

· 论著 ·

剪切波弹性成像评价流行性出血热肾脏损害^{*}

刘燕¹ 吴晓莉¹ 卢强² 张金兰³ 刘再荣³ 罗林法³(1. 攀枝花市中心医院超声科, 四川 攀枝花 617000; 2. 四川大学华西医院超声科, 四川 成都 610041;
3. 盐源县人民医院超声科, 四川 凉山 615700)

【摘要】目的 探讨剪切波弹性成像(SWE)评估流行性出血热(EHF)患者肾脏损害的可行性。**方法** 选取2019年4月~2020年1月盐源县人民医院临床确诊 EHF 既往无肾脏病史且做肾脏 SWE 的患者 20 例, 设为 EHF 组, 另选取 46 例健康志愿者设为对照组。对比分析两组患者肾脏的杨氏模量值, 绘制 ROC 曲线并计算曲线下面积(AUC)对应的截断值, 同时收集测量杨氏模量值 24 h 内患者的血清肌酐、尿蛋白、尿酸和血小板计数, 计算杨氏模量值与各实验室指标的相关性。**结果** 两组患者肾皮质、髓质、肾窦的 Emean、Emax、Emin 参数左右侧比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。EHF 组与对照组双肾皮质和髓质的 Emean、Emax 比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。但两组肾窦各杨氏模量 E 值比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。右肾皮质杨氏模量 Emean 值 AUC 为 0.820, 截断值为 19.36 kPa 时诊断流行性出血热肾脏损害的敏感性和特异性分别为 70.0% 和 89.1%; 左肾皮质杨氏模量 Emax 值 AUC 为 0.821, 截断值为 30.39 kPa 时诊断流行性出血热肾脏损害的敏感性和特异性分别为 70.0% 和 84.8%。EHF 组左肾皮质和髓质杨氏模量 Emax 值与尿蛋白、髓质 Emean 值与血清肌酐呈正相关; 左肾髓质杨氏模量 Emax 值与血小板计数呈负相关。**结论** 剪切波弹性成像可作为流行性出血热肾脏损害的无创定量评价方法, 肾脏皮质及髓质 Emean、Emax 均可作为参考指标, 而肾脏皮质杨氏模量 Emean 差异显著, 且诊断流行性出血热肾脏损害的 AUC 较大且敏感性和特异性较高, 临床应用中推荐测量肾脏皮质杨氏模量 Emean 值。

【关键词】 剪切波弹性成像; 流行性出血热; 肾损害**【中图分类号】** R512.8 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2022.06.027

Shear wave elastography in evaluating kidney damage of epidemic hemorrhagic fever

LIU Yan¹, WU Xiaoli¹, LU Qiang², ZHANG Jinglan³, LIU Zairong³, LUO Linfa³(1. Department of Ultrasound, Panzhihua Central Hospital, Panzhihua 617000, Sichuan, China;
2. Department of Ultrasound, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China;
3. Department of Ultrasound, The People's hospital of Yanyuan, Yanyuan 615700, Sichuan, China)

【Abstract】Objective To investigate the feasibility of shear wave elastography (SWE) to evaluate the kidney damage of epidemic hemorrhagic fever patient. **Methods** The young's modulus values of kidney of epidemic hemorrhagic fever patients and healthy volunteers were compared and analyzed. The ROC curve was plotted and the cut-off value of the area under the curve (AUC) was calculated. Serum creatinine, urinary protein, uric acid and platelet counts were collected and measured within 24 h of Young's modulus. The correlation between young's modulus and laboratory indexes was calculated. **Results** The young's modulus of renal cortex, medulla and renal sinus increased in patients with epidemic hemorrhagic fever compared with healthy controls. There were statistically significant differences in Young's modulus between cortex and medulla ($P < 0.05$). When the Emean value of the right renal cortex was 0.820 and the cut-off value was 19.36 kPa, the sensitivity and specificity of the diagnosis of renal damage in epidemic hemorrhagic fever were 70.0% and 89.1%, respectively. When Emax value of left renal cortex was 0.821 and cut-off value was 30.39 kPa, the sensitivity and specificity of the diagnosis of renal damage in epidemic hemorrhagic fever were 70.0% and 84.8% respectively. There was a positive correlation between young's modulus Emax of left renal cortex and medulla and urinary protein, and between medulla Emean and serum creatinine in epidemic hemorrhagic fever group. The Emax value of

基金项目: 四川省卫生健康委员会科研课题(19PJ225); 攀枝花市指导性科技计划项目(2019ZD-S-9)**通信作者:** 卢强, E-mail: luqiang@scu.edu.cn**引用本文:** 刘燕, 吴晓莉, 卢强, 等. 剪切波弹性成像评价流行性出血热肾脏损害[J]. 西部医学, 2022, 34(6): 913-917. DOI: 10.3969/j.

issn.1672-3511.2022.06.027

young's modulus in the medulla of the left kidney was negatively correlated with platelet count. **Conclusion** SWE can be used as a noninvasive quantitative evaluation method for renal damage in epidemic hemorrhagic fever group, Young's modulus AUC of the right or left renal cortex is large with high sensitivity and specificity, it is recommended to measure Young's modulus Emean value of the renal cortex in clinical application.

【Key words】 Shear wave elastography; Epidemic hemorrhagic fever; Renal damage

流行性出血热 (Epidemic hemorrhagic fever, EHF) 多由汉坦病毒感染引起的一种地方性自然疫源性疾病, 又称肾综合征出血热, 四川省盐源县是流行性出血热的高发区^[1-2]。EHF 临床上以发热、出血、休克和急性肾衰为主要表现, 重症患者病死率较高, 如不及时诊治, 将威胁患者生命。肾脏是本病损害的重要器官, 肾血管损害出现肾脏充血、出血、周围水肿及灶性坏死。然而 EHF 肾脏常规超声表现特征性较差^[3-5], 无法定量诊断。

剪切波弹性成像^[6] (Shear wave elastography, SWE) 通过获取组织的剪切波传播速度 (Shear wave velocity, SWV) 得到杨氏模量 (单位 kPa), SWV 越快, 杨氏模量值越大, 组织就越硬。SWE 在肝脏、乳腺、甲状腺、肌腱等脏器中应用相对较成熟^[7-13], SWE 亦成功应用于慢性肾功能不全、糖尿病肾病、狼疮性肾炎等的研究^[14-16]。但目前 SWE 在流行性出血热中的应用报道鲜少, 因此本研究旨在探讨 SWE 是否可作为流行性出血热患者肾损害的一种无创定量评估方法。

1 资料与方法

1.1 研究对象 选取 2019 年 4 月~2020 年 1 月盐源县人民医院临床确诊 EHF 既往无肾脏病史且做肾脏 SWE 患者 20 例设为 EHF 组, 其中男 14 例, 女 6 例; 年龄 5~63 岁, 平均 (19.4±26.9) 岁。另外选取 46 例健康体检志愿者为对照组, 其中男 19 例, 女 27 例; 年龄 2~65 岁, 平均 (14.5±24.9) 岁。两组年龄、性别比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。纳入标准: ①临床确诊 EHF 且做肾脏 SWE。②既往无肾病史及引起肾损害的其它病史。③病例资料完整。排除标准: ①既往有肾脏病史及患有引起肾损害的其它病史。②肾脏 SWE 图像质量差。本研究经医院伦理委员会批准, 患者及家属知情同意。

1.2 仪器与方法

1.2.1 仪器: Resnoa7 彩超仪 (深圳 Mindray 公司), 探头 SC5-1U, 频率 1~5 MHz, 配备 SWE 软件。方法: 受检者俯卧位, 首先行常规超声扫查, 测量肾脏大小、肾中部实质厚度, CDFI 探查其内血流情况; 然后嘱受检者屏住呼吸 3~30 s, 尽可能使声束与肾脏包膜垂直, 待图像稳定后启动 SWE 模式, SWE 取样方形框置于肾包膜下, 方形框完全被彩色充填, M-STB index 显示 4~5 颗星, 图像质量可信度为

100%, 测量深度 < 8.0 cm, 测量 (呈圆形) 直径设置为固定同等大小 5.0 mm, 分别测量双肾中部皮质、髓质及肾窦部的杨氏模量 E 值, 即杨氏模量平均值 (Emean)、最大值 (Emax)、最小值 (Emin), 同一部位测量 3 次取平均值, 由经过标准化培训的同一年资主治医师完成。同时收集 EHF 杨氏模量 E 值测量 24 h 内血清肌酐、尿蛋白、尿酸、血小板计数等实验室检查结果。

1.3 统计学分析 数据采用 SPSS 25.0 进行统计学分析, 计数资料用例 (n) 表示, 比较用 χ^2 检验, 计量资料用均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用 t 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。杨氏模量 E 值诊断 EHF 肾损害的敏感性和特异性采用 ROC 曲线分析, 杨氏模量 E 值与实验室结果采用 *pearson* 或 *spearman* 相关分析。

2 结果

2.1 典型受试对象杨氏模量 E 值及实验室检查结果

20 岁男性健康志愿者, 左肾皮质 Emean13.2 Kpa、髓质 Emean6.62 Kpa、肾窦 Emean10.49 Kpa; 肌酐 38.3 $\mu\text{mol/L}$, 尿素氮 2.86 mmol/L, 尿酸 297 $\mu\text{mol/L}$, 尿蛋白 (+) (见图 1A)。15 岁男性流行性出血热患者, 左肾皮质 Emean22.31 Kpa、髓质 Emean13.85 Kpa、肾窦 Emean9.02 Kpa; 肌酐 150.8 $\mu\text{mol/L}$, 尿素氮 16.43 mmol/L, 尿酸 427 $\mu\text{mol/L}$, 尿蛋白 (+) (见图 1B)。8 岁女性流行性出血热患者, 右肾皮质 Emean31.51 Kpa、髓质 Emean14.39 Kpa、肾窦 Emean11.00 Kpa; 肌酐 177.7 $\mu\text{mol/L}$, 尿素氮 17.36 mmol/L, 尿酸 706 $\mu\text{mol/L}$, 尿蛋白 (++) (见图 1C)。24 岁男性流行性出血热患者, 右肾皮质 Emean48.82 Kpa、髓质 Emean24.80 Kpa、肾窦 Emean23.74 Kpa; 肌酐 416.2 $\mu\text{mol/L}$, 尿素氮 27.27 mmol/L, 尿酸 1170 $\mu\text{mol/L}$, 尿蛋白 (+++) (见图 1D)。俯卧位测量, 感兴趣区位于肾脏皮质、髓质和肾窦的中部, 测量直径设为最小相同尺寸 5.0 mm。

2.2 两组肾皮质、髓质、肾窦 SWE 杨氏模量值比较

两组患者肾皮质、髓质、肾窦的 Emean、Emax、Emin 参数左右侧比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。EHF 组与对照组双肾皮质和髓质的 Emean、Emax 比较, 差异有统计学意义 ($P<0.05$); EHF 组与对照组肾窦各杨氏模量 E 值比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 1。

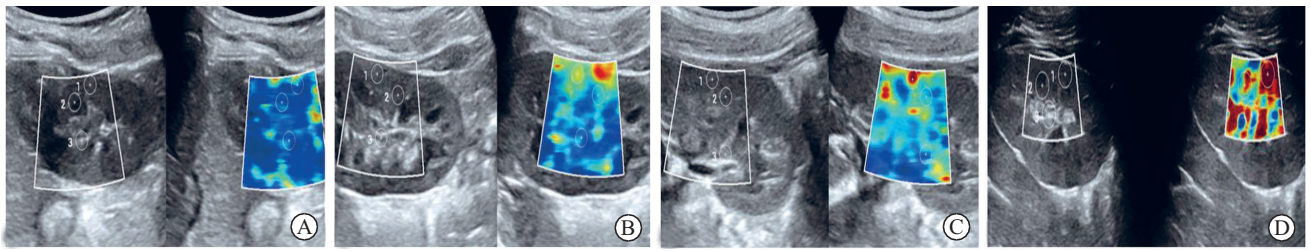


图 1 SWE 测量肾脏杨氏模量

Figure 1 Measurement of SWE Young's modulus of kidney

表 1 EHF 组与对照组肾皮质、髓质、肾窦 SWE 杨氏模量值 SWE 杨氏模量值($\bar{x} \pm s, \text{kPa}$)

Table 1 SWE Young's modulus of renal cortex and medulla in the epidemic hemorrhagic fever group and healthy control group

组别	右肾皮质杨氏模量			左肾皮质杨氏模量		
	Emean	E _{max}	E _{min}	Emean	E _{max}	E _{min}
EHF 组 (n=20)	21.74±7.13	34.98±12.32	11.94±5.83	21.03±8.00	35.85±12.97	10.36±6.42
对照组 (n=46)	13.72±5.00	22.85±7.10	8.12±3.95	13.70±4.97	22.45±8.13	7.44±4.15
P	<0.0001	<0.0001	0.013	0.001	<0.0001	0.073

组别	右肾髓质杨氏模量			左肾髓质杨氏模量		
	Emean	E _{max}	E _{min}	Emean	E _{max}	E _{min}
EHF 组 (n=20)	15.18±4.33	24.74±8.91	8.76±3.04	15.84±6.07	26.31±9.82	8.42±5.05
对照组 (n=46)	12.30±4.75	19.56±5.97	6.85±2.54	12.19±4.22	19.05±6.93	7.02±3.43
P	0.023	0.007	0.010	0.007	0.001	0.194

组别	右肾窦杨氏模量			左肾窦杨氏模量		
	Emean	E _{max}	E _{min}	Emean	E _{max}	E _{min}
EHF 组 (n=20)	14.47±5.73	24.67±11.56	7.77±2.80	14.20±3.89	27.11±10.57	7.05±3.44
对照组 (n=46)	12.16±4.13	22.89±7.05	5.63±1.94	12.64±4.82	21.46±7.78	6.60±2.90
P	0.448	0.312	0.321	0.563	0.454	0.788

注: Emean, 杨氏模量平均值; E_{max}, 杨氏模量最大值; E_{min}, 杨氏模量最小值

2.3 杨氏模量诊断 EHF 肾损害 EHF 肾损害右肾皮质杨氏模量 Emean 值 AUC 为 0.820, 截断值为 19.36 kPa 时诊断 EHF 的敏感性和特异性分别为 70.0% 和 89.1%; 左肾皮质杨氏模量 E_{max} 值 AUC 为 0.821, 截断值为 30.39 kPa 时诊断 EHF 的敏感性和特异性分别为 70.0% 和 84.8%, 见图 2、表 2。

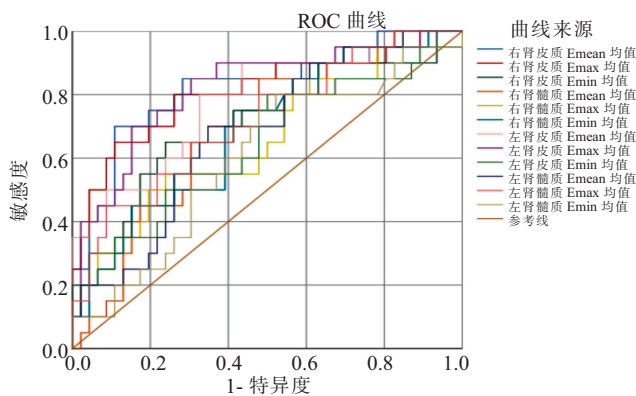


图 2 杨氏模量 Emean、E_{max}、E_{min} 诊断流行性出血热肾损害的 ROC 曲线图

Figure 2 ROC curves of Young's modulus Emean, E_{max}, and E_{min} in the diagnosis of renal damage in epidemic hemorrhagic fever

表 2 肾脏 SWE 杨氏模量值对 EHF 肾损害的诊断效能

Table 2 SWE Young's modulus value for the diagnosis of renal damage in epidemic hemorrhagic fever

变量	AUC	截断值 (KPa)	敏感性 ($\times 10^{-2}$)	特异性 ($\times 10^{-2}$)
右肾皮质 Emean	0.820	19.36	70.0	89.1
右肾皮质 E _{max}	0.812	30.67	65.0	89.1
右肾皮质 E _{min}	0.708	10.09	65.0	76.1
右肾髓质 Emean	0.687	10.64	85.0	52.2
右肾髓质 E _{max}	0.663	23.99	55.0	76.1
右肾髓质 E _{min}	0.686	7.0	75.0	58.7
左肾皮质 Emean	0.780	15.10	80.0	67.4
左肾皮质 E _{max}	0.821	30.39	70.0	84.8
左肾皮质 E _{min}	0.648	5.965	80.0	50.0
左肾髓质 Emean	0.680	13.18	70.0	65.2
左肾髓质 E _{max}	0.718	27.43	45.0	91.3
左肾髓质 E _{min}	0.604	5.815	80.0	47.8

2.4 EHF 杨氏模量 E 值与实验室检查结果 EHF 左肾皮质和髓质杨氏模量 E_{max} 值与尿蛋白、左肾髓质 Emean 值与血清肌酐呈正相关, 左肾髓质杨氏模量 E_{max} 值与尿酸、血小板计数呈负相关, 见表 3、表 4。

表 3 EHF 组肾脏 SWE 杨氏模量值与实验室检查

Table 3 SWE Young's modulus values of kidney and laboratory tests in the epidemic hemorrhagic fever group

EHF 组 (n=20)		尿蛋白	
		r	p
右肾髓质杨氏模量	E _{mean}	0.448	0.047
	E _{max}	0.592	0.006
左肾皮质杨氏模量	E _{max}	0.576	0.008
左肾髓质杨氏模量	E _{max}	0.547	0.013

表 4 EHF 组肾脏 SWE 杨氏模量值与实验室检查

Table 4 SWE Young's modulus values of kidney and laboratory tests in the epidemic hemorrhagic fever group

EHF 组 (n=20)		相关性		实验室检查
		r	p	
左肾髓质杨氏模量	E _{mean}	0.477	0.034	血清肌酐
	E _{max}	-0.531	0.016	尿酸
		-0.483	0.031	血小板计数

3 讨论

流行性出血热是由于 Hantaan 病毒感染诱发的急性传染性疾病。病毒进入人体内随血液循环呈现泛嗜性的感染,引起多器官损害,对人体健康的危害大,起病急,病情进展迅速,重症患者预后差,临床表现复杂,主要表现为短暂发热、充血出血、休克与急性肾功能衰竭等症状。EHF 患者全身广泛的毛细血管病变和实质脏器损害,以肾脏受侵最明显,大体解剖表现为肾脏肿大,皮质呈苍白色,髓质呈暗红色,病理生理基础为肾小球和肾小管基底膜受损、肾间质水肿和出血、肾小球微血栓形成和缺血性坏死,严重损害患者肾功能,降低患者生存质量^[17-19]。

SWE 是近年来研发的一种超声弹性成像新技术,在常规超声的基础上叠加组织弹性图像信息,通过定量分析测量组织器官的杨氏模量值,借助杨氏模量值评估组织的硬度,研究表明 SWE 不受操作者影响,重复性较好,无需施压,结果稳定,诊断效能较高,能够以数据客观的评价肾脏功能^[20]。本研究应用 SWE 技术测量流行性出血热患者肾脏的杨氏模量 E 值实时观察肾组织的硬度变化,为 EHF 肾损害的定量评估和临床分析提供可靠信息。

本研究中流行性出血热组和健康对照组组内的肾皮质、肾髓质 E_{mean}、E_{max}、E_{min} 参数左右侧比较,差异无统计学意义,与钟婷婷等^[21]研究左右肾杨氏模量值无统计学差异相符,因为左右侧无统计学差异,因此临床工作中可选其中一侧进行测量。本研究发现流行性出血热组与健康对照组的肾窦各杨氏模量 E 值比较,差异无统计学意义,在后续研究中肾窦

杨氏模量可不纳入。

其它肾脏疾病 SWE 研究^[22]中患者长期的慢性肾脏损害导致肾脏硬度增加使肾脏杨氏模量值增加。本研究中 EHF 组肾脏皮质、髓质及肾窦的杨氏模量较健康对照组增加,且双肾皮质和髓质的 E_{mean}、E_{max} 较健康对照组肾脏硬度值的增加有统计学差异,说明流行性出血热患者整个肾脏的硬度较健康人群有增加,可能与流行性出血热患者感染汉坦病毒后主要靶器官肾脏受损后出现肾小球急性充血、髓质出血、肾小管坏死及变性等急性间质性肾炎表现密切相关^[23];EHF 患者肾交感神经兴奋,肾小球旁细胞释放的肾素增加,由于肾素-血管紧张素-醛固酮系统作用引起肾小球内皮细胞损伤,肾小球基底膜增厚,阻力血管强烈收缩、扩张,入球小动脉痉挛导致管腔内压力升高,小血管破裂出血;肾小管变性坏死水肿、管腔受压变窄或闭塞,血流受阻减少,微血栓快速形成及阻塞;急性出血及缺血梗死导致肾脏硬度在短时间内迅速增加,应用实时剪切波弹性成像检测到流行性出血热患者肾脏硬度杨氏模量值较健康人群增加,且肾脏皮质及髓质杨氏模量值显著增加,差异有统计学意义。因此使用实时剪切波弹性成像技术检测肾皮质及髓质杨氏模量值可以定量评估流行性出血热患者肾损害情况,辅助临床早诊断、早治疗,减轻流行性出血热患者肾损害的程度,减少肾功能不全的发生率,改善预后,提高患者生存质量。

Leong 等^[24]的研究中测量 203 名健康志愿者和 106 例慢性肾病 (Chronic kidney disease, CKD) 患者肾脏的 SWV 与血清肌酐呈正相关;南彩玲等^[25]的研究中,儿童过敏性紫癜肾炎组肾脏 SWV 值与血清肌酐呈正相关;Grossmann^[26]利用谐波弹性成像对肾小球肾炎检测结果显示肾皮质 SWV 与肾小球滤过率呈正相关。上述研究表明,肾脏 SWV 与肾功能存在正相关。本研究中流行性出血热患者右肾髓质 E_{mean}、E_{max}、左肾皮质和髓质 E_{max} 与尿蛋白呈正相关,左肾髓质 E_{mean} 与血清肌酐呈正相关,本研究与上述研究相似。由于汉坦病毒广泛损伤肾脏小血管,血管通透性增加,尿蛋白排出增加,血浆外渗肾血流量减少,肾小球滤过率呈急剧下降,尿蛋白、血肌酐值越高,肾脏杨氏模量值增加越明显,肾功能损害越重,表明肾脏 SWE 可作为流行性出血热患者肾功能损害的辅助评估方法。此外本研究还发现流行性出血热患者左肾髓质 E_{max} 与血小板呈负相关,可能流行性出血热患者血小板计数减少越明显,出血症状越严重,肾脏微血管血栓形成越多,肾功能损害越严重,肾脏的杨氏模量值越高。SWE 对流行性出血热患者的临

床诊断及肾脏受损严重程度评估具有指导性作用。

本研究的不足在于病例数较少,部分结论有待大样本的研究证实,期待后续更多的关于剪切波弹性成像在流行性出血热中的进一步研究报道。

4 结论

SWE 可作为 EHF 肾损害的无创定量评价方法。左、右肾皮质及髓质 E_{mean} 、 E_{max} 均可作为参考指标,而左、右肾皮质杨氏模量 E_{mean} 较健康组明显增加,差异有显著统计学意义,且 AUC 较大而敏感性和特异性亦较高,临床应用中推荐测量肾脏皮质中部杨氏模量 E_{mean} 值。

【参考文献】

- [1] 陈俊江, 国天赐, 宋姝璇, 等. 中国肾综合征出血热流行特征及时空分析模型进展[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(10): 1735-1740.
- [2] 谷岳礼, 刘雅琼, 周兴余. 2014-2018 年四川省流行性出血热流行特征分析[J]. 寄生虫病与感染性疾病, 2020, 18(1): 1-4.
- [3] 陶山, 牛亚玲, 胡张春. 流行性出血热肾脏损害的二维超声显像[J]. 临床超声医学杂志, 2004, 6(2): 122.
- [4] TUFAN Z K, YIGIT H, KACAR M, *et al.* Sonographic findings in patients with Crimean-Congo hemorrhagic fever[J]. J Ultrasound Med, 2014, 33(11): 1999-2003.
- [5] 余松远, 谢汉波. 彩色多普勒超声对流行性出血热肾改变检测的意义[J]. 中华超声影像学杂志, 2004, 13(9): 715-716.
- [6] ARDA K, CILEDAG N, AKTAS E, *et al.* Quantitative assessment of normal soft-tissue elasticity using shear-wave ultrasound elastography[J]. AJR Am J Roentgenol, 2011, 197(3): 532-536.
- [7] 张英娟, 齐佳杉, 刘学彬, 等. 超声对跖趾类风湿与痛风性关节炎骨侵蚀的鉴别诊断及临床意义[J]. 西部医学, 2020, 32(1): 135-138, 143.
- [8] SEBAG F, VAILLANT-LOMBARD J, BERBIS J, *et al.* Shear wave elastography: a new ultrasound imaging mode for the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2010, 95(12): 5281-5288.
- [9] 赵海娜, 马步云, 骆洪浩, 等. 不同钙化类型及不同大小甲状腺结节良恶性的鉴别诊断[J]. 西部医学, 2019, 31(9): 1440-1443.
- [10] DONG F, WU H, ZHANG L, *et al.* Diagnostic Performance of Multimodal Sound Touch Elastography for Differentiating Benign and Malignant Breast Masses[J]. J Ultrasound Med, 2019, 38(8): 2181-2190.
- [11] 么纯, 王树东, 林星星. 肌骨超声对针刀治疗膝关节骨性关节炎的疗效评价[J]. 西部医学, 2019, 31(4): 595-598, 603.
- [12] 李文雪, 朱家安. 超声弹性成像在肌肉骨骼系统中的应用[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2015, 12(4): 263-265.
- [13] CHEN S H, LAI H C, CHIANG I P, *et al.* Performance of Acoustic Radiation Force Impulse Elastography for Staging Liver Fibrosis in Patients With Chronic Hepatitis C After Viral Eradication[J]. Clin Infect Dis, 2020, 70(1): 114-122.
- [14] 侯迎迎, 都晓英, 苏蕾, 等. 剪切波弹性成像在定量评估慢性肾脏病中的应用价值[J]. 中国超声医学杂志, 2019, 35(3): 250-252.
- [15] 黄月, 冯肖肖, 朱梅. 剪切波超声弹性成像评估糖尿病周围神经病变[J]. 西部医学, 2020, 32(4): 567-571.
- [16] XU B, JIANG G, YE J, *et al.* Research on pediatric glomerular disease and normal kidney with shear wave based elastography point quantification[J]. Jpn J Radiol, 2016, 34(11): 738-746.
- [17] 吴娇芬, 马俐丽. 宁波市医疗中心某院 2010-2019 年流行性出血热患者特征分析[J]. 中国地方病防治杂志, 2020, 35(3): 270-271.
- [18] 赵禹. 流行性出血热 IgM 抗体实验室检测结果分析[J]. 中国现代医生, 2020, 58(12): 147-149.
- [19] 许辰阳, 李绪燕, 王晓光. 泻下通瘀汤治疗流行性出血热伴急性肾功能衰竭的疗效及对 CRP、TNF- α 、IL-6、NGAL、KIM-1 表达的影响[J]. 中国中医急症, 2020, 29(11): 1951-1954, 1988.
- [20] GUO L H, XU H X, FU H J, *et al.* Acoustic radiation force impulse imaging for noninvasive evaluation of renal parenchyma elasticity: preliminary findings[J]. PLoS One, 2013, 8(7): e68925.
- [21] 钟婷婷, 刘艳君, 张云飞, 等. 不同体位及部位对实时剪切波弹性成像技术对正常肾脏的影响[J]. 中国超声医学杂志, 2016, 32(10): 911-913.
- [22] RADULESCU D, PERIDE I, PETCU L C, *et al.* Supersonic Shear Wave Ultrasonography for Assessing Tissue Stiffness in Native Kidney[J]. Ultrasound Med Biol, 2018, 44(12): 2556-2568.
- [23] 陈泽猛, 章贤荣, 陈琳, 等. 彩色多普勒超声对流行性出血热病程中各级肾动脉血流动力学观察[J]. 中国超声医学杂志, 2001, 17(2): 140-143.
- [24] LEONG S S, WONG J H D, MD SHAH M N, *et al.* Shear wave elastography in the evaluation of renal parenchymal stiffness in patients with chronic kidney disease[J]. Br J Radiol, 2018, 91(1089).
- [25] 南彩玲, 张炜阳, 姚亚宁, 等. 声辐射力脉冲成像技术对儿童紫癜肾炎的定量研究[J]. 中国超声医学杂志, 2018, 34(7): 632-635.
- [26] GROSSMANN M, TZSCHÄTZSCH H, LANG S T, *et al.* US Time-Harmonic Elastography for the Early Detection of Glomerulonephritis[J]. Radiology, 2019, 292(3): 676-684.

(收稿日期: 2021-03-22; 修回日期: 2021-09-17; 编辑: 郭翠)