

• 综 述 •

# 超声技术对肝硬化食管胃底静脉曲张程度及出血风险预测的研究进展

王红梅<sup>1</sup>, 程 艳<sup>2△</sup>, 崔钦泉<sup>3</sup>, 李 爽<sup>4</sup>

(1. 昆明医科大学附属昭通医院超声科, 云南 昭通 657000; 2. 昆明医科大学附属曲靖医院超声科, 云南 曲靖 655000; 3. 昆明医科大学附属曲靖医院消化内科, 云南 曲靖 655000; 4. 昆明医科大学附属曲靖医院超声科, 云南 曲靖 655000)

**[摘要]** 肝硬化所致的食管胃底静脉曲张出血是肝硬化最严重的并发症之一, 死亡率较高, 提前预防一直以来是临床亟待解决的问题。胃镜是诊断食管胃底静脉曲张的“金标准”, 但因其操作有创伤性, 易诱发出血风险, 且患者接受性差, 价格昂贵而不能广泛开展。近年来, 大量研究期望以无创性影像学技术来诊断食管胃底静脉曲张, 替代胃镜检查成为该疾病早期筛查、后期随访的重要手段。超声技术因其操作简便无创, 价格便宜而被广泛应用于诊断, 对食管胃底静脉曲张有一定的诊断价值。该文就目前超声技术的发展情况, 对肝硬化食管胃底静脉曲张出血评估诊断相关研究作简要综述。

**[关键词]** 肝硬化; 食管胃底静脉曲张; 超声技术; 出血风险预测; 综述

**DOI:** 10.3969/j.issn.1009-5519.2025.01.050

**中图法分类号:** R445.1

**文章编号:** 1009-5519(2025)01-0231-06

**文献标识码:** A

## Progress in the prediction of esophageal and gastric varices degree and bleeding risk by ultrasound in cirrhosis

WANG Hongmei<sup>1</sup>, CHENG Yan<sup>2△</sup>, CUI Qinquan<sup>3</sup>, LI Shuang<sup>4</sup>

(1. Department of Ultrasound, Zhaotong Hospital Affiliated to Kunming Medical University, Zhaotong, Yunnan 657000, China; 2. Department of Ultrasound, Qujing Hospital Affiliated to Kunming Medical University, Qujing, Yunnan 655000, China; 3. Department of Gastroenterology, Affiliated Qujing Hospital of Kunming Medical University, Qujing, Yunnan 655000, China; 4. Department of Ultrasound, Qujing Hospital Affiliated to Kunming Medical University, Qujing, Yunnan 655000, China)

**[Abstract]** Esophagogastric variceal bleeding (EGVB) is one of the most serious complications of liver cirrhosis with a high mortality rate. Early prevention has always been an urgent clinical problem. Gastroscopy is the “gold standard” for the diagnosis of esophageal and gastric varices (EGV), but it cannot be widely carried out because of its traumatic operation, easy to induce bleeding risk, poor patient acceptance and high price. In recent years, a large number of studies have expected to use non-invasive imaging techniques to diagnose esophageal and gastric varices, and to replace gastroscopy to become an important means for early screening and later follow-up of this disease. Ultrasound technology is widely used in the diagnosis of esophageal and gastric varices because of its simple, non-invasive and inexpensive operation. Based on the current development of ultrasound technology, this paper briefly summarized the relevant studies on the evaluation and diagnosis of esophageal and gastric variceal hemorrhage in cirrhosis.

**[Key words]** Cirrhosis; Esophageal and gastric varices; Ultrasonic technology; Prediction of bleeding risk; Review

在全球导致死亡的病因中,肝硬化位于第 11 位,每年因肝病而死亡的 200 万人中有 100 万死于肝硬化门静脉高压的并发症<sup>[1]</sup>。各种病因引起肝硬化导致的肝内血管阻力增加而出现门静脉高压,其中食管胃底静脉曲张(EGV)及食管胃底静脉曲张出血(EGB)作为门静脉高压最主要的并发症之一,发生率高达 55.6%,其中 EGV 破裂出血是导致肝硬化患者死亡的主要原因<sup>[2-4]</sup>,每年 10%~30%的 EGV 患者发生静脉曲张破裂出血,其中因首次静脉曲张破裂出血而死亡的患者占 20%<sup>[3]</sup>。因此,早期监测筛查 EGV 严重程度,提前预测静脉曲张出血(VH)风险,对改善该疾病预后,甚至降低患者死亡率有非常重要的意义。虽然胃镜检查是监测 EGV 的“金标准”<sup>[4]</sup>,但因其创伤性较大,易诱发出血风险,且部分患者依从性差及检查价格较昂贵等因素,在临床上应用受到限制。然而,EGB 风险预测及其破裂出血治疗后的动态随访均需要非侵入性检查。因此,寻找无创检查技术筛查评估 EGV 的严重性及出血风险具有重要的临床意义。近年来,超声技术发展迅猛,为 EGV 及 EGB 无创评估提供了重要基础。目前,CT 与 MRI 在诊断 EGV 中也具有较好的价值,但因其价格较昂贵,且 CT 具有放射性,一些造影剂还会对肝肾功能造成影响,不便常规随访观察。相比来说,超声具有经济简捷、无辐射、可动态观察等优点,在临床上被广泛应用。本文就目前超声技术的发展情况,对肝硬化 EGV 评估诊断相关研究作简要总结。

## 1 常规超声

常规超声检查操作简便、适用性强,在临床上广泛应用。常规超声除了二维图像的显示,如观察肝脾的大小、形态、实质回声、占位特征及肝内血管、胆管情况等,也可进行彩色多普勒血流显像,直接获得形态学及血流动力学改变方面的诊断信息。

首先,肝硬化时,常规超声不仅可以观察肝脏的形态大小情况,也可以观察是否有腹水存在,脾大及门静脉侧支循环建立的情况,此外还可了解相关血管结构形态、血流动力学等信息,间接提示门静脉高压的存在<sup>[5]</sup>。既往有研究表明,腹水量程度、脾大及门静脉内径与食管静脉曲张(EV)严重程度有显著相关性<sup>[6]</sup>。有学者在研究分类分析模型建立中利用超声设计定性体征(食管下段多普勒血流信号、胃左静脉离肝血流、脐旁静脉再通)和定量参数对硬化患者进行评估,发现 EV 高危患者表现为任何超声定性体征或脾脏直径大于 162 mm。该模型设计有助于发现

EGV,无须其他辅助,常规超声检查即可轻松检测,避免了肝硬化患者后期随访中内镜检查次数的增加<sup>[7]</sup>。另外,门静脉血流速度变化与 EGV 严重程度之间也存在着负相关<sup>[8]</sup>,即 EGV 越严重,门静脉血流速度也越慢,在临床治疗过程中,可以通过观察门静脉血流速度来帮助评估 EGV 的严重性,其中胃左静脉的彩色多普勒评估已被证明可用于预测门静脉高压患者的 EV 和 VH<sup>[9]</sup>。利用多普勒血流动力学肝指数(HDLI)(量化门静脉高压,即门静脉直径/平均速度)和肝弹性模量(量化肝纤维化)来预测 EV,不仅可以发现 EV 及预测分级严重性,而且可以减少对需要治疗的静脉曲张内镜筛查的需要<sup>[10]</sup>。BINTINTIAN 等<sup>[11]</sup>研究发现,当肝脏血流动力学肝指数大于 0.66,门脉阻力大于 17.66,脾动脉指数大于 4.77 时,是预测 EGV 存在的最佳因子。常规超声检查在临床工作中可作为 EGV 评估、监测的一项重要手段,虽然存在一定的不足,在检查时易受体胖、肠气干扰,但在临床工作中,其能直观地为疾病诊断提供初步诊断信息。

## 2 超声弹性技术

各种原因所致的慢性肝损伤均会导致肝纤维化,当进一步发展肝硬化时,会导致门静脉高压一系列的并发症,其中较严重者为 EGB,危险程度极高。而肝纤维化程度是肝内阻力和门静脉压的重要影响因素。当发生肝硬化时,可引起肝脾硬度增加,超声弹性成像技术可通过测量肝脾硬度来间接反映门静脉压力的情况<sup>[12]</sup>,从而评估肝硬化患者 EGV。超声弹性成像最初是由 OPHIR 等<sup>[13]</sup>提出,经过不断地发展,已经成为临床诊疗工作中的重要组成部分之一。临床上用于肝硬度检测的超声弹性成像技术主要有瞬时弹性成像(TE)、应变式弹性成像(SE)、剪切波弹性成像(SWE)、联合弹性成像。

**2.1 TE** TE 技术是基于超声原理,利用探头振动控制技术产生剪切波并向深层组织传播,从而获取肝脏剪切波的声传播速度。剪切波在肝脏组织中的传递速度与肝组织硬度直接相关,肝脏组织硬度越大,其传播的速度越快,弹性数值越大<sup>[14]</sup>,所测得的肝硬度就越大,反之,则相反。门静脉高压 Baveno VI 共识指出,当肝硬度 < 20 kPa 和血小板计数 >  $150 \times 10^9 L^{-1}$  时,患者发生静脉曲张需治疗的风险较低,只需每年行 TE 和血小板计数检查进行随访<sup>[15]</sup>。但美国胃肠病学协会建议,对于怀疑有代偿性肝硬化的患者,肝硬度应以 19.5 kPa 为截断点,行食管胃十二指肠镜检查评估 EV 程度,排除高危 EV 的风险<sup>[16]</sup>。对

此,有研究应用肝硬度±血小板计数的预测模型来排除存在高风险胃食管静脉曲张(GOV),结果发现临床实际中肝硬度 $\leq 25$  kPa 和血小板计数 $\geq 100 \times 10^9 L^{-1}$ 的组合,可用于排除肝功能分级为 Child-Pugh A 级中肝硬化患者存在高危 GOV<sup>[17]</sup>。一项前瞻性研究对 135 例慢性肝硬化患者进行 TE 检查,结果显示通过 TE 测量脾硬度可预测 EV,其受试者操作特征(ROC)曲线下面积(AUC)为 0.74,诊断准确度为 80%,但不能预测 EV 分级,如果联合肝脾硬度测量,可以更好地预测 EV 存在<sup>[18]</sup>。另有研究应用肝脾硬度联合血清腺苷脱氨酶对肝硬化重度 EV 进行了预测分析,为临床上患者拒行胃镜检查提供了初步的诊断依据<sup>[19]</sup>。张昕等<sup>[20]</sup>通过肝脾硬度单因素和多因素分析有效预测 EV 发生,但还需临床进一步验证。目前,临床比较常用的弹性成像设备主要有 2 种,一种是法国 Echosens 公司生产的 FibroScan 及我国海斯凯尔公司自主研发的 FibroTouch(FT),这 2 种仪器均是通过测量肝硬度及受控声衰减参数对肝脏纤维化程度进行评估,两者评估肝纤维化的性能有很好相关性,但 FT 仍有很大的变异性,FT 需要定义新的肝硬度截断值<sup>[21]</sup>。虽然该技术仅能一维显示,且无二维图像存储,取样准确度受到一定限制<sup>[22]</sup>,但该技术仍为临床诊断提供了很大的帮助。

## 2.2 SWE

**2.2.1 二维剪切波弹性成像(2D-SWE)** 2D-SWE 是利用声辐射力(ARFI)技术激励组织产生剪切波,通过测量其速度来判断组织硬度,并定量测量组织的杨氏模量值,直观地反映被测组织软硬度值的大小<sup>[23]</sup>。目前,指南推荐 2D-SWE 作为临床一线肝纤维化评估方法,其具有可视性的超声弹性图像,且具有不受腹水、肋间隙、肥胖等因素影响的优点,可完成肝脏常规检查的同时实现肝脏弹性硬度检测。YAN 等<sup>[24]</sup>应用 2D-SWE 测量肝硬度预测乙型肝炎相关代偿期晚期慢性肝病患者 EV 研究,建立了可能排除患者高危 EV 的可靠模型,即当肝硬度 $< 16$  kPa 和血小板计数 $> 60 \times 10^9 L^{-1}$ 时可以排除高危 EV,特别适用于 2D-SWE 排除高危 EV。而 XIE 等<sup>[25]</sup>研究发现,当肝硬度 $< 14.5$  kPa 和血小板计数 $> 110 \times 10^9 L^{-1}$ 时,可以排除高危 EV 并且避免内镜检查,其准确度达到了 96.8%。但有研究发现,当肝硬化门静脉高压时预测患者 EV 程度及出血风险,应用脾脏硬度预测准确度比肝硬度预测准确度较高。目前也有很多研究通过脾硬度测量来预测 EV。赵玮等<sup>[26]</sup>研究通过 103

例肝硬化患者剪切波测量肝硬度、脾硬度预测 EGV 严重程度及出血风险中发现,脾硬度的预测诊断价值优于肝硬度。同时,KARAGIANNAKIS 等<sup>[27]</sup>研究利用 SWE 测量脾脏硬度预测高危 EV 中发现,脾硬度测量是用于排除肝硬度高危 EV 的可靠方法,并且与肝硬化的病因无关,但在临床工作中仍需更多研究验证该结果的可行性。因此,针对不同病因肝硬化的发病机制情况,超声弹性成像在测量肝硬度时,对不同病因所致的肝硬化 EGV 诊断时,其截断点及效能因病因不同在一定程度上也存在差异。而郑丽雅等<sup>[28]</sup>应用 SWE 技术联合多参数评估肝硬化 EV 患者,确切测量脾脏杨氏模量最大值( $E_{max}$ )和杨氏模量平均值( $E_{mean}$ )用于 EV 的诊断,可有助于判断病情,并及时予以预防处置。此外,陈敏等<sup>[29]</sup>研究发现,肝硬化 EV 程度与脾脏 ARFI 测值呈正向相关,而与肝硬度测值却无相关,分析其原因可能是在肝硬化晚期,其相关并发症发展的影响,门静脉血流动力学变化并不能完全由肝硬度测值所反映,可能还与肝硬化晚期缩小的肝脏、较深的位置及肝硬化再生结节影响有关。

**2.2.2 剪切波频散成像(SWD)** SWD 是基于不同频率脉冲波形成的剪切波在肝脏组织内传播的频散系数来评估肝脏组织黏性,可同时获得肝脏黏性和弹性相关参数,定量评估其黏弹性,可间接反映肝脏的炎症活动度。目前,大部分超声弹性成像技术原理仅将肝脏视为纯弹性体,但实质上肝脏兼具弹性固体和黏性流体性质的黏弹性体<sup>[30]</sup>。国内一项单中心研究利用 SWE 与 SWD 测量正常人肝脏结果发现,肝脏 SWE 参考值为 3.93~8.75 kPa,肝脏 SWD 参考值为 8.80~14.9 m/(s·MHz)<sup>[31]</sup>。有临床研究表明,可根据肝脏弹性对肝纤维化进行有效分期,但肝脏黏性能否用于评估肝纤维化程度目前尚不明确<sup>[32]</sup>。既往研究,CHEN 等<sup>[33]</sup>发现大鼠肝脏黏弹性与肝纤维化及黏度密切相关。而且 SUGIMOTO 等<sup>[34]</sup>利用 SWD 成像技术来建立的大鼠模型研究表明,根据肝脏弹性可有效预测其纤维化程度,黏性则能有效预测炎性坏死程度。但是,目前关于肝硬化 VH 黏弹性相关研究尚少,仅有国外一项前瞻性研究发现肝硬化患者剪切波色散斜率(SWDS)、脾脏直径和腹水被确定为 VH 的独立危险因素,且 SWDS 与 VH 诊断的具有良好性能(AUC=0.768),并能敏感地识别出 95.5%的 VH 患者,是评估 VH 风险的敏感参数<sup>[35]</sup>。此外,在关于 SWD 评估脂肪肝方面,目前还没有可行的依据。虽



然有研究发现 SWD 有望成为脂肪肝评估的新指标<sup>[36]</sup>,但其相关研究发现肝脏黏性与其脂肪变性程度无明显相关性,无法对其脂肪病变程度进行预测<sup>[37]</sup>。但超声 SWD 成像技术在肝病评估方面提供了全新的视角,望未来在慢性肝脏疾病方面能进一步研究。

**2.3 SE** SE 是通过患者生理运动形成的组织轴向位移,连续采集组织被压缩前后的射频信息后,利用互相关方法对所采信息进行分析,计算感兴趣区内组织形变分布的数据,并利用彩色进行编码<sup>[38]</sup>。目前在肝病中应用最多的是实时组织弹性成像(RTE)技术,其主要是获得的弹性应变信息是相对的,无法获得绝对弹性模量值。RTE 技术在肝脏早期纤维化的评估诊断中应用比较广泛,其是以红绿蓝 3 种不同的颜色标记肝脏组织的硬度由硬到软的变化情况。目前,RTE 技术主要通过应用弥散定量分析软件对病变取样区域进行分析,应用多项弥散定量参数综合分析弹性特征量而得出患者的肝纤维化指数(LFI),从而辅助肝纤维化的诊断<sup>[39]</sup>。LFI 值测定对慢性病毒性肝脏纤维化分级评估有较高的诊断价值<sup>[40]</sup>。而且一项横断面研究探讨 RTE 评估慢性乙型肝炎肝纤维化价值,得出 RTE 对显著肝脏纤维化和早期肝硬化的鉴别诊断能力优于 ARFI 脉冲成像在慢性肝病中的鉴别能力<sup>[41]</sup>。有研究选取 71 例肝硬化患者对其应用 RTE 技术测量了肝脏的 LFI 值,对肝硬化 EV 的 LFI 值进行分析,发现 LFI 值与 EV 分级呈正向相关( $r=0.716, P=0.001$ ),除此以外,LFI 值对有意义的 EV 进一步评估时,其 ROC 的 AUC 是 0.902,临界值取 2.56 时,灵敏度、特异度分别为 96%、72%,有意义的 EV 能够被很好地预测<sup>[42]</sup>。但韩羽等<sup>[43]</sup>对 64 例肝硬化 EV 患者,应用 RTE 与 MSCT 诊断对比分析发现,MSCT 诊断的灵敏度及特异度均高于 RTE,分析原因可能是肝硬化失代偿期 RTE 易受炎症、肝前腹水等影响测量结果,因此对于晚期肝硬化患者,可采用其他检查手段协助诊断。

**2.4 联合弹性成像** 联合弹性成像是结合了 SWE 与应变弹性成像 2 种技术优势的一种全新弹性成像方法,其根据肝病类型提供多种相关肝脏状态的无创检测指标,包括定量指标 LFI 值、炎性指数 A 值(黏性相关指数)及衰减指数(脂肪变评价指标)等,通过多因素、多参数综合定量分析,对肝脏纤维化程度及炎症活动度综合评估<sup>[44]</sup>。有研究表明,联合弹性成像检测对中-重度 EGV 的评估具有良好效能,有望成为临床肝硬化 EGV 预测的新方法<sup>[45]</sup>。但当前联合弹

性成像对慢性肝病及相关并发症的研究尚少,其诊断及并发症的截断值尚未明确,望今后能利用联合弹性成像技术进行大样本数据研究,为临床提供更多的理论依据和技术支持。

### 3 超声造影(CEUS)

CEUS 可以通过反映肝脏器官的微循环灌注情况来反映肝脏血流动力学情况。随着肝纤维化加重,肝内血流阻力增加,门静脉血流量和肝实质灌注量均减少,而肝动脉血流量代偿性增加,导致 CEUS 参数发生变化,且此变化与肝纤维化程度相关。CEUS 可直观反映肝脏血流动力学变化,从而间接反映肝脏病理学改变。孙静等<sup>[46]</sup>利用 CEUS 肝血流动力学参数预测 EV 发现,CEUS 血流动力学参数是独立影响肝硬化患者预后的危险因素。LI 等<sup>[47]</sup>研究利用 CEUS 预测乙型肝炎肝硬化 EV,发现在 CEUS 特征中,肝内转运时间(HV-HA,即肝静脉到达时间与肝动脉到达时间之差)的 ROC AUC 均用于评估是否存在 EV 和高危 EV(0.883 和 0.915)大于其他指数。HV-HA 与 EV 等级呈负相关,低于 8.2 s 的 HV-HA 表明存在 EV,低于 7 s 表明存在高风险 EV。于红波等<sup>[48]</sup>研究发现,采用 CEUS 测定肝静脉通过时间诊断肝硬化,发现造影剂肝静脉到达时间明显短于正常对照组,以肝静脉到达时间  $< 24$  s 诊断肝硬化的灵敏度高达 100%,特异度为 96%。

### 4 小 结

肝硬化门静脉高压所致的 EGB 是肝硬化最严重的消化系统急症,超声检查的无创性诊断对 EGV 具有重要的临床价值。由于肝病不同的病因、病程情况、个体差异及诊断技术水平等不同因素影响,造成了其诊断结果也有一定差异。超声检查对该疾病的评估由最初的常规超声逐步发展到后来的 CEUS 及超声弹性成像技术,尤其是超声弹性成像技术已广泛应用于临床,虽然其应用各有优缺点,但给临床治疗工作带来极大的便利。近年来,超声弹性成像技术是发展最快的评估肝脏疾病的超声技术。为了更好地评估肝脏疾病情况,结合之前超声弹性成像技术的优势,推出了一项新兴超声弹性技术,即超声联合弹性成像技术,综合多种因素综合评估肝脏病变状况。目前其相关的研究甚少,期望接下来相关研究能结合临床实际情况,选择合适有效的检测方法将其运用于慢性肝病及并发症的诊疗中,早期发现 EV 并提前采取预防措施,让患者能在病程随访中减少因胃镜有创操作带来的痛苦。

## 参考文献

- [1] ASRANI S K, DEVARBHAVI H, EATON J, et al. Burden of liver diseases in the world[J]. *J Hepatol*, 2019, 70(1):151-171.
- [2] KIM Y D. Management of acute variceal bleeding[J]. *Clin Endosc*, 2014, 47(4):308-314.
- [3] 邓晗, 祁兴顺, 朱强, 等. 肝硬化食管静脉曲张的替代诊断方法[J]. *临床肝胆病杂志*, 2016, 32(8):1468-1473.
- [4] DING H G, XU X Y, LINGHU E Q, et al. Guidelines for the prevention and treatment of esophageal and gastric varicose veins with portal hypertension in cirrhosis[J]. *J Clin Hepatol*, 2016, 32(2):220-222.
- [5] MARUYAMA H, YOKOSUKA O. Ultrasonography for noninvasive assessment of portal hypertension[J]. *Gut Liver*, 2017, 11(4):464-473.
- [6] NADA L, SAMIRA ELF, BAHIJA B, et al. Noninvasive predictors of presence and grade of esophageal varices in viral cirrhotic patients[J]. *Pan Afr Med J*, 2015, 20:145.
- [7] ZHANG C X, XU J M, LI J B, et al. Predict esophageal varices via routine trans-abdominal ultrasound; a design of classification analysis model[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2016, 31(1):194-199.
- [8] 廉承凯, 陈焯彬, 韦良宏, 等. 门静脉血流速度变化与食管胃底静脉曲张的相关性研究[J]. *现代消化及介入诊疗*, 2020, 25(1):114-116.
- [9] CANNELLA R, GIAMBELLUCA D, PELLEGRINELLI A, et al. Color doppler ultrasound in portal hypertension: a closer look at left gastric vein hemodynamics[J]. *J Ultrasound Med*, 2021, 40(1):7-14.
- [10] ABHILASHA R, AMITA M, VENKATRAM K, et al. Doppler hemodynamic liver index and hepatic elastic modulus: advanced ultrasonographic techniques for non-invasive prediction of esophageal varices in cirrhosis[J]. *J Clin Ultrasound*, 2022, 50(3):354-363.
- [11] BINTINTAN A, CHIRA R I, BINTINTAN V V, et al. Value of hepatic elastography and Doppler indexes for predictions of esophageal varices in liver cirrhosis[J]. *Med Ultrason*, 2015, 17(1):5-11.
- [12] 余健彬. 彩色多普勒超声联合剪切波弹性成像评估肝硬化门脉高压及食管静脉曲张的临床研究[D]. 南昌: 南昌大学医学部, 2021.
- [13] OPHIR J, CÉSPEDES I, PONNEKANTI H, et al. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues[J]. *Ultrasonic Imaging*, 1991, 13(2):111-134.
- [14] 曹建彪, 陈永平, 成军, 等. 瞬时弹性成像技术(TE)临床应用专家共识(2015年)[J/CD]. *中国肝脏病杂志(电子版)*, 2015, 7(2):12-18.
- [15] DE FRANCHIS R, FACULTY B VI. Expanding consensus in portal hypertension: report of the baveno VI consensus workshop: stratifying risk and individualizing care for portal hypertension[J]. *J Hepatol*, 2015, 63(3):743-752.
- [16] LIM J K, FLAMM S L, SINGH S, et al. American gastroenterological association institute guideline on the role of elastography in the evaluation of liver fibrosis[J]. *Gastroenterology*, 2017, 152(6):1536-1543.
- [17] DING N S, NGUYEN T, ISER D M, et al. Liver stiffness plus platelet count can be used to exclude high-risk esophageal varices[J]. *Liver Int*, 2016, 36(2):240-245.
- [18] STEFANESCU H, GRIGORESCU M, LUPSOR M, et al. Spleen stiffness measurement using fibroscan for the noninvasive assessment of esophageal varices in liver cirrhosis patients[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2011, 26(1):164-170.
- [19] 谢青, 李曾, 唐臻, 等. 肝脾硬度联合血清腺苷脱氨酶对乙型肝炎肝硬化重度食管静脉曲张的预测价值分析[J]. *临床肝胆病杂志*, 2021, 37(6):1314-1318.
- [20] 张昕, 郭悦, 杨军. 瞬时弹性成像测定肝脾硬度值评估乙型肝炎肝硬化患者食管静脉曲张初步研究[J]. *实用肝脏病杂志*, 2021, 24(1):95-98.
- [21] SERRA J T, MUELLER J, TENG H, et al. Prospective comparison of transient elastography using two different devices: performance of fibroscan and fibrotouch[J]. *Hepat Med*, 2020, 12:41-48.
- [22] AGBIM U, ASRANI S K. Non-invasive assessment of liver fibrosis and prognosis: an update on serum and elastography markers[J]. *Expert Rev Gastroent*, 2019, 13(4):1-14.
- [23] 中华医学会超声医学分会介入超声学组弹性成像评估肝纤维化专家组. 二维剪切波弹性成像评估慢性乙型肝炎肝纤维化临床应用指南[J]. *临床肝胆病杂志*, 2018, 34(2):255-261.
- [24] YAN Y L, XING X, LU Q, et al. Two-dimensional shear wave elastography for sparing endoscopy screening in patients with HBV-related compensated advanced chronic liver disease[J]. *Expert Rev Gastroenterol Hepatol*, 2022, 16(1):89-96.
- [25] XIE X Y, FENG Y M, LYU Z Z, et al. The combination of shear wave elastography and platelet counts can effectively predict high-risk varices in patients with hepatitis b-related cirrhosis[J]. *Biomed Res Int*, 2021:6635963.
- [26] 赵玮, 于宁, 种静. 剪切波弹性成像对食管静脉曲张的诊断价值[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2019, 16(1):41-45.

- [27] KARAGIANNAKIS D S, VOULGARIS T, KOURETA E, et al. Role of spleen stiffness measurement by 2d-shear wave elastography in ruling out the presence of high-risk varices in cirrhotic patients[J]. *Dig Dis Sci*, 2019, 64(9): 2653-2660.
- [28] 郑丽雅, 田澄, 李娜. 剪切波弹性成像技术联合多参数评估肝硬化患者食管静脉曲张价值研究[J]. *实用肝脏病杂志*, 2022, 25(4): 546-549.
- [29] 陈敏, 张大鹏, 皋月娟, 等. 声辐射力脉冲成像技术定量预测肝硬化食管静脉曲张程度的临床价值[J]. *临床肝胆病杂志*, 2018, 34(1): 80-83.
- [30] 苏晨, 李国洋, 刘冬, 等. 粘弹性参数与大鼠脂肪肝程度的相关性研究[J]. *中国医学装备*, 2018, 15(11): 13-17.
- [31] 朱宇莉, 包静文, 王坤, 等. 超声剪切波弹性及频散成像技术检测健康成人肝脏黏弹性的参考值范围[J]. *中国临床医学*, 2021, 28(5): 869-873.
- [32] 孙晓慧, 崔立刚. 超声剪切波频散成像用于肝脏弥漫性病变更研究进展[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2021, 18(9): 566-569.
- [33] CHEN X, SHEN Y Y, ZHENG Y, et al. Quantification of liver viscoelasticity with acoustic radiation force: a study of hepatic fibrosis in a rat model[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2013, 39(11): 22091-22102.
- [34] SUGIMOTO K, MORIYASU F, OSHIRO H, et al. Viscoelasticity measurement in rat livers using shear-wave US elastography[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2018, 44(9): 2018-2024.
- [35] SUN X H, ZHANG L, JIANG L, et al. Shear wave dispersion slope measured with shear wave dispersion imaging is associated with variceal hemorrhage in cirrhotic patients[J]. *Diagnostics*(Basel, Switzerland), 2022, 12(12): 2909.
- [36] BARRY C T, HAZARD C, HAH Z, et al. Shear wave dispersion in lean versus steatotic rat livers[J]. *J Ultrasound Med*, 2015, 34(6): 1123-1129.
- [37] NIGHTINGALE K R, ROUZE N C, ROSENZWEIG S J, et al. Derivation and analysis of viscoelastic properties in human liver: impact of frequency on fibrosis and steatosis staging[J]. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control*, 2015, 62(1): 165-75.
- [38] 中华医学会超声医学分会, 中国研究型医院学会肿瘤介入专业委员会, 国家卫生和计划生育委员会能力建设和继续教育中心超声医学专家委员会. 肝病超声诊断指南[J]. *临床肝胆病杂志*, 2021, 37(8): 1770-1785.
- [39] 刘雪芹, 骆雁翎, 张迎春, 等. 超声弹性成像与弥散定量分析评估肝纤维化程度[J]. *现代仪器与医疗*, 2018, 24(1): 10-12.
- [40] YADA N, KUDO M, MORIKAWA H, et al. Assessment of liver fibrosis with real-time tissue elastography in chronic viral hepatitis[J]. *Clinical Trial Oncology*, 2013, 84 Suppl 1: 13-20.
- [41] WANG T Y, SHAO C P, ZHANG G S, et al. Real-time elastography (RTE): a valuable sonography-based non-invasive method for the assessment of liver fibrosis in chronic hepatitis B[J]. *Abdom Radiol*(NY), 2017, 42(11): 2632-2638.
- [42] 张敏, 陈斌, 陈顺平, 等. 实时组织弹性定量分析技术预测乙型肝炎肝硬化食管静脉曲张[J]. *中国超声医学杂志*, 2014, 30(2): 137-139.
- [43] 韩羽, 虞华瑾, 王雷, 等. 实时组织弹性成像与 MSCT 对肝硬化合并食管静脉曲张诊断价值比较[J]. *医学影像学杂志*, 2022, 32(3): 453-456.
- [44] 梁萍, 于杰. 肝病超声诊断指南[J]. *临床肝胆病杂志*, 2021, 37(8): 1770-1785.
- [45] 陈洁华. 超声联合弹性成像技术在肝硬化食管胃底静脉曲张评估中的应用研究[D]. 百色: 右江民族医学院, 2022.
- [46] 孙静, 张伟伟, 马智勇, 等. 肝胆超声影像学参数评估肝硬化食管静脉曲张程度的价值研究[J]. *中国医学装备*, 2022, 19(11): 107-111.
- [47] LI J, FENG J C, PENG X Y, et al. Usefulness of contrast-enhanced ultrasonography for predicting esophageal varices in patients with hepatitis B virus (HBV)-Related cirrhosis[J]. *Med Sci Monit*, 2017, 23: 2241-2249.
- [48] 于红波, 杜建文, 晋秀丽, 等. 彩色多普勒超声联合瞬间弹性成像评估肝硬化食管胃静脉曲张出血的应用价值[J]. *医学影像学杂志*, 2020, 30(10): 101-103.

(收稿日期: 2024-02-19 修回日期: 2024-10-11)