

论著·临床研究 doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2016.30.001

声脉冲辐射力成像对乳腺肿瘤的诊断价值*

张杰,隋秀芳[△],王磊,叶磊,崔亚云

(安徽医科大学附属省立医院超声科,合肥 230001)

[摘要] **目的** 评价声脉冲辐射力成像(ARFI)技术对乳腺良恶性病变的鉴别诊断价值。**方法** 选取 84 例患者共 87 个肿块进行常规超声、声触诊组织成像(VTI)及声触诊组织量化(VTQ)检查,得出剪切波速度值,并运用 image J 软件对 VTI 图像进行后处理得出肿块的平均光密度值,以病理结果为金标准,绘制受试者工作特征(ROC)曲线,评价 ARFI 的意义。**结果** 经手术病理证实,87 个乳腺肿块中良性病灶 56 个、恶性病灶 31 个。恶性病灶 $VTQ \geq 3.49$ m/s(临界值)的病灶数为 21 个, < 3.49 m/s 为 10 个。良性病灶 $VTQ \geq 3.49$ m/s 病灶数为 3 个, < 3.49 m/s 为 53 个。恶性病灶平均光密度值大于或等于 202.25(临界值)的病灶数为 28 个, < 202.25 为 3 个。良性病变平均光密度值大于或等于 202.25 的病灶数 6 个, < 202.25 为 50 个。乳腺良恶性病灶 VTQ 剪切波速度及 VTI 平均光密度值比较,差异均有统计学意义($P=0.000$)。关于乳腺肿瘤的诊断灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确率及约登指数,常规超声分别为 96.8%、67.8%、62.5%、97.4%、78.2%、0.645;ARFI 分别为 93.5%、98.2%、96.7%、96.5%、96.6%、0.917。**结论** ARFI 成像对乳腺肿瘤诊断的特异度、准确率优于常规超声。

[关键词] 弹性成像技术;乳腺肿瘤;超声检查;平均光密度**[中图分类号]** R445.1**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2016)30-4237-03

Diagnostic value of acoustic radiation force impulse imaging in breast tumor

Zhang Jie, Sui Xiufang[△], Wang Lei, Ye Lei, Cui Yayun

(Department of Ultrasound, Affiliated Provincial Hospital, Anhui Medical University, Hefei, Anhui 230001, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the differentiation diagnostic value of acoustic radiation force impulse imaging (ARFI) technique to the benign and malignant breast lesions. **Methods** A total of 87 breast masses in 84 patients were selected and performed the routine ultrasound, virtual touch imaging (VTI) and virtual touch quantification (VTQ) examination. The shear wave velocity was obtained. The average optical density of the tumor was obtained by processing the VTI images by using the image J software. The pathological results served as the gold standard and the ROC curve was drawn. Finally, the significance of ARFI was evaluated. **Results** All 87 pathologically verified breast tumors included 31 malignant lesions and 56 benign lesions. In malignant lesions, there were 21 lesions with VTQ value ≥ 3.49 (threshold value) and 10 lesions with VTQ value < 3.49 . In benign lesions, there were 3 lesions with VTQ value ≥ 3.49 and 53 lesions with VTQ value < 3.49 . In malignant lesions, there were 28 lesions with the mean optical density value ≥ 202.25 (threshold value) and 3 lesions with the mean optical density value < 202.25 . In benign lesions, there were 6 lesions with the mean optical density value ≥ 202.25 and 50 lesions with the mean optical density value < 202.25 . There were statistically significant differences in the shear wave velocity measured by VTQ and average optical density measured by VTI between malignant and benign lesions ($P=0.000$). The sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, accuracy rate and Youden index of conventional ultrasound were 96.8%, 67.8%, 62.5%, 97.4%, 78.2%, 0.645, respectively; which for ARFI were 93.5%, 98.2%, 96.7%, 96.5%, 96.6% and 0.917, respectively. **Conclusion** The ARFI is superior to the conventional ultrasound in the specificity and accuracy rate in diagnosing breast tumor.

[Key words] elasticity imaging techniques; breast cancer; ultraonography; average optical density

声脉冲辐射力成像(acoustic radiation force impulse imaging, ARFI)是一种表示组织弹性定量的新超声弹性技术,其原理是超声波在传播过程中能量和动量密度因为吸收、散射或反射而发生变化,向受检组织施加一个内部压力,发射低频脉冲或振动,计算局部组织形变后产生的纵向位移大小及横向剪切波速度,直接揭示了组织的物理性质^[1-2]。ARFI 包括声触诊组织成像(virtual touch tissue imaging, VTI)和声触诊组织量化(virtual touch tissue quantification, VTQ)技术两种成像模式^[3-4]。与静态弹性成像相比,ARFI 能产生高度可重复的信息,具有无创、准确、客观、定量分析乳腺肿瘤的优点^[5-6]。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2015 年 3 月至 2015 年 8 月来本院就诊的 84

例患者共 87 个病灶,横径大于或等于 6 mm 及纵径大于或等于 5 mm,均接受常规超声和 ARFI 技术检查,对于横径大于或等于 35 mm 及纵径大于或等于 31 mm 的肿块,取肿块部分进行弹性成像。年龄(16~77)岁、平均(39.9±12.76)岁,均为女性病例。患者以乳房胀痛、乳头溢液、乳房包块及乳腺癌、纤维瘤已确诊等病史就诊,所有病灶均经术后组织病理学检查或穿刺细胞学检查确诊。

1.2 仪器与方法 使用彩色多普勒超声诊断仪西门子 S2000,采用 9L4 线阵探头,频率为 4~9 MHz。患者取仰卧位,双手上举充分暴露双侧乳房,处于放松状态,检查者先对患者乳腺病灶行常规超声检查,对病灶的二维声像图特征、血流分级及阻力指数特征进行描述,紧接着进行 ARFI 弹性成像模

式。此时不能人为对病灶加压,在患者皮肤表面涂抹一定量的耦合剂,探头轻置其上,且探头方向为放射状,与乳腺结构方向基本一致(放射状),启动 VTI 操作界面,嘱咐患者屏住呼吸,同时进行 VTI 成像,而后使用 image J 软件计算出肿块 VTI 图像的平均光密度值,将肿块的 VTI 图像以定量方式表示;接着启动 VTQ 操作界面,操作方法与 VTI 一致,区别是有两位检查者分别对肿块进行 VTQ 测量,要求患者屏住呼吸时间 5 s 以上,每位检查者需在同一位置连续测值 5 次,去除最大值和最小值,在两位检查者结果无明显差异时,以平均值为最后诊断值。以病理结果为金标准,绘制受试者工作特征(ROC)曲线,找出 ARFI 两种成像模式在鉴别乳腺良恶性肿瘤上的最佳数值,最后评价 ARFI 两种成像模式单独及联合使用的价值。在排除取样框处于病灶钙化及囊性的部分中,对于超过上限值的测量值,VTQ 值取 9.0 m/s^[7]。在病灶测量之前操作者间处于盲测,若两位操作者测量差异太大,则要求第 3 位操作者进行测量,同样处于盲测,最后取测量差异小的两位操作者测量结果。

1.3 判定标准 常规超声诊断乳腺肿瘤良恶性是以新版超声乳腺影像报告及数据系统(BI-RADS-US)分级^[8]为标准,本研究中,将分级级别高于或等于 4 A(低度可疑恶性,包含 1 个恶性特征)统计为恶性,小于 4 A 级统计为良性。VTQ 和 VTI 根据统计学计算出的临界值判断乳腺病灶的良恶性,VTQ 剪切波速度值以 3.49 m/s,VTI 平均光密度值以 202.25 为临界值。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 17.0 统计分析软件,乳腺良恶性肿瘤的 VTI 平均光密度值及 VTQ 值采用两独立样本 *t* 检验,两者之间比较采用四格表的 χ^2 检验,以病理结果为标准绘制 ROC 曲线,确定 VTQ 及 VTI 平均光密度值在判断乳腺良恶性的临界值。计量资料均采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料以例数或百分率表示,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 病理诊断结果 本组资料共 87 个乳腺病灶,均经病理结果证实,良性病灶 56 个,恶性病灶 31 个,其中,3 例患者有 2 个病灶,1 例患者 2 个恶性病灶,2 例患者 1 个恶性和 1 个良性病灶。31 个恶性病灶中包括 24 例浸润性导管癌(其中,1 例患者 2 个浸润性导管癌),1 例浸润性癌部分伴乳腺腺病,2 例导管内癌,3 例浸润性小叶癌;56 个良性病灶中 1 例血块,1 例导管内乳头状瘤,1 例少许导管扩张伴炎性细胞浸润,53 例纤维腺瘤(其中,2 例患者同时有浸润性导管癌和纤维腺瘤)。

2.2 常规超声与病理结果比较 判断为 4 A 级及其以上共 48 个病灶(24 个浸润性导管癌,2 个导管内癌,1 个导管内乳头状瘤,3 个浸润性小叶癌,1 个浸润性癌部分伴乳腺腺病,1 个少许导管扩张伴炎细胞浸润,1 个血块,15 个纤维腺瘤)。<4 A 级共 39 个病灶(1 个浸润性癌,38 个纤维腺瘤),见表 1。通过统计分析得出常规超声在诊断乳腺肿瘤上的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确率分别为 96.8%(30/31)、67.8%(38/56)、62.5%(30/48)、97.4%(38/39)、78.2%(68/87),见表 2。

2.3 VTQ 检查与病理结果比较 本组资料 VTQ 值大于或等于 3.49 m/s 共 24 个(18 个浸润性导管癌,1 个导管内癌,1 个导管内乳头状瘤,2 个浸润性小叶癌,2 个纤维腺瘤),<3.49 m/s 共 63 个(51 个纤维腺瘤,1 个少许导管扩张伴炎细胞浸润,1 个导管内癌,1 个浸润性小叶癌,1 个血块,7 个浸润性导管癌,1 个浸润性癌部分伴乳腺腺病),见表 1。通过统计分析得出 VTQ 检查在诊断乳腺肿瘤上的灵敏度、特异度、阳性预

测值、阴性预测值、准确率分别为 67.7%(21/31)、94.6%(53/56)、87.5%(21/24)、84.1%(53/63)、85.0%(74/87),见表 2。

2.4 VTI 检查与病理结果比较 本组资料肿块 VTI 平均光密度值大于或等于 202.25 共 34 个(25 个浸润性导管癌,1 个导管内癌,1 个导管内乳头状瘤,1 个少许导管扩张伴炎性细胞浸润,3 个浸润性小叶癌,4 个纤维腺瘤),<202.25 共 53 个(49 个纤维腺瘤,1 个导管内癌,1 个血块,1 个浸润性导管癌,1 个浸润性癌部分伴乳腺腺病),见表 1。通过统计分析得出其在诊断乳腺肿瘤上的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确率分别为 90.3%(28/31)、89.3%(50/56)、82.4%(28/34)、94.3%(50/53)、89.6%(78/87),见表 2。VTQ 及 VTI 结合的 ARFI 技术在诊断乳腺肿瘤上的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确率分别为 93.5%(29/31)、98.2%(55/56)、96.7%(29/30)、96.5%(55/57)、96.6%(84/87),见表 2。

2.5 不同检查方法诊断价值比较 采用 χ^2 检验进行两两比较:(1)VTQ 与常规超声比较:VTQ 特异度、阳性预测值高,常规超声灵敏度及阴性预测值高,差异有统计学意义($P < 0.05$);(2)VTI 与常规超声比较:VTI 相较于常规超声特异度及准确率高,差异有统计学意义($P < 0.05$);(3)VTI 与 VTQ 比较:VTI 灵敏度高于 VTQ,差异有统计学意义($P < 0.05$),在特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);(4)VTI 及 VTQ 二者结合的 ARFI 技术与常规超声检查比较:ARFI 在乳腺肿瘤鉴别诊断的特异度、阳性预测值、准确率均高于常规超声,差异有统计学意义($P < 0.05$)。

2.6 良性与恶性病灶 VTQ 剪切波速度及 VTI 平均光密度值比较 良性病灶 VTQ 剪切波速度为(2.36±1.14)m/s,恶性病灶 VTQ 剪切波速度为(5.90±3.00)m/s。良性病灶 VTI 平均光密度值为(169.48±34.17),恶性病灶 VTI 平均光密度值为(212.90±21.25)。乳腺良恶性病灶 VTI 平均光密度值及 VTQ 剪切波速度比较,差异有统计学意义(均 $P = 0.000$)。

表 1 87 个病灶常规超声、VTI、VTQ 与病理结果比较(n)

检查方法	检查结果	病理结果	
		恶性	良性
常规超声	恶性	30	18
	良性	1	38
VTQ	恶性	21	3
	良性	10	53
VTI	恶性	28	6
	良性	3	50

表 2 不同检查方法诊断乳腺肿瘤的效能

检查方法	灵敏度 (%)	特异度 (%)	阳性预测值 (%)	阴性预测值 (%)	准确率 (%)	约登指数
常规超声	96.8	67.8	62.5	97.4	78.2	0.645
VTQ	67.7	94.6	87.5	84.1	85.0	0.623
VTI	90.3	89.3	82.4	94.3	89.6	0.796
ARFI	93.5	98.2	96.7	96.5	96.6	0.917

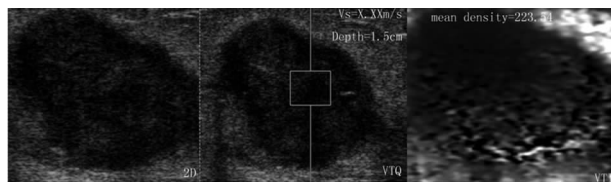
2.7 典型病例 (1)患者,女,41 岁,右乳 9 点钟方向包块,病理为纤维腺瘤,见图 1;(2)患者,女,61 岁,左乳 10 点钟方向包

块,病理为浸润性导管癌,另左乳头旁穿刺活检证实浸润性导管癌病史,见图 2;(3)患者,女,25 岁,右乳 12 点钟方向包块 2 年余,病理为巨型纤维腺瘤,见图 3;(4)患者,女,44 岁,左乳 3 点钟方向包块,病理为左乳乳腺腺病伴纤维腺瘤,见图 4。



2D:二维超声图像;VTQ:剪切波速度值 1.91 m/s;VTI:平均光密度值为 108.47。

图 1 纤维腺瘤病例



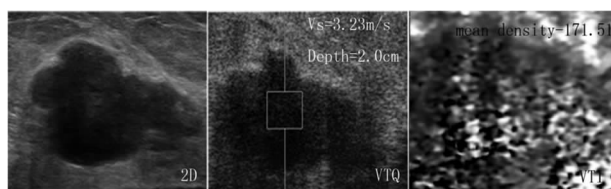
2D:二维超声图像;VTQ:剪切波速度值 9 m/s;VTI:平均光密度值为 223.54。

图 2 浸润性导管癌病例



2D:二维超声图像;VTQ:剪切波速度值为 9 m/s;VTI:平均光密度值为 190.98。

图 3 巨型纤维腺瘤病例



2D:二维超声图像;VTQ:剪切波速度值为 3.23 m/s;VTI:平均光密度值为 171.51。

图 4 左乳乳腺腺病伴纤维腺瘤病例

3 讨论

乳腺肿瘤发病率逐年增加,并且趋向年轻化,尤其乳腺癌是女性最常见恶性肿瘤之一,早期发现、早期诊断、早期治疗决定了患者的治疗效果和预后^[9]。早期乳腺癌往往缺乏典型的声像图特征,二维及彩色多普勒显像对其容易误诊、漏诊^[10],本组实验中常规超声在判断良恶性时,其假阳性率较高约为 32.1%(18/56),给很多患者带来不必要的心理负担及穿刺或手术检查。

近年来 ARFI 技术在超声界是一个研究热点,根据病灶软硬度判断乳腺良恶性,以往研究中超声弹性成像(如弹性成像评分)主观性较强,在本研究中,将 ARFI 的两种成像模式均定量表示,VTQ 以剪切波速度值表示,VTI 以利用 image J 软件计算病灶的平均光密度值表示,结果显示良恶性乳腺肿瘤 VTQ 剪切波速度及 VTI 平均光密度值比较,差异均有统计学意义($P=0.000$)。

VTQ 可通过计算机测量出肿块的剪切波速度,具有定量特点,但在本组资料中假阴性率较高,灵敏度较差,其准确率(85.0%)与常规超声(78.2%)比较无明显差异,与以往报道存在差异^[11-12]。考虑原因如下:(1)在测量过程中,要求探头不能加压肿块,而测量者可能稍微施压或稍离开皮肤表面;(2)患者不配合或配合时间过短,或患者无法保持固定体位,存在呼吸及肿块移动影响,致测量者不能在肿块同一部位测量;(3)肿块自身因素,如良性病灶中存在粗大钙化而无法避免,恶性病灶中存在液化导致取样框无法完全取样于实性部分,从而导致测量结果不准确。在后续研究中,需要扩大样本量及改善纳入标准,对其进一步研究。

VTI 技术避免了上述 VTQ 的影响因素,本组资料将 VTI 以定量方式的平均光密度值表示,减少了主观因素,恶性病灶的 VTI 值明显高于良性病灶。87 例乳腺肿瘤中,VTI 漏诊了 3 例(1 例为中级别导管内癌,2 例浸润性导管癌),误诊了 6 例。由于原位癌(导管内癌)的硬度低于浸润性癌,且不同组织间的弹性系数可存在一定重叠^[13],故可能出现漏误诊。VTI 与 VTQ 相比灵敏度高,如本研究中 1 例 25 岁女性患者右乳肿块 2 年余,常规超声(毛刺、不规则、不光滑)及 VTQ 检查(9 m/s)充分证实为恶性,VTI 平均光密度值为 190.98 却认为良性,而病理结果为纤维腺瘤(图 3),尽管在准确率上二者比较,差异无统计学意义($P>0.05$),但 VTI 更具有可靠性和高重复性^[14],诊断价值高于 VTQ^[15]。VTI 技术鉴别诊断乳腺良恶性的准确率高于常规超声,能够有效减少患者穿刺活检与心里负担,是临床工作的有力助手。

ARFI 将 VTQ 及 VTI 相结合,明显提高了特异度、阳性预测值及准确率。如本研究中 1 例 44 岁女性患者以乳腺胀痛就诊,常规超声发现左乳包块(不规则、有衰减、有钙化),VTQ 检查(3.23 m/s)考虑为良性,VTI 平均光密度值为 171.51 同样考虑为良性,病理结果为左乳乳腺腺病伴纤维腺瘤(图 4)。

综上所述,声脉冲辐射力弹性成像可用于判断乳腺病变的良恶性,诊断准确率明显高于普通超声检查。

参考文献

- [1] Macías Rodríguez MA, Rendón Unceta P, Navas Relinque C, et al. Ultrasonography in patients with chronic liver disease: its usefulness in the diagnosis of cirrhosis[J]. Rev Esp Enferm Dig, 2003, 95 (4): 258-264.
- [2] Bolondi L, Li Bassi S, Gaiani S, et al. Liver cirrhosis: changes of Dopp ler waveform of hepatic veins [J]. Radiology, 1991, 178(2): 513-516.
- [3] Cho SH, Lee JY, Han JK, et al. Acoustic radiation force impulse elastography for the evaluation of focal solid hepatic lesions: Preliminary findings[J]. Ultrasound Med Biol, 2010, 36(2): 202-208.
- [4] Tozaki M, Isobe S, Fukuma E. Preliminary study of ultrasonographic tissue quantification of the breast using the acoustic radiation force impulse (ARFI) technology[J]. Eur J Radiol. 2011, 80(2): e182-e187.
- [5] Balleyguier C, Ciolovan L, Ammari S, et al. Breast elastography: the technical process and its applications[J]. Diagn Interv Imaging, 2013, 94(5): 503-513.
- [6] Tozaki M, Isobe S, Sakamoto M. Combination of elastography and tissue quantification using the(下转第 4242 页)

腹部外科手术应用 LMWH 可减少 80% 术后 DVT 的发生^[11], 进行肝素预防治疗的患者肺栓塞的发生率为 0.09%, 明显低于未进行肝素治疗的患者(0.27%), 而术后继发出血方面, 两组比较差异无统计学意义($P > 0.05$)^[12]。杨柏柳等^[13]报道有高危因素的妇科手术患者术后应用 LMWH 可明显降低 DVT 的发生, 且无明显不良反应。

而应用不同剂量 LMWH 引起出血的风险及其诱导的血小板减少症等问题报道较少^[14], 并未引起妇产科医生的重视。本研究提示, 对于 VTE 高危患者每日 LMWH 5 000 U 皮下注射较每日 LMWH 2 500 U 皮下注射加丹参 20 mL 术后出血发生率高, APTT 及 PT 均延长, PLT 计数较术前下降, 其中 1 例患者术后 $PLT < 10 \times 10^9/L$ 。提示腹腔镜术后应用 LMWH 预防 VTE 的同时, 一定要考虑患者个体差异及安全有效剂量, 密切观察病情变化, 避免 LMWH 引起出血的风险及其诱导的 PLT 减少症等并发症发生。

丹参活血化瘀, 祛瘀兼养阴血, 抑制 PLT 聚集及抗血栓形成, 降低血黏度, 加快微循环血流速度, 增加组织供血, 利于受损组织修复。腹腔镜术后应用 LMWH 联合丹参预防 VTE, 可减少 LMWH 用量, 有效预防 VTE 的同时, 避免 LMWH 不良反应, 提高抗凝安全性。

我国目前尚无妇科腹腔镜术后预防 VTE 的相关学科指南指导, 不同研究使用 LMWH 的剂量不尽相同, 预防应用的时间长短不一。参照 ACCP 推荐对于有高危因素的腹腔镜手术患者可考虑 LMWH 作为术后预防措施, 应用时间至术后 35 d。本研究只针对住院患者进行预防性抗凝药物治疗, 应用时限为 5 d, 有关 LMWH 预防 VTE 的用量及时限需大样本进一步的临床研究证实, 并期望能针对患者的具体情况, 制订出适合妇科腹腔镜手术后最安全、并能最大程度降低 VTE 发生的预防策略。

参考文献

- White RH. The epidemiology of venous thromboembolism [J]. *Circulation*, 2003, 107 (23 Suppl 1): 4-8.
- 关振鹏. 应关注术后患者出凝血问题及实验室指标[J]. *中国实用内科杂志*, 2013, 33(5): 339-343.
- 李晓强, 王深明. 深静脉血栓形成的诊断和治疗指南(第 2 版)[J]. *中华外科杂志*, 2012, 50(7): 611-614.
- 艾宇航. 围术期患者下肢深静脉血栓的预防及治疗对策[J]. *中国实用外科杂志*, 2012, 32(11): 912-915.
- 张震宇. 妇科恶性肿瘤术后下肢深静脉血栓形成的特点与预防[J]. *实用妇产科杂志*, 2014, 30(9): 650-651.
- 王永军, 段华. 腹腔镜手术与下肢静脉血栓的研究进展[J]. *中国妇产科临床杂志*, 2004, 5(5): 396-397.
- 刘玉珍, 张震宇, 郭淑丽. 妇科开腹与腹腔镜手术后下肢静脉血栓的形成的临床分析[J]. *现代妇产科进展*, 2006, 15(8): 622-623.
- 杨立, 罗晓华, 王冰冰. 腹腔镜下子宫全切术后下肢静脉血栓形成 17 例临床分析[J]. *中国内镜杂志*, 2013, 19(6): 649-651.
- 毛萌, 乔玉环, 郭瑞霞. 妇科术后下肢深静脉血栓形成的病因及预防[J]. *山东医药*, 2010, 50(12): 115-116.
- Guyatt GH, Akl EA, Crowther M, et al. Antithrombotic therapy for VTE disease: antithrombotic therapy and prevention of thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines [J]. *Chest*, 2012, 141(2 Suppl): e419S-494S.
- Clarke-Pearson DL, Syrian IS, Dodge R, et al. A randomized trial of low-dose heparin and intermittent pneumatic calf compression for the prevention of deep venous thrombosis after gynecologic oncology surgery[J]. *Am J Obstet Gynecol*, 1993, 168(4): 1153-1154.
- Kerkez MD, Culafic DM, Mijac DD, et al. A study of pulmonary embolism after abdominal surgery in patients undergoing prophylaxis[J]. *World J Gastroenterol*, 2009, 15(3): 344-348.
- 杨柏柳, 张震宇, 郭淑丽. 有高危因素的妇科手术患者预防性血栓治疗的临床意义[J]. *中华妇产科杂志*, 2009, 44(8): 570-573.
- 乐怡平, 林建华, 林其德. 早发型子痫前期-子痫抗凝疗效多中心临床研究[J]. *中国实用妇科与产科杂志*, 2012, 28(8): 612-615.
- (收稿日期: 2016-03-26 修回日期: 2016-07-12)
- (上接第 4239 页)
- acoustic radiation force impulse (ARFI) technology for differential diagnosis of breast masses[J]. *Jpn J Radiol*, 2012, 30(8): 659-670.
- 李振洲, 罗长锐, 刘倩, 等. 声脉冲辐射力成像鉴别诊断良、恶性 BI-RADS 4 级乳腺肿块[J]. *中国医学影像技术*, 2013, 29(5): 727-730.
- American College of Radiology. Breast imaging reporting and data system (BI-RADS)[M]. 4th ed. Reston: American College of Radiology, 2013.
- 何晓燕. 彩色多普勒超声对乳腺癌的诊断及鉴别诊断价值[J]. *中国全科医学*, 2010, 13(18): 2063-2065.
- 张家庭, Li QS, 李征毅, 等. 早期乳腺癌的超声诊断探讨[J]. *中国超声医学杂志*, 2008, 24(8): 707-711.
- 张渊, 江泉, 陈剑, 等. 声触诊组织量化和弹性成像技术评价乳腺良、恶性肿瘤[J]. *中国医学影像技术*, 2013, 29(2): 206-209.
- Jiang Q, Zhang Y, Chen J, et al. Technical evaluation of Virtual Touch™ tissue quantification and elastography in benign and malignant breast tumors[J]. *Exp Ther Med*, 2014, 8(4): 1059-1064.
- Hiltawsky KM, Krüger M, Starke C, et al. Freehand ultrasound elastography of breast lesions: clinical results [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2001, 27(11): 1461-1469.
- Park SH, Kim SJ, Kim EK, et al. Interobserver agreement in assessing the sonographic and elastographic features of malignant thyroid nodules [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 193(5): 416-423.
- Li DD, Guo LH, Xu HX, et al. Acoustic radiation force impulse elastography for differentiation of malignant and benign breast lesions: a meta-analysis[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(4): 4753-4761.
- (收稿日期: 2016-06-18 修回日期: 2016-08-06)