

声脉冲辐射力弹性成像联合超声造影对急性脑缺血患者的诊断价值

宋燕¹ 胡兵¹ 周游²

¹ 三峡大学附属仁和医院超声影像科, 湖北宜昌 443002; ² 三峡大学附属仁和医院骨科, 湖北宜昌 443002

通信作者: 宋燕, Email: ssqcrj184354@yeah.net

【摘要】 目的 探讨声脉冲辐射力弹性成像 (ARFI) 联合超声造影 (CEUS) 对颈动脉不稳定斑块 (VP) 患者急性脑缺血 (ACI) 的诊断价值。**方法** 选择 2017 年 10 月至 2019 年 1 月在三峡大学附属仁和医院经超声确诊的 110 例颈动脉 VP 患者, 经磁共振成像 (MRI) 证实是 ACI 为 ACI 组 (59 例), 51 例未诊断 ACI 者为非 ACI 组。所有患者均行常规超声检查、CEUS 和 ARFI 检查, 比较两组 VP 大小、剪切波速度 (SWV) 和增强强度 (EI) 的差异; 并进行受试者工作特征曲线 (ROC) 分析, 评价 SWV、EI 单纯和联合检测对 ACI 的诊断价值。**结果** 110 例患者存在 210 条 VP, 其中 EI 1 级斑块 112 条, 2 级斑块 53 条, 3 级斑块 45 条, 2 级斑块中混合回声 (MP) 和强回声 (SP) 的比例、3 级斑块所有回声类型的比例与 1 级斑块比较差异有统计学意义 (均 $P < 0.05$); 2 级斑块中厚度 ≤ 2.0 mm 的比例和 3 级斑块中厚度 ≤ 2.0 mm 及 3.1 mm 以上的比例与 1 级斑块比较差异有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。ACI 组 SWV 明显低于非 ACI 组 ($m/s: 1.91 \pm 0.54$ 比 2.41 ± 0.57), EI 明显高于非 ACI 组 ($dB: 3.62 \pm 1.13$ 比 2.81 ± 1.05), 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。SWV 预测 ACI 的 ROC 曲线下面积 (AUC) 为 0.681, 当截断值为 2.21 m/s 时, 敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为 83.05%、80.39%、83.05%、80.39%; EI 预测 ACI 的 AUC 为 0.638, 当截断值为 3.71 dB 时, 敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为 79.66%、74.51%、78.33%、76.00%。SWV 联合 EI 检测预测 ACI 的 AUC、敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为 0.812、93.22%、94.12%、94.83%、92.31%, SWV 联合 EI 检测 ACI 的价值显著高于 SWV 和 EI 单独检测 (均 $P < 0.05$)。**结论** ACI 患者 VP 的 SWV 降低, EI 升高, SWV 联合 EI 检测诊断 ACI 的效能显著高于 SWV 和 EI 单独检测, SWV 联合 EI 具有较高的诊断价值。

【关键词】 颈动脉斑块; 脑缺血, 急性; 声脉冲辐射力弹性成像; 超声造影

基金项目: 湖北省宜昌市医疗卫生科研项目 (A18-301-20)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.03.008

Diagnostic value of acoustic radiation force impulse imaging combined with contrast-enhanced ultrasound in patients with acute cerebral ischemia Song Yan¹, Hu Bing¹, Zhou You²

¹Department of Ultrasound Imaging, Renhe Hospital Affiliated to Three Gorges University, Yichang 443002, Hubei, China; ²Department of Orthopaedics, Renhe Hospital Affiliated to Three Gorges University, Yichang 443002, Hubei, China Corresponding author: Song Yan, Email: ssqcrj184354@yeah.net

【Abstract】 Objective To investigate the value of acoustic radiation force impulse imaging (ARFI) combined with contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in diagnosis of acute cerebral ischemia (ACI) in patients with carotid artery vulnerable plaque (VP). **Methods** One hundred and ten patients with carotid artery VP diagnosed by routine ultrasound admitted to Renhe Hospital Affiliated to Three Gorges University from October 2017 to January 2019 were selected as subjects, including 59 patients with ACI (ACI group) and 51 patients with non-ACI (non-ACI group) confirmed by magnetic resonance imaging (MRI). All patients underwent routine ultrasound, CEUS and ARFI examinations, the differences in sizes of VP, shear wave velocity (SWV) and enhancement intensity (EI) were compared, and the diagnostic values of SWV and EI were evaluated by the analyses of receiver operating characteristic curve (ROC). **Results** Two hundred and ten VPs were found in 110 patients, including 112 grade 1 plaques, 53 grade 2 plaques, and 45 grade 3 plaques, compared with grade 1 plaques, the proportion of mixed echo (MP) and strong echo (SP) in grade 2 plaques, and the proportion of all echo types in grade 3 plaques were all significantly different from that of grade 1 plaques (all $P < 0.05$); compared with grade 1 plaques, the proportion of grade 2 plaques with thickness ≤ 2.0 mm, and the proportion of grade 3 plaques with thickness ≤ 2.0 mm and more than 3.1 mm were all significantly different from that of grade 1 plaques (all $P < 0.05$). SWV in ACI group was obviously lower than that in non-ACI group ($m/s: 1.91 \pm 0.54$ vs. 2.41 ± 0.57), and EI in ACI group was significantly higher than that in non-ACI group ($dB: 3.62 \pm 1.13$ vs. 2.81 ± 1.05), the difference being statistically significant (both $P < 0.05$). The area under the ROC curve (AUC) of SWV was 0.681 and the cutoff value was 2.21 m/s, sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value were 83.05%, 80.39%, 83.05%, 80.39%; the AUC of EI was 0.638, and the cutoff value was 3.71 dB, sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value were 79.66%, 74.51%, 78.33%, 76.00%. AUC of SWV combined with EI was 0.812, sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value were 93.22%, 94.12%, 94.83%, 92.31%, significantly higher than those of SWV or EI alone (all $P < 0.05$). **Conclusion** In ACI patients, the SWV of VP decreases and EI of VP increases, the detection efficacy of SWV combined with EI for diagnosis of ACI has relatively high clinical value, as the combined diagnostic efficiency is significantly higher than that of either SWV or EI alone.

【Key words】 Carotid artery plaque; Acute cerebral ischemia; Acoustic radiation force impulse imaging; Contrast-enhanced ultrasound

Fund program: Medical and Health Research Projects in Yichang City, Hubei Province (A18-301-20)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.03.008

急性脑缺血(ACI)是由多种病因造成脑动脉闭塞,引起脑组织缺血缺氧,导致脑组织不可逆性损伤的常见脑血管疾病,是脑卒中的常见类型,严重威胁患者生命健康。因此,ACI 的早期诊断和治疗具有重要意义^[1-2]。颈动脉是脑供血的主要通道,颈动脉斑块是造成脑血管疾病重要的危险因素,颈动脉斑块可直接阻塞血管,导致分水岭区供血不足,形成血栓、脑梗死等,颈动脉斑块与 ACI 的发生密切相关。有研究显示,颈动脉斑块内存在大量新生血管,准确判断斑块大小、性质和新生血管对早期诊断和有效防治 ACI 极其重要^[3-4]。弹性成像技术作为近年来发展起来的新型检测手段,声脉冲辐射力弹性成像 (ARFI) 在评估颈动脉不稳定斑块 (VP) 方面具有独特优势,可通过向组织施加压力辐射实现准确检测^[5-6]。超声造影 (CEUS) 能无创性通过峰值与造影基础强度的增强强度 (EI) 准确检测斑块内的新生血管^[7-8]。但 ARFI 联合 CEUS 检测 VP 及 ACI 患者的价值尚缺乏研究结果的证实。因此,本研究旨在探讨 ARFI 联合 CEUS 对 ACI 患者的预测价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象选择:选择 2017 年 10 月至 2019 年 1 月在三峡大学附属仁和医院就诊的经常规超声确诊的 110 例颈动脉 VP 患者为研究对象。其中男性 64 例;年龄 57~72 岁,平均 (64.23 ± 7.12) 岁;女性 46 例;年龄 55~73 岁,平均 (63.7 ± 7.24) 岁。

1.1.1 纳入标准:① 颈动脉超声显示有斑块^[9];② 斑块位于颈动脉分叉处;③ 二维声像显示斑块特征为极低回声、脂质核心不均质回声、纤维帽厚薄不均等;④ 有明显不稳定性特征;⑤ 无 CEUS 禁忌证;⑥ 患者签署知情同意书。

1.1.2 排除标准:① 心功能不全、心律失常及冠状动脉粥样硬化等心脏病;② 有严重肺、肝、肾等器官功能不全;③ 既往有过敏病史、肿瘤性疾病和颅内出血性疾病;④ 颈动脉炎症、心源性脑卒中;⑤ 意识不清及不能配合检查。

1.1.3 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,并经医院医学伦理委员会批准(审批号:2019-5-20),对患者采取的治疗和检查都得了患者或家属知情同意。

1.2 研究分组与检查方法:110 例颈动脉 VP 患者均采用头颅磁共振成像 (MRI) 检查,根据有无急性缺血性脑梗死灶分为 ACI 组 (59 例) 和非 ACI 组 (51 例)。两组患者均行颈动脉常规超声、CEUS 和 ARFI 检查。

1.2.1 常规超声检查:患者仰卧位头部偏向对侧,充分暴露颈部,采用 EPIQ7 彩色超声诊断仪 (荷兰飞利浦公司) 的线阵探头,检查双侧颈总动脉和颈内动脉,观察有无斑块及其形态和内部回声,颈动脉内-中膜厚度 ≥ 1.2 mm 为有斑块存在,测量斑块的长轴、短轴切面的长度、厚度。斑块可分为低回声 (LP)、中等回声 (IP)、混合回声 (MP) 和强回声 (SP)。

1.2.2 CEUS 检查:采用 Logiq E9 超声诊断仪 (美国 GE 公司) 9L 线阵探头,调整频率为 8 MHz,机械指数为 0.13,在双幅颈动脉造影模式下将聚焦区调至颈动脉后壁水平处,肘静脉注射 2.0 mL 声诺维造影剂,静脉推注 0.9% 氯化钠溶液 5 mL,实时观察 VP 显影全过程,所有患者在相同参数下采集数据,储存动态影像资料,采用时间-强度曲线定量分析软件分析存储的连续动态图像,勾勒感兴趣区,自动分析生成时间-强度曲线,根据峰值强度与基础强度差值,计算 EI。根据斑块 EI 分为不增强 (0 级)、基底和内部无增强 (1 级)、基底部增强但内部无增强 (2 级) 和中心区增强 (3 级) 4 个等级。

1.2.3 ARFI 检查:采用 Acuson+S2000 彩色超声诊断仪 (德国西门子公司), 9L4 线阵探头,调整频率为 8 MHz,选取并固定 VP 长轴切面,取样框设置为 $6 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 以充分显示整个斑块,在斑块区固定取样框,并计算剪切波速度 (SWV)。

1.3 观察指标

1.3.1 回声类型和斑块厚度:比较不同 EI 分级患者回声类型及斑块厚度比例的差异。

1.3.2 是否发生 ACI 两组患者 VP 长度、厚度及 SWV、EI:比较 ACI 组与非 ACI 组患者 VP 长度、厚度及 SWV、EI 的差异。

1.3.3 受试者工作特征曲线 (ROC) 分析:绘制 ROC 曲线评价 SWV、EI 单独及联合检测对 ACI 的诊断价值,计算其敏感度、特异度、阳性预测值和阴性预测值。

1.4 统计学方法:使用 SPSS 21.0 统计软件处理数据,符合正态分布的计量数据以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,采用 t 检验;计数资料以百分比表示,采用 χ^2 检验; $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 是否发生 ACI 两组患者一般资料比较 (表 1):两组患者的性别、年龄等一般资料比较差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$),说明两组资料均衡,有可比性。

表 1 ACI 组和非 ACI 组患者一般资料比较

组别	例数 (例)	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)
		男性	女性	
ACI 组	59	33	26	64.17 ± 7.17
非 ACI 组	51	31	20	63.81 ± 6.49

2.2 不同 EI 分级患者回声类型、斑块厚度的比较(表 2): 110 例患者存在 210 条颈动脉 VP, 有 98 条颈动脉 VP 增强, 其中 2 级斑块 53 条, 3 级斑块 45 条。2 级斑块的 MP 和 3 级斑块的 LP、MP 比例均较 1 级斑块明显增高; 2 级斑块 SP 回声类型比例和 3 级斑块 IP、SP 比例均较 1 级斑块明显降低, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$); 2 级斑块中厚度 ≤ 2.0 mm 和 3 级斑块中厚度 ≤ 2.0 mm 比例均较 1 级斑块明显降低, 3 级斑块中厚度在 3.1 mm 以上的比例均较 1 级斑块明显增高, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。

表 2 不同 EI 分级患者回声类型和斑块厚度的比较

EI 分级	VP 数 (条)	回声类型 [% (条)]			
		LP	IP	MP	SP
1 级	112	18.75 (21)	34.82 (39)	22.32 (25)	24.11 (27)
2 级	53	20.74 (11)	26.42 (14)	45.28 (24) ^a	7.56 (4) ^a
3 级	45	31.11 (14) ^{ab}	15.56 (7) ^{ab}	46.67 (21)	6.67 (3) ^a

EI 分级	VP 数 (条)	斑块厚度 [% (条)]			
		≤ 2.0 mm	2.1 ~ 3.0 mm	3.1 ~ 4.0 mm	> 4.0 mm
1 级	112	38.39 (43)	33.04 (37)	15.18 (17)	13.39 (15)
2 级	53	13.21 (7) ^a	37.74 (20)	28.30 (15)	20.75 (11)
3 级	45	4.44 (2) ^a	26.67 (12)	35.56 (16) ^a	33.33 (15) ^{ab}

注: 与 EI 1 级比较, ^a $P < 0.05$; 与 EI 2 级比较, ^b $P < 0.05$

2.3 是否发生 ACI 两组患者 VP 长度和厚度以及 SWV、EI 的比较(表 3): ACI 组 VP 长度较非 ACI 组延长, VP 厚度较非 ACI 组减少, 但两组比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。ACI 组 SWV 显著低于非 ACI 组, EI 显著高于非 ACI 组, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。

表 3 ACI 组和非 ACI 组患者 VP 长度和厚度以及 SWV、EI 比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数(例)	VP 长度(mm)	VP 厚度(mm)
ACI 组	59	12.65 ± 1.43	2.86 ± 0.69
非 ACI 组	51	11.91 ± 3.14	3.05 ± 0.82

组别	例数(例)	SWV (m/s)	EI (dB)
ACI 组	59	1.91 ± 0.54 ^a	3.62 ± 1.13 ^a
非 ACI 组	51	2.41 ± 0.57	2.81 ± 1.05

注: 与非 ACI 组比较, ^a $P < 0.01$

2.4 SWV、EI 及 SWV 联合 EI 对 ACI 的诊断价值(表 4; 图 1): SWV 联合 EI 的敏感度、特异度、阳性预测值和阴性预测值均显著高于 SWV 和 EI 单独检测(均 $P < 0.05$)。

表 4 SWV 和 EI 单独和联合检测对颈动脉 VP 患者 ACI 诊断价值的分析

指标	AUC	截断值	敏感度 [% (例/例)]	特异度 [% (例/例)]
SWV	0.681	2.21 m/s	83.05 (49/59)	80.39 (41/51)
EI	0.638	3.71 dB	79.66 (47/59)	74.51 (38/51)
SWV 联合 EI	0.812		93.22 (55/59) ^a	94.12 (48/51) ^a

指标	阳性预测值 [% (例/例)]	阴性预测值 [% (例/例)]
SWV	83.05 (49/59)	80.39 (41/51)
EI	78.33 (47/60)	76.00 (38/50)
SWV 联合 EI	94.83 (55/58) ^a	92.31 (48/52) ^a

注: 与 SWV 或 EI 单独检测比较, ^a $P < 0.05$

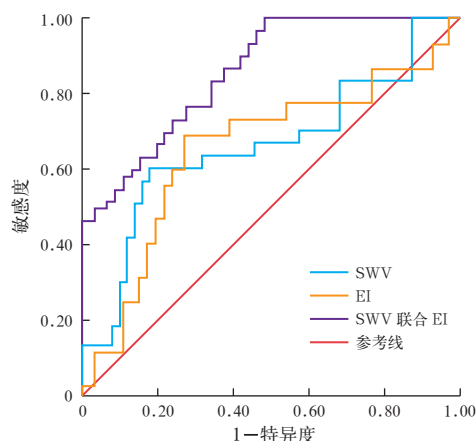


图 1 SWV 和 EI 单独和联合检测对颈动脉 VP 患者 ACI 诊断价值的 ROC 曲线

3 讨论

在我国 ACI 是致死率和致残率均较高的疾病, VP 为 ACI 的主要危险因素, VP 可使动脉管腔狭窄或闭塞, VP 破裂可导致 ACI。研究显示, VP 病理性新生血管及炎症与 ACI 密切相关, 炎症区域巨噬细胞和金属蛋白酶含量较高, 导致 VP 局部组织质地较软, 病理性新生血管容易破裂出血, 致使 ACI 发生^[10-11]。增加 VP 的稳定性, 有助于防止血栓形成, 延迟或防止 ACI 发生, 如何早期准确检测 VP 对于 ACI 患者的预防和治疗有重要意义^[12]。常规超声虽然操作简便、安全无创, 但不能准确显示 VP 的形态结构, 同时容易受到主观判断及检测手法的影响, 难以准确评估 VP 的内部质地结构。

CEUS 通过注射造影剂进行血管追踪, 能可靠、客观、无创地分析 VP 新生血管, 目前 CEUS 多采用半定量和定量分析法评估 VP 新生血管, 但其诊断 ACI 的效能较差。ARFI 为新型超声诊断技术, 通过向特定区域组织发射脉冲信号, 准确检测横向产生的 SWV, 量化分析组织弹性或硬度, 为评估 VP 稳定性提供了新方法^[13-14]。本研究显示, 110 例患者存

在 210 条 VP, 结合斑块 EI 分级和厚度, 结果显示, 2 级斑块中 MP 和 SP 回声类型的比例、3 级斑块所有回声类型比例与 1 级斑块比较差异均有统计学意义, 2 级斑块中厚度 ≤ 2.0 mm 和 3 级斑块中厚度 ≤ 2.0 mm 及 3.1 mm 以上的比例也与 1 级斑块比较差异有统计学意义。这可能与 LP 斑块内部炎症反应和成分较多, 质地较软不稳定, SP 斑块内部纤维钙化, 质地较硬, 相对稳定有关。LP 斑块内部的新生血管更丰富, 导致 LP 斑块 SWV 较快, 而 SP 的 SWV 较慢, 这与张渊等^[15]的研究结果一致。

本研究显示, ACI 组 SWV 显著低于非 ACI 组, EI 显著高于非 ACI 组, 而 ACI 组 VP 长度和厚度与非 ACI 组比较差异均无统计学意义。为进一步探讨 VP 与 ACI 的联系, 通过 ROC 曲线分析显示, SWV 的 AUC 为 0.681, 截断值为 2.21 m/s; EI 的 AUC 为 0.638, 截断值为 3.71 dB; SWV 联合 EI 的 AUC 为 0.812。SWV 联合 EI 诊断 ACI 的敏感度、特异度、阳性预测值和阴性预测值均显著高于 SWV 和 EI 单独检测。非 ACI 组 VP 质地硬, ACI 组 VP 质地柔软不稳定, SWV 与其弹性系数成反比, VP 纤维帽较薄、内部炎症细胞浸润、质地较软则 SWV 慢, VP 内部质地越硬则 SWV 快, 这与姚俊东等^[16]的研究结果一致。ARFI 易受到呼吸、颈动脉搏动的影响, 体积较小的斑块 SWV 测量不准确, 斑块内部出现大的脂质核心、出血以及低增生时, 单独应用 CEUS 量化的 EI 稳定性较高, SWV 联合 EI 检测用于诊断 ACI 的效能显著高于 SWV 和 EI 单独检测。

综上所述, ACI 患者 VP 的 SWV 降低, EI 升高, SWV 联合 EI 检测诊断 ACI 效能显著高于 SWV 和 EI 单独检测, 具有较高的诊断价值。但由于本研究样本量较小, 且没有对斑块进行细化分类研究, ARFI 取相框大小可能也会影响 SWV 等, 下一步将会扩大样本量, 对调节取相框大小及筛选责任斑块进行研究。

参考文献

- [1] Pallesen LP, Ragaller M, Kepplinger J, et al. Diagnostic impact of transesophageal echocardiography in patients with acute cerebral ischemia [J]. *Echocardiography*, 2016, 33 (4): 555–561. DOI: 10.1111/echo.13131.
- [2] Xu FF, Zhang ZB, Wang YY, et al. Brain-derived glia maturation factor β participates in lung injury induced by acute cerebral ischemia by increasing ROS in endothelial cells [J]. *Neurosci Bull*, 2018, 34 (6): 1077–1090. DOI: 10.1007/s12264-018-0283-x.
- [3] Burgmaier M, Milzi A, Dettori R, et al. Co-localization of plaque macrophages with calcification is associated with a more vulnerable plaque phenotype and a greater calcification burden in coronary target segments as determined by OCT [J]. *PLoS One*, 2018, 13 (10): e0205984. DOI: 10.1371/journal.pone.0205984.
- [4] Yuhua S, Baoping W. From vulnerable plaque to blood healthy therapy [J]. *Perfusion*, 2018, 33 (2): 89–95. DOI: 10.1177/

- 0267659117728113.
- [5] Vinayagamani S, Prakash A, Chowdhury V, et al. Is acoustic radiation force impulse (ARFI) ultrasound elastography valuable in the assessment of cervical lymphadenopathy? [J]. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*, 2018, 70 (4): 597–603. DOI: 10.1007/s12070-018-1306-7.
- [6] 姚俊东, 张周龙, 王运昌. 声脉冲辐射力弹性成像对急性缺血性卒中易损斑块的评估价值 [J]. *中国临床研究*, 2018, 31 (4): 551–554. DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2018.04.031.
- [7] Yao JD, Zhang ZL, Wang YC. Evaluation value of acoustic radiation force impulse imaging on vulnerable plaque in acute ischemic stroke [J]. *Chin J Clin Res*, 2018, 31 (4): 551–554. DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2018.04.031.
- [8] Piccolo CL, Trinci M, Pinto A, et al. Role of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in the diagnosis and management of traumatic splenic injuries [J]. *J Ultrasound*, 2018, 21 (4): 315–327. DOI: 10.1007/s40477-018-0327-0.
- [9] 李朝军, 高峰, 李春晓, 等. 环境压力对颈动脉斑块超声造影 (CEUS) 定量参数的影响 [J]. *复旦学报 (医学版)*, 2018, 45 (6): 811–816. DOI: 10.3969/j.issn.1672-8467.2018.06.009.
- [10] Li ZJ, Gao F, Li CX, et al. Effect of ambient pressure around carotid plaque on quantitative parameters of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) [J]. *Fudan Univ J Med Sci*, 2018, 45 (6): 811–816. DOI: 10.3969/j.issn.1672-8467.2018.06.009.
- [11] 勇强, 张蕾, 王丽娟, 等. 颈动脉斑块风险等级的超声评价 [J]. *血管与腔内血管外科杂志*, 2016, 2 (4): 278–281.
- [12] Yong Q, Zhang L, Wang LJ, et al. Ultrasound evaluation of carotid plaque risk grade [J]. *J Vasc Endovasc Surg*, 2016, 2 (4): 278–281.
- [13] Navalkele D, Boehme A, Albright K, et al. Factor VIII in acute cerebral ischemia pilot study: biomarker in patients with large vessel occlusion? [J]. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2018, 24 (8): 1249–1254. DOI: 10.1177/1076029618781045.
- [14] 李振洲, 任力杰, 邵玉凤, 等. CEUS 颈动脉斑块灌注模式与短暂性脑缺血发作患者卒中发病的关系 [J]. *中国医学影像技术*, 2017, 33 (4): 534–538. DOI: 10.13929/j.1003-3289.201610002.
- [15] Li ZZ, Ren LJ, Shao YF, et al. Relationship between perfusion mode of carotid plaque in CEUS and ischemic stroke in transient ischemic attack patients [J]. *Chin J Med Imag Technol*, 2017, 33 (4): 534–538. DOI: 10.13929/j.1003-3289.201610002.
- [16] 牛宏珍, 勇强, 张蕾, 等. 超微血流显像与超声造影评价极低回声区斑块内新生血管分布的研究初探 [J]. *心肺血管病杂志*, 2018, 37 (12): 1046–1048, 1057. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5062.2018.12.003.
- [17] Niu HZ, Yong Q, Zhang L, et al. Superb microvascular imaging in evaluation of neovascularization in carotid plaque within juxtaluminal hypoechoic area in ultrasonic images [J]. *J Cardiovasc Pulmon Dis*, 2018, 37 (12): 1046–1048, 1057. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5062.2018.12.003.
- [18] Horvat N, Rocha MS, Chagas AL, et al. Multimodality screening of hepatic nodules in patients with congenital heart disease after fontan procedure: role of ultrasound, ARFI elastography, CT, and MRI [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2018, 211 (6): 1212–1220. DOI: 10.2214/AJR.18.19762.
- [19] Moschouris H, Stamatou K, Kalokairinou MM, et al. Early post-interventional sonographic evaluation of prostatic artery embolization. A promising role for contrast-enhanced ultrasonography (CEUS) [J]. *Med Ultrason*, 2018, 20 (2): 134–140. DOI: 10.11152/mu-1340.
- [20] 张渊, 邓舒昊, 朱一成, 等. 超声造影对颈动脉粥样硬化斑块稳定性及新生血管的评估价值研究 [J]. *中国医药导报*, 2018, 15 (28): 142–145.
- [21] Zhang Y, Deng SH, Zhu YC, et al. Study of the evaluation value of contrast-enhanced ultrasonography on the stability of carotid atherosclerotic plaque and new blood vessels [J]. *China Med Herald*, 2018, 15 (28): 142–145.
- [22] 姚俊东, 张周龙, 王运昌. 声脉冲辐射力弹性成像联合超声造影评价颈动脉不稳定斑块及对急性脑缺血性事件的预测 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2018, 26 (5): 365–368, 373. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2018.05.010.
- [23] Yao JD, Zhang ZL, Wang YC. Acoustic radiation force impulse combined with contrast-enhanced ultrasound in evaluating carotid artery unstable plaque and prediction of acute cerebral ischemia events [J]. *Chin J Med Imag*, 2018, 26 (5): 365–368, 373. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2018.05.010.

(收稿日期: 2019-03-22)