

磁共振弹性成像测定的肝硬度值和脾硬度值对门静脉高压的诊断价值

王民, 张冠华, 冯丽娟, 何福亮, 王宇 [首都医科大学附属北京友谊医院(消化健康全国重点实验室, 国家消化系统疾病临床医学研究中心)肝病中心, 北京 100050]

摘要: **目的** 探讨磁共振弹性成像(magnetic resonance elastography, MRE)测量的肝硬度值(liver stiffness measurement, LSM)及脾硬度值(spleen stiffness measurement, SSM)对肝硬化严重门静脉高压(severe portal hypertension, SPH)及高风险静脉曲张(high-risk varices, HRV)的诊断价值。**方法** 前瞻性纳入2019年12月至2023年4月在北京首都医科大学附属北京友谊医院肝病中心就诊并接受肝静脉压力梯度(hepatic venous pressure gradient, HVP)测定的肝硬化门静脉高压患者。所有患者在完成HVP测定后1周内接受电子胃镜及MRE检查,获取MRE-LSM与MRE-SSM。采用Spearman相关分析变量间的相关性。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估并比较MRE-LSM和MRE-SSM对SPH和HRV的诊断效能,通过约登指数确定最佳诊断界值。采用一元和多元线性回归分析MRE-SSM的影响因素。**结果** 研究共纳入101例患者,平均HVP为(17.9 ± 6.13) mmHg。Spearman相关性分析显示,MRE-SSM和MRE-LSM均与HVP呈正相关($r_s = 0.363, P < 0.001$; $r_s = 0.203, P = 0.041$),且随HVP升高,MRE-LSM与MRE-SSM均有升高趋势。MRE-SSM和MRE-LSM诊断SPH的ROC曲线下面积分别为0.851、0.789,差异无统计学意义($Z = 0.622, P = 0.534$),对应的诊断界值分别为10.0 kPa和4.5 kPa。MRE-SSM与HRV呈正相关($r = 0.471, P < 0.001$),而MRE-LSM与HRV无相关性($r = -0.031, P = 0.758$)。MRE-SSM诊断HRV的效能显著优于MRE-LSM(ROC曲线下面积:0.808比0.522; $Z = 2.915, P = 0.004$)。多元线性回归分析表明,血小板计数是MRE-SSM的独立影响因素($\beta = -0.021, 95\%CI: -0.030 \sim -0.011, P < 0.001$)。**结论** MRE-SSM与HVP、HRV密切相关,对SPH和HRV均显示出较高的诊断效能。相较于MRE-LSM,MRE-SSM在识别HRV方面更为突出,有望成为评估门静脉高压及其并发症的重要无创手段。

关键词: 门静脉高压; 高风险静脉曲张; 磁共振弹性成像; 脾硬度值; 肝硬度值

Diagnostic value of liver stiffness measurement and spleen stiffness measurement measured by magnetic resonance elastography on portal hypertension

Wang Min, Zhang Guanhua, Feng Lijuan, He Fuliang, Wang Yu [Liver Research Center, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University (State Key Laboratory of Digestive Health, National Clinical Research Center for Digestive Diseases), Beijing 100050, China]

Abstract: **Objective** To evaluate the diagnostic value of liver stiffness measurement (LSM) and spleen stiffness measurement (SSM) measured by magnetic resonance elastography (MRE) for severe portal hypertension (SPH) and high-risk varices (HRV) in patients with liver cirrhosis. **Methods** Patients with cirrhotic portal hypertension who underwent hepatic venous pressure gradient (HVP) measurement at Liver Research Center, Beijing Friendship

Hospital, Capital Medical University from December 2019 and April 2023 were enrolled in this prospective study. All patients underwent electronic gastroscopy and MRE examination within one week after HVPg measurement to obtain MRE-LSM and MRE-SSM value. Spearman correlation analysis was used to assess the correlations between variables. The diagnostic value of MRE-LSM and MRE-SSM for SPH and HRV were evaluated by receiver operating characteristic (ROC) curve, and the optimal cut-off values were determined by the Youden index. Univariate and multiple linear regression were used to analyze the influencing factors of MRE-SSM. **Results** Total of 101 patients were enrolled, and the level of HVPg was (17.9 ± 6.13) mmHg. Spearman correlation analysis showed that both MRE-SSM and MRE-LSM were positively correlated with HVPg ($r_s = 0.363$, $P < 0.001$; $r_s = 0.203$, $P = 0.041$), and as HVPg increased, both MRE-LSM and MRE-SSM showed an increasing trend. The area under the ROC curve of MRE-SSM and MRE-LSM for diagnosing SPH was 0.851 and 0.789, respectively, with no statistically significant difference ($Z = 0.622$, $P = 0.534$). The corresponding diagnostic cut-off values were 10.0 kPa and 4.5 kPa, respectively. MRE-SSM was positively correlated with HRV ($r = 0.471$, $P < 0.001$), whereas MRE-LSM showed no correlation with HRV ($r = -0.031$, $P = 0.758$). The diagnostic performance of MRE-SSM for HRV was significantly superior to that of MRE-LSM (area under the ROC curve: 0.808 vs. 0.522; $Z = 2.915$, $P = 0.004$). Multiple linear regression analysis showed that platelet count was an independent influencing factor of MRE-SSM ($\beta = -0.021$, 95%CI: $-0.030 \sim -0.011$, $P < 0.001$). **Conclusions** MRE-SSM was closely associated with both HVPg and HRV, and demonstrated good diagnostic performance for SPH and HRV. Compared to MRE-LSM, MRE-SSM showed a superior capability in identifying HRV, suggesting its potential as an effective non-invasive tool for assessing portal hypertension and its complications.

Keywords: Portal hypertension; High-risk varices; Magnetic resonance elastography; Spleen stiffness measurement; Liver stiffness measurement

门静脉高压是慢性肝病及肝硬化进程中的重要节点,其严重程度影响患者发生失代偿事件的风险与预后。目前,肝静脉压力梯度(hepatic venous pressure gradient, HVPg)和胃镜分别是临床上评估窦性门静脉压力和食管胃静脉曲张的“金标准”。HVPg > 5 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa)即提示门静脉高压存在;尤其HVPg ≥ 12 mmHg即严重门静脉高压(severe portal hypertension, SPH)是静脉曲张破裂出血的独立危险因素;HVPg ≥ 20 mmHg常是急性静脉曲张出血需要介入治疗的重要指征^[1,2]。然而,HVPg和胃镜均有侵入性,临床常规开展或用于动态监测存在一定困难。因此,开发准确的无创评估指标是临床亟待解决的关键问题。磁共振弹性成像(magnetic resonance elastography, MRE)不受患者肥胖、脂肪肝变性、腹水或肋间隙狭窄等因素限制,并能获取多层面的组织硬度数据,可更全面地反映整体器官硬度,且具有较高的操作成功率和测量准确性^[3]。目前,MRE测量的肝硬度值(liver stiffness measurement, LSM)被

认为是评估肝纤维化程度最准确的无创方法^[4]。然而,LSM主要反映肝纤维化程度,当门静脉高压进展到临床显著性门静脉高压(clinically significant portal hypertension, CSPH)时,血流动力学改变等非结构性因素对门静脉压力的影响增加,可能导致其诊断效能下降^[5]。脾脏是门静脉高压的直接受累器官,脾硬度值(spleen stiffness measurement, SSM)可能更具诊断价值。多项研究及荟萃分析表明,脾硬度值在诊断CSPH和预测静脉曲张方面可能优于LSM,且诊断性能优于超声弹性成像^[6-8]。然而,现有关于MRE的研究仍存在一定局限:多数样本量较小,尤其针对SPH的研究更为有限;此外,MRE测量的脾硬度值的影响因素尚不完全明确。因此,本研究采用前瞻性队列研究,以HVPg和胃镜为金标准,头对头比较MRE测量的LSM和SSM对于SPH及高风险静脉曲张(high-risk varices, HRV)的诊断效能,并进一步探讨SSM的潜在影响因素,以期对门静脉高压的评估及风险分层提供新的循证依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象 本研究为前瞻性队列研究,连续纳入2019年12月至2023年4月在首都医科大学附属北京友谊医院肝病中心接受HVPg测定的肝硬化合并门静脉高压患者。肝硬化的诊断参照2019年《肝硬化诊治指南》^[9]。纳入标准:①年龄 ≥ 18 岁;②窦性门静脉高压(HVPg ≥ 6 mmHg)。排除标准:①窦前性、肝前或肝后性门静脉高压;②存在肝静脉-静脉间交通支、门静脉血栓;③既往接受过脾切除术、经颈静脉肝内门体分流术(transjugular intrahepatic portosystemic shunt, TIPS)、脾腔分流术或肝移植术;④包括肝细胞癌在内的活动性恶性肿瘤;⑤合并心、肺、肾、脑、血液系统等重要脏器功能不全;⑥存在肝脏铁过载、急性肝炎、肝衰竭、胆管梗阻;⑦HVPg测压及MRE的结果不准确。本研究已通过首都医科大学附属北京友谊医院伦理委员会批准,批件号:2019-P2-165-01。所有患者均签署知情同意书。

1.2 研究方法

1.2.1 HVPg测量 HVPg的测量方法参考相关文献^[10]。患者空腹至少2 h,静息10~20 min,由2名经验丰富的医师操作(至少经过30例标准化操作培训),操作医师对MRE及胃镜检查结果均不知情。在局部麻醉下,采用Seldinger技术经右颈内静脉置入6F静脉鞘管。将球囊导管置入肝右静脉或肝中静脉,测量肝静脉楔压(wedged hepatic vein pressure, WHVP),并确认无对比剂反流,且无静脉-静脉侧支分流。在距离下腔静脉2~4 cm处测量游离肝静脉压(free hepatic venous pressure, FHVP)。HVPg = WHVP - FHVP。全程记录并打印压力曲线波形,每例患者至少完成3次有效测量,取平均值。根据HVPg水平将患者分成3组^[1,2]:A组(6 mmHg $\leq$ HVPg < 12 mmHg, 12例)、B组(12 mmHg $\leq$ HVPg < 20 mmHg, 47例);C组(HVPg ≥ 20 mmHg, 42例)。

1.2.2 MRE检查 MRE测量LSM和SSM的操作方法参考相关文献^[11]。在HVPg测量前后1周内完成MRE检查。使用3.0 T MR扫描仪(750 W, 美国GE公司),患者禁食至少6 h,取仰卧位,于上腹部固定被动驱动器。采用60 Hz主动驱动器激发剪切波。数据采集使用屏气二维梯度回波-平面回波成像序列,层厚10 mm;层数7。由1名具有5年以上经验的放射科医师采用Volume Viewer软件(版本13.0, 美国GE公司)进行盲法分析。

在肝脾实质内避开血管及伪影区域勾画感兴趣区(region of interest, ROI),取中心3层ROI的平均值作为最终结果。

1.2.3 胃镜检查 患者在HVPg完成的前后1周内,由高年资内镜医师完成,操作医师对MRE及HVPg结果均不知情。HRV定义为中重度食管静脉曲张或伴红色征象的食管静脉曲张或胃静脉曲张^[1]。

1.2.4 临床资料与实验室检查 记录所有患者的一般资料,包括性别、年龄、身高、体质量、体重指数(body mass index, BMI)、肝硬化病因、腹水、肝性脑病等。采集空腹静脉血,检测并收集实验室指标,包括:血小板计数(platelet count, PLT)、丙氨酸氨基转移酶(alanine aminotransferase, ALT)、天冬氨酸氨基转移酶(aspartate aminotransferase, AST)、碱性磷酸酶(alkaline phosphatase, ALP)、 γ -谷氨酰转氨酶(γ -glutamyl transferase, GGT)、总胆红素(total bilirubin, TBil)、白蛋白(albumin, Alb)、凝血酶原活动度(prothrombin activity, PTA)。计算终末期肝病模型(model for end-stage liver disease, MELD)评分及Child-Pugh评分。

1.3 统计学处理 采用SPSS 26.0与MedCalc软件进行统计学分析。HVPg为符合正态分布的计量资料,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,年龄、BMI、ALT、AST等不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,性别、病因等计数资料以例数和百分数表示。不同HVPg水平(A组、B组、C组)患者间MRE-SSM和MRE-LSM的比较采用Kruskal-Wallis H 检验,两两比较采用Mann-Whitney U 检验。采用受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic, ROC)评估MRE-SSM和MRE-LSM对门静脉高压程度的诊断效能,采用Youden指数确定最佳诊断界值,ROC曲线下面积的比较采用DeLong检验。采用Spearman相关分析MRE-LSM、MRE-SSM与HVPg、HRV的相关性。为分析MRE-SSM的影响因素,对MRE-SSM进行以2为底的对数转换($\log_2$ MRE-SSM),转换后数据符合正态分布($P = 0.328$);首先进行一元线性回归分析,再将有意义的变量($P < 0.1$)及临床认为可能与MRE-SSM相关的因素(如病因)纳入多元线性回归模型。以回归系数(β)及其95%CI衡量自变量对因变量的影响大小。所有检验均为双侧,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线资料 研究共纳入101例同时接受HVPg和MRE测量的肝硬化患者,队列以男性为主(55.4%),

中位年龄为 56.0 岁。肝硬化病因构成多样,以病毒性肝炎 (27.7%)、酒精性肝病 (18.8%) 和原发性胆汁性胆管炎 (16.8%) 为主。从肝功能储备看,以 Child-Pugh B 级居多 (52.5%)。HVPg 平均值为 (17.9 ± 6.1) mmHg, 中位 MRE-LSM 为 6.6 kPa, 中位 MRE-SSM 为 11.2 kPa。患者的临床特征见表 1。

2.2 MRE-LSM 和 MRE-SSM 评估 SPH 的效能

2.2.1 MRE-LSM 和 MRE-SSM 与门静脉高压的相关性 不同 HVPg 水平患者 (A 组、B 组、C 组) MRE-LSM 及 MRE-SSM 总体比较差异均有统计学意义 (P 均 < 0.05), 且 A 组患者 MRE-LSM 和 MRE-SSM 均显著低于 B 组和 C 组 (P 均 < 0.05); 而 B 组与 C 组间 MRE-LSM 和 MRE-SSM 的差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05), 见表 2。Spearman

相关性分析显示, MRE-SSM 和 MRE-LSM 均与 HVPg 呈正相关 ($r_s = 0.363, P < 0.001$; $r_s = 0.203, P = 0.041$), 见图 1。

2.2.2 MRE-LSM 和 MRE-SSM 对 SPH 的诊断效能 以 HVPg ≥ 12 mmHg 作为 SPH 的诊断标准, 绘制 ROC 曲线评估 MRE-LSM 和 MRE-SSM 的诊断价值。结果表明, MRE-SSM 的 ROC 曲线下面积为 0.851, MRE-SSM > 10.0 kPa 时, 敏感度为 79.78%, 特异度为 83.33%。MRE-LSM 的 ROC 曲线下面积为 0.789, MRE-LSM > 4.5 kPa 时, 敏感度为 91.01%, 特异度为 58.33%。虽然 MRE-SSM 的 ROC 曲线下面积大于 MRE-LSM, 但 DeLong 检验显示二者差异无统计学意义 ($Z = 0.622, P = 0.534$)。见表 3、图 2。

表 1 101 例肝硬化门静脉高压患者的临床特征

项目	数值	项目	数值
男性 [例 (%)]	56 (55.4)	ALP [$M (P_{25}, P_{75})$, U/L]	105.0 (72.0, 158.0)
年龄 [$M (P_{25}, P_{75})$, 岁]	56.0 (46.0, 62.0)	GGT [$M (P_{25}, P_{75})$, U/L]	44.0 (28.0, 88.0)
BMI [$M (P_{25}, P_{75})$, kg/m ²]	24.1 (22.3, 27.3)	TBil [$M (P_{25}, P_{75})$, μ mol/L]	27.3 (18.2, 43.8)
病因 [例 (%)]		Alb [$M (P_{25}, P_{75})$, g/L]	33.3 $\pm$ 5.6
病毒性肝炎	28 (27.7)	PLT [$M (P_{25}, P_{75})$, $\times 10^9$ /L]	72.0 (52.0, 95.0)
酒精性肝病	19 (18.8)	PTA [$M (P_{25}, P_{75})$, %]	67.0 (57.1, 76.0)
代谢相关脂肪性肝炎	13 (12.9)	Child-Pugh 分级 [例 (%)]	
原发性胆汁性胆管炎	17 (16.8)	A 级	31 (30.7)
自身免疫性肝炎	9 (8.9)	B 级	53 (52.5)
药物性肝损伤	8 (7.9)	C 级	17 (16.8)
其他	7 (6.9)	MELD 评分 ($\bar{x} \pm s$, 分)	9.8 $\pm$ 4.5
实验室指标		HVPg ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	17.9 $\pm$ 6.1
ALT [$M (P_{25}, P_{75})$, U/L]	25.0 (17.0, 51.0)	MRE-LSM [$M (P_{25}, P_{75})$, kPa]	6.6 (5.2, 8.5)
AST [$M (P_{25}, P_{75})$, U/L]	35.4 (24.1, 59.9)	MRE-SSM [$M (P_{25}, P_{75})$, kPa]	11.2 (10.0, 13.3)

表 2 不同 HVPg 水平患者的 MRE-LSM 和 MRE-SSM [$M (P_{25}, P_{75})$, kPa]

组别	例数	MRE-LSM	MRE-SSM
A 组	12	4.4 (4.1, 6.3)	8.9 (7.8, 10.0)
B 组	47	6.6 (5.5, 8.7)	11.3 (9.4, 13.4)
C 组	42	6.8 (5.6, 8.8)	11.8 (10.7, 14.6)
H 值		10.671	18.683
P 值		0.005	< 0.001
A 组比 B 组			
Z 值		3.02	.18
P 值		0.007	0.004
A 组比 C 组			
Z 值		3.12	4.32
P 值		0.006	< 0.001
B 组比 C 组			
Z 值		0.197	1.80
P 值		> 0.99	0.21

注: A 组为 $6 \text{ mmHg} \leq \text{HVPg} < 12 \text{ mmHg}$, B 组为 $12 \text{ mmHg} \leq \text{HVPg} < 20 \text{ mmHg}$, C 组为 $\text{HVPg} \geq 20 \text{ mmHg}$ 。

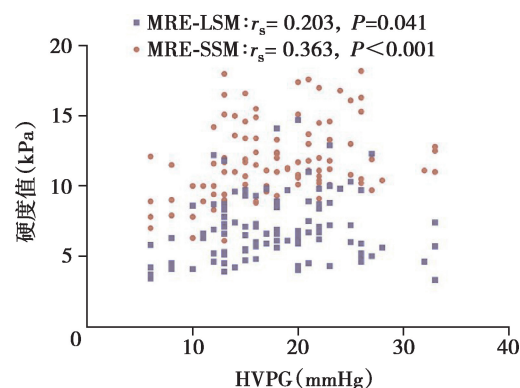


图 1 MRE-LSM 和 MRE-SSM 与 HVPg 相关性分析散点图

表3 MRE-LSM和MRE-SSM对SPH的诊断效能

项目	ROC曲线下面积(95%CI)	诊断界值(kPa)	敏感度(%)	特异度(%)	阳性预测值(%)	阴性预测值(%)
MRE-LSM	0.789(0.697~0.864)	> 4.5	91.01	58.33	94.2	46.7
MRE-SSM	0.851(0.766~0.914)	> 10.0	79.78	83.33	97.3	35.7

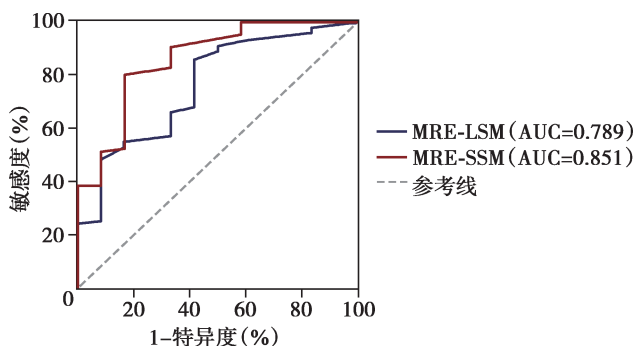


图2 MRE-LSM和MRE-SSM诊断SPH的ROC曲线图

注: AUC为ROC曲线下面积。

2.3 MRE-LSM和MRE-SSM诊断HRV的效能

2.3.1 MRE-LSM和MRE-SSM与HRV的相关性 根据胃镜检查结果, 101例患者中共有74例(73.3%)存在HRV。Spearman相关性分析显示, MRE-SSM与HRV呈正相关($r_s=0.471$, $P<0.001$), 而MRE-LSM与HRV无显著相关性($r_s=-0.031$, $P=0.758$)。

2.3.2 MRE-LS和MRE-SS对HRV的诊断效能 ROC曲线分析表明, 在诊断HRV时, MRE-LSM、MRE-SSM诊断HRV的ROC曲线下面积分别为0.522和0.808, 诊断界值分别为7.8 kPa和9.9 kPa。Delong检验表明, MRE-SSM的ROC曲线下面积显著高于MRE-LSM($Z=2.915$, $P=0.004$), 见表4、图3。

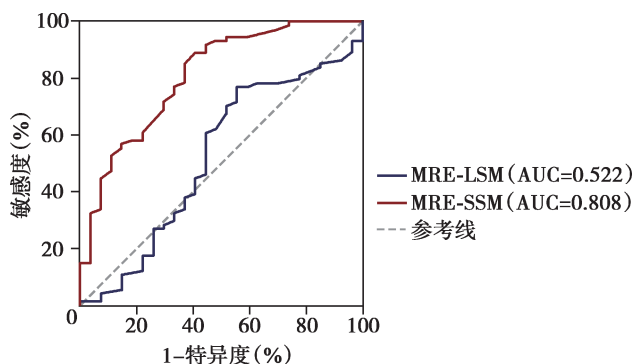


图3 MRE-LSM和MRE-SSM诊断HRV的ROC曲线图

注: AUC为ROC曲线下面积。

2.4 MRE-SSM的影响因素 以 $\log_2$ MRE-SSM为因变量, 以临床常见指标为自变量进行线性回归分析。一元线性回归分析提示, 酒精性肝病、ALT、AST和PLT是MRE-SSM的影响因素($P<0.1$)。将上述变量及临床认为可能与MRE-SSM相关的因素(如病因)纳入多元线性回归模型, 结果表明仅PLT是MRE-SSM的独立影响因素($\beta=-0.003$, 95%CI: $-0.004\sim-0.002$, $P<0.001$), 见表5。

3 讨论

准确、无创评估肝硬化患者门静脉高压的严重程度对判断临床预后及治疗决策至关重要。本研究采用前瞻性设计, 以HVPg和胃镜为金标准, 系统评估了MRE-LSM与MRE-SSM对SPH及HRV的诊断价值。结果表明, MRE-SSM与HVPg及HRV具有相关性, 且诊断效能较好, 提示其有望成为无创评估肝硬化门静脉高压的重要工具。

LSM主要反映肝纤维化程度, 而肝纤维化导致的肝内血管阻力升高是门静脉高压的始动因素, 因此LSM可在一定程度上体现门静脉高压的严重程度。既往研究表明LSM与HVPg存在相关性(相关系数0.29~0.92)^[8,11-15]。本研究中MRE-LSM与HVPg相关性较低($r_s=0.203$, $P=0.041$), 这可能与纳入患者的HVPg整体处于较高水平(平均17.9 mmHg)且绝大多数已处于SPH阶段有关。这一现象与其他超声弹性成像研究结果一致^[5,16]: 随着HVPg水平上升, LSM与门静脉压力的相关性逐渐降低, 在HVPg ≥ 12 mmHg的亚组中, 基于瞬时弹性成像技术的LSM与HVPg的相关系数从0.81降至0.37, 基于剪切波弹性成像技术的LSM则从0.65降至0.42。相比之下, 本研究中MRE-SSM与HVPg存在相关性, 与多数文献结论相符^[8,11-13,15]。但Wagner等^[17]的研究未显示该相关性, 其纳入的患者病情较轻, 仅9例(27%)患者HVPg ≥ 10 mmHg。这种差异可能源于研究人群在病因、疾病分期及HVPg分布上的异质性, 也

表4 MRE-LSM和MRE-SSM对HRV的诊断效能

项目	ROC曲线下面积(95%CI)	诊断界值(kPa)	敏感度(%)	特异度(%)	阳性预测值(%)	阴性预测值(%)
MRE-LSM	0.522(0.421~0.623)	≤ 7.8	77.03	44.44	79.2	41.4
MRE-SSM	0.808(0.717~0.879)	> 9.9	89.19	59.26	85.7	66.7

表5 MRE-SSM 影响因素的一元和多元线性回归分析

因素	一元线性回归			多元线性回归		
	β	95%CI	P 值	β	95%CI	P 值
性别						
男性	Ref			-	-	-
女性	0.008	-0.123~0.138	0.910	-	-	-
年龄	0.004	-0.001~0.010	0.126	-	-	-
病因						
病毒性肝炎	Ref			Ref		
酒精性肝病	0.196	0.008~0.383	0.043	0.146	-0.026~0.319	0.099
代谢相关脂肪性肝病	0.043	-0.168~0.250	0.688	0.037	-0.150~0.224	0.697
原发性胆汁性胆管炎	0.160	-0.034~0.354	0.109	0.172	-0.008~0.352	0.065
自身免疫性肝炎	-0.190	-0.431~0.052	0.127	0.121	-0.137~0.378	0.361
药物性肝损伤	0.022	-0.230~0.275	0.862	0.067	-0.154~0.288	0.553
其他	0.118	-0.148~0.384	0.386	0.161	-0.073~0.394	0.180
BMI	-0.013	-0.029~0.001	0.113	-	-	-
ALT	-0.001	-0.002~-0.004	<0.001	-0.001	-0.002~0.000	0.099
AST	-0.001	-0.002~0.000	0.009	0.000	-0.001~0.001	0.770
ALP	-0.001	-0.002~0.000	0.149	-	-	-
GGT	0.000	-0.001~0.000	0.149	-	-	-
Alb	-0.001	-0.012~0.011	0.916	-	-	-
TBil	-0.005	-0.014~0.003	0.229	-	-	-
PLT	-0.001	-0.002~0.000	<0.001	-0.003	-0.004~-0.002	<0.001
PTA	-0.002	-0.006~0.002	0.387	-	-	-

注：“Ref”为参考项，“-”为无相关数据。

与SSM测量技术有关。同时这也反映出门静脉高压不同阶段的主导病理生理机制存在差异：早期以肝内结构改变导致的阻力增高为主，此时LSM与HVPg相关；随着疾病进展，高动力循环等肝外因素逐渐成为维持高压的关键^[18]。SSM升高既反映脾脏血流变化，也间接体现门静脉阻力，这可能是其与HVPg关联更直接的原因。动物实验也支持这一观点，在大鼠门静脉高压模型中，SSM的早期升高与门静脉压力同步，且不依赖于肝纤维化程度^[19]。

本研究表明，MRE-SSM对SPH具有良好的诊断效能，其ROC曲线下面积与MRE-LSM相当（0.851比0.789）。一项纳入7项研究的荟萃分析表明，MRE诊断门静脉高压的合并敏感度和特异度分别为0.747和0.721，ROC曲线下面积为0.788^[20]。在预测HVPg ≥ 12 mmHg方面，SSM的表现优于LSM，其ROC曲线下面积更大（0.81比0.73），特异度也更佳（0.79比0.64），对应的临界值（截断值）分别为10.5 kPa和7.7 kPa^[12,15]。一项对HVPg

普遍较高的慢性肝病患者开展的前瞻性研究同样提示，SSM是HVPg升高的独立预测因子；且SSM诊断HVPg ≥ 16 mmHg、HVPg ≥ 20 mmHg的ROC曲线下面积（分别为0.790、0.822）均高于LSM及多种血清学标志物^[11]。与其他研究相比，本研究中MRE-SSM的ROC曲线下面积较高，这可能得益于前瞻性的研究设计、相对较大的样本量以及对窦性门静脉高压患者的严格筛选——本研究通过排除主要分流等因素，确保了研究对象的同质性。与现有研究相比，本研究将无创评估从CSPH拓展至更严重的SPH阶段。MRE-LSM的敏感度高（91.01%），但特异度低（58.33%），更适合作为SPH的初筛工具，可有效减少漏诊；MRE-SSM则因其较高的特异度和阳性预测值，更适合作为确认性诊断工具，减少误诊，避免不必要的侵入性检查。临床上可结合两者特点，构建“两步法”或联合筛查策略，以提高诊断效率和准确性，从而优化侵入性HVPg检查的适应证，以符合Baveno VII倡导的“基于无创指标进行风险分层”理念^[1]。

在预测 HRV 这一临床硬终点时,本研究显示 MRE-SSM 具有显著优势,ROC 曲线下面积为 0.808,显著优于 MRE-LSM (0.522)。这与近期多项研究结论一致: MRE-SSM 预测静脉曲张的 ROC 曲线下面积为 0.780~0.853,且多因素分析中仅 SSM 是独立影响因素,LSM 则不是^[21,22]。其机制在于,HRV 的形成与门静脉压力及侧支分流程度直接相关,尤其在失代偿期,门体分流量显著增加,而胃底食管静脉曲张的血供与脾静脉血供更为密切,因此 SSM 能更直接地反映其形成的血流动力学改变和破裂风险。此外,本研究得出 MRE-SSM 诊断 HRV 的最佳界值为 9.9 kPa,与其他研究报道的 9.4~9.9 kPa 基本一致^[11,22],提示该指标在临床实践中具备良好的适用性和稳定性。基于此界值, MRE-SSM 诊断 HRV 的敏感度达 89.19%,能有效筛查出绝大多数 HRV 患者。然而,其阴性预测值仅为 66.7%,单独使用仍有漏诊风险,因此在实际应用中需结合 PLT、LSM 等 Baveno VII 标准中的其他指标进行综合判断,以优化风险分层和临床决策^[1]。此外, MRE 在肥胖、腹水患者中的技术优势使其可作为瞬时弹性成像的重要补充,为门静脉高压并发症风险分层和个体化精准管理提供依据。

多元线性回归分析显示, PLT 是 MRE-SSM 的独立影响因素,提示 SSM 升高既反映了门静脉充血导致的压力升高(硬度增加),也可能与伴随的脾功能亢进(PLT 破坏)相关。今后研究可致力于构建整合 MRE-SSM 与血清学指标(如 PLT)的优化模型,以进一步提升对门静脉高压及其并发症的无创风险评估效能。

本研究仍存在一定局限性。首先,尽管样本量优于许多同类研究,但本研究为单中心研究,且病因构成复杂,相关结论仍需通过多中心外部队列、大样本前瞻性研究进一步验证,以明确 MRE-LSM 及 MRE-SSM 诊断界值的普适性及其与 Baveno VII 标准的整合路径;其次, MRE 检查成本较高,普及程度不及超声弹性成像,目前更适合作为二级或三级医疗中心的精准评估工具,或用于解决超声弹性成像无法诊断的疑难病例,难以作为一线普筛手段;此外,当前 MRE 技术的操作与后处理流程尚缺乏统一标准,未来亟须建立技术规范并形成行业共识。

综上,在肝硬化患者中, MRE-SSM 与 HVPG 及 HRV 均存在显著相关性,不仅能够有效诊断 SPH,在识别高风险静脉曲张这一关键临床终点方面更显著优于 MRE-LSM,可作为评估肝硬化门静

脉高压严重程度和预测其并发症风险的重要工具,为临床实施个体化管理和干预提供重要依据。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突。

人工智能使用声明 本文未使用任何人工智能相关工具对文字、表格及图片进行处理。

参考文献

- [1] DE FRANCHIS R, BOSCH J, GARCIA-TSAO G, et al. Baveno VII-renewing consensus in portal hypertension[J]. J Hepatol, 2022, 76(4): 959-974.
- [2] KAPLAN D E, RIPOLL C, THIELE M, et al. AASLD practice guidance on risk stratification and management of portal hypertension and varices in cirrhosis[J]. Hepatology, 2024, 79(5): 1180-1211.
- [3] DAJTI E, HUBER A T, FERRAIOLI G, et al. Advances in imaging-elastography[J/OL]. Hepatology, 2025-04-02. https://journals.lww.com/hep/fulltext/9900/advances_in_imaging_elastography.1227.aspx.
- [4] LOOMBA R, ADAMS L A. Advances in non-invasive assessment of hepatic fibrosis[J]. Gut, 2020, 69(7): 1343-1352.
- [5] VIZZUTTI F, ARENA U, ROMANELLI R G, et al. Liver stiffness measurement predicts severe portal hypertension in patients with HCV-related cirrhosis[J]. Hepatology, 2007, 45(5): 1290-1297.
- [6] SINGH R, WILSON M P, KATLARIWALA P, et al. Accuracy of liver and spleen stiffness on magnetic resonance elastography for detecting portal hypertension: a systematic review and meta-analysis[J]. Eur J Gastroenterol Hepatol, 2021, 33(2): 237-245.
- [7] ADIGÜZEL M, ERDEN A, OZ D K, et al. The efficacy of magnetic resonance elastography in predicting oesophageal varices in patients with chronic liver disease[J]. Pol J Radiol, 2025, 90: e498-e504.
- [8] KENNEDY P, STOCKER D, CARBONELL G, et al. MR elastography outperforms shear wave elastography for the diagnosis of clinically significant portal hypertension[J]. Eur Radiol, 2022, 32(12): 8339-8349.
- [9] 中华医学会肝病学会. 肝硬化诊治指南[J]. 中华肝脏病杂志, 2019, 27(11): 846-865.
- [10] 中国门静脉高压联盟(CHESS), 中华医学会消化病学分会微创介入协作组. 中国肝静脉压力梯度临床应用专家共识(2023版)[J]. 中华医学杂志, 2023, 103(48): 3885-3895.
- [11] HAN X, YANG D, XU H, et al. Superiority of spleen stiffness on two-dimensional magnetic resonance elastography over liver stiffness and serum tests in assessing portal hypertension in chronic liver disease[J]. Quant Imaging Med Surg, 2024, 14(2): 1429-1440.
- [12] RNOT M, LAMBERT S, ELKRIEF L, et al. Assessment of portal hypertension and high-risk oesophageal varices with liver and spleen three-dimensional multifrequency MR elastography in liver cirrhosis[J]. Eur Radiol, 2014, 24(6): 1394-1402.
- [13] SHI Y, QI Y F, LAN G Y, et al. Three-dimensional MR elastography depicts liver inflammation, fibrosis, and portal hypertension in chronic hepatitis B or C[J]. Radiology, 2021, 301(1): 154-162.
- [14] GHARIB A M, HAN M A T, MEISSNER E G, et al. Magnetic resonance elastography shear wave velocity correlates with liver fibrosis and hepatic venous pressure gradient in adults with advanced liver disease[J]. Biomed Res Int, 2017, 2017: 2067479.
- [15] DANIELSEN K V, HOVE J D, NABILOU P, et al. Using MR elastography to assess portal hypertension and response to beta-blockers in patients with cirrhosis[J]. Liver Int, 2021, 41(9): 2149-2158.

- [16] KIM H Y, SO Y H, KIM W, et al. Non-invasive response prediction in prophylactic carvedilol therapy for cirrhotic patients with esophageal varices[J]. J Hepatol, 2019, 70(3): 412-422.
- [17] WAGNER M, HECTORS S, BANE O, et al. Noninvasive prediction of portal pressure with MR elastography and DCE-MRI of the liver and spleen: preliminary results[J]. J Magn Reson Imaging, 2018, 48(4): 1091-1103.
- [18] TURCO L, GARCIA-TSAO G. Portal hypertension: pathogenesis and diagnosis[J]. Clin Liver Dis, 2019, 23(4): 573-587.
- [19] NEDREDAL G I, YIN M, MCKENZIE T, et al. Portal hypertension correlates with splenic stiffness as measured with MR elastography[J]. J Magn Reson Imaging, 2011, 34(1): 79-87.
- [20] MA Y, QIN X, ZHU L. Spleen stiffness on magnetic resonance elastography for the detection of portal hypertension: a systematic review and meta-analysis[J]. Iran J Public Health, 2022, 51(9): 1925-1935.
- [21] JHANG Z E, WU K L, CHEN C B, et al. Diagnostic value of spleen stiffness by magnetic resonance elastography for prediction of esophageal varices in cirrhotic patients[J]. Abdom Radiol (NY), 2021, 46(2): 526-533.
- [22] SINGWICHA T, CHANSAENGPECH S, TANPOWONG N. Predicting esophageal varices in cirrhosis: diagnostic utility of MR elastography and dynamic contrast-enhanced MRI[J]. Abdom Radiol (NY), 2026, 51(16): 2809-2820.

收稿日期: 2026-01-08

王民, 张冠华, 冯丽娟, 等. 磁共振弹性成像测定的肝硬度值和脾硬度值对门静脉高压的诊断价值 [J/CD]. 中国肝脏病杂志(电子版), 2026, 18(2): 52-59.

· 读者 · 作者 · 编者

本刊对来稿参考文献格式的要求

本刊执行 GB/T 7714-2025《信息与文献 参考文献著录规则》。采用顺序编码制著录, 依照其在文中出现的先后顺序用阿拉伯数字标出, 并将序号置于方括号中, 排列于文后。内部刊物、未发表资料(不包括已被接受的待发表资料)、个人通信等请勿作为文献引用, 确需引用时, 可将其在正文相应处注明。日文汉字请按日文规定书写, 勿与我国汉字及简化字混淆。同一文献作者不超过 3 人全部著录; 超过 3 人可以只著录前 3 人, 后依文种加表示“等”的文字。作者姓名一律姓氏在前、名字在后, 外国人的名字采用首字母缩写形式, 缩写名后不加缩写点; 不同作者姓名之间用“,” 隔开, 不用“和”“and”等连词。请于文献题名项后增加标注文献类型标志项目, 示例如下:

[1] 张伯伟. 全唐五代诗格汇考 [M]. 南京: 江苏古籍出版社, 2002: 288.

[2] 张群, 程志宝, 石志飞. 惯性增强动力吸振器—浮置板轨道低频减振性能研究 [J]. 铁道学报, 2024, 46(8): 102-111.

[3] 李幼平, 王莉. 循证医学研究方法: 附视频 [J/OL]. 中华移植杂志(电子版), 2010, 4(3): 225-228. <https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=36658332&from=Qikan Search Index>.

本刊编辑部