

VH-IVUS 与 SWE 技术评估颈动脉斑块稳定性及脑梗死的价值^{*}

崔娜 王小刚 董磊

(中国人民解放军联勤保障部队第 960 医院超声诊断科, 山东 济南 250031)

【摘要】 目的 探讨血管内超声虚拟组织学成像(VH-IVUS)与实时剪切弹性成像技术(SWE)评估颈动脉斑块稳定性及脑梗死的价值。**方法** 选取 2018 年 12 月~2020 年 12 月在中国人民解放军联勤保障部队第 960 医院就诊的颈动脉粥样硬化斑块患者 130 例(201 个斑块),分析不同性质斑块 VH-IVUS 评分及平均杨氏模量差异,及评估稳定性斑块的价值。130 例颈动脉粥样硬化斑块患者近期发生脑梗死 53 例(脑梗死组),无脑梗死 77 例(无脑梗死组),比较两组甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、VH-IVU 评分及平均杨氏模量水平,同时分析 VH-IVUS 评分及平均杨氏模量评估脑梗死的价值。**结果** 易损性斑块 VH-IVUS 评分高于稳定性斑块($P<0.05$),而平均杨氏模量低于稳定性斑块($P<0.05$);VH-IVUS 评分、平均杨氏模量评估稳定性斑块的 ROC 曲线下面积分别为 0.789 和 0.875。脑梗死组 TG、LDL-C 明显高于无脑梗死组($P<0.05$),而 HDL-C 明显低于无脑梗死组($P<0.05$);脑梗死组斑块 VH-IVUS 评分明显高于无脑梗死组($P<0.05$),而平均杨氏模量明显低于无脑梗死组($P<0.05$);VH-IVUS 评分、平均杨氏模量评估脑梗死的 ROC 曲线下面积分别为 0.658 和 0.822。**结论** VH-IVUS 与 SWE 技术评估颈动脉斑块稳定性及脑梗死方面有较好的价值,其中 SWE 评估价值较高。

【关键词】 血管内超声虚拟组织学成像;实时剪切弹性成像技术;颈动脉斑块;稳定性;脑梗死

【中图分类号】 R743.3 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2022.08.027

The value of VH-IVUS and SWE in evaluating the stability of carotid plaque and cerebral infarction

CUI Na, WANG Xiaogang, DONG Lei

(Department of Ultrasound Diagnosis, 960th Hospital of Joint Logistics Support Force of Chinese People's Liberation Army, Jinan 250031, China)

【Abstract】 Objective To explore the value of intravascular ultrasound virtual histology (VH-IVUS) and real-time shear elastography (SWE) in evaluating the stability of carotid plaque and cerebral infarction. **Methods** From December 2018 to December 2020, 130 patients with carotid atherosclerotic plaques (201 plaques) in 960th Hospital of the joint logistics support force of the Chinese people's Liberation Army were selected, including 53 patients with recent cerebral infarction and 77 patients without cerebral infarction, the differences of VH-IVUS score and average young's modulus of plaque with different properties were analyzed, the value of VH-IVUS score and average young's modulus in predicting cerebral infarction was analyzed. **Results** Among 201 plaques, 45 were soft plaques, 98 were mixed plaques, and 58 were calcified plaques. The VH-IVUS score of unstable plaques was significantly higher than that of stable plaques ($P<0.05$), while the mean Young's modulus was significantly lower than that of stable plaques ($P<0.05$). The area under the ROC curve of stable plaques evaluated by VH-IVUS score and mean Young's modulus were 0.789 and 0.875, respectively, $P<0.05$. The triglyceride (TG) and low density lipoprotein cholesterol (LDL-C) in the infarction group were significantly higher than those in the non-infarction group ($P<0.05$), while the high density lipoprotein cholesterol (HDL-C) was significantly lower than that in the cerebral infarction group ($P<0.05$). The plaque VH-IVUS score of

基金项目:国家自然科学基金委员会青年科学基金项目(81801191)

通信作者:董磊, E-mail:811672058@qq.com

引用本文:崔娜,王小刚,董磊. VH-IVUS 与 SWE 技术评估颈动脉斑块稳定性及脑梗死的价值[J]. 西部医学, 2022, 34(8):1230-1234. DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2022.08.027

cerebral infarction group was significantly higher than that of non-cerebral infarction group ($P < 0.05$), while the mean Young's modulus was significantly lower than that of non-cerebral infarction group ($P < 0.05$); The area under the ROC curve of cerebral infarction evaluated by VH-IVUS score and mean Young's modulus were 0.658 and 0.822, respectively, $P < 0.05$. **Conclusion** VH-IVUS and SWE have good value in evaluating the stability of carotid artery plaques and evaluating cerebral infarction, among them, SWE has high evaluation value.

【Key words】 Intravascular ultrasound virtual histological imaging; Real-time shear elastography; Carotid plaque; Stability; Cerebral infarction

我国脑梗死发生率和死亡率呈逐年上升和年轻化趋势。研究显示颈动脉斑块稳定性是诱发脑梗死的重要危险因素并发现颈部动脉斑块,特别是质软斑块极易随疾病进展而脱落或出现斑块破裂,进而诱发脑梗死,严重威胁患者的生命安全^[1]。因此,早期鉴定颈动脉斑块的类型和稳定性对评估脑梗死具有重要的临床价值。超声剪切波弹性成像技术属于新型影像技术,其依靠超声向感兴趣区发出纵向高强度脉冲波,使感兴趣产生横向剪切波,通过检测横向剪切波所读计算得到感兴趣区颈动脉参数,进而判断颈动脉斑块情况,现已被广泛应用于临床多种疾病的定性诊断^[2]。血管内超声虚拟组织学成像(virtual histology intravascular ultrasound, VH-IVUS)能够根据斑块的组织学成分对颈动脉斑块稳定性进行鉴别^[3]。本研究探讨了 VH-IVUS、实时剪切弹性成像技术(shear wave elastography, SWE)评估颈动脉斑块稳定性及脑梗死的价值,旨在为临床颈动脉斑块稳定性的判断和脑梗死的评估提供新的思路,现将研究结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2018 年 12 月~2020 年 12 月在中国人民解放军联勤保障部队第 960 医院就诊的颈动脉粥样硬化斑块患者 130 例 201 个斑块,其中男性 70 例 117 个斑块,女性 60 例 94 个斑块;年龄 51~71 岁,平均(55.41 ± 8.89)岁;近期发生脑梗死患者 53

例(脑梗死组),无脑梗死患者 77 例(无脑梗死组)。纳入标准:①颈动脉内中膜厚度 ≥ 1.5 mm。②同时行 VH-IVUS 和 SWE 检查。③拟行颈动脉内膜剥脱术。④患者及家属知情同意。排除标准:①有心、肺、肝、肾疾病者。②心源性脑梗死、肺源性脑梗死者。③有颈动脉手术史者。

1.2 VH-IVUS 检查 先经主动脉弓注射造影剂后对全脑血管和双侧颈动脉造影以确定血管狭窄位置、范围和脑部血液供应情况;对狭窄侧颈动脉血管使用我院彩色多普勒超声检查仪(西门子-iLab Polaris)进行超声检查,示踪图引导下置入保护伞并打开,沿保护伞对导丝进行支撑;血管狭窄远端置入血管内超声探头对颈动脉腔内壁记录并评估狭窄程度,检查颈动脉斑块的形态和位置,选择 4 种颜色对 VH-IVUS 进行结构区分,深绿色为纤维性斑块,黄绿色为脂肪性斑块,白色为致密钙化以白色呈现,浅红色为坏死组织,黑色为血管腔,计算斑块平均厚度(mm)及斑块平均长度(mm)^[4]。IVUS 评分^[5]:通过积分法评估不稳定性评分,经检查后如斑块在屏幕上呈现深绿色则记为 1 分,如斑块在屏幕上呈现深绿色和黄色混合则记为 2 分;检查到斑块成分在屏幕上的颜色是黄绿色,并且周围分布有少量深绿色、白色为 3 分;检查到斑块成分在屏幕上的颜色是黄绿色、白色、红色混杂信号为 4 分。见图 1。

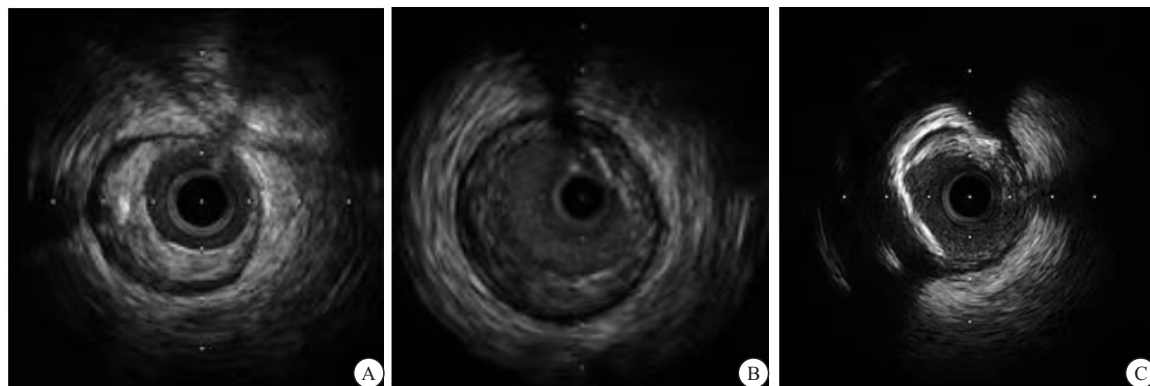


图 1 VH-IVUS 图像

Figure 1 The VH-IVUS images

注:A、B 为易损性斑块;C. 稳定性斑块

1.3 SWE 检查 患者常规超声检查后行 SWE 检查,于锁骨处选择合适支点头固定探头启动超声 SWE 模式,杨氏模量值量程 1~100kPa,患者 3~5 s 屏气后待图像颜色填充至少 90%且稳定后定帧和储存图像,彩色编码指不同组织弹性,蓝色至红色表示组织硬度(杨氏模量值)逐渐增加;仪器内置分析系统对分析斑块描述及软硬度,分别测量斑块不同回声处的杨氏模量值,每个斑块重复 3 次测量,取平均值为平均杨氏模量值^[6-7]。部分患者斑块图像见图 2。

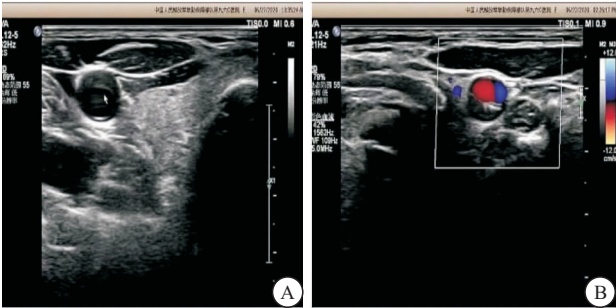


图 2 部分患者颈总动脉斑块图

Figure 2 Common carotid artery plaque in some patients

注:A. 颈总动脉前壁斑块;B. 颈总动脉后壁斑块,可见血流信号

1.4 病理学检查斑块性质 取适量目标组织石蜡切片脱蜡至水,苏木素染细胞核,伊红染细胞质,脱水封片,显微镜下观察病理情况。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析,计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,两组比较使用 t 检验;计数资料以率(%)表示,组间比较使用 χ^2 检验;评估价值采用 ROC 曲线分析,曲线下面积 >0.5 时,有一定预测价值,0.5~0.7 表示诊断价值较低, $>0.7 \sim 0.90$ 表示诊断价值中等, >0.9 表示诊断价值高。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 斑块病理成分结果 易损性斑块 143 枚,稳定性斑块 58 枚。

2.2 易损性和稳定性斑块 VH-IVUS、SWE 参数比较 易损性斑块 VH-IVUS 评分明显高于稳定性斑块 ($P < 0.05$),而平均杨氏模量明显低于稳定性斑块 ($P < 0.05$),见表 1。

表 1 易损性和稳定性斑块 VH-IVUS、SWE 参数比较($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Comparison of VH-IVUS and SWE parameters in vulnerable and stable plaques

组别	斑块数(n)	VH-IVUS 评分(分)	平均杨氏模量(kPa)
易损性斑块	143	2.60±0.32	41.10±9.80
稳定性斑块	58	1.85±0.25	85.56±10.21
<i>t</i>		15.973	-28.792
<i>P</i>		<0.05	<0.05

2.3 VH-IVUS 评分、平均杨氏模量评估稳定性斑块的价值 VH-IVUS 评分、平均杨氏模量评估稳定性斑块的 ROC 曲线下面积分别为 0.789 和 0.875,其中平均杨氏模量 ROC 曲线下面积大于 VH-IVUS($\chi^2 = 5.594, P < 0.05$),截断值分别为 3 分和 60.50kPa,灵敏度分别为 58.00% 和 91.60%,特异度分别为 98.30% 和 86.20%,见图 3。

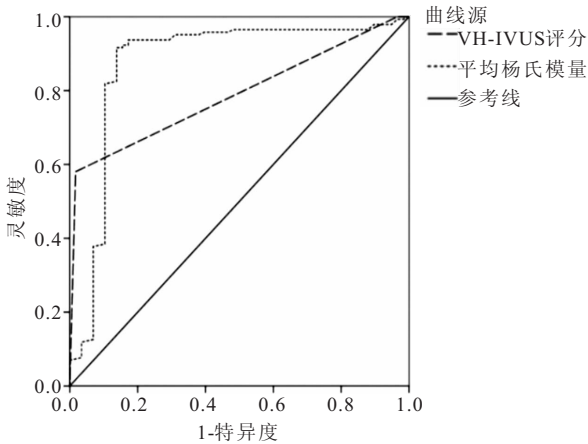


图 3 VH-IVUS 评分、均杨氏模量评估稳定性斑块的 ROC 曲线图

Figure 3 ROC curve of VH-IVUS score and Mean Young's modulus to evaluate stable plaques

2.4 脑梗死组和无脑梗死组临床资料比较 脑梗死组 TG、LDL-C 明显高于无脑梗死组 ($P < 0.05$),而 HDL-C 明显低于无脑梗死组 ($P < 0.05$),见表 2。

表 2 脑梗死组和无脑梗死组临床资料比较 [$n(\times 10^{-2})$, ($\bar{x} \pm s$)]

Table 2 Comparison of clinical data between cerebral infarction group and non-cerebral infarction group

临床资料	脑梗死 (n=53)	无脑梗死组 (n=77)	<i>t</i> / χ^2	<i>P</i>
性别			0.274	0.601
男	30(56.60)	40(51.95)		
女	23(43.40)	37(48.05)		
年龄(岁)	56.67±6.68	54.97±7.25	1.356	0.177
体质量指数(kg/m ²)	23.31±2.16	23.87±2.41	-1.357	0.177
收缩压(mmHg)	125.59±9.64	124.49±8.87	0.671	0.504
舒张压(mmHg)	82.54±6.69	83.31±9.10	-0.526	0.600
空腹血糖(mmol/L)	5.54±1.00	5.60±1.03	-0.330	0.742
TG(mmol/L)	2.57±0.94	1.80±0.81	4.987	<0.05
TC(mmol/L)	3.10±0.87	2.84±0.91	1.630	0.106
LDL-C(mmol/L)	3.70±1.00	2.30±0.89	8.378	<0.05
HDL-C(mmol/L)	1.21±0.41	1.50±0.32	-4.522	<0.05

2.5 脑梗死组和无脑梗死组颈动脉斑块参数比较 脑梗死组和无脑梗死组患者平均斑块数、斑块平均厚度和平均长度比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$);脑梗死组斑块 VH-IVUS 评分明显高于无脑梗死组 ($P < 0.05$),而平均杨氏模量明显低于无脑梗死组 ($P < 0.05$),见表 3。

表 3 脑梗死组和无脑梗死组颈动脉斑块参数比较($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of arterial plaque parameters between cerebral infarction group and non-cerebral infarction group

临床资料	脑梗死 (n=53)	无脑梗死组 (n=77)	t	P
平均斑块数	1.52±0.34	1.57±0.26	-0.949	0.344
斑块平均厚度(mm)	2.70±0.70	2.65±0.66	0.414	0.680
斑块平均长度(mm)	12.01±2.32	11.80±2.29	0.511	0.610
VH-IVUS 评分(分)	2.54±0.55	1.90±0.60	6.180	<0.05
平均杨氏模量(kPa)	60.68±12.24	78.50±11.15	-8.603	<0.05

2.6 VH-IVUS 评分、平均杨氏模量评估脑梗死的价值 VH-IVUS 评分、平均杨氏模量评估脑梗死的 ROC 曲线下面积分别为 0.658 和 0.822, 平均杨氏模量 ROC 曲线下面积大于 VH-IVUS 评分($\chi^2=6.694$, $P<0.05$), 截断值分别为 3 分和 75.80kPa, 灵敏度分别为 50.90% 和 90.60%, 特异性分别为 75.20% 和 57.10%, 见图 4。

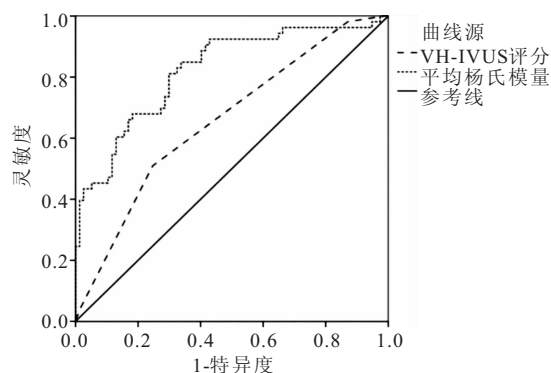


图 4 VH-IVUS 评分、均杨氏模量评估脑梗死的 ROC 曲线图

Figure 4 ROC curves of VH-IVUS score and Young's modulus in the evaluation of cerebral infarction

3 讨论

超声弹性成像技术可通过测定和收集剪切波速度检测器官组织的硬度, 属于新型超声技术, 其结果稳定, 自动发射和回收超声波, 可重复性好, 不仅可在短时间内多次操作, 还能够将组织硬度量化显示, 避免检测医师的主观影响^[8-11]。VH-IVUS 能够根据斑块的不同组织成分检测出易损斑块并提供血管内狭窄的程度以及范围等准确的信息, 为临床检测提供数据参考^[12-14]。VH-IVUS 具有较高的血管分辨率, 通过血管回声情况虚拟组织学成像, 有助于判定斑块稳定性, 临床应用广泛^[15-17]。剪切波弹性定量通过声辐射力脉冲对颈动脉受力后出现水平振动和垂直压缩, 因此测量每个横向振动的位移时间和振动峰值产生的剪切波速度能够计算组织的杨氏模量值, 进而反映颈动脉斑块的稳定性。本研究结果显示不稳定性斑块 VH-IVUS 评分明显高于稳定性斑块, 而平均杨氏模量明显低于稳定性斑块; ROC 结果显示 VH-

IVUS 评分、平均杨氏模量预测稳定性斑块具有较高的灵敏性和特异性, 具有较高的临床应用价值。

SWE 技术通过组织回声及增强血流对比改善管壁与管腔的分辨率, 能够更加清晰显示管腔和管壁轮廓, 提高影像质量, 特别是能够衬托出粥样硬化斑块的大小及范围, 为判断斑块形成提供帮助。本研究相关斑块参数比较结果显示, 脑梗死组斑块 VH-IVUS 评分明显高于无脑梗死组, 而平均杨氏模量明显低于无脑梗死组($P<0.05$)。

VH-IVUS 成像采用不同颜色表示不同斑块, 深绿色表示纤维斑块, 其主要由代表炎症反应的巨噬细胞和胶原纤维组成, 几乎无胶质成分, 纤维脂质斑块为浅绿色表示, 主要由脂质聚集物、胶原纤维组成, 几乎无坏死胆固醇结晶; 红颜色表示坏死核心斑块, 主要由死亡泡沫细胞、死亡淋巴细胞及坏死细胞的残留物形成, 细胞基质紊乱且稳定性差, 几乎无胶原纤维, 少量钙化可能是死亡细胞残留物或斑块出血造成; 白色表示钙化斑块, 主要是致密钙化结晶组成^[18-19]。SWE 技术通过向感兴趣区发射短周期推进脉冲, 其在组织内部可出现局部形态变化而形成横向传递运动的剪切波, 通过位移大小对剪切波弹性定量值进行快速测量, 定量评估组织的弹性模量, 斑块越坚硬, 剪切波弹性定量值愈加异常, 因而杨氏模量值的临床敏感性和特异性较高。本研究结果显示 VH-IVUS 评分、平均杨氏模量评估脑梗死具有较高的灵敏性格特异性。但有研究提示 SWE 技术也存在一定的局限性, 弹性定量值的测量易受到取样位置、呼吸运动及取样深度等因素影响, 这也需要临床检查时特别注意^[20-22]。

4 结论

VH-IVUS、SWE 技术在评估颈动脉斑块稳定性及脑梗死方面有较好的价值中有一定应用价值, 可在临床范围内推广应用。

【参考文献】

- [1] 罗向红, 张健慧, 邵思惠, 等. 超声剪切波频散成像评估颈动脉黏弹性的初步研究[J]. 中华超声影像学杂志, 2019, 28(9): 753-758.
- [2] CHEN R, WANG X L, XUE W L, et al. Application value of conventional ultrasound and real-time shear wave elastography in patients with type 2 diabetic polyneuropathy[J]. European Journal of Radiology, 2020, 126(6):108965.
- [3] 崔柳平, 马迪, 陈盈, 等. 超声新技术在颈动脉粥样硬化斑块评估中的研究进展[J]. 中国脑血管病杂志, 2020, 17(6):61-65.
- [4] LEI P, ZHANG P, LIU Q, et al. Diagnostic performance on multiple parameters of real-time ultrasound shear wave elastography for evaluating nonalcoholic fatty liver disease: A rabbit model[J]. Journal of X-Ray Science and Technology, 2020, 28(6):11-17.

- [5] 吴玺, 黄河, 张琪周, 等. 虚拟组织学-血管内超声分析冠状动脉慢性完全闭塞病变斑块特征[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2019, 27(4):199-204.
- [6] SPUAK, KUBIAK, GLINSKA-SUCHOCKA, *et al.* Accuracy of real-time shear wave elastography in the assessment of normal small intestine mucosa in dogs. [J]. Polish journal of veterinary sciences, 2019, 22(3):457-461.
- [7] 郭岩, 刘英, 陈磊, 等. 颈动脉斑块的常规超声, 实时超声弹性成像特征与脑梗死的关系研究[J]. 湖南师范大学学报(医学版), 2019, 70(5):109-112.
- [8] 李海欣, 余海歌, 何文, 等. 超声造影及微血管成像技术评价颈动脉斑块易损性[J]. 中华老年医学杂志, 2019, 38(9):989-993.
- [9] MAO R, CHEN Y J, BEN-HORIN S, *et al.* Sa1735-Baseline Bowel Stiffness on Real-Time Shear Wave Ultrasound Elastography Predicts Response to Infliximab in Patients with Crohn's Disease[J]. Gastroenterology, 2019, 156(6):381-382.
- [10] 丁中, 张锋, 程将, 等. 超微血管成像技术检测颈动脉斑块新生血管价值探讨[J]. 蚌埠医学院学报, 2019, 287(11):87-91.
- [11] HONG J, SU M, YU Y, *et al.* A Dual-Mode Imaging Catheter for Intravascular Ultrasound Application[J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2019, 38(3):657-663.
- [12] 钟永红, 丁礼仁, 徐浩, 等. 气道内超声弹性成像技术在肺门纵隔淋巴结肿大诊断中的价值[J]. 中华急诊医学杂志, 2019, 28(2):246-248.
- [13] PULJIZ D Z, MESTROVIC A, ZAJA I, *et al.* Impact of hemodialysis on liver stiffness measured with real-time two-dimensional shear wave elastography[J]. Wiener klinische Wochenschrift, 2019, 12(2):13-17.
- [14] HAN R J, DU J, LI F H, *et al.* Comparisons and Combined Application of Two-Dimensional and Three-Dimensional Real-time Shear Wave Elastography in Diagnosis of Thyroid Nodules [J]. Journal of Cancer, 2019, 10(9):13-17.
- [15] CHEN R, WANG X L, XUE W L, *et al.* Application value of conventional ultrasound and real-time shear wave elastography in patients with type 2 diabetic polyneuropathy[J]. European Journal of Radiology, 2020, 126(6):108965.
- [16] XUE E, YU Y, LIN L, *et al.* Application value of real-time shear wave elastography in differential diagnosis of testicular torsion[J]. Medical ultrasonography, 2020, 22(1):11-17.
- [17] FU J, WU B, WU H, *et al.* Accuracy of real-time shear wave elastography in staging hepatic fibrosis: A meta-analysis[J]. BMC Medical Imaging, 2020, 20(1):2-3.
- [18] 李瑞, 崔惠勤, 罗雪. 3D-ASL, MRA 及 DWI 技术在诊断急性脑梗死缺血半暗带中的应用[J]. 广西医科大学学报, 2019, 36(5):4.
- [19] 黄运强, 杨桂平, 杨少明, 等. 尤瑞克林联合丁苯酞治疗急性脑梗死的疗效观察[J]. 广西医科大学学报, 2019, 36(8):4.
- [20] 邹文辉, 黄垂学, 王同钰, 等. 神经内镜下经额与经颞入路微创治疗基底节脑出血的疗效观察[J]. 广西医科大学学报, 2019, 36(8):4.
- [21] 王晶晶, 李玮, 李鹏辉, 等. NT-proBNP 及左心耳参数与急性脑梗死后肾功能不全的关系[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2019, 22(6):7.
- [22] 成红学, 邵春香, 黄宝和, 等. 多模式 MRI 指导下超时间窗进展性脑梗死静脉溶栓临床研究[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2020, 23(7):4.

(收稿日期:2021-06-22;修回日期:2022-01-28;编辑:黎仕娟)

(上接第 1229 页)

- [5] 黄仁春, 周世泰, 马飞. 中西医结合治疗对严重多发伤伴创伤失血性休克早期液体复苏效果及血液流变学、炎症因子和早期肾功能损害的影响[J]. 现代中西医结合杂志, 2018, 27(19):2072-2076.
- [6] ROVERAN GENG K, LO C, CIRSTE M, *et al.* Two-year follow-up of patients with septic shock presenting with low HDL; the effect upon acute kidney injury, death and estimated glomerular filtration rate [J]. J Intern Med, 2017, 281(5):518-529.
- [7] 郭思宇, 张景媛, 吴嘉瑞, 等. 山莨菪碱治疗感染性休克的临床应用进展[J]. 中国医院用药评价与分析, 2019, 19(4):389-392.
- [8] 中华医学会重症医学分会. 低血容量休克复苏指南(2007)[J]. 中国危重病急救医学, 2008, 20(3):129-134.
- [9] 李佳斯, 朱美意, 欧阳军, 等. 限制性液体复苏对失血性休克大鼠炎症因子表达与免疫功能的影响[J]. 中国老年学杂志, 2018, 38(7):1678-1680.
- [10] 刘磊, 方建江, 周挺. 参麦注射液联合血必净对创伤失血性休克早期患者凝血功能和炎症因子的影响[J]. 中国生化药物杂志, 2016, 36(8):108-110.
- [11] 朱恒, 李启梁, 王振杰, 等. 不同液体限制性复苏对失血性休克病人血栓弹力图及凝血功能的影响[J]. 蚌埠医学院学报, 2020, 45(3):296-299.
- [12] 路艳, 王立维, 计金华, 等. 羟乙基淀粉 130/0.4 电解质注射液对失血性休克患者内稳态及炎症因子的影响[J]. 医学综述, 2016, 22(22):4525-4528.
- [13] LI Z, XU C, TAO Y, *et al.* Anisodamine alleviates lipopolysaccharide-induced pancreatic acinar cell injury through NLRP3 inflammasome and NF- κ B signaling pathway[J]. J Recept Signal Transduct Res, 2020, 40(1):58-66.
- [14] 李贺, 尹冉, 李申涛, 等. 碳酸氢钠林格液在创伤失血性休克兔液体复苏中的效果研究[J]. 中华急诊医学杂志, 2020, 29(5):656-660.
- [15] OKUNO M, TAGUCHI K, YAMASAKI K, *et al.* Long-Term Stored Hemoglobin-Vesicles, a Cellular Type of Hemoglobin-Based Oxygen Carrier, Has Resuscitative Effects Comparable to That for Fresh Red Blood Cells in a Rat Model with Massive Hemorrhage without Post-Transfusion Lung Injury [J]. PLoS One, 2016, 11(10):e0165557.
- [16] 韩力, 赵建文, 王晓伟, 等. 限制性液体复苏对多发性骨折合并创伤失血性休克患者凝血功能、心肌损害指标及预后的影响[J]. 现代生物医学进展, 2020, 20(11):2068-2071.
- [17] 郑小玲, 何顶秀, 唐小曲. 血必净联合脉搏指示持续心排量监测下限制性补液方案治疗创伤性休克疗效研究[J]. 创伤与急危重病医学, 2020, 8(5):307-311, 316.
- [18] 杨利生, 刘莉君, 安亚东, 等. 血必净治疗肺部感染患者的疗效及对凝血、炎症指标的影响[J]. 血栓与止血学, 2020, 26(6):986-987.
- [19] 张景媛, 吴嘉瑞, 周唯, 等. 山莨菪碱临床应用进展[J]. 中国医院用药评价与分析, 2019, 19(4):385-388, 392.

(收稿日期:2021-05-26;修回日期:2021-12-07;编辑:黎仕娟)