

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2022.10.031

超微血管成像技术在乳腺良恶性病变中的鉴别诊断及乳腺癌新辅助化疗疗效评估中的价值研究*

戴婷¹ 邓海霞^{1△} 蒋中标² 王丹妮¹ 杨珊燕¹ 杨晓刚³

(1 长沙市第三医院超声科 湖南长沙 410007;

2 中南大学湘雅二医院放射科 湖南长沙 410000; 3 长沙市第三医院血液肿瘤科 湖南长沙 410007)

摘要目的:探讨超微血管成像技术(SMI)在乳腺良恶性病变中的鉴别诊断价值以及在乳腺癌新辅助化疗中的疗效评估价值。**方法:**回顾性分析2014年2月至2019年10月于长沙市第三医院行SMI检查的109例乳腺结节患者的临床资料,根据病理结果将其分为良性组和恶性组,比较两组患者SMI微血管形态分型分布差异,采用受试者工作特征曲线(ROC)分析SMI鉴别诊断乳腺良恶性病变的价值。乳腺癌患者经序贯新辅助化疗后再次接受SMI检查,比较新辅助化疗前后、不同疗效乳腺癌患者SMI血流分级差异。**结果:**良性组微血管形态分型以无血管型,线型,树枝型为主(97.83%),恶性组以残根型,蟹足型为主(80.99%),两组微血管形态分型分布差异有统计学意义($P<0.05$)。以病理检查结果为金标准,SMI鉴别诊断乳腺良恶性病变的曲线下面积(AUC)为0.890,灵敏度为80.99%,特异度为97.83%,准确率为85.63%。68例乳腺癌患者完成新辅助化疗,新辅助化疗有效[完全缓解(CR)+部分缓解(PD)]47例,无效[稳定(SD)+进展(PD)]21例。化疗前SMI血流分级以II、III级为主(80.88%),化疗后以0、I级为主(69.12%),有效组SMI血流分级以0、I级为主(87.23%),无效组SMI血流分级以I、II级为主(85.71%),化疗前后、不同疗效组SMI血流分级差异均有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**SMI能有效检出乳腺结节病灶内微小血管形态和血流改变,对乳腺良恶性病变的鉴别诊断及新辅助化疗的疗效评估均有一定临床应用价值。

关键词:超微血管成像技术;乳腺癌;结节;良恶性病变;新辅助化疗;疗效评估**中图分类号:**R737.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2022)10-1946-05

Clinical Application Value of Ultrastructural Superb Microvascular Imaging in the Diagnosis and Differentiation of Benign and Malignant Breast Lesions and the Evaluation of Neoadjuvant Chemotherapy for Breast Cancer*

DAI Ting¹, DENG Hai-xia^{1△}, JIANG Zhong-biao², WANG Dan-ni¹, YANG Shan-yan¹, YANG Xiao-gang³

(1 Department of Ultrasonography, Changsha Third Hospital, Changsha, Hunan, 410007, China;

2 Department of Radiology, Xiangya Second Hospital of Central South University, Changsha, Hunan, 410000, China;

3 Department of Hematology Oncology, Changsha Third Hospital, Changsha, Hunan, 410007, China)

ABSTRACT Objective: To investigate the value of ultrastructural superb microvascular imaging (SMI) in the diagnosis and differentiation of benign and malignant breast lesions and the evaluation of the efficacy of neoadjuvant chemotherapy for breast cancer. **Methods:** The clinical datas of 109 patients with breast nodules who underwent Changsha Third Hospital from February 2014 to October 2019 were analyzed retrospectively. According to the pathological results, they were divided into benign group and malignant group, and the differences of SMI microvascular morphology and distribution in two groups were compared. The value of SMI in diagnosing benign and malignant breast nodules was analyzed by receiver operating characteristic curve (ROC). After pathological diagnosis, patients with breast cancer were given sequential neoadjuvant chemotherapy, and SMI was examined again after chemotherapy. SMI blood flow classification, different curative effects was compared among breast cancer patients before and after neoadjuvant therapy. **Results:** In benign group, the microvascular morphology was mainly non-vascular, linear and dendritic type (97.83%), while in malignant group, the residual root type and crab foot type were mainly (80.99%), there was significant difference in microvascular morphology distribution between the two groups ($P<0.05$). The pathological examination results were taken as the gold standard, the area under curve (AUC) of SMI in the diagnosis and differentiation of benign and malignant breast nodules was 0.890, the sensitivity was 80.99%, the specificity was 97.83%, and the accuracy was 85.63%. 68 patients with breast cancer completed neoadjuvant chemotherapy, with 47 cases of effective neoadjuvant chemotherapy [complete response (CR) + partial response (PD)] and 21 cases of ineffective neoadjuvant chemotherapy [(stable response (SD) + progression (PD))]. Before chemotherapy, SMI blood flow classification was mainly grade II and

* 基金项目:湖南省卫生健康委科研项目(20161328)

作者简介:戴婷(1985-),女,本科,主治医师,研究方向:超声技术、超声临床诊断,E-mail: daitingsurf2021@163.com

△ 通讯作者:邓海霞(1983-),女,本科,主治医师,研究方向:腹部超声,E-mail: jintian20210914@163.com

(收稿日期:2021-11-23 接受日期:2021-12-18)

III (80.88%), and after chemotherapy, it was mainly grade 0 and grade I (69.12%), effective group SMI blood flow classification was mainly grade 0 and grade I (87.23%), invalid group SMI blood flow classification was mainly grade I and grade II (85.71%), before and after chemotherapy and different therapeutic group of SMI blood flow classification were significant difference ($P < 0.05$). **Conclusion:** SMI can effectively detect the changes of microvessel morphology and blood flow in breast nodules, which has certain clinical application value in the diagnosis and differentiation of benign and malignant breast lesions and the evaluation of neoadjuvant chemotherapy.

Key words: Ultramicro angiography; Breast cancer; Nodules; Benign and malignant lesions; Neoadjuvant chemotherapy; Curative effect evaluation

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

Article ID: 1673-6273(2022)10-1946-05

前言

乳腺癌是高发病率、高侵袭性、高死亡率的异质性恶性肿瘤,发病率位居全球女性恶性肿瘤首位,严重威胁女性健康和生命安全^[1,2]。早期发现、诊断、治疗乳腺癌是降低乳腺癌死亡率的关键,血管生成被认为是乳腺癌发展的一个重要过程,由于新生血管的形成,肿瘤细胞可获得必需的营养来生长和传播,从而导致肿瘤的产生、进展和转移,因此肿瘤微血管变化指标对于预测肿瘤治疗敏感性有重要价值^[3-5]。超微血管成像技术(superb microvascular imaging, SMI)是基于多普勒研发的新超声技术,可清晰观察病灶血流灌注,大大提高了灰阶超声的诊断性能,为乳腺良恶性病变的鉴别诊断提供了新的思路^[6,7]。本研究回顾性分析 109 例乳腺结节患者的临床资料,探讨了 SMI 在乳腺良恶性病变中的鉴别诊断价值以及在乳腺癌新辅助化疗中的疗效评估价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料

纳入标准:①均完善 SMI 检查,影像学检查结果为乳腺结节,并经组织病理学证实;②肿块乳腺影像报告和数据库系统(Breast imaging reporting and data system, BI-RADS)^[8] 分级 ≥ 2 级;③女性患者。排除标准:①既往有乳腺手术史或有创检查史;②处于妊娠期或哺乳期;③ SMI 图像不清晰影响判断者;④未进行活检、手术,无病理结果者;⑤同时参与其它临床研究。回顾性分析 2014 年 2 月至 2019 年 10 月于长沙市第三医院行 SMI 检查的 109 例乳腺结节患者的临床资料,年龄 43~65 岁,平均(55.43 \pm 4.59)岁,乳腺肿块直径 0.65~3.72 cm,平均(2.34 \pm 0.41)cm,组织学分级:I 级 39 例,II 级 47 例,III 级 23 例。本研究获得长沙市第三医院伦理委员会批准。

1.2 SMI 检查

所有患者均进行 SMI 检查(经病理诊断的乳腺癌患者分别于新辅助化疗前、后各进行一次 SMI 检查),仪器为东芝 Aplio400 彩色多普勒超声诊断仪, L14-5 高频线阵探头(频率 5~14 MHz)。患者仰卧,暴露双乳,以乳头为中心进行顺时针放射状扫查。二维灰阶超声确定病灶位置,观察病灶大小、形态特征,启动 SMI 软件观察肿瘤内部、周边血流情况,避免对结节部位加压,调节彩色增益(40-50)抑制噪声干扰,保存血管横纵切面的静态和动态图像,选择 2 幅以上结节部位血流最丰富血管参照 Adler 标准进行血流信号分析。采用双盲法由超声科 2

名 10 年以上乳腺超声工作经验医师进行审片,出现意见不一致由主任超声医师做出最终判断。观察以下指标:乳腺结节微血管形态分型^[9]:①无血管型,病灶内未测及血管;线型,病灶内 1~2 条线状血流信号;树枝型,病灶内粗细均匀血管并发分支似树枝;残根型,病灶内血管扭曲,周边小于 2 条增粗扭曲血管;蟹足型,病灶内血管扭曲,周边 2 条以上放射状增粗扭曲血管或毛刺状血管。② SMI 血流分级标准^[10]:0 级:病灶内无血流信号;I 级:病灶内 1 或 2 个点或短棒状血流信号;II 级:病灶内 3 或 4 个点或较长血流信号;III 级:病灶内 5 个点状血流信号或 2 条以上长条状血管,1 支以上穿支血管。

1.3 临床治疗及疗效评估

乳腺癌早期患者采用接受氟尿嘧啶 500 mg/m² d₁+ 表柔比星 90 mg/m² d₁+ 环磷酰胺 500 mg/m² d₁ 静脉滴注治疗,多西他赛 75 mg/m² 静脉滴注 d₁ 治疗 12 次,共 4 个周期。进展期患者采用长春瑞滨+表阿霉素+CTX 治疗(长春瑞滨 25 mg/m² d₁+ 3, 表阿霉素 30 mg/m² d_{1,3}, 环磷酰胺 350 mg/m² d_{1,3}), 14 d 一周期,共 4 个周期。HER2- 阳性患者增加曲妥珠单抗治疗,ER 阴性高危患者增加紫杉醇治疗。根据实体肿瘤疗效评价标准^[11]评价化疗疗效:进展(progressive disease, PD):肿瘤大小缩小 $< 50\%$ 或肿瘤大小增大 $\geq 25\%$;稳定(stable disease, SD):肿瘤大小缩小 $< 50\%$ 或增加 $< 25\%$;部分缓解(partial response, PR):肿瘤大小缩小 $\geq 50\%$;完全缓解(complete remission, CR):肿瘤完全消失且持续 1 个月以上。以 CR 和 PR 为有效(有效组),SD 和 PD 为无效(无效组)。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 25.00 软件录入和分析数据,计数或等级资料以百分率(%)表示。计数资料采用 χ^2 检验或 Mann Whitney U 检验。绘制受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC),分析 SMI 鉴别诊断乳腺良恶性病变的价值。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 病理诊断结果

本次研究的 109 例患者中共检出 167 个病灶,其中良性 33 例 46 个病灶,恶性 76 例 121 个病灶,详见表 1。

2.2 SMI 技术鉴别诊断良恶性乳腺结节的价值分析

SMI 检测无血管型 34 例,线型 28 例,树枝型 21 例,残根型 50 例,蟹足型 34 例,良性组以无血管型、线型及树枝型为主,恶性组以残根型及蟹足型为主,两组微血管形态分型分布

表 1 病理诊断结果

Table 1 Pathological diagnosis results

Pathological diagnosis	Number of lesions(n)
Benign	46
Hyperplasia of mammary glands	9
Fibroadenoma	7
Fibroglandular tumor with mammary hyperplasia	6
Breast disease	5
Breast disease with adenomatous hyperplasia	4
Intraductal papilloma	3
Chronic granulomatous inflammation with abscess formation	3
Acute inflammatory cell infiltration	2
Other	7
Malignant	121
Invasive ductal carcinoma	35
Invasive lobular carcinoma	28
Intraductal carcinoma	20
Intraductal papillary carcinoma	19
Carcinoma in situ	19

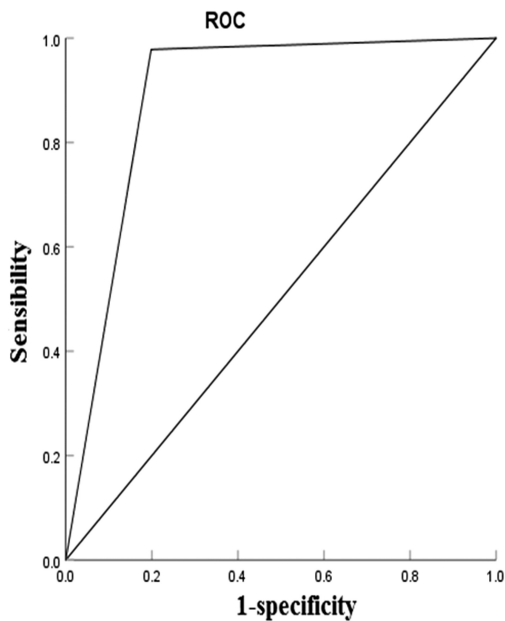


图 1 SMI 鉴别诊断良恶性乳腺结节的 ROC 曲线

Fig. 1 ROC curve of SMI for differential diagnosis of benign and malignant breast nodules

差异显著($P < 0.05$),见表 2。以病理诊断结果为金标准,以无管型、线型及树枝型为良性结节,残根型及蟹足型为恶性结节,SMI 诊断乳腺良恶性结节的敏感性、特异性及准确性分别为 80.99%、97.83%、85.63%。ROC 分析 SMI 技术鉴别诊断良恶性乳腺结节的曲线下面积(area under curve,AUC)为 0.890(95% CI:0.839-0.941, $P=0.000$),见图 1。

2.3 乳腺癌患者新辅助化疗前后 SMI 血流分级比较

所有乳腺癌患者中有 6 例放弃治疗,2 例出现严重并发症退出,最后 68 例完成治疗,化疗后均完成 SMI 复查。化疗前 SMI 血流分级以 II、III 级为主,化疗后 SMI 血流分级以 I、II 级为主,化疗前后 SMI 血流分级差异显著($P < 0.05$),见表 3。

2.4 乳腺癌患者不同疗效组 SMI 血流分级比较

68 例患者中 CR 21 例,PR 26 例,SD 15 例,PD 6 例,有效组化疗后 SMI 血流分级以 0、I 级为主,无效组化疗后 SMI 血流分级以 I、II 级为主,两组化疗后 SMI 血流分级差异显著($P < 0.05$),见表 4。

3 讨论

乳腺癌细胞增殖对血管依赖性高,新生血管以及丰富血管

表 2 SMI 下不同性质乳腺结节微血管形态分型分布差异[例(%)]

Table 2 Differences in microvascular morphology distribution of breast nodules with different properties under SMI [n(%)]

Groups	n	Avascular type	Line type	Dendritic	Residual root type	Crab foot type
Benign group	46	28(60.87)	15(32.61)	2(4.35)	1(2.17)	0(0.00)
Malignant group	121	6(4.96)	8(6.61)	9(7.44)	51(42.15)	47(38.84)
χ^2				102.986		
P				0.000		

表 3 乳腺癌患者新辅助化疗前后 SMI 血流分级差异[例(%)]

Table 3 SMI blood flow grading differences before and after neoadjuvant chemotherapy [n(%)]

Time	n	0	I	II	III
Before treatment	68	0(0.00)	13(19.12)	29(42.65)	26(38.24)
After treatment	68	12(17.65)	35(51.47)	18(26.47)	3(4.41)
<i>z</i>				42.899	
<i>P</i>				0.000	

表 4 不同疗效组 SMI 血流分级差异[例(%)]

Table 4 Differences of SMI blood flow grading in different therapeutic groups [n(%)]

Groups	n	0 grade	I grade	II grade	III grade
Effective group	47	12(25.53)	29(61.70)	6(12.77)	0(0.00)
Invalid group	21	0(0.00)	6(28.57)	12(57.14)	3(14.29)
<i>z</i>			25.970		
<i>P</i>			0.000		

网是癌细胞侵袭、浸润、转移的基础^[12,13]。彩色多普勒是评价组织血液灌注的主要超声影像技术,但是对于管径小、血流速度慢的微小血管无法清晰显示,易导致漏诊^[14]。超声造影剂主要成分是充气微泡,充气微泡具有高压缩性,是极好的超声波散射体,在反向散射的超声信号中产生谐波能量用于对比增强成像,观察造影剂在血管中的灌注过程分析微小血管血流灌注情况^[15,16]。但是超声造影剂具有一定肾脏毒性,将肾功能不全患者排除在外,SMI 技术是新的多普勒成像技术,无需造影剂,通过多维过滤消除杂波,因此对微小血管和低速血流有较高的敏感性^[17,18]。

本研究中 SMI 观察不同性质乳腺结节微小血管形态分型具有显著差异性,其中良性结节以无血管型、线型及树枝型为主,恶性结节以残根型及蟹足型为主,这与乳腺肿瘤的病理特征相吻合。乳腺良性结节生长缓慢,呈囊实状,内部血管粗细均匀,周围为环绕型血管。乳腺恶性结节生长增殖较快,病灶内部血管网发达,形态不规则,浸润侵袭周边正常组织,因此病灶内部可见粗细不均、扭曲、不规则血管,周围可见放射状或毛刺状血管^[19,20]。SMI 技术鉴别诊断良恶性乳腺结节的 AUC 为 0.890,灵敏度达 80.99%,特异度达 97.83%,说明 SMI 对于乳腺癌的鉴别诊断具有较高应用价值。Bakdik 等人^[21]报道显示 SMI 诊断乳腺导管内恶性病变的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确率分别为 86.6%,76.9%,68.4%,90.9%,80.4%,优于多普勒技术。陈欣等人^[22]认为 SMI 在鉴别诊断乳腺良性结节方面与超声造影相当。SMI 自适应技术、逐像素分析图像处理办法以及多普勒算法可较为精确地提取微血管血流信号,消除混杂分布区域频谱信号,减少对微细血流和组织微小运动的干扰,进而高帧、清晰显示微血管低速血流信号^[23]。SMI 侧动探头可动态清晰显示肿瘤血管网框架结构、穿支血管,反映微小血管形态分型特征,对管径 0.1 mm 以下低速小血管亦有较高检出率^[24,25]。但是导管原位癌依赖正常血管生长繁殖,其血管网并不丰富,在一定程度上影响 SMI 对结节性质的判断。恶性结节钙化灶可能在一定程度上影响血管形态评估,导致对血管检测敏感度降低。

术前进行新辅助化疗可使大部分原发性乳腺癌肿块缩小,提高保乳率和乳腺癌肿块切除率,降低手术切缘阳性率,提高病理完全缓解率,提高患者远期存活率^[26]。肿瘤组织对放疗治疗敏感性个性差异较大,预测肿瘤化疗反应性有利于临床及时调整治疗策略。乳腺钼靶、乳腺彩色超声、彩色多普勒超声检查是乳腺癌放疗疗效评估的主要手段,但是乳腺钼靶辐射性大,常规乳腺彩色超声分辨率和对比度低,斑点噪声大,成像质量差,无法鉴别化疗后肿瘤残留^[27]。

本研究通过观察乳腺癌患者化疗前后 SMI 血流分级差异,发现 SMI 血流分级的变化可用于评估新辅助化疗疗效,化疗药物不仅杀死肿瘤细胞,同时抑制新生血管形成,破坏血管内皮细胞功能,诱导内皮细胞凋亡,最终引起病灶内血流灌注降低,血流速度减慢或消失,因此化疗后 SMI 分级明显下降。进一步观察不同疗效组 SMI 血流分级差异,发现有效组 SMI 血流分级偏低,而无效组偏高,提示此类患者对新辅助化疗敏感性低,或可能产生耐药,应尽早更换治疗方案。何子朋等人^[28]采用 SMI 评估肝癌射频消融术效果,发现 SMI 血流分级与射频消融效果关系密切,高级别 SMI 血流分级完全消融率低,低级别消融率高。以超声造影为准,SMI 检测甲状腺结节激光消融治疗疗效的灵敏度为 90.2%,特异度 98.2%,准确率 100%^[29]。SMI 高超的微血管成像技术,大大提高对低速血流的敏感性,对肿瘤抗血管生成治疗反应性评估有可靠的价值^[30]。

综上,SMI 在无创、无需造影剂条件下评估乳腺结节新生血管形态和血流特征,为乳腺结节定性和新辅助化疗疗效评估提供有效依据,弥补了常规超声检查的不足,在临床乳腺癌诊断、疗效评估中颇具应用价值。但是 SMI 也存在一定不足,临床应结合其它影像或实验室检查结果进行综合判断。

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] Pearce L. Breast cancer[J]. Nurs Stand, 2016, 30(51): 15
- [3] Viallard C, Larrivée B. Tumor angiogenesis and vascular normalization: alternative therapeutic targets [J]. Angiogenesis, 2017,

- 20(4): 409-426
- [4] de Heer EC, Jalving M, Harris AL. HIFs, angiogenesis, and metabolism: elusive enemies in breast cancer [J]. *J Clin Invest*, 2020, 130(10): 5074-5087
- [5] Varinska L, Gal P, Mojzisova G, et al. Soy and breast cancer: focus on angiogenesis[J]. *Int J Mol Sci*, 2015, 16(5): 11728-11749
- [6] Park AY, Seo BK. Up-to-date Doppler techniques for breast tumor vascularity: superb microvascular imaging and contrast-enhanced ultrasound[J]. *Ultrasonography*, 2018, 37(2): 98-106
- [7] Jiang ZZ, Huang YH, Shen HL, et al. Clinical Applications of Superb Microvascular Imaging in the Liver, Breast, Thyroid, Skeletal Muscle, and Carotid Plaques[J]. *J Ultrasound Med*, 2019, 38(11): 2811-2820
- [8] Menezes GL, Winter-Warnars GA, Koekenbier EL, et al. Simplifying Breast Imaging Reporting and Data System classification of mammograms with pure suspicious calcifications [J]. *J Med Screen*, 2018, 25(2): 82-87
- [9] Xiao XY, Chen X, Guan XF, et al. Superb microvascular imaging in diagnosis of breast lesions: a comparative study with contrast-enhanced ultrasonographic microvascular imaging [J]. *Br J Radiol*, 2016, 89(1066): 20160546
- [10] 王希, 田洁, 刘千琪, 等. 超微血管成像技术鉴别诊断乳腺肿瘤[J]. *中国医学影像技术*, 2016, 32(5): 659-662
- [11] 张百红, 岳红云. 实体瘤疗效评价标准简介 [J]. *国际肿瘤学杂志*, 2016, 43(11): 845-847
- [12] 鄢英男, 李琳, 孙夕林, 等. 磁共振功能成像在监测乳腺癌新辅助化疗中的应用和进展[J]. *现代生物医学进展*, 2018, 18(5): 979-981, 993
- [13] Cao J, Liu X, Yang Y, et al. Decylubiquinone suppresses breast cancer growth and metastasis by inhibiting angiogenesis via the ROS/p53/ BAI1 signaling pathway [J]. *Angiogenesis*, 2020, 23 (3): 325-338
- [14] Burns PN. Principles of Doppler and color flow [J]. *Radiol Med*, 1993, 85(5 Suppl 1): 3-16
- [15] 张丹, 任继媛, 李静, 等. 彩色多普勒超声对乳腺癌患者新辅助化疗疗效的监测作用[J]. *临床超声医学杂志*, 2015, 17(4): 272-274
- [16] de Jong N, Emmer M, van Wamel A, et al. Ultrasonic characterization of ultrasound contrast agents [J]. *Med Biol Eng Comput*, 2009, 47(8): 861-873
- [17] Kaya İslamoğlu ZG, Uysal E. A preliminary study on ultrasound techniques applied to cicatricial alopecia[J]. *Skin Res Technol*, 2019, 25(6): 810-814
- [18] Sainz JA, Carrera J, Borrero C, et al. Study of the Development of Placental Microvasculature by Doppler SMI (Superb Microvascular Imaging): A Reality Today [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2020, 46(12): 3257-3267
- [19] 肖露, 褚雯, 王华, 等. 超微血管成像技术对乳腺肿瘤血管形态分布特征及其诊断效能的初步分析 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2018, 27(11): 973-976
- [20] Ma Y, Li G, Li J, et al. The Diagnostic Value of Superb Microvascular Imaging (SMI) in Detecting Blood Flow Signals of Breast Lesions: A Preliminary Study Comparing SMI to Color Doppler Flow Imaging[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2015, 94(36): e1502
- [21] Bakdik S, Arslan S, Oncu F, et al. Effectiveness of Superb Microvascular Imaging for the differentiation of intraductal breast lesions[J]. *Med Ultrason*, 2018, 20(3): 306-312
- [22] 陈欣, 罗葆明, 管小凤, 等. 超微血管成像与超声造影微血管成像在乳腺病变诊断中的对比研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 2016, 25 (7): 608-611
- [23] Mack LM, Mastrobattista JM, Gandhi R, et al. Characterization of Placental Microvasculature Using Superb Microvascular Imaging[J]. *J Ultrasound Med*, 2019, 38(9): 2485-2491
- [24] Oura K, Kato T, Ohba H, et al. Evaluation of Intraplaque Neovascularization Using Superb Microvascular Imaging and Contrast-Enhanced Ultrasonography [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2018, 27(9): 2348-2353
- [25] Park AY, Seo BK. Up-to-date Doppler techniques for breast tumor vascularity: superb microvascular imaging and contrast-enhanced ultrasound[J]. *Ultrasonography*, 2018, 37(2): 98-106
- [26] Chaudhary LN, Wilkinson KH, Kong A. Triple-Negative Breast Cancer: Who Should Receive Neoadjuvant Chemotherapy? [J]. *Surg Oncol Clin N Am*, 2018, 27(1): 141-153
- [27] 黄梅, 王树群, 冯娜娜, 等. ABVS 对乳腺癌新辅助化疗疗效评价的应用价值[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2017, 28(11): 774-780
- [28] 何子朋, 蒋鹏程, 王志会, 等. 超微血管成像技术评估肝癌射频消融效果的价值分析[J]. *临床超声医学杂志*, 2019, 21(6): 406-409
- [29] Liu W, Zhou P, Zhao Y, et al. Superb Microvascular Imaging Compared with Contrast-Enhanced Ultrasound for Assessing Laser Ablation Treatment of Benign Thyroid Nodules [J]. *Biomed Res Int*, 2018, 2018: 1025657
- [30] Grand-Perret V, Jacquet JR, Leguerney I, et al. A Novel Microflow Phantom Dedicated to Ultrasound Microvascular Measurements [J]. *Ultrason Imaging*, 2018, 40(5): 325-338