"的出现与导管原位癌周硬度、乳腺癌促纤维增生反应、乳腺癌浸润性生长和周围反应有关^[7]。Xiang L 等人^[24]指出 SWE"硬边征"是鉴别良恶性乳腺肿块的典型影像征象。王颖等人^[25]报道指出对于 BI-RADS 4a 类伴 SWE"硬边征"肿块活检恶变检出率达 77.8%,本研究恶性组"硬边征"检出率高达 50.88%,明显高于良性组,"硬边征"进入 Logistic 多元回归模型,经检验"硬边征"的出现将增加 2.259 倍肿块恶变风险,提示"硬边征"可作为良恶性乳腺肿块鉴别的可靠指标。ROC 曲线分析显示"硬边征"鉴别诊断乳腺恶性肿瘤的灵敏度为 91.23%,特异度为 93.33%,AUC 达 0.923,提示"硬边征"可以作为乳腺癌筛查的较易辨识的独立影像指标。但是乳腺增生伴胆管上皮轻度不典型增生和导管内钙化病例在 SWE 弹性图像也可出现"硬边征",浸润性导管癌和叶状囊肉瘤则无典型"硬边征",因此在临床诊断中仍应结合其它指标综合判断,以减少误诊和漏诊。

本研究重复性检验不同测量者之间重复性较好,恶性组 Emax、Emean、SD、SWE-Ratio 均高于良性组,Emin 低于良性组,验证了良性肿块较恶性肿块质地较软。恶性肿块通常情况下质地较硬,但易发生液化坏死,乳头状浸润性导管癌病灶较软,而硬化性腺病,炎性病伴脓肿形成则质地较硬,因此恶性组 Emin 可能低于良性组,这与多数研究结果一致^[26,27]。本研究 Emax、Emean、SWE-Ratio 均进入 Logistic 回归方程,Emax、Emean、SWE-Ratio 增高分别增加 1.640、1.850、2.063 倍乳腺肿块恶变风险,提示 Emax、Emean、SWE-Ratio 可能作为预测良恶性乳腺肿块的指标。ROC 曲线分析显示 Emax 鉴别乳腺肿块性质的灵敏度为 66.67%、特异度为 72.38%,均不理想,分析原因

为弹性值测定受病灶深度、大小、乳腺腺体层厚度影响较大,对于位置表浅、体积较大的良性肿块在边缘部位也可能出现红色区域,而临床测量往往选择硬度最大区域预测,导致测量弹性值偏高,假阳性率偏高。因此 Emax 尚不能作为乳腺肿块性质鉴别诊断的独立指标。Emean 代表病灶平均硬度,与肿瘤大小、组织学分级和淋巴转移有关^[13]。本研究 Emean 鉴别诊断乳腺良恶性病变的效能高于 Emax,灵敏度达 85.96%,特异度为 87.62%,最佳截断值为 50.51 kpa,Evans A^[27]报道显示 Emean>50Kpa 时,诊断乳腺癌效能最高,灵敏度达 95%,特异度达 77%。SWE-Ratio 代表病灶区域与周围脂肪组织弹性值比值,因此 SWE-Ratio 比值越大提示病灶区域硬度越大^[28,29]。相关报道显示 SWE-Ratio 比值增加与高组织学分级、P53 和 Ki-67 高表达、肿瘤直径大等临床病理参数有关,SWE-Ratio 预测乳腺癌患者预后具有较高价值^[28]。Farghadani M^[30]通过对 57 例甲状腺结节患者进行 SWE 检查,发现 SWE-Ratio 鉴别良恶性甲状腺结节的截断值为 1.7,灵敏度为 100%,特异度为 84%,AUC 为 0.94。目前 SWE-Ratio 在乳腺癌诊断方面的价值探讨较少,本研究发现 SWE-Ratio 鉴别诊断乳腺肿块性质的 AUC 达 0.879,最佳截断值为 3.45,灵敏度为 87.72%、特异度为 90.48%,Choi^[28]研究结果认为 SWE-Ratio 在 2.74~3.69 时诊断乳腺癌效能最高。

综上,乳腺良恶性病变在 SWE 图像上均具有典型的特征,恶性乳腺肿块弹性图像级别较高,且伴"硬边征"。SWE"硬边征"、Emax、Emean、SWE-Ratio 与乳腺肿块性质密切相关,SWE"硬边征"、SWE-Ratio、Emean 对乳腺良恶性病变具有较高的鉴别价值。

参考文献(References)

- [1] Anastasiadi Z, Lianos GD, Ignatiadou E, et al. Breast cancer in young women: an overview[J]. Updates Surg, 2017, 69(3): 313-317
- [2] Merino Bonilla JA, Torres Tabanera M, Ros Mendoza LH. Breast cancer in the 21st century: from early detection to new therapies[J]. Radiologia, 2017, 59(5): 368-379
- [3] 陈亦晨,周弋,林涛,等. 1995-2016 年上海市浦东新区女性乳腺癌死亡趋势调查[J]. 中国妇幼保健, 2019, 34(1): 152-154
- [4] Taljanovic MS, Gimber LH, Becker GW, et al. Shear-Wave Elastography: Basic Physics and Musculoskeletal Applications[J]. Radiographics, 2017, 37(3): 855-870
- [5] Barr RG. Shear wave liver elastography[J]. Abdom Radiol (NY), 2018, 43(4): 800-807
- [6] Cong R, Li J, Guo S. A new qualitative pattern classification of shear wave elastography for solid breast mass evaluation [J]. Eur J Radiol, 2017, 87(2): 111-119
- [7] 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
- [8] 金秀红,赵奕文,王岚,等. 乳腺良性肿块与乳腺癌患者的超声弹性成像对比[J]. 现代生物医学进展, 2017, 17(12): 2286-2289
- [9] 卓家伟,何以教,张美恋,等. 乳腺癌常规超声及剪切波弹性成像表现与淋巴结转移关系的研究[J]. 中华超声影像学杂志, 2018, 27(8): 709-713
- [10] Rago T, Scutari M, Loiacono V, et al. Low elasticity of thyroid nod-

- ules at ultrasound elastography is correlated with malignancy, degree of fibrosis and high expression of galectin-3 and fibronectin-1 [J]. *Thyroid*, 2017, 27(1): 103-110
- [11] Zhao Q, Sun JW, Zhou H, et al. Pre-operative Conventional Ultrasound and Sonoelastography Evaluation for Predicting Axillary Lymph Node Metastasis in Patients with Malignant Breast Lesions[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2018, 44(12): 2587-2595
- [12] Wang Y, Yao B, Li H, et al. Assessment of Tumor Stiffness With Shear Wave Elastography in a Human Prostate Cancer Xenograft Implantation Model[J]. *J Ultrasound Med*, 2017, 36(5): 955-963
- [13] Chae SY, Jung HN, Ryoo I, et al. Differentiating cervical metastatic lymphadenopathy and lymphoma by shear wave elastography[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 12396
- [14] Han RJ, Du J, Li FH, et al. Comparisons and Combined Application of Two-Dimensional and Three-Dimensional Real-time Shear Wave Elastography in Diagnosis of Thyroid Nodules[J]. *J Cancer*, 2019, 10(9): 1975-1984
- [15] Cai Y, Li F, Li Z, et al. Diagnostic Performance of Ultrasound Shear Wave Elastography in Solid Small (≤ 4 cm) Renal Parenchymal Masses[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2019, 5(9): 2328-2337
- [16] Evans A, Sim YT, Thomson K, et al. Shear wave elastography of breast cancer: sensitivity according to histological type in a large cohort[J]. *Breast*, 2016, 26(6): 115-116
- [17] 乔晓慧, 邢晋放. 剪切波超声弹性成像的原理及临床应用现状[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2015, 12(8): 512-515
- [18] 吴若愚, 朱新建, 陆彦邑, 等. 基于动态孔径控制的剪切波传播速度检测方法[J]. *北京生物医学工程*, 2016, 35(5): 476-482
- [19] Moraes PHM, Sigrist R, Takahashi MS, et al. Ultrasound elastography in the evaluation of thyroid nodules: evolution of a promising diagnostic tool for predicting the risk of malignancy [J]. *Radiol Bras*, 2019, 52(4): 247-253
- [20] Tozaki M, Fukuma E. Pattern classification of ShearWaveTM elastography images for differential diagnosis between benign and malignant solid breast masses[J]. *Acta Radiol*, 2011, 52(10): 1069-1075
- [21] Chen L, Shi YX, Liu YC, et al. The values of shear wave elastography in avoiding repeat fine-needle aspiration for thyroid nodules with nondiagnostic and undetermined cytology [J]. *Clin Endocrinol (Oxf)*, 2019, 91(1): 201-208
- [22] 胡斌, 彭晓静, 李奥, 等. 超声剪切波弹性成像结合应变式弹性成像诊断乳腺病灶的多因素 Logistic 回归分析 [J]. *现代肿瘤医学*, 2017, 25(19): 3142-3146
- [23] Evans A, Whelehan P, Thomson K, et al. Quantitative shear wave ultrasound elastography: Initial experience in solid breast masses [J]. *Breast Cancer Res*, 2010, 12(6): R104
- [24] Xiang L, Ma F, Yao M, et al. Benign lesion evaluation: Factors causing the "stiff rim" sign in breast tissues using shear-wave elastography [J]. *Br J Radiol*, 2019, 92(1094): 20180602
- [25] 王颖, 孔文韬, 周玮琨, 等. 剪切波弹性成像技术在定性及定量诊断乳腺肿块中的应用价值 [J]. *中华医学杂志*, 2019, 99(27): 2111-2114
- [26] Huang L, Ma M, Du Z, et al. Quantitative evaluation of tissue stiffness around lesion by sound touch elastography in the diagnosis of benign and malignant breast lesions [J]. *PLoS One*, 2019, 14(7): e0219943
- [27] Evans A, Rauchhaus P, Whelehan P, et al. Dose shear wave ultrasound independently predict axillary lymph node metastasis in women with invasive breast cancer? [J]. *Breast Cancer Res Treat*, 2014, 143(1): 153-157
- [28] Choi WJ, Kim HH, Cha JH, et al. Predicting prognostic factors of breast Cancer using shear wave elastography[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2014, 40(2): 269-274
- [29] Liu B, Liang J, Zheng Y, et al. Two-dimensional shear wave elastography as promising diagnostic tool for predicting malignant thyroid nodules: A prospective single-centre experience[J]. *Eur Radiol*, 2015, 25(3): 624-634
- [30] Farghadani M, Tabatabaei SA, Barikbin R, et al. Comparing the Sensitivity and Specificity of Two-Dimensional Shear Wave Elastography and Fine Needle Aspiration in Determining Malignant Thyroid Nodules[J]. *Adv Biomed Res*, 2019, 26(8): 30

(上接第 2527 页)

- [26] Wang Y, Xie H, Zhao X, et al. Psychological morbidities and positive psychological outcomes in people with traumatic spinal cord injury in Mainland China[J]. *Spinal Cord*, 2018, 56(7): 704-711
- [27] TePoel M, Rohlman D, Shaw M, et al. The Impact of Work Demand and Gender on Occupational and Psychosocial Stress in Hispanic Farmworkers[J]. *J Agric Saf Health*, 2017, 23(2): 109-123
- [28] MacDonald LA, Fujishiro K, Howard VJ, et al. Participation in a US community-based cardiovascular health study: investigating nonrandom selection effects related to employment, perceived stress, work-related stress, and family caregiving [J]. *Ann Epidemiol*, 2017, 27(9): 545-552
- [29] 张文倩, 高雅婷, 孙博辰, 等. 新疆地区脑力劳动人群职业紧张与冠心病的关系研究[J]. *职业与健康*, 2019, 35(5): 598-602
- [30] Clough BA, Ireland MJ, March S, et al. Development of the SOSS-D: a scale to measure stigma of occupational stress and burnout in medical doctors[J]. *J Ment Health*, 2019, 28(1): 26-33