

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2025.01.022

· 影像与介入 ·

钆贝葡胺增强磁共振成像对肝硬化患者肝功能和肝纤维化的评估价值*

蔡渝¹ 谢艳君¹ 官彬¹ 陈德全¹ 游兴攀¹ 彭虹²

(1 重庆医科大学附属第一医院合川医院放射科 重庆 401519;

2 重庆医科大学附属第一医院合川医院消化内科 重庆 401519)

摘要 目的:分析钆贝葡胺(Gd-BOPTA)增强磁共振成像(MRI)评估肝硬化患者肝功能、肝纤维化的临床价值。**方法:**选择2021年3月至2023年2月于本院就诊的100例肝硬化患者,按照Child-Pugh分级将患者分为A级组(54例)、B级组(32例)、C级组(14例),另选90例健康体检者作为正常组,所有受检者均接受腹部Gd-BOPTA增强MRI检查并获取肝实质相对强化程度(RE),对比4组肝实质RE、肝功能指标、肝纤维化指标,经Pearson相关性分析肝实质RE与肝功能、肝纤维化指标的关系。**结果:**A级、B级和C级组患者肝实质RE低于正常组,且A级、B级和C级组患者肝实质RE值逐渐降低($P<0.05$);A级、B级和C级组患者天门冬氨酸氨基转移酶(AST)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、总胆红素(TBIL)水平高于正常组,且A级、B级和C级组患者AST、ALT、TBIL水平逐渐升高($P<0.05$);A级、B级和C级组患者IV型胶原(IV-C)、III型前胶原(PCIII)、层粘蛋白(LN)、透明质酸(HA)水平高于正常组,且A级、B级和C级组患者IV-C、PCIII、LN、HA水平逐渐升高($P<0.05$);Pearson相关性分析发现,肝实质RE与AST、ALT、TBIL、IV-C、PCIII、LN、HA呈负相关($P<0.001$)。 **结论:**Gd-BOPTA增强MRI检查获取的肝实质RE值与肝硬化患者肝功能、肝纤维化呈负相关,Gd-BOPTA增强MRI有助于评估肝硬化患者肝功能和肝纤维化。

关键词:肝硬化;钆贝葡胺;增强磁共振成像;肝功能;肝纤维化

中图分类号:R445.2;R575.2 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2025)01-154-07

Evaluation Value of Gadobenate Dimeglumine Enhanced Magnetic Resonance Imaging for Liver Function and Liver Fibrosis in Cirrhosis Patients*

CAI Yu¹, XIE Yan-jun¹, GUAN Bin¹, CHEN De-quan¹, YOU Xing-pan¹, PENG Hong²

(1 Department of Radiology, Hechuan Hospital, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing, 401519, China; 2 Department of Gastroenterology, Hechuan Hospital, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing, 401519, China)

ABSTRACT Objective: To analyze the clinical value of gadobenate dimeglumine (Gd-BOPTA) enhanced magnetic resonance imaging (MRI) in evaluating liver function and liver fibrosis in cirrhosis patients. **Methods:** 100 cirrhosis patients who were admitted in our hospital from March 2021 to February 2023 were selected, patients were divided into grade A group (54 cases), grade B group (32 cases) and grade C group (14 cases) according to Child-Pugh classification, and 90 healthy subjects were selected as the normal group, all subjects underwent abdominal

* 基金项目:重庆市合川区科技计划项目(hckj-[2020]17-23)

作者简介:蔡渝(1992-),女,硕士,主治医师,研究方向:消化系统影像,E-mail: caiyuer1992@163.com

(收稿日期:2024-10-11)

Gd-BOPTA-enhanced MRI and the liver parenchyma enhancement (RE) was obtained, the liver parenchyma RE, liver function index and liver fibrosis index of the four groups were compared, and the relationship between liver parenchyma RE and liver function and liver fibrosis index was analyzed by Pearson correlation. **Results:** The liver parenchyma RE in patients with grade A, grade B and grade C was lower than that in normal group, and the RE value of liver parenchyma in patients with grade A, grade B and grade C gradually decreased ($P<0.05$). The aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT) and total bilirubin (TBIL) levels in grade A, grade B and grade C groups were higher than those in normal group, and the AST, ALT, TBIL levels in grade A, grade B and grade C groups were gradually increased ($P<0.05$). The type IV collagen (IV-C), type III procollagen (PCIII), laminin (LN) and hyaluronic acid (HA) levels in grade A, grade B and grade C groups were higher than those in normal group, and IV-C, PCIII, LN, HA levels in grade A, grade B and grade C groups gradually increased ($P<0.05$). Pearson correlation analysis found that liver parenchyma RE was negatively correlated with AST, ALT, TBIL, IV-C, PCIII, LN and HA ($P<0.001$). **Conclusion:** The liver parenchyma RE obtained by Gd-BOPTA enhanced MRI is negatively correlated with liver function and liver fibrosis in cirrhosis patients, Gd-BOPTA enhanced MRI is helpful to evaluate liver function and liver fibrosis in cirrhosis patients.

Key words: Cirrhosis; Gadobenate dimeglumine; Enhanced magnetic resonance imaging; Liver function; Liver fibrosis

Chinese Library Classification(CLC): R445.2; R575.2 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2025)01-154-07

前言

肝硬化作为肝脏慢性纤维化的终末期,多发生于慢性肝脏损伤的患者,肝硬化患者伴有明显的肝功能减退,且易引起肝肾综合征、肝性脑病等严重并发症^[1,2]。肝纤维化是肝硬化进展的必经阶段及主要过程,且早期肝纤维化是可逆的^[3]。因此早期评估肝纤维化和肝功能损伤程度并及时给予针对性治疗,是阻止肝硬化并发症及肝癌发生的重要方法。肝硬化属于弥漫性疾病,仅基于总胆红素(TBIL)、天门冬氨酸氨基转移酶(AST)等血液学指标无法评估患者整体肝实质的肝功能状态^[4]。Child-Pugh分级是评估肝功能储备的常用方式,但难以评估患者肝硬化与肝纤维化程度^[5]。因此,临床亟需便捷有效、更准确的检查方式。磁共振成像(MRI)可直观、全面地反映肝脏组织的特征,且随着特异性对比剂的应用能够反映更多的功能信息。钆贝葡胺(Gd-BOPTA)是亲脂性钆对比剂,静脉注射后大部分经肾脏排泄,可显示肝实质的强化程度^[6,7]。国内一项实验发现,Gd-BOPTA增强可辅助诊断肝纤维化大鼠的S3-S4期^[8]。基于此,本研究分析Gd-BOPTA增强MRI对肝硬化患者肝功能和肝纤维化的评估价值,旨在为临床定量评估肝硬化病情程度提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择我院2021年3月至2023年2月100例肝硬化患者,纳入标准:(1)经腹部超声、血液学、临床症状等检查,符合肝硬化诊断标准^[9],肝脏活组织检查确诊;(2)临床资料完整;(3)对钆对比剂无过敏反应;(4)自愿签署知情同意书。排除标准:(1)存在胆道疾病,包括胆管扩张、胆道梗阻;(2)入组前6个月接受干扰素、激素等药物治疗;(3)肝脏肿瘤性疾病或其它弥漫性肝病;(4)肝脏病灶范围超过一个肝叶或病灶直径 $>5\text{ cm}$;(5)MRI检查前接受胆道切除术、肝脏部分切除术;(6)无法屏气、图像伪影严重;(7)肾功能不全;(8)全身其他组织脏器感染性疾病。按照Child-Pugh分级将100例肝硬化患者分为3组:A级组54例,男38例,女16例;年龄39-76岁,平均 (61.35 ± 5.74) 岁;体重指数 $18.2-23.5\text{ kg/m}^2$,平均 $(21.85 \pm 1.58)\text{ kg/m}^2$;类型:丙型肝炎性12例,乙型肝炎性26例,酒精性13例,自身免疫性肝硬化3例。B级组32例,男21例,女11例;年龄35-78岁,平均 (60.28 ± 4.79) 岁;体重指数 $18.8-23.4\text{ kg/m}^2$,平均 $(21.75 \pm 1.49)\text{ kg/m}^2$;丙型肝炎性7例,乙型肝炎性15例,酒精性8例,自身免疫性肝硬化2例。C级组14例,男9例,女5例;年龄33-79岁,平均 (59.85 ± 4.85) 岁;体重指数 $18.5-23.8\text{ kg/m}^2$,平均 $(21.81 \pm 1.52)\text{ kg/m}^2$;丙型肝炎性3例,乙

型肝炎性 7 例,酒精性 3 例,自身免疫性肝硬化 1 例。另选 90 例健康体检者作为正常组,肝功能正常且无携带病毒性肝炎。正常组 90 例,男 62 例,女 28 例;年龄 36-79 岁,平均(59.97±5.02)岁;体重指数 18.7-23.5 kg/m²,平均(21.48±1.39)kg/m²。4 组年龄、性别、体质量指数等资料无统计学差异($P>0.05$),具有对比性。

1.2 方法

1.2.1 Child-Pugh 分级 Child-Pugh 分级标准^[10]包括血清白蛋白、TBIL、肝性脑病、腹水、凝血酶原时间延长 5 项,将 Child-Pugh 总分 10-15 分的肝硬化患者纳入 C 级组,将 7-9 分的肝硬化患者纳入 B 级组,将 5-6 分的肝硬化患者纳入 A 级组。

1.2.2 Gd-BOPTA 增强 MRI 检查方法 (1)所有受检者检查前禁饮 4 h、禁食 8 h,使用 3.0T MR Magnetom Verio 扫描仪(德国西门子)行常规肝脏 MR 扫描。序列包括快速扰相梯度回波(FSPGR)轴位 T1WI、快速自旋回波(TSE)轴位 T2WI、容积式内插屏气检查(VIBE)平扫及增强轴位 T1WI。(2)平扫后经外周静脉注 Gd-BOPTA 对比剂,速率为 2 mL/s,剂量为 0.2 mmol/kg(最大剂量需≤20 mmol),注射后用 20 mL 生理盐水冲洗。实施动态增强扫描,包括动脉期(扫描时间在注射对比剂后 20 s)、门脉期(扫描时间在注射对比剂后 60 s)、平衡期(扫描时间在注射对比剂后 120 s)。(3)肝胆期扫描:注射对比剂 90 min 后开始实施。参数设置:① TSE 轴位 T2WI 扫描:视野为 210×380 mm,宽带为 240 Hz/Px,矩阵为 320×224,层厚为 5 mm,回波时间为 79 ms,重复时间为 6528.3 ms;② FSPGR 轴位 T1WI 扫描:视野为 210×380 mm,宽带为 280Hz/Px,矩阵为 320×224,层厚为 5mm,回波时间为 2.5 ms/6.2 ms,重复时间为 133 ms;③ VIBE 轴位 T1WI 扫描:视野为 250×380 mm,宽带为 400 Hz/Px,矩阵为 320×224,层厚为 3 mm,回波时间为 1.4 ms,重复时间为 3.9 ms。

1.2.3 图像分析 将原始图像传送至 Siemens 工作站,在肝门附近于右肝前后叶、左肝内外叶选择椭圆形或圆形感兴趣区(ROI),取四个 ROI 平均值为肝实质信号强度计算增强前后肝实质相对强化程度(RE),肝实质 RE^[11]=(注射对比剂 90 min 后肝胆期肝实质信号强度 - 平扫时肝实质信号强度)/平扫时肝实质信号强度。

1.2.4 肝功能、肝纤维化指标检测 采集肝硬

化患者治疗前和健康体检者体检当日空腹肘静脉血 4 mL,均分为 2 份,其中 1 份离心 10 min,转速为 3500 r/min,离心半径为 6.5 cm,离心结束后分离上层血液,通过酶联免疫吸附法测定肝纤维化指标 IV 型胶原(IV-C)、III 型前胶原(PC III)、层粘蛋白(LN)、透明质酸(HA)水平。PC III、LN 试剂盒购自上海康朗生物科技有限公司,试剂盒货号分别为 KL-E10401、KL-E10407;IV-C、HA 试剂盒购自南京森贝伽生物科技有限公司,试剂盒货号分别为 SBJ-H1971、SBJ-H0692。取另一份血液标本,抗凝处理后,利用全自动生化分析仪(迈瑞 BS-330 型)测定肝功能指标 TBIL、AST、丙氨酸氨基转移酶(ALT)水平。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计分析,计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示,多组间比较采用单因素方差检验,进一步两两对比用 LSD-t 检验。计数资料用 n(%)表示,采用 χ^2 检验。采用 Pearson 相关性分析各指标之间的关系。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 肝实质 RE 对比

A 级、B 级和 C 级组患者肝实质 RE 低于正常组,且 A 级、B 级和 C 级组患者肝实质 RE 值逐渐降低($P<0.05$),见表 1。各组增强前后感兴趣区域肝脏 MR 扫描图像见图 1。

2.2 肝功能指标对比

A 级、B 级和 C 级组患者 AST、ALT、TBIL 水平高于正常组,且 A 级、B 级和 C 级组患者 AST、ALT、TBIL 水平逐渐升高($P<0.05$)。见表 2。

2.3 肝纤维化指标

A 级、B 级和 C 级组患者 IV-C、PC III、LN、HA 水平高于正常组,且 A 级、B 级和 C 级组患者 IV-C、PC III、LN、HA 水平逐渐升高($P<0.05$)。见表 3。

2.4 肝实质 RE 与肝功能、肝纤维化指标的相关性分析

Pearson 相关性分析发现,肝实质 RE 与 AST、ALT、TBIL、IV-C、PC III、LN、HA 呈负相关($r=-0.521, -0.500, -0.512, -0.481, -0.488, -0.426, -0.505$,均 $P<0.001$)。见图 2。

表 1 肝实质 RE 对比 ($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Comparison of liver parenchyma RE ($\bar{x} \pm s$)

Groups	n	RE
Normal group	90	0.892 ± 0.152
Grade A group	54	0.544 ± 0.127 ^a
Grade B group	32	0.304 ± 0.105 ^{ab}
Grade C group	14	0.081 ± 0.115 ^{abc}
F		27.868
P		< 0.001

Note: Compared with the normal group, ^a $P < 0.05$. Compared with grade A group, ^b $P < 0.05$. Compared with grade B group, ^c $P < 0.05$.

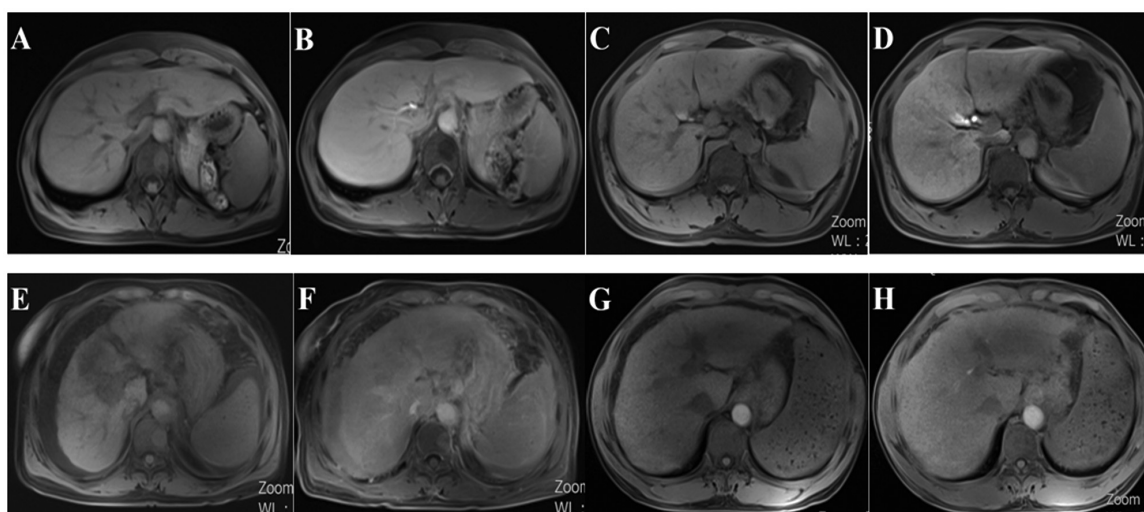


图 1 各组增强前后感兴趣区域肝脏 MR 扫描图像

Fig.1 Liver MR scan images of region of interest before and after enhancement in each group

Note: Fig.1A-B is a 44-year-old female patient with normal liver function. Fig.1A is the plain scan image of the region of interest before enhancement, and Fig.1B is the hepatobiliary phase image of the region of interest after enhancement. The liver parenchyma RE=0.730.

Fig.1C-D is a male patient, 41 years old, Child-Pugh A grade. Fig.1C is the plain scan image of the region of interest before enhancement, and Figure 1D is the hepatobiliary phase image of the region of interest after enhancement. The liver parenchyma RE=0.482. Fig.1E-F is a female patient, 63 years old, Child-Pugh B grade. Fig.1E is the plain scan image of the region of interest before enhancement, and figure 1F is the hepatobiliary phase image of the region of interest after enhancement, the liver parenchyma RE=0.350.

Fig.1G-H is a male patient, 47 years old, Child-Pugh C grade. Fig.1G is the plain scan image of the region of interest before enhancement, and Fig.1H is the hepatobiliary phase image of the region of interest after enhancement, the liver parenchyma RE=0.097.

3 讨论

MRI 是临床常用来评估肝硬化患者的检查手段,能显示肝脏内部的异常信号,但无法直接确诊肝硬化,尤其是肝硬化早期,肝脏内部的微小结构变化可能难以被清晰显示,这可能导致对肝硬化程度的评估不够准确^[12]。临床常用的对比剂是 Gd-BOPTA、钆塞酸二钠,二者是在钆喷酸葡胺分子结构上分别加入苯环、乙氧基苯

甲基而形成,两种对比剂均具有肝胆特异性对比剂与细胞外对比剂的特性^[13]。国外一项研究发现,静脉注射钆塞酸二钠易出现自限性呼吸困难等不良反应,一定程度上增加肝脏动脉期图像采集难度,且图像质量易受影响^[14]。

Gd-BOPTA 的摄取由肝细胞膜表面有机阴离子转运多肽介导并经多药耐药相关蛋白-2 (MRP2) 排泄至胆道系统,而肝功能减退、肝纤维化等肝脏变化会减少正常肝细胞数量并影响

表 2 肝功能指标对比 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of liver function indexes ($\bar{x} \pm s$)

Groups	n	AST(U/L)	ALT(U/L)	TBIL($\mu\text{mol/L}$)
Normal group	90	25.65 \pm 5.85	18.46 \pm 4.69	9.16 \pm 3.52
Grade A group	54	51.36 \pm 6.38 ^a	36.85 \pm 5.51 ^a	28.56 \pm 5.15 ^a
Grade B group	32	75.48 \pm 6.85 ^{ab}	52.27 \pm 6.65 ^{ab}	33.59 \pm 4.98 ^{ab}
Grade C group	14	90.58 \pm 8.25 ^{abc}	77.53 \pm 5.98 ^{abc}	42.36 \pm 4.02 ^{abc}
F		776.311	681.123	538.632
P		< 0.001	< 0.001	< 0.001

Note: Consistent with Table 1.

表 3 肝纤维化指标对比 ($\bar{x} \pm s, \mu\text{g/L}$)

Table 3 Comparison of liver fibrosis indexes ($\bar{x} \pm s, \mu\text{g/L}$)

Groups	n	IV-C	PC III	LN	HA
Normal group	90	68.95 \pm 6.25	98.69 \pm 23.58	100.25 \pm 20.25	102.35 \pm 21.04
Grade A group	54	80.25 \pm 12.65 ^a	142.36 \pm 32.25 ^a	122.67 \pm 23.68 ^a	142.36 \pm 43.68 ^a
Grade B group	32	141.26 \pm 35.98 ^{ab}	205.65 \pm 59.86 ^{ab}	138.95 \pm 29.85 ^{ab}	321.58 \pm 59.84 ^{ab}
Grade C group	14	190.49 \pm 55.58 ^{abc}	298.64 \pm 70.58 ^{abc}	178.57 \pm 31.69 ^{abc}	498.25 \pm 85.97 ^{abc}
F		180.303	141.767	55.011	477.806
P		< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

Note: Consistent with Table 1.

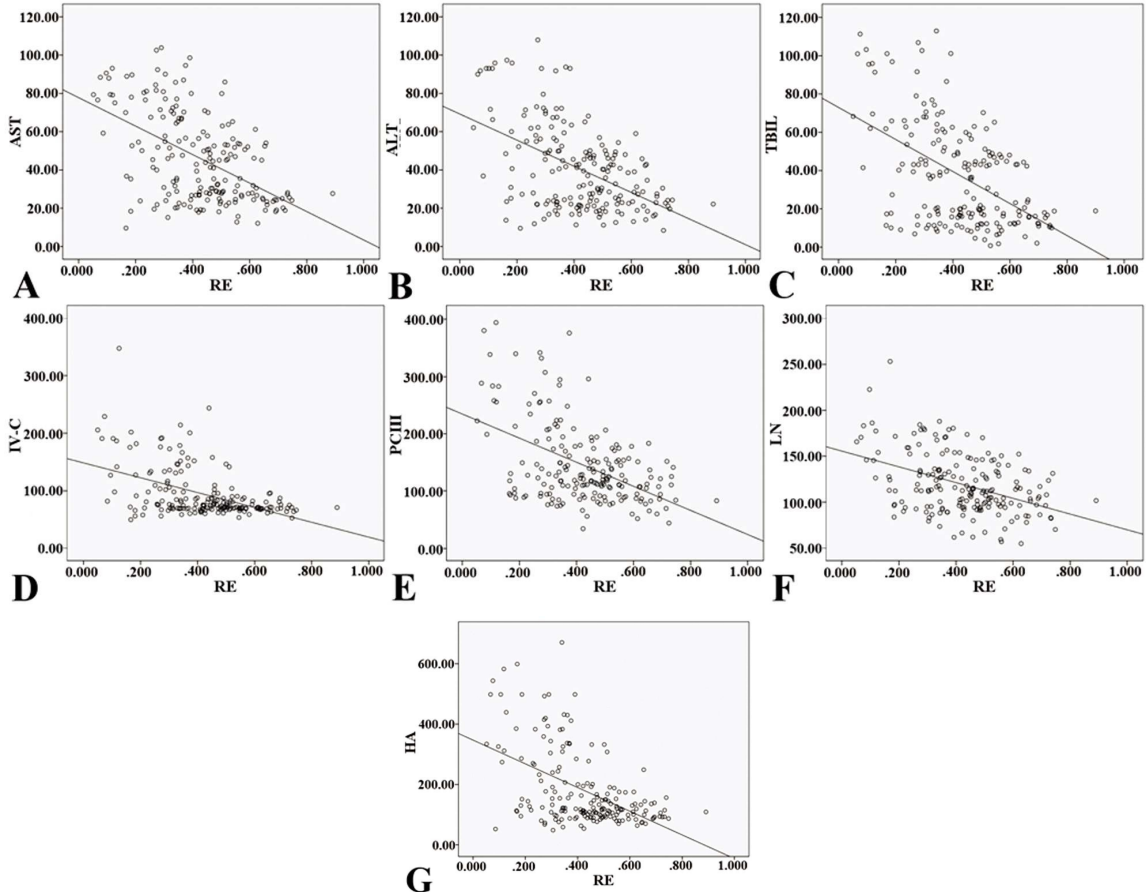


图 2 肝实质 RE 与 AST、ALT、TBIL、IV-C、PC III、LN、HA 相关性散点图

Fig. 2 Scatter plot of correlation between liver parenchyma RE and AST, ALT, TBIL, IV-C, PCIII, LN, HA

MRP2、OATP 表达, 从而影响肝细胞摄取 Gd-BOPTA^[15,16]。由此推测, 通过计算增强前后肝实质信号强度变化能够一定程度上反映肝硬化和肝纤维化程度。Zhang^[17]等研究发现, 肝胆像中获取的肝脏-门静脉强化程度比(LPC)与肝硬化患者终末期肝病模型(MELD)评分、Child-Pugh 分级呈负相关。Harada^[18]等研究通过 Gd-BOPTA 增强 MRI 检查获取肝肌信号强度比(LMR)、肝实质对比增强指数(CEI), 发现不同肝纤维化程度患者的 LMR、肝实质 CEI 存在显著差异, 且二者鉴别轻度、重度肝纤维化的效能高于表观扩散系数(ADC)值。上述研究均证实, 肝实质 RE 变化可以成为评估肝硬化病程度的潜在影像学标志物。本研究结果显示, A 级、B 级和 C 级组患者肝实质 RE 低于正常组, 且 A 级、B 级和 C 级组患者肝实质 RE 值逐渐降低, 可见不同肝功能损伤程度的肝硬化患者肝实质 RE 有明显差异。推测原因为 Child-Pugh 分级 A 级患者处于代偿期肝硬化, 而 B、C 级患者为失代偿期肝硬化, 肝实质在肝胆期强化减弱, 失代偿期肝硬化患者肝组织受损明显且难以维持正常的肝细胞功能, 此时患者肝脏与病变对比程度降低, 故随着 Child-Pugh 分级程度升高、肝实质 RE 值逐渐降低^[19]。

肝硬化导致患者肝脏组织结构的破坏, 肝细胞大量损伤或死亡, 导致肝功能受损。肝硬化实际上是肝纤维化发展的严重阶段, 肝硬化通过门脉高压症等反应, 会加剧肝纤维化的发展, 肝功能指标及肝纤维化指标均可反映肝硬化患者病情进展^[20,21]。本研究发现, 4 组肝功能指标、肝纤维化指标存在明显差异, Child-Pugh 分级程度越高, 患者肝纤维程度及肝功能受损更严重。当肝硬化患者肝脏组织受损或出现纤维化变化时, 肝星状细胞被激活, 导致大量细胞外基质合成与分泌, 致使血清肝纤维化指标呈高表达^[22]。

进一步 Pearson 相关性分析发现, 肝实质 RE 与肝功能指标、肝纤维化指标呈负相关, 提示 Gd-BOPTA 增强 MRI 检查获取的 RE 值可反映肝硬化患者肝功能和肝纤维化损伤程度, 可能原因为: (1) AST 与 ALT 主要存在于肝细胞内, 是肝脏损伤最敏感指标, 当肝细胞受损时, 细胞膜通透性增加, AST、ALT 被大量释放; Gd-BOPTA 与胆红素存在共同的肝细胞特异性转运体(谷胱甘肽-S-转移酶), 且二者的肝脏摄取有

共同的途径及转运机制^[23,24]。因此, AST、ALT 和 TBIL 水平上升会降低肝细胞摄取 Gd-BOPTA 与排泄, 降低肝实质 RE 值。(2) IV-C、PC III、LN、HA 等指标能够反映肝脏纤维化活动性, 上述指标异常表达提示肝纤维程度加剧, 肝细胞数目减退, 患者易形成再生结节, 正常肝细胞大量坏死, 进而导致肝细胞摄取 Gd-BOPTA 及排泄减少, 故肝实质强化程度减弱^[25]。

综上所述, Gd-BOPTA 增强 MRI 可评估肝硬化患者肝功能、肝纤维化程度, 通过监测肝实质 RE 值可反映患者病情变化, 有助于临床对患者及时作出诊断。

参 考 文 献 (References)

- [1] 钱建丹, 赵鸿, 王贵强. 慢性乙型肝炎肝纤维化/肝硬化的治疗现状[J]. 临床肝胆病杂志, 2021, 37(12): 2909-2913.
- [2] 郑秀丽, 李静. RAR 联合 MELD 评分对乙型肝炎肝硬化严重程度的评估价值 [J]. 锦州医科大学学报, 2022, 43(5): 73-78.
- [3] Yang X, Li Q, Liu W, et al. Mesenchymal stromal cells in hepatic fibrosis/cirrhosis: from pathogenesis to treatment [J]. Cell Mol Immunol, 2023, 20(6): 583-599.
- [4] 陈莹, 何河, 张慧敏, 等. 声触诊组织量化技术 (VTQ) 测量肝硬度与血清 AST/ALT 比值评价肝硬化患者严重程度及预后分析 [J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(14): 2698-2703.
- [5] 李丹丹, 杜燕娥, 段亮, 等. 肝硬化相关血清学指标与 Child-Pugh 分级的关系 [J]. 重庆医科大学学报, 2019, 44(3): 336-339.
- [6] 沈中原, 王嫄, 李飞, 等. 探讨 Gd-BOPTA 增强 CE-MRC 显示胆管成像最佳延迟时间和应用价值 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(12): 106-108.
- [7] Zheng W, Guo W, Xiong M, et al. Clinic-radiological features and radiomics signatures based on Gd-BOPTA-enhanced MRI for predicting advanced liver fibrosis [J]. Eur Radiol, 2023, 33(1): 633-644.
- [8] 余蕊, 倪晓琼, 亚洋, 等. 钆贝葡胺增强磁共振成像对大鼠肝纤维化的诊断价值[J]. 中华医学杂志, 2019, 99(43): 3428-3431.
- [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] 邢荣春, 郑军, 肖建华. Child-Pugh 分级的发展及临床应用[J]. 山东医药, 2011, 51(52): 114-115.
- [11] 中华医学会放射学分会腹部学组. 磁共振成像对比剂钆贝葡胺肝脏应用专家共识 [J]. 中华肝胆外

- 科杂志, 2017, 23(9): 577-584.
- [12] 刘冠辰, 刘鹏飞. MRI 对肝纤维化及肝硬化定量评估的研究进展 [J]. 磁共振成像, 2021, 12(05): 114-117.
- [13] Liu C, Sun Y, Yang Y, et al. Gadobenate dimeglumine-enhanced biliary imaging from the hepatobiliary phase can predict progression in patients with liver cirrhosis [J]. Eur Radiol, 2021, 31(8): 5840-5850.
- [14] Davenport MS, Viglianti BL, Al-Hawary MM, et al. Comparison of acute transient dyspnea after intravenous administration of gadoxetate disodium and gadobenate dimeglumine: effect on arterial phase image quality [J]. Radiology, 2013, 266(2): 452-461.
- [15] Feng Q, Guan S, Zhao JR, et al. Gadobenate dimeglumine-enhanced magnetic resonance imaging can accurately predict the severity of esophageal varices and portal vein pressure in patients with hepatitis B cirrhosis [J]. J Dig Dis, 2020, 21(2): 104-111.
- [16] 王岩, 李雪, 毛海英, 等. 钆贝葡胺(Gd-BOPTA) MRI 增强对肝硬化背景下小肝癌的诊断价值 [J]. 中国实验诊断学, 2021, 25(10): 1482-1486.
- [17] Zhang W, Wang X, Miao Y, et al. Liver function correlates with liver-to-portal vein contrast ratio during the hepatobiliary phase with Gd-EOB-DTPA-enhanced MR at 3 Tesla [J]. Abdom Radiol (NY), 2018, 43(9): 2262-2269.
- [18] Harada TL, Saito K, Araki Y, et al. Prediction of high-stage liver fibrosis using ADC value on diffusion-weighted imaging and quantitative enhancement ratio at the hepatobiliary phase of Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI at 1.5 T [J]. Acta Radiol, 2018, 59(5): 509-516.
- [19] 刘文浩, 夏军. 肝血管平滑肌脂肪瘤与非肝硬化肝细胞癌: CT/MR 鉴别诊断与病理对照研究 [J]. 罕少疾病杂志, 2021, 28(05): 59-62.
- [20] 李轶, 尚立. 肝硬化病人血清 lncRNA TUG1 表达水平与肝功能、肝纤维化程度的相关性研究 [J]. 临床外科杂志, 2024, 32(03): 281-284.
- [21] 郑震, 徐光武, 姚濛. 肝纤维化四项指标检测对肝硬化诊断及肝功能评估的价值 [J]. 医学临床研究, 2020, 37(1): 141-143.
- [22] 钟剑波, 袁桂英, 林沛基, 等. 肝纤维化相关长链非编码 RNA1 在慢性乙型肝炎肝硬化患者的表达及临床意义 [J]. 中国热带医学, 2023, 23(7): 761-765.
- [23] 孙艳, 应用 Gd-BOPTA 增强 MR 胆道成像评价肝功能的研究 [D]. 山东大学, 2020.
- [24] 蔡硕, 林楠, 孙珊珊, 等. 基于钆贝葡胺增强的肝功能影像积分评价肝功能的价值 [J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(5): 796-800.
- [25] 李秀梅, 陈群林, 陈晓丹, 等. Gd-BOPTA 增强 MRI 肝胆期肝实质强化程度与肝纤维化分期的相关性 [J]. 中国介入影像与治疗学, 2016, 13(12): 728-732.