

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2026.04.018

彩色多普勒超声联合 SWE 参数对肝硬化失代偿期患者预后的预测价值

李灵芝, 徐培培, 程胜男

(郑州市第六人民医院 超声医学科, 河南郑州 450000)

【摘要】目的 探讨彩色多普勒超声联合剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)参数对肝硬化失代偿期(decompensated cirrhosis, DCC)患者 12 个月远期预后不良的预测价值。**方法** 选取 2024 年 3 月至 2025 年 3 月郑州市第六人民医院收治的 86 例 DCC 患者,入院 72 h 内均完成腹部彩色多普勒超声+SWE 检查,并记录肝脏形态、门静脉内径(portal vein diameter, PVD)、门静脉流速(portal vein velocity, PVV)、脾静脉内径(splenic vein diameter, SVD)、脾静脉流速(splenic vein velocity, SVV)、肝动脉阻力指数(resistance index, RI)及肝脏硬度值(liver stiffness measurement, LSM)。随访时间 12 个月。按预后分为预后良好组与预后不良组,单因素、多因素 Cox 回归筛选独立危险因素;受试者操作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线以最大约登指数确定各指标的最佳临界值, Kaplan-Meier 结合 Log-rank 检验对比生存差异。**结果** 86 例患者 12 个月随访不良事件 32 例,发生率为 37.21%。预后不良组肝功能 Child-Pugh C 级、重度腹水占比均显著高于预后良好组(均 $P < 0.05$)。预后不良组 PVD、SVD、肝动脉 RI、脾脏厚度、LSM 均显著高于预后良好组(均 $P < 0.05$), PVV、SVV 均显著低于预后良好组(均 $P < 0.05$)。ROC 曲线分析显示, PVD ≥ 1.42 cm、PVV ≤ 10.8 cm/s、肝动脉 RI ≥ 0.71 、LSM ≥ 19.5 kPa 为最佳临界值,上述 4 项指标的曲线下面积(area under the curve, AUC)均 > 0.75 , 预测效能良好。校正肝功能 Child-Pugh、腹水等混杂因素后,多因素 Cox 回归证实 4 项指标均为预后不良的独立危险因素(均 $HR > 1, P < 0.05$)。Kaplan-Meier 曲线显示,临界值分组患者 12 个月生存情况存在显著差异(均 $P < 0.05$);不同并发症对应的超声特征不同,出血以门脉血流异常为主,腹水以脾增厚突出,肝衰竭/死亡患者 LSM、肝动脉 RI 最高。**结论** 彩色多普勒超声联合 SWE 参数可无创评估肝硬化门静脉高压(portal hypertension, PH)与纤维化程度;PVD、PVV、肝动脉 RI、LSM 均是预测 DCC 患者 12 个月不良预后的独立指标,临界值可用于临床高危人群的筛查分层。

【关键词】 彩色多普勒超声; 剪切波弹性成像; 肝硬化失代偿期; 门静脉高压; 血流动力学; 预后预测

【中图分类号】 R575.2

【文献标志码】 A

文章编号: 1674-1242 (2026) 04-0088-05

The predictive value of color Doppler ultrasound combined with SWE parameters for the prognosis of patients with decompensated cirrhosis

LI Lingzhi, XU Peipei, CHENG Shengnan

(Department of Ultrasound Medicine, Zhengzhou Sixth People's Hospital, Zhengzhou 450000, Henan, China)

【Abstract】Objective To explore the predictive value of color Doppler ultrasound combined with shear wave elastography (SWE) parameters for the poor prognosis of patients with decompensated cirrhosis (DCC) over a 12-month period. **Methods** A total of 86 patients with DCC admitted to Zhengzhou Sixth People's Hospital from March 2024 to March 2025 were enrolled. All patients underwent abdominal color Doppler ultrasound combined with SWE examination within 72 hours of admission. And the liver morphology, portal vein diameter (PVD), portal vein velocity (PVV), splenic vein diameter (SVD), splenic vein velocity (SVV), liver artery resistance index (RI), and liver stiffness measurement (LSM) were recorded. The follow-up period was 12 months. The patients were divided into the good prognosis group and the poor prognosis group based on the prognosis. Univariate and multivariate Cox regression analyses were performed to screen independent risk factors. The optimal cut-off values of each indicator were determined by maximum Youden index via receiver operator characteristic (ROC) curve, and Kaplan-Meier method with Log-rank test was adopted to compare survival differences. **Results** Among 86 patients, 32 suffered adverse events within 12 months, with an incidence of 37.21%.

收稿日期: 2025-05-06。

作者简介: 李灵芝, 本科, 主治医师, 研究方向: 肝硬化失代偿。E-mail: llz2005@163.com。

The proportion of patients with Child-Pugh C grade liver function and severe ascites in the poor prognosis group was significantly higher than that in the good prognosis group (all $P < 0.05$). The PVD, SVD, liver artery RI, spleen thickness, and LSM in the poor prognosis group were significantly higher than those in the good prognosis group (all $P < 0.05$), while PVV and SVV were significantly lower than those in the good prognosis group (all $P < 0.05$). The ROC curve analysis revealed that the optimal cut-off values: PVD ≥ 1.42 cm, PVV ≤ 10.8 cm/s, hepatic artery RI ≥ 0.71 , LSM ≥ 19.5 kPa, with area under the curve (AUC) of all four indicators over 0.75, showing favorable predictive efficacy. After adjusting for confounding factors including Child-Pugh grade of liver function and ascites, multivariate Cox regression verified that all four indicators as independent risk factors for poor prognosis (all $HR > 1$, $P < 0.05$). Kaplan-Meier curves revealed significant differences in 12-month survival between groups divided by cut-off values (all $P < 0.05$). Ultrasound characteristics varied across complications: portal hemodynamic abnormalities dominated bleeding patients, splenomegaly was prominent in ascites patients, while patients with liver failure or death had the highest LSM and hepatic artery RI. **Conclusion** Color Doppler ultrasound combined with SWE parameters can non-invasively assess the portal hypertension (PH) and fibrosis degree in patients with liver cirrhosis. PVD, PVV, hepatic artery RI, and LSM are all independent indicators for predicting the 12-month poor prognosis of DCC patients, and the critical values can be used for screening and stratification of high-risk clinical populations.

【Key words】 Color Doppler ultrasound; Shear wave elastography; Decompensated cirrhosis; Portal hypertension; Hemodynamics; Prognostic prediction

肝硬化分为代偿期与失代偿期,一旦进入失代偿阶段,门静脉高压(portal hypertension, PH)持续进展,可能相继出现顽固性腹水、食管胃底静脉曲张出血(esophageal gastric variceal bleeding, EGVB)、肝性脑病(hepatic encephalopathy, HE)、肝衰竭等,分析肝硬化失代偿期(decompensated cirrhosis, DCC)患者的预后及临床转归是近年来研究的热点^[1-2]。彩色多普勒超声为无创影像学技术,具备无辐射、操作便捷、可床旁反复检测等优势,联合剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)还可定量检测肝脏硬度值(liver stiffness measurement, LSM),目前已在肝硬化诊疗中广泛应用^[3]。因此,本研究旨在通过分析彩色多普勒超声联合SWE参数对DCC患者12个月远期预后的预测价值,为临床分层管理提供客观影像学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究为单中心前瞻性临床观察。选取郑州市第六人民医院2024年3月至2025年3月DCC初筛患者132例,经纳入、排除标准筛选后最终入组86例。基于既往同类研究不良事件发生率约35%,设定 $\alpha = 0.05$,检验效能0.8,估算最小样本量78例,实际入组86例达到样本量需求。

纳入标准:①符合《肝硬化诊治指南》失代偿期诊断标准^[4];②入院72 h内完成规范彩色多普勒超声+SWE检查,影像学资料完整;③病历信息完善,可完成12个月全程随访;④年龄 ≥ 18 周岁。排除标准:①原发性肝癌、肝脏先天/血管畸形;②合并全

身恶性肿瘤、难治性自身免疫病、重度心脑血管病变;③急性肝衰竭、门静脉血栓急性期、重度腹腔感染;④无法配合超声、随访失联;⑤长期服用非选择性 β 受体阻滞剂、既往有经颈静脉肝内门体分流术(transjugular intrahepatic portosystemic shunt, TIPS)手术史、反复静脉曲张出血患者(避免药物/手术干预带来的血流动力学混杂干扰)。本研究经郑州市第六人民医院医学伦理委员会审批(批件号:IEC-KY-2023-21),所有病例资料完成脱敏处理,隐去姓名、身份证、住址等隐私信息。

1.2 观察指标

基线资料收集:年龄、性别、肝硬化病因、中重度食管胃底静脉曲张、肝功能Child-Pugh分级、白蛋白(albumin, ALB)、总胆红素(total bilirubin, TBIL)、凝血酶原时间(prothrombin time, PT)、抗病毒治疗、降门静脉压力药物使用史。检测设备:迈瑞Resona 7彩色多普勒超声仪,3.5~5.0 MHz凸阵探头,仪器每日开机完成标准化校准质控。操作者资质:从事腹部超声诊断5年以上高年资主治医师,统一操作规范。患者空腹8~12 h,仰卧、左侧卧位分次扫查;SWE检测注意避开大血管、腹水区域,嘱患者平静屏气。

检测指标:①肝脏形态:肝实质回声、包膜、脾脏厚度、腹水、侧支循环;②门静脉血流:门静脉内径(portal vein diameter, PVD)、门静脉流速(portal vein velocity, PVV);脾静脉内径(splenic vein diameter, SVD)、脾静脉流速(splenic vein velocity, SVV);③肝动脉:超声检测肝动脉,记录收缩期峰值流速(peak-systolic velocity, PSV)、舒张末期流速

(end-diastolic velocity, EDV), 并计算肝动脉阻力指数(resistance index, RI); ④ SWE 参数: LSM。同一指标连续测量 3 次, 取平均值后纳入统计分析, 通过统一操作标准以保障测量的可重复性。

1.3 随访方案

以入院超声当日为随访起点, 总周期 12 个月。存活病例随访至满 12 个月, 死亡病例随访至死亡当日。随访模式: 出院后 1、3、6、9、12 个月门诊复查, 每月 1 次电话回访; 出现消化道出血、重度腹胀、意识障碍时, 应立即随访记录结局。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0、GraphPad Prism 9 软件进行数据分析。正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 非正态资料采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示, 组间比较采用 Mann-Whitney U 秩和检验; 对预后不良 3 个亚组的超声计量资料, 采用 Kruskal-Wallis H 检验进行多组比较; 若总体差异有统计学意义, 采用 Bonferroni 校正进行组内两两比较。计数资料以例(%)表示, 比较采用 χ^2 检验。单因素 Cox 回归筛选 $P<0.05$ 变量, 将单因素有统计学意义指标全部纳入多因素 Cox 比例风险模型校正混杂, 计算各变量的风险比(hazard ratio, HR)及 95% 置

信区间(95% confidence interval, 95% CI); 受试者操作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线以最大约登指数确定最佳临界值, 曲线下面积(area under the curve, AUC) >0.7 提示预测效能良好; Kaplan-Meier 绘制生存曲线, Log-rank 检验比较生存差异, $\alpha=0.05$ 。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 入组基线与随访结局

初筛 132 例患者, 剔除 46 例, 最终入组 86 例; 男 51 例, 女 35 例, 年龄 38 ~ 76 岁, 平均(54.28 $\pm$ 9.65)岁。病因: 乙肝肝硬化 58 例, 酒精性肝硬化 22 例, 丙肝 4 例, 自身免疫性 2 例; 肝功能 Child-Pugh B 级 49 例, C 级 37 例。全程无失访。随访 12 个月, 共有 32 例(37.21%)患者出现不良事件: EGVB 14 例, 顽固性腹水 9 例, 急性肝衰竭 5 例, 肝病相关死亡 4 例; 归为预后不良组, 其余 54 例患者归为预后良好组。

2.2 两组临床基线资料比较

预后不良组肝功能 Child-Pugh C 级、重度腹水占比均显著高于预后良好组(均 $P<0.05$); 两组年龄、性别、肝硬化病因、中重度食管胃底静脉曲张、ALB、TBIL、PT、抗病毒治疗、降门静脉压力药物使用情况对比, 差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)(表 1)。

表 1 两组临床资料比较

组别	年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁)	男 [例 (%)]	肝硬化病因 [例 (%)]				肝功能 Child-Pugh 分级 [例 (%)]	
			乙型肝炎病毒	酒精	丙型肝炎病毒	自身免疫性	B 级	C 级
预后良好组 ($n=54$)	53.96±9.42	31 (57.41)	37 (68.52)	14 (25.93)	2 (3.70)	1 (1.85)	37 (68.52)	17 (31.48)
预后不良组、 ($n=32$)	54.75±9.81	20 (62.50)	21 (65.63)	8 (25.00)	2 (6.25)	1 (3.13)	15 (46.88)	17 (53.13)
χ^2/t	0.370	0.216		0.452			3.938	
P	0.712	0.642		0.923			0.047	

组别	重度腹水 [例 (%)]	中重度食管胃底静 脉曲张 [例 (%)]	ALB ($\bar{x}\pm s$, g/L)	TBIL ($\bar{x}\pm s$, μ mol/L)	PT ($\bar{x}\pm s$, s)	抗病毒治疗 [例 (%)]	降门静脉压力药物 [例 (%)]
预后良好组 ($n=54$)	16 (29.63)	28 (51.85)	30.25±4.36	45.36±10.25	15.62±2.13	32 (59.26)	26 (48.15)
预后不良组 ($n=32$)	17 (53.13)	23 (71.88)	28.92±4.15	49.18±11.32	16.35±2.46	19 (59.38)	16 (50.00)
χ^2/t	4.691	3.338	1.392	1.607	1.450	0.001	0.028
P	0.030	0.068	0.168	0.112	0.151	0.992	0.868

注: ALB: 白蛋白; TBIL: 总胆红素; PT: 凝血酶原时间。

2.3 两组超声形态及血流参数对比

预后不良组 PVD、SVD、肝动脉 RI、脾脏厚度、LSM 均显著高于预后良好组(均 $P<0.05$), PVV、SVV 均显著低于预后良好组(均 $P<0.05$)(表 2)。

2.4 不同超声指标预测 DCC 患者预后不良的效能

以 12 个月不良预后为结局指标, 对有统计学差异的超声指标行 ROC 曲线分析, 确定最佳临界值: PVD 1.42 cm、PVV 10.8 cm/s、肝动脉 RI 0.71、LSM

表2 两组彩色多普勒超声形态及血流参数对比(̄x±s)

组别	PVD (cm)	PVV (cm/s)	SVD (cm)	SVV (cm/s)	肝动脉RI	脾脏厚度 (cm)	LSM (kPa)
预后良好组 (n=54)	1.21±0.15	13.75±2.18	1.02±0.18	15.63±2.42	0.62±0.08	4.12±0.55	15.36±3.28
预后不良组 (n=32)	1.53±0.21	9.42±1.86	1.29±0.24	11.28±2.05	0.74±0.09	5.38±0.72	22.75±4.61
χ^2/t	8.217	-9.387	5.927	-8.513	6.417	9.136	8.660
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注：PVD：门静脉内径；PVV：门静脉流速；SVD：脾静脉内径；SVV：脾静脉流速；RI：阻力指数；LSM：肝脏硬度值。

19.5 kPa。上述4项指标AUC均>0.75,具备良好预测效能(表3)。

表3 4项指标预测DCC患者预后不良的效能参数

指标	临界值	AUC	95%CI	敏感度	特异度	约登指数
PVD	≥1.42 cm	0.826	0.734 ~ 0.918	0.813	0.796	0.609
PVV	≤10.8 cm/s	0.841	0.753 ~ 0.929	0.844	0.815	0.659
肝动脉RI	≥0.71	0.789	0.687 ~ 0.891	0.781	0.759	0.540
LSM	≥19.5 kPa	0.805	0.706 ~ 0.904	0.794	0.778	0.572

注：DCC：肝硬化失代偿期；AUC：曲线下面积；PVD：门静脉内径；PVV：门静脉流速；RI：阻力指数；LSM：肝脏硬度值。

2.5 多因素Cox回归分析

以DCC患者预后不良为因变量,纳入变量:肝功能Child-Pugh分级、重度腹水、PVD、PVV、肝动脉RI、LSM、肝硬化病因、抗病毒治疗、降门静脉压力药物使用进行多因素Cox回归分析,结果表明,PVD≥1.42 cm、PVV≤10.8 cm/s、肝动脉RI≥0.71、LSM≥19.5 kPa均为DCC患者12个月预后不良的独立危险因素(均HR>1,P<0.05),即校正传统临床指标后,仅4项超声弹性指标为不良预后独立危险因素(表4)。

表4 多因素Cox比例风险回归结果

自变量	HR	95%CI	P
肝功能 Child-Pugh C级	1.352	0.714 ~ 2.563	0.351
重度腹水	1.416	0.748 ~ 2.680	0.285
PVD≥1.42 cm	2.874	1.562 ~ 5.281	0.001
PVV≤10.8 cm/s	3.125	1.714 ~ 5.693	<0.001
肝动脉RI≥0.71	2.361	1.228 ~ 4.539	0.009
LSM≥19.5 kPa	2.592	1.385 ~ 4.847	0.003
肝硬化病因、抗病毒治疗、降门静脉压力药物	均P>0.05	—	—

注：HR：风险比；PVD：门静脉内径；PVV：门静脉流速；RI：阻力指数；LSM：肝脏硬度值。

2.6 Kaplan-Meier 生存分析

基于4项临界值分组绘制Kaplan-Meier生存曲线,Log-rank检验结果显示:PVD、PVV、肝动脉RI、LSM高于/低于临界值的两组患者,12个月生存情况

差异有统计学意义(均P<0.05)(图1)。

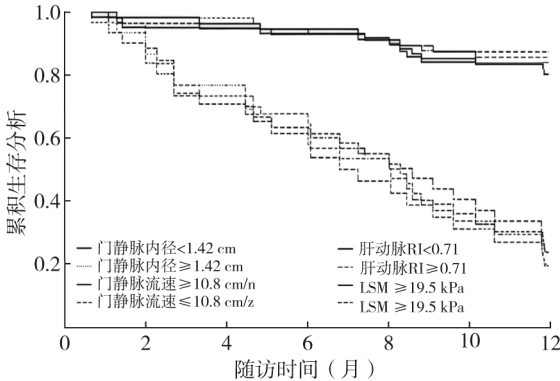


图1 Kaplan-Meier生存曲线

注：RI：阻力指数；LSM：肝脏硬度值。

2.7 不良结局分层的超声参数对比

将预后不良组32例患者按结局分层:出血组14例、腹水组9例、肝衰竭/死亡组9例。经Kruskal-Wallis H检验,三组PVD、PVV、脾脏厚度、LSM、肝动脉RI及LSM组间总体差异具有统计学意义(均P<0.05);进一步两两比较提示,出血组PVD增宽、PVV减慢最为显著;腹水组脾脏厚度升高更明显;肝衰竭/死亡组LSM、肝动脉RI水平最高,提示不同并发症对应的超声特征存在差异,可针对性指导临床干预(表5)。

表5 不同不良结局患者超声参数对比

指标	出血组 (n=14)	腹水组 (n=9)	肝衰竭/死亡组 (n=9)	P
PVD (cm)	1.61±0.19	1.48±0.22	1.51±0.20	0.023
PVV (cm/s)	8.76±1.62	9.65±1.93	9.21±1.78	0.035
脾脏厚度 (cm)	5.24±0.68	5.69±0.75	5.33±0.69	0.046
肝动脉RI	0.72±0.08	0.73±0.09	0.79±0.10	0.028
LSM (kPa)	21.82±4.26	22.15±4.38	25.47±4.92	0.037

注：PVD：门静脉内径；PVV：门静脉流速；RI：阻力指数；LSM：肝脏硬度值；Kruskal-Wallis H检验进行多组比较；若总体差异有统计学意义,采用Bonferroni校正进行组内两两比较。

3 讨论

PH是决定DCC预后转归的核心因素。肝静脉

压力梯度(hepatic venous pressure gradient, HVPG)为评估PH的金标准,但该检查属有创操作,难以用于重复筛查;而肝功能 Child-Pugh、终末期肝病模型(model for end-stage liver disease, MELD)评分主要依赖血清学指标,不能直观体现肝脏血流动力学紊乱状态^[5]。彩色多普勒超声联合SWE可一站式完成肝脏形态、门脉血流参数及LSM的检测,具备无创、可床旁实施、适合长期随访的优势,有效弥补传统评估手段的不足。

肝纤维化持续加重致LSM升高,肝小叶结构重塑压迫门静脉血管,门静脉回流受阻、PVD扩张、PVV速度下降;机体代偿性升高肝动脉血流量,血管阻力增高,RI上升。PH持续进展,侧支循环形成、脾淤血肿大,大幅提升出血、腹水、肝衰竭风险^[6-7]。本研究证实,校正肝功能 Child-Pugh、腹水等临床变量后,PVD、PVV、肝动脉RI、LSM仍为DCC患者12个月预后不良的独立危险因素,说明超声血流与SWE参数可提供传统评分不具备的血流动力学相关信息。本研究基于ROC曲线最大约登指数得出1.42 cm、10.8 cm/s、0.71、19.5 kPa临界值,4项指标AUC>0.75,敏感度、特异度均衡。与同类文献^[8]阈值差异原因:本研究单中心以乙肝、酒精性肝硬化为主,检测仪器统一,严格排除 β 受体阻滞剂、TIPS术后等干扰血流的病例,人群基线更统一。不同并发症超声特征存在差异,可用于指导临床分层干预:LSM $\geq$ 19.5 kPa、肝动脉RI $\geq$ 0.71患者缩短随访周期,

完善胃镜筛查静脉曲张;PVD $\geq$ 1.42 cm、PVV减慢者优先启动降门静脉压力治疗;脾脏显著增厚患者则重点监测腹水进展。

综上,彩色多普勒超声联合SWE参数可无创评估DCC患者PH与纤维化程度;PVD、PVV、肝动脉RI、LSM均为预测DCC患者12个月不良预后的独立指标,其临界值可用于临床高危人群的筛查分层。

参考文献

- [1] 张帆,毛屏,张晨,等. 乙型肝炎肝硬化失代偿期并发肝功能衰竭患者血清 Autotaxin、Copeptin、LBP与预后的关系研究[J]. 现代消化及介入诊疗, 2024, 29 (5): 534-538.
- [2] 刘静,魏义胜,秦光明,等. 血清胆碱酯酶对肝硬化失代偿期患者预后的预测价值[J]. 临床消化病杂志, 2025, 37 (3): 181-187.
- [3] 徐鹤翔,王鹏,郑袁如,等. MELD 3.0评分对肝硬化失代偿期患者预后的评估价值[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2025, 45 (8): 1148-1158, 1185.
- [4] 中华医学会肝病学会,徐小元,丁惠国,等. 肝硬化诊治指南[J]. 中华肝脏病杂志, 2019, 27 (11): 846-865.
- [5] 李瑞,胡蓉. 基于白细胞衍生性指标建立肝硬化失代偿期患者自发性细菌性腹膜炎短期预后风险预测模型的价值研究[J]. 临床内科杂志, 2023, 40 (1): 34-37.
- [6] 田梦,欧阳晶,常虹,等. 氯离子在肝硬化失代偿期患者预后中的角色[J]. 重庆医科大学学报, 2025, 50 (3): 367-375.
- [7] 陈思艳,郭道宁,邹晓攀. 彩色多普勒超声评估肝硬化门静脉高压症患者TIPS术后支架功能研究[J]. 实用肝脏病杂志, 2024, 27 (6): 899-902.
- [8] 王俊香,刘洁,井春艳. 彩色多普勒超声肝门血流在肝硬化食管胃底静脉曲张患者出血风险的评估价值[J]. 中华消化病与影像杂志(电子版), 2025, 15 (5): 492-498.