

• 消化专栏 •

声触诊弹性成像与肝动脉血流阻力指数对中重度非酒精性脂肪肝的评价

栗雯霏¹, 栗建辉^{2*}

(1. 河北省人民医院超声科, 河北 石家庄 050051; 2. 河北大学附属医院超声科, 河北 保定 071000)

[摘要] **目的** 应用肝脏声触诊弹性成像(sound touch elastography, STE)及肝动脉血流阻力指数(hepatic artery resistive index, HARI)评价中重度非酒精性脂肪肝(nonalcoholic fatty liver disease, NAFLD)。**方法** 选择2024年河北省人民医院体检职工为研究对象, 其中NAFLD患者90例为研究组和正常志愿者60例为对照组, 比较2组体重指数(body mass index, BMI)、血糖、血脂、肝功能、肝脏右叶厚度、肝脏声触诊弹性值、肝血流参数等。分析研究组临床资料与超声资料的相关性。**结果** 研究组BMI(32.57 ± 2.95)、空腹血糖[(6.40 ± 1.85)mmol/L]、总胆固醇(total cholesterol, TC)[(5.09 ± 0.67)mmol/L]、三酰甘油(triglyceride, TG)[(2.09 ± 1.58)mmol/L]、天冬氨酸转氨酶(aspartate aminotransferase, AST)[(41.02 ± 3.21)U/L]、丙氨酸转氨酶(alanine aminotransferase, ALT)[(39.31 ± 6.32)U/L]、右肝厚度[(12.22 ± 1.65)cm]、肝动脉收缩期血流峰速(peak systolic velocity, PSV)[(55.97 ± 13.81)cm/s]、肝动脉血流阻力指数(0.72 ± 0.05)及肝弹性硬度值[(10.08 ± 2.35)kPa]均高于对照组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。研究组ALT与AST呈正相关($r = 0.597, P < 0.001$), TC与ALT呈正相关($r = 0.349, P = 0.001$), 肝动脉PSV与HARI呈正相关($r = 0.452, P < 0.001$)。**结论** STE结合HARI对NAFLD的评价, 尤其是对肝纤维化的评价能够为临床提供有诊断意义的信息。

[关键词] 非酒精性脂肪性肝病; 弹性成像技术; 肝动脉血流阻力指数 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2026.01.003

[中图分类号] R575.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1007-3205(2026)01-0014-06

Assessment of moderate to severe nonalcoholic fatty liver disease using sound touch elastography and hepatic artery resistive index

LI Wen-fei¹, LI Jian-hui^{2*}

(1. Department of Ultrasonography, Hebei General Hospital, Shijiazhuang 050051, China; 2. Department of Ultrasonography, Affiliated Hospital of Hebei University, Baoding 071000, China)

[Abstract] **Objective** To assess moderate to severe nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD) using sound touch elastography (STE) and hepatic artery resistive index (HARI). **Methods** Participants from Hebei General Hospital who received physical examination were enrolled into this study in 2024. Ninety patients with NAFLD were enrolled as the study group, and 60 healthy volunteers were enrolled as the control group. Body mass index (BMI), blood glucose, serum lipids, hepatic functions, thickness of right liver lobe, liver STE values, and hepatic blood flow parameters were compared between the two groups. The correlations between clinical data and ultrasonic data were analyzed in the study group. **Results** BMI (32.57 ± 2.95), fasting blood glucose [(6.40 ± 1.85)mmol/L], total cholesterol (TC) [(5.09 ± 0.67)mmol/L], triglyceride (TG) [(2.09 ± 1.58)mmol/L], aspartate aminotransferase (AST)[(41.02 ± 3.21)U/L], alanine aminotransferase (ALT)[(39.31 ± 6.32)U/L], the thickness of right liver lobe [(12.22 ± 1.65)cm], hepatic artery peak systolic velocity (PSV) [(55.97 ± 13.81)cm/s], HARI (0.72 ± 0.05), and liver stiffness measurement (10.08 ± 2.35) kPa of the study group were higher than those of the control group, showing significant differences ($P < 0.05$). ALT was positively correlated with AST ($r = 0.597, P < 0.001$), TC was positively correlated with ALT ($r = 0.349, P = 0.001$), and hepatic artery PSV was positively

[收稿日期] 2025-11-27

[基金项目] 河北省医学科学研究青年科技课题计划项目(20230365)

[作者简介] 栗雯霏(1989-), 女, 河北保定人, 河北省人民医院主治医师, 医学硕士, 从事腹部超声诊断研究。

*通信作者。E-mail: 1244296412@qq.com

correlated with HARI ($r=0.452$, $P<0.001$) in the study group. **Conclusion** STE combined with HARI may provide useful diagnostic information in clinical practice in evaluating NAFLD, especially hepatic fibrosis.

[Key words] non-alcoholic fatty liver disease; elasticity imaging techniques; hepatic artery resistive index

非酒精性脂肪肝 (non-alcoholic fatty liver disease, NAFLD) 是一种代谢性疾病, 以肝脏弥漫性脂肪浸润为特点, 常存在于肥胖、高脂血症、糖尿病、代谢综合征及心血管疾病患者当中, 西方国家发病率在 25%~39%^[1], 我国发病率在 23%~34%^[2]。2020 年国际脂肪肝专家组建议将 NAFLD 更名为代谢相关脂肪性肝病 (metabolic dysfunction associated fatty liver disease, MAFLD), 以便更准确地反映该病的发病机制^[3]。本病在病理上分为非酒精性脂肪性肝病和非酒精性脂肪性肝炎, 前者主要是脂肪沉积在肝细胞中, 呈现以大泡性脂肪变为主的病变, 后者由前者发展而来, 表现为脂肪沉积、炎细胞浸润、肝细胞损害 (如气球样变), 伴有或不伴肝纤维化, 进而可发展为肝硬化、肝脏相关并发症, 甚至肝癌^[4]。肝活检是发现早期肝硬化的金标准, 但属于侵入性技术, 且常有并发症或取样不足的缺点。虽然常规超声能够发现弥漫性脂肪性肝病, 但对于肝纤维化的发现既不特异也不敏感, 除非在进展期出现明显纤维化或硬化时才具有优势。既往有较多学者应用瞬时弹性成像 (transient elastography, TE)、声脉冲辐射力成像 (acoustic radiation force impulse imaging, ARFI) 对 NAFLD 及肝纤维化的肝实质进行了硬度测量, 并得出了有意义的结论^[5-6]。国产发明的声触诊弹性成像 (sound touch elastography, STE) 是新一代定点剪切波弹性成像技术, 可在二维声像图引导下对肝实质进行精准取样和测定硬度。既往还有学者^[7]应用肝动脉血流阻力指数 (hepatic artery resistive index, HARI) 对 NAFLD 进行检测, 结果发现有较好的临床意义。本研究采用 STE 结合 HARI 对中重度 NAFLD 患者和健康受试者进行了对比研究, 现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 以 2024 年河北省人民医院体检职工为研究对象, 选取中重度 NAFLD 患者 90 例为研究组, 另选取体检指标正常者 60 例为对照组。研究组男性 44 例, 女性 46 例, 年龄 20~49 岁, 平均 (34.86 ± 7.47) 岁, 纳入标准: ①年龄 ≥ 20 岁; ②体重指数 (body mass index, BMI) $\geq$

25.0; ③具有 NAFLD 患病危险因素, 如肥胖、高脂血症、有或无 2 型糖尿病; ④无明显饮酒史; ⑤选取中重度脂肪肝患者: 肝脏 CT 值低于 35 Hu, 肝脾 CT 值之比在 0.5~0.7 之间或 <0.5 ; ⑥超声图像显示后部肝实质回声轻度或明显衰减, 肝内管道结构显示欠清或不清。排除标准: ①具有肝炎、肝豆状核变性、铁沉积、肝外伤、肝手术、肝肿瘤、接受化疗等病史; ②饮酒史: 女性 >20 g/d, 男性 >30 g/d; ③心律失常、无法控制的高血压。对照组男性 30 例, 女性 30 例, 年龄 20~50 岁, 平均 (36.18 ± 8.82) 岁。2 组性别、年龄差异无统计学意义 ($P>0.05$), 具有可比性。

本研究获得医院医学伦理委员会批准通过, 受试者均知情同意并签署知情同意书。

1.2 仪器 采用迈瑞公司 R95 彩超仪, 采用凸阵探头, 频率 3.0~5.0 MHz。禁食 8 h, 左侧卧位, 暴露右侧腹部, 嘱被检查者屏住呼吸后以右肝-肾切面为标准测量右肝厚度, 在肝门处测量门静脉内径、门静脉血流峰速 (maximum portal vein velocity, MPVV)、肝动脉收缩期血流峰速 (peak systolic velocity, PSV)、肝动脉舒张末期血流速度 (end diastolic velocity, EDV)、HARI, 然后启动弹性成像功能测量肝实质弹性值, 选取肝脏 S5 段或 S6 段, 取样框距肝包膜下 1~2 cm, 取样深度 8 cm 以内, 取样框大小 4 cm $\times$ 3 cm, 采样 5 次, 取平均值, 记录备用。

1.3 方法 测定研究组及对照组 BMI、空腹血糖、总胆固醇 (total cholesterol, TC)、三酰甘油 (triglyceride, TG)、天冬氨酸转氨酶 (aspartate aminotransferase, AST)、丙氨酸转氨酶 (alanine aminotransferase, ALT), 生化项目采用美国贝克曼生化仪进行检验。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 26.0 统计软件分析数据。计量数据比较应用独立样本 t 检验, 相关性采用 Pearson 相关性分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究组与对照组一般资料比较 试验组 BMI、空腹血糖、TC、TG、AST、ALT 均高于对照组, 差异有统计学意义 ($P<0.001$), 见表 1。2 组

AST、ALT 均在正常范围, 但研究组有升高的趋势。

表1 研究组与对照组基本资料比较

Table 1 Comparison of baseline data between the study group and the control group

($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	BMI	空腹血糖 (mmol/L)	TC (mmol/L)	TG (mmol/L)	AST (U/L)	ALT (U/L)
对照组	60	23.96 $\pm$ 1.46	5.33 $\pm$ 1.24	4.52 $\pm$ 0.72	1.21 $\pm$ 0.42	18.43 $\pm$ 8.44	19.36 $\pm$ 7.41
试验组	90	32.57 $\pm$ 2.95	6.40 $\pm$ 1.85	5.09 $\pm$ 0.67	2.09 $\pm$ 1.58	41.02 $\pm$ 3.21	39.31 $\pm$ 6.32
<i>t</i> 值		8.749	3.905	4.596	4.183	4.190	5.306
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.2 常规超声表现 研究组肝脏右叶厚度增加, 厚度为 (12.22 $\pm$ 1.65) cm, 外形饱满, 实质回声致密增强, 肝内管道系统显示欠清或不清, 后部回声衰减 (图1)。对照组肝脏厚度正常, 厚度为 (10.53 $\pm$ 1.13) cm, 肝实质回声均匀, 肝内管道系统清晰, 后部回声无衰减 (图2)。研究组右肝厚度大于对照组, 差异有统计学意义 ($t=6.905$, $P<0.001$)。

2.3 肝血液动力学及肝弹性硬度值比较 研究组肝动脉 PSV、HARI、肝弹性硬度值高于对照组, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。2组门脉内径、MPVV、肝动脉 EDV 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 见表2、图3、图4。

2.4 临床指标和肝脏超声各指标间的相关性分析 TC 与 ALT 呈正相关 ($r=0.349$, $P=0.001$), ALT 与 AST 呈正相关 ($r=0.597$, $P<0.001$), 肝动脉 SPV 与 HARI 呈正相关 ($r=$



图1 研究组肝体积增大, 实质回声致密增强, 肝内管道显示不清, 后部回声衰减

Figure 1 Hepatomegaly, diffusely increased and dense parenchymal echogenicity, indistinct intrahepatic duct structures, and posterior acoustic attenuation in the study group

0.452, $P<0.001$), 其余各指标之间无明显相关性, 见表3。

表2 研究组与对照组常规超声、血流动力学及弹性硬度值比较

Table 2 Comparison of conventional ultrasound, hemodynamics and liver stiffness measurement between the study group and the control group

($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	门脉内径 (cm)	MPVV (cm/s)	肝动脉 PSV (cm/s)	肝动脉 EDV (cm/s)	HARI	肝弹性硬度值 (kPa)
对照组	60	1.12 $\pm$ 0.10	27.47 $\pm$ 7.83	50.98 $\pm$ 11.85	17.42 $\pm$ 6.82	0.64 $\pm$ 0.04	7.98 $\pm$ 1.88
试验组	90	1.09 $\pm$ 0.13	25.44 $\pm$ 6.54	55.97 $\pm$ 13.81	16.63 $\pm$ 5.82	0.72 $\pm$ 0.05	10.08 $\pm$ 2.35
<i>t</i> 值		1.091	1.658	2.291	0.736	2.645	9.138
<i>P</i> 值		0.277	0.080	0.020	0.463	0.009	<0.001

表3 研究组临床资料与超声资料相关性分析

Table 3 Correlation between clinical data and ultrasonic data in the study group

项目	TC		TG		AST		ALT		肝动脉 PSV		HARI	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
TC	—	—	0.255	0.015	0.087	0.413	0.349	0.001	0.022	0.836	0.082	0.442
TG	0.255	0.015	—	—	0.031	0.775	0.249	0.018	-0.073	0.491	0.045	0.674
AST	0.087	0.413	0.031	0.775	—	—	0.597	<0.001	-0.192	0.070	0.029	0.788
ALT	0.349	0.001	0.249	0.018	0.597	<0.001	—	—	-0.199	0.060	0.062	0.565
肝动脉 PSV	0.022	0.836	-0.073	0.491	-0.192	0.070	-0.199	0.060	—	—	0.452	<0.001
HARI	0.082	0.442	0.045	0.674	0.029	0.788	0.062	0.565	0.452	<0.001	—	—

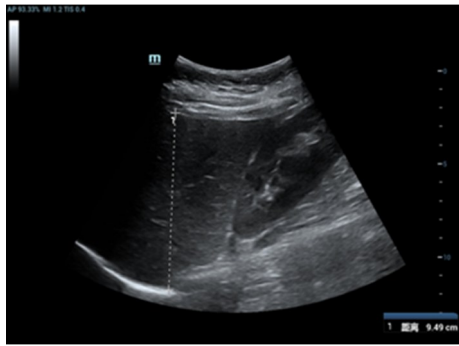


图2 正常对照组肝脏体积正常,实质回声均匀,肝内管道显示清晰,后部回声无衰减

Figure 2 Normal liver volume, homogeneous parenchymal echogenicity, clearly visible intrahepatic duct structures, and no posterior acoustic attenuation in the normal control group

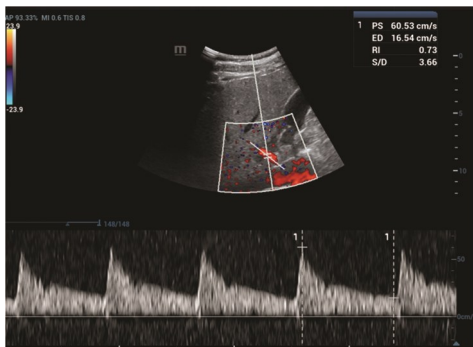


图3 1例35岁女性NAFLD患者肝动脉收缩期峰速为60.53 cm/s,阻力指数为0.73

Figure 3 A 35-year-old female NAFLD patient with hepatic artery systolic peak velocity of 60.53 cm/s and resistive index of 0.73

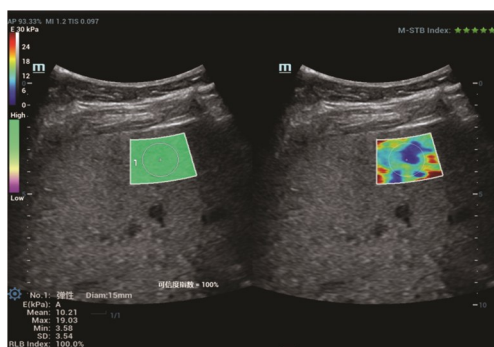


图4 1例32岁男性NAFLD患者肝弹性硬度值为10.21 kPa

Figure 4 A 32-year-old male NAFLD patient with liver stiffness measurement of 10.21 kPa

3 讨 论

脂肪肝的持续性监测对NAFLD患者至关重要,及时发现肝纤维化或硬化并即刻干预可改善患者的预后并减轻相应的经济负担^[8]。肝脏穿刺

虽为诊断肝脏疾病的金标准,但对于持续监测肝病并不是一种理想的方法,而超声肝脏硬度检测被推荐为临床一线手段^[9-10]。NAFLD和肝纤维化的超声检测技术超声仪器厂家已经研究出了几种方法,如一维的瞬时弹性成像TE,二维的声脉冲辐射力成像ARFI和声触诊弹性成像STE等。STE是我国迈瑞公司研制的新一代二维弹性成像技术,根据剪切波速度计算弹性模量值。王青娟等^[11]的研究认为,STE检测肝脾硬度较ARFI更为稳定,郑剑等^[12]的研究显示,STE检测肝脏的硬度重复性非常好。本研究应用STE对NAFLD患者和正常对照组进行了比较研究,结果显示,研究组肝弹性硬度值高于对照组,差异有统计学意义,这与既往研究^[13-14]相一致。Taibbi等^[15]的研究显示,TE测定NAFLD的肝脏硬度值比剪切波弹性成像(shear-wave elastography, SWE)的测定值相对较低(8.5 kPa vs. 9.1 kPa)。董丙田等^[16]应用STE对肝纤维化进行了研究,F0~F1期的肝脏硬度值为(9.22±2.56) kPa, F2~F4期为(11.46±2.02) kPa~(18.45±4.83) kPa,均较TE和ARFI测值高。本研究结果显示,研究组中肝弹性硬度值为(10.08±2.35) kPa,应当含有F1~F3期的肝纤维化病变,主要原因是本研究选取的患者为中重度脂肪肝,血脂增高后肝脏不能及时转运脂肪组织,使其过多沉积于肝脏造成脂肪肝,从而产生活性氧,导致线粒体呼吸链和DNA受损,触发氧化应激反应、ATP耗竭、炎症体活化及肝细胞凋亡,进而影响肝功能;肝内Kupffer细胞和星状细胞内胆固醇沉积可以激活炎症信号通路,最终导致脂肪性肝炎和肝纤维化,致使肝硬度增加^[17]。Wu等^[18]所做的动物实验表明,9只喂养12周的NAFLD大鼠中2只为纤维化F0期,3只为F1期,2只为F3期,2只为F4期;Furlan等^[19]对62例NAFLD患者所做的肝穿刺活检中,只有1例为F0期,其余61例患者均有不同程度的肝纤维化,其中17例为F1期,20例为F2期,15例为F3期,9例为F4期,且随着纤维化级别的增高,肝弹性硬度值也随着增高。

研究^[20]表明,HARI与肝纤维化有正相关关系。本研究结果表明,研究组HARI高于对照组,差异有统计学意义,这与部分学者^[21-22]的研究结果相同。随着肝脂肪浸润和纤维化程度的增加,HARI也增高,究其原因可能是脂肪浸润和纤维组织沉积,使远端小血管产生病变,增加了肝动脉的僵硬度,进而血流阻力指数增高^[23]。也有一些

学者的研究结果与此相反,正常对照组的HARI较NALFD组高,可能的原因是随着肝内脂肪组织的增加,肝血窦受压变窄,肝动脉血流峰速减低,舒张期血流由于机体调节机制而增高,从而导致HARI减低^[24]。NALFD患者HARI的高低与肝内脂肪组织与纤维化之间的比例有关。笔者认为,随着NAFLD患者肝脏脂肪浸润的加重,肝内产生脂肪变性,炎症反应,纤维组织增生甚至肝硬化,导致小叶间动脉管壁硬化,弹性下降,PSV增高,EDV相对减低,进而HARI增高,又因为肝实质纤维化甚至硬化,肝实质硬度增加,弹性硬度指标随之增加,尤其是中重度NAFLD更是如此。

本研究结果显示,研究组ALT与AST呈正相关($r=0.597$, $P<0.001$),TC与ALT呈正相关($r=0.349$, $P=0.001$),原因是ALT与AST均在肝细胞内含量较高,前者主要分布在非线粒体内,后者约80%存在于线粒体内,当非酒精性脂肪肝时肝细胞受损,肝细胞膜通透性增加,胞质内的ALT与AST释放入血,所以一旦肝细胞受损,这两种酶可能在血清中都增高;摄入较多高脂肪(动物内脏、油炸食品)、高胆固醇(蛋黄、海鲜)或高糖食物导致胆固醇增高,引起NAFLD,进一步损害肝脏,ALT释放入血,所以二者有相关性^[25]。本研究还发现,肝动脉PSV与HARI具有正相关性($r=0.452$, $P<0.001$),其原因是HARI是由公式肝动脉PSV-肝动脉EDV/肝动脉PSV算出,即在舒张速度不变的情况下,如果PSV增高则HARI也增高,故二者具有一定的相关性。研究组肝动脉PSV增高的原因可能是由于脂肪肝后肝血窦受压变细,门静脉系统的小叶间静脉更容易受压,从而门脉远端压力增高,血流峰速减低,血流进入肝脏减少,肝动脉代偿性血流增加,血流峰速增高。上述指标虽然在统计学上有一定的相关性,但临床意义还有待于进一步的大样本研究加以证实。

本研究存在一定的局限性,第一,样本量不够大,所得结果有待大样本进一步证实;第二,未进行肝穿刺与肝脂肪变性和肝纤维化的相关性比较;第三,未进行研究组的轻度、中度及重度NAFLD的分组,观察的结果有待细化。

综上所述,肝弹性成像结合肝动脉阻力指数对NALFD的评价,尤其是对肝纤维化的评价能够为临床提供非常有意义的诊断信息。

[参考文献]

- [1] Younossi ZM, Golabi P, Paik JM, et al. The global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD) and nonalcoholic steatohepatitis (NASH): A systematic review [J]. *Hepatology*, 2023, 77 (4): 1335-1347.
- [2] Le MH, Le DM, Baez TC, et al. Global incidence of non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review and meta-analysis of 63 studies and 1,201,807 persons [J]. *J Hepatol*, 2023, 79(2):287-295.
- [3] Kaya E, Yilmaz Y. 累及全身多系统的疾病:代谢相关(非酒精性)脂肪性肝病[J]. *中华肝脏病杂志*, 2025, 33(1):77-87.
- [4] Kang M, Song J, Kang ES, et al. Pathophysiology, development, and mortality of major non-communicable diseases in metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease: A comprehensive review [J]. *Int J Biol Sci*, 2025, 21(13):5691-5703.
- [5] Liu GT, Ni QF, Zhang YH, et al. Application of noninvasive test (acoustic attenuation imaging and ultrasonic shear wave elastography) to grade nonalcoholic fatty liver disease. An observational study [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2023, 102(32):e34550.
- [6] Gao J, Zapata I, Chen J, et al. Quantitative ultrasound biomarkers to assess nonalcoholic fatty liver diseases [J]. *J Ultrasound Med*, 2023, 42(8):1675-1688.
- [7] Tana C, Tana M, Rossi S, et al. Hepatic artery resistive index (HARI) and non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) fibrosis score in NAFLD patients: Cut-off suggestive of non-alcoholic steatohepatitis (NASH) evolution [J]. *J Ultrasound*, 2016, 19(3):183-189.
- [8] 范建高,徐小元,南月敏,等.代谢相关(非酒精性)脂肪性肝病防治指南(2024年版)[J]. *实用肝脏病杂志*, 2024, 27(4): 494-510.
- [9] Ferraioli G, Barr RG, Berzigotti A, et al. WFUMB guideline/guidance on liver multiparametric ultrasound: Part 1. Update to 2018 guidelines on liver ultrasound elastography [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2024, 50(8):1071-1087.
- [10] Eslam M, Fan JG, Yu ML, et al. The asian pacific association for the study of the Liver clinical practice guidelines for the diagnosis and management of metabolic associated fatty liver disease [J]. *Hepatol Int*, 2025, 19(2):261-301.
- [11] 王青娟,郑剑,古日珍,等.声触诊弹性测量与声脉冲辐射力成像检测肝脾硬度的比较研究[J/CD]. *中华普通外科学文献:电子版*, 2019, 13(5):398-401.
- [12] 郑剑,吴曼丽,张敏,等.声触诊弹性成像和声触诊弹性测量检测肝脾硬度重复性研究[J/CD]. *中华外科手术学电子杂志*, 2019, 8(4):366-369.
- [13] Cannella R, Agnello F, Porrello G, et al. Performance of ultrasound-guided attenuation parameter and 2D shear wave elastography in patients with metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease [J]. *Eur Radiol*, 2024, 35 (4): 2339-2350.

- [14] Kalaiyarasi K, Sanchalika A, Min LH, et al. Transient elastography is the best-performing non-invasive test of liver fibrosis in obese asian patients with non-alcoholic fatty liver disease: A pilot, cross-sectional study [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2024, 60(1):169-180.
- [15] Taibbi A, Petta S, Matranga D, et al. Liver stiffness quantification in biopsy-proven nonalcoholic fatty liver disease patients using shear wave elastography in comparison with transient elastography [J]. *Ultrasonography*, 2021, 40(3): 407-416.
- [16] 董丙田, 常建东, 闫建平, 等. 声触诊弹性成像不同取值方法诊断肝纤维化的对比分析[J]. *临床医学杂志*, 2020, 22(1): 55-57.
- [17] Song C, Long X, He JB, et al. Recent evaluation about inflammatory mechanisms in nonalcoholic fatty liver disease [J]. *Front Pharmacol*, 2023, 14(3):1081334.
- [18] Wu Y, Liu Q, Wang Y, et al. Diagnostic efficiency on ultrasound shear wave elastography in evaluation of steatosis severity for non-alcoholic fatty liver disease: A rat model[J]. *Eur J Med Res*, 2023, 28(1):75-84.
- [19] Furlan A, Tublin ME, Yu L, et al. Comparison of 2D shear wave elastography, transient elastography, and MR elastography for the diagnosis of fibrosis in patients with nonalcoholic fatty liver disease [J]. *Am J Roentgenol*, 2020, 214(1):w20-w26.
- [20] Tana C, Schiavone G, Ticinesi A, et al. Hepatic artery resistive index as surrogate marker for fibrosis progression in NAFLD patients: A clinical perspective [J]. *Int J Immunopathol Pharmacol*, 2018, 32(6):2058738418781373.
- [21] Ergelen R, Yilmaz Y, Asedov R, et al. Comparison of Doppler ultrasound and transient elastography in the diagnosis of significant fibrosis in patients with nonalcoholic steatohepatitis [J]. *Abdom Radiol(NY)*, 2016, 41(8): 1505-1510.
- [22] Yavaş HG, Emekli E, Korkmaz M. Hepatic artery augmented velocity index and steatosis/fibrosis in MAFLD [J]. *Abdom Radiol*, 2025, 51(10):261-269.
- [23] Gao J, King J, Chatterji M, et al. Superb microvascular imaging-based vascular index to assess adult hepatic steatosis: A feasibility study [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2022, 48(3): 480-487.
- [24] Mohammadi A, Ghasemi-rad M, Zahedi H, et al. Effect of severity of steatosis as assessed ultrasonographically on hepatic vascular indices in non-alcoholic fatty liver disease [J]. *Med Ultrason*, 2011, 13(3):200-206.
- [25] 万学红, 卢雪峰, 刘成玉, 等. 诊断学[M]. 10版. 北京: 人民卫生出版社, 2024:345-347.

(本文编辑:赵丽洁)