

· 腹部影像学 ·

钆塞酸二钠增强 MRI 功能性影像评分评估慢性肝病患者肝功能的临床价值

于澜,俞灿,王欣欣,黄涛

【摘要】 目的:基于钆塞酸二钠(Gd-EOB-DTPA)增强 MRI 肝胆期图像探讨功能性肝脏影像评分 (FLIS)评估慢性肝脏疾病患者肝功能的临床价值。**方法:**回顾性分析 58 例接受 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 检查的慢性肝炎和肝硬化患者临床及影像资料,据白蛋白-胆红素(ALBI)分级系统将患者分为 1 级、2 级和 3 级。基于 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 肝胆期图像分析 FLIS 与实验室相关生化指标和 ALBI 分级系统之间的相关性。此外,分析基于肝胆期信号强度测量的肝-脾信号强度比和肝-门静脉信号强度比等常用参数在不同 ALBI 分级之间的差异性。绘制受试者-工作特征(ROC)曲线评价 FLIS 与基于信号强度的常用参数鉴别 ALBI 1 级和 ALBI 2~3 级的诊断效能。**结果:**FLIS 与白蛋白呈高度正相关,与总胆红素及球蛋白呈中度负相关($r=0.78, -0.52, -0.45, P<0.001$)。FLIS 及其 3 个征象(门静脉征象、肝实质增强及胆道对比剂排泄)与 ALBI 分级系统之间呈中度至强相关性($r=-0.770, -0.673, -0.659, -0.464, P<0.001$)。基于信号强度的常用参数在不同 ALBI 分级组之间的数值差异有统计学意义($P<0.05$)。FLIS 对于鉴别 ALBI 分级相邻级别患者肝功能的准确性最高,ROC 曲线下面积为 0.887。**结论:**Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 肝胆期 FLIS 与实验室相关生化指标和 ALBI 分级系统之间具有相关性。与基于信号强度测量的常用参数相比,FLIS 对于鉴别不同 ALBI 分级患者具有较高的准确性。FLIS 评估慢性肝脏疾病患者的肝功能具有较好的临床价值。

【关键词】 肝病;肝功能试验;磁共振成像

【中图分类号】 R256.4;R446.112.3;R445.2 **【文献标志码】** A

【文章编号】 1000-0313(2023)10-1281-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.10.009

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The value of functional imaging score derived from gadoteric acid-enhanced MRI in evaluating liver function in patients with chronic liver disease YU Lan, YU Can, WANG Xin-xin, Department of Radiology, the Fourth Affiliated Hospital of Harbin Medical University

【Abstract】 Objective: To investigate the value of functional liver imaging score (FLIS) in evaluating liver function of patients with chronic liver diseases based on Gd-EOB-DTPA enhanced MRI. **Methods:** The clinical and imaging data of 58 patients with chronic hepatitis and cirrhosis who underwent Gd-EOB-DTPA enhanced MRI were retrospectively analyzed. According to the Albumin-Bilirubin (ALBI) grade, the patients were divided into grade 1, grade 2 and grade 3 groups. Based on hepatobiliary phase images, the correlation between FLIS and laboratory biochemical indicators and ALBI grade was analyzed. In addition, the differences of common indicators, such as liver to spleen signal intensity ratio and liver to portal vein signal intensity ratio in hepatobiliary phase among different ALBI grades, were analyzed. The diagnostic efficacy of FLIS and common indicators based on signal intensity in differentiating ALBI grade 1 and ALBI grade 2~3 was evaluated by ROC curve. **Results:** FLIS is highly positively correlated with albumin, and moderately negatively correlated with total bilirubin and globulin ($r=0.78, -0.52, -0.45, P<0.001$). FLIS, signal intensity of the portal vein, liver parenchymal enhancement and biliary excretion showed moderate to strong correlation with the ALBI grade ($r=-0.770, -0.673, -0.659, \text{and } -0.464, \text{ respectively, all } P<0.001$). There were significant difference

作者单位:150001 哈尔滨,哈尔滨医科大学附属第四医院放射科

作者简介:于澜(1997-),女,黑龙江哈尔滨人,硕士研究生,住院医师,主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者:黄涛, E-mail: playno1@sina.com

基金项目:黑龙江省博士后科研启动基金(LBH-Q19030)

for common indicators based on signal intensity among ALBI grading groups ($P < 0.05$). FLIS has the highest accuracy in identifying liver function with adjacent grades of ALBI, with the area under the ROC curve of 0.887. **Conclusion:** FLIS in hepatobiliary phase correlates with laboratory related biochemical indicators and ALBI grade. FLIS has higher accuracy in identifying patients with different ALBI grades and may be valuable for evaluating liver function of patients with chronic liver diseases.

【Key words】 Liver diseases; Liver function tests; Magnetic resonance imaging

慢性肝炎、肝硬化及其他慢性肝脏疾病常伴随着肝脏功能的异常,随着疾病的演变最终可进展为肝细胞癌或肝衰竭,已成为肝脏相关死亡的主要原因,对全球健康造成了严重负担^[1,2]。对于慢性肝脏疾病的治疗,精准评估肝功能具有重要的临床意义,可确定患者个体化治疗策略并且预测肝部分切除或失代偿期肝硬化患者预后,进而降低患者死亡率。钆塞酸二钠(gadolinium-ethoxybenzyl-diethylenetriamine pentaacetic acid, Gd-EOB-DTPA)作为一种肝细胞特异性磁共振对比剂可在检测肝脏弥漫或局灶性病变的同时评估全肝或肝段的肝功能^[3,4],拓展了其临床应用价值。Bastati 等^[5]基于 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 肝胆期肝实质增强、胆道对比剂排泄以及门静脉征象研发了一种评估肝功能的简单方式,即功能性肝脏影像评分(functional liver imaging score, FLIS)。

目前,研究证实 FLIS 与 Child-Pugh 评分之间具有明显相关性^[6,7]。然而,Child-Pugh 评分包含主观因素,如腹水、肝性脑病,其评估准确性有待进一步提高。因此,需要进一步的研究来探索 FLIS 与其他临床肝功能评估方式之间的相关性。白蛋白-胆红素(albumin-bilirubin, ALBI)分级作为一种临床常用评估方式,仅由总胆红素和白蛋白进行计算,更为简单、客观,鲜有应用其和 FLIS 共同评估肝功能的研究。先前已有研究证实 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 评估肝功能的多种参数,但其均需额外的测量及计算使其临床应用复杂化,因而选取两项基于信号强度(signal intensity, SI)测量的经典参数,即肝-脾信号强度比(liver-to-spleen ratio, LSR)及肝-门静脉信号强度比(liver-to-portal vein ratio, LPR),将其肝功能评估能力与 FLIS 进行比较,以便于临床工作中选择最佳评估方案。本研究通过比较不同 ALBI 分级患者 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 肝胆期 FLIS 的差异,分析肝功能对 FLIS 结果的影响,在此基础上进一步分析 FLIS 与 LSR 及 LPR 鉴别 ALBI 分级系统相邻级别的诊断性能,探讨 FLIS 对于评估慢性肝脏疾病患者肝功能的临床价值。

材料与方法

1. 临床资料

本研究为回顾性研究,经医院医学伦理委员会审核并通过。搜集从 2020 年 6 月至 2022 年 5 月在本院行 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 检查的患者相关资料。纳入标准:慢性肝炎和肝硬化患者;MRI 检查前后 10 d 内进行肝功能实验室检查。排除标准:①图像伪影严重影响观察者;②门静脉栓塞或胆道梗阻;③肝脏巨块型病变;④肝脏、脾脏切除病史。58 例慢性肝炎及肝硬化患者纳入研究,男 38 例,女 20 例,年龄 30~72 岁,平均(55 ± 10)岁。其中,慢性肝炎患者 7 例,肝硬化患者 51 例。肝硬化诊断按照《肝硬化诊治指南》的诊断标准^[8]。据患者实验室检查结果计算 ALBI 评分,其计算公式为 $ALBI = (-0.085 \times ALBg/L) + (0.66 \times \log_{10} TbiL \mu mol/L)$ 。ALBI 评分可分为 3 级:1 级 ≤ -2.60 ; 2 级 $-2.60 < 2 \leq -1.39$; 3 级 > -1.39 。本研究中 ALBI 1、2、3 级分别为 30、25、3 例。

2. 检查方法

使用 Philips Ingenia 3.0T 磁共振扫描仪进行 MR 扫描。患者在检查前保持空腹状态,并进行呼吸训练。取仰卧位,扫描范围从膈顶至肝脏下缘。增强扫描对比剂为 Gd-EOB-DTPA(德国拜耳医药保健有限公司),采用高压注射器经肘前静脉以 1.0 mL/s 的流率注射 0.025 mmol/kg,随后以相同流率注射 20 mL 生理盐水冲洗导管。采用 m-DIXON 序列行平扫及增强扫描,分别于注射对比剂后 17 s、60~80 s、90 s 行动脉期、门静脉期和过渡期扫描,于注射对比剂后 20 min 行肝胆期扫描。磁共振扫描技术参数:层厚 2.5 mm, TR 3.7 ms, TE 1.32 ms, FOV 390 mm $\times$ 299 mm, 反转角 15°。

3. 图像分析

由两名具有腹部 MRI 图像诊断经验的放射科医师在对患者的临床信息不知情的前提下进行图像的分析与处理。两名放射科医师之间的分歧以协商一致的方式进行解决。据 FLIS 标准(表 1),两名医师对肝胆期图像的肝实质增强、胆道对比剂排泄及门静脉征象 3 个征象进行评分。每个征象的得分为 0、1 或 2 分,FLIS 为上述 3 个征象得分之和(图 1~4)。由 1 名放射科医师在工作站横断面肝胆期图像上行肝脏、脾脏及门静脉 SI 的测量。分别在肝脏左外叶、左内叶、右前叶、右后叶画取 1 个感兴趣区(region of interest,

表 1 FLIS 影像征象含义及评分标准

影像征象	征象含义	评分标准	得分
肝实质增强	肝胆期肝实质相对于肾实质信号	低	0
		等	1
		高	2
胆道对比剂排泄	注射对比剂 20min 胆道对比剂显示	胆道无对比剂	0
		对比剂排泄到外周肝内胆管或左肝管和/或右肝管	1
		对比剂排泄到肝总管、胆总管或十二指肠	2
门静脉征象	注射对比剂 20min 门静脉相对于肝实质信号	高	0
		等	1
		低	2

ROI,在脾脏画取 3 个 ROI,ROI 大小约 100 ~ 200 mm²,画取时注意避开局灶性病变、血管、胆管以及成像伪影。在门静脉主干及左、右支的中心位置分别画取 1 个 ROI,ROI 大小约 10~40mm²(图 5)。取测量值的平均值分别作为肝脏 SI(SI_{肝脏})、脾脏 SI(SI_{脾脏})及门静脉 SI(SI_{门静脉}),并计算 LSR 和 LPR。LSR 计算公式:LSR=SI_{肝脏}/SI_{脾脏};LPR 计算公式:LPR=SI_{肝脏}/SI_{门静脉}。

4. 统计学方法

应用 SPSS 26.0 软件和 GraphPad Prism8.0 软件进行统计学分析,计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。采用 Shapiro-Wilk 检验计量资料是否符合正态分布。使用 pearson 相关性检验分析 FLIS 与实验室相关生化指标之间的相关性。使用 Spearman 秩相关分析评价 FLIS 及其 3 个征象与 ALBI 分级系统之间

的相关性。采用单因素方差分析不同 ALBI 分级之间的 LSR 值和 LPR 值的差异性,并使用 LSD 进行两两比较。采用受试者-工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线评价 FLIS、LSR 及 LPR 鉴别 ALBI 1 级和 ALBI 2~3 级的诊断效能。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. FLIS 与 ALBI 分级系统和实验室相关生化指标的相关性

58 例患者中对 FLIS 及其 3 个征象与 ALBI 分级系统进行了相关性分析(表 2)。FLIS、肝实质增强及门静脉征象都与 ALBI 分级系统呈强相关性,其中以 FLIS 相关性最强。胆道对比剂排泄仅呈中度相关。FLIS与实验室相关生化指标的分析结果显示FLIS

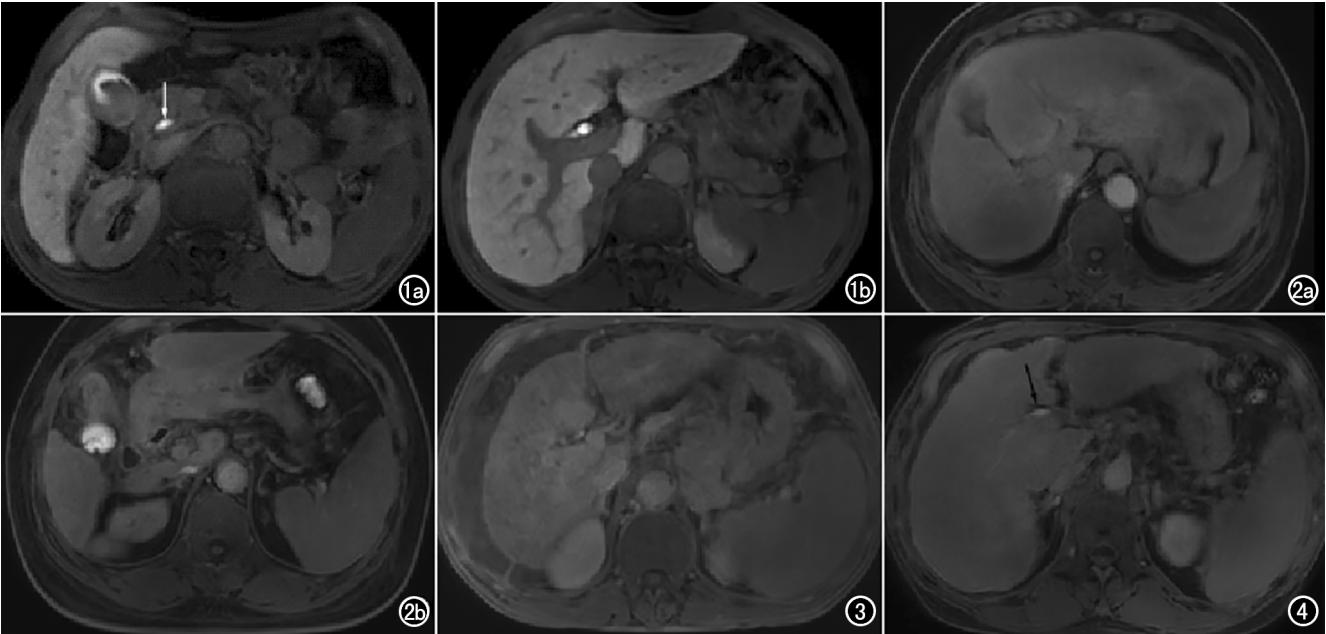


图 1 69 岁,男,ALBI 1 级肝硬化患者。a)显示肝实质相对于肾实质呈高信号,评分为 2,胆道对比剂排泄至胆总管(箭),评分为 2;b)显示门静脉相对于肝实质呈低信号,评分为 2。FLIS 总分为 6 分。图 2 60 岁,女,ALBI 3 级肝硬化患者。a)显示门静脉与肝实质信号强度相等,评分为 1,胆道系统无对比剂,评分为 0;b)显示肝实质与肾实质信号强度相等,评分为 1。FLIS 总分为 2 分。图 3 58 岁,男,ALBI 3 级肝硬化患者。肝实质相对于肾实质呈低信号,评分为 0,门静脉相对于肝实质呈高信号,评分为 0。图 4 51 岁,男,ALBI 2 级肝硬化患者。胆道对比剂排泄至肝内胆管(箭),评分为 1。

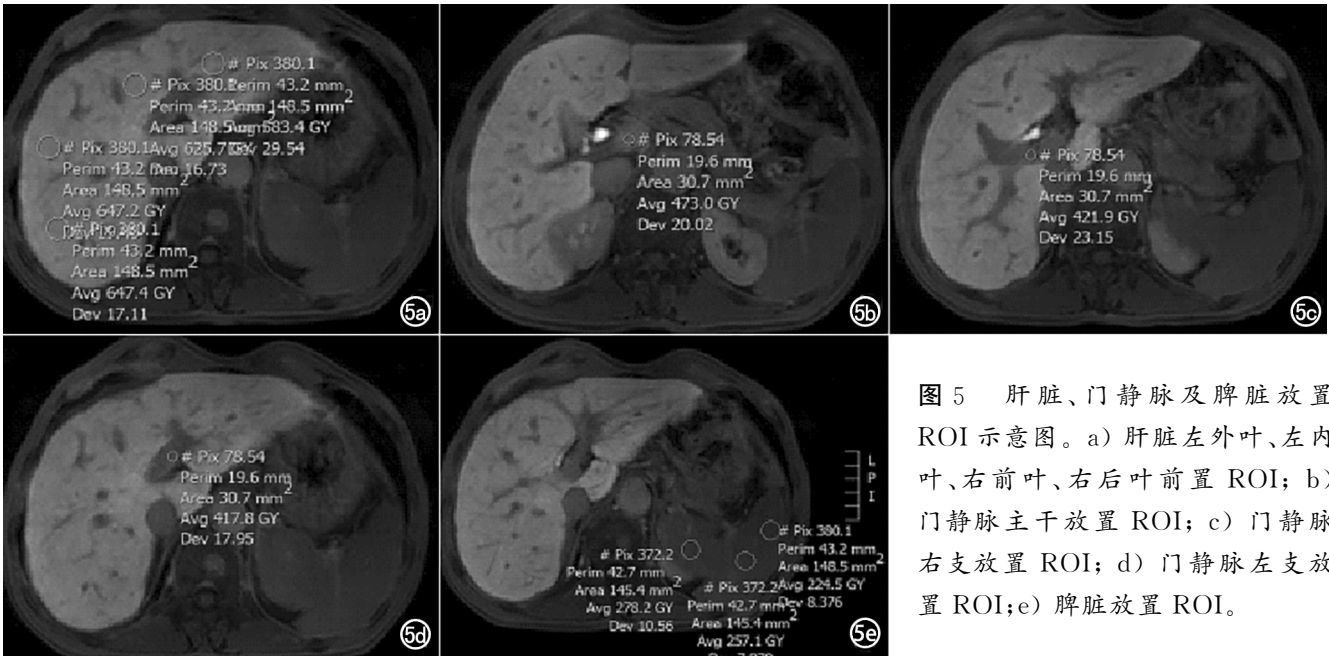


图5 肝脏、门静脉及脾脏放置 ROI 示意图。a) 肝脏左外叶、左内叶、右前叶、右后叶前置 ROI; b) 门静脉主干放置 ROI; c) 门静脉右支放置 ROI; d) 门静脉左支放置 ROI; e) 脾脏放置 ROI。

与白蛋白、总胆红素及球蛋白分别呈高度正相关($r=0.78, P<0.001$)、中度负相关($r=-0.52, P<0.001$)及中度负相关($r=-0.45, P<0.001$)。

表 2 FLIS 及其 3 个征象与 ALBI 分级系统的相关性

参数	相关性	P
FLIS	-0.770	<0.001
门静脉征象	-0.673	<0.001
肝实质增强	-0.659	<0.001
胆道对比剂排泄	-0.464	<0.001

2. LSR 和 LPR 与 ALBI 分级系统的相关性

图 6 总结了行信号强度测量的 51 例患者 LSR 和 LPR 与 ALBI 分级系统之间的相关性。结果表明 ALBI 分级系统不同组别之间 LSR 值和 LPR 值差异有统计学意义($P<0.05$)。随着肝功能损害严重程度的进展,肝胆期 LSR 值和 LPR 值逐渐降低。

3. FLIS、LSR 及 LPR 鉴别 ALBI 分级系统相邻

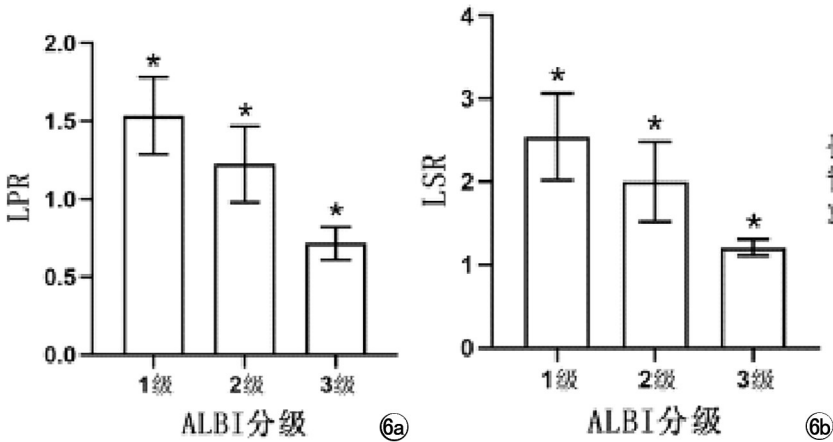


图 6 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 20min 肝胆期不同 ALBI 分级患者 a) LPR; b) LSR 数值差异条形图。

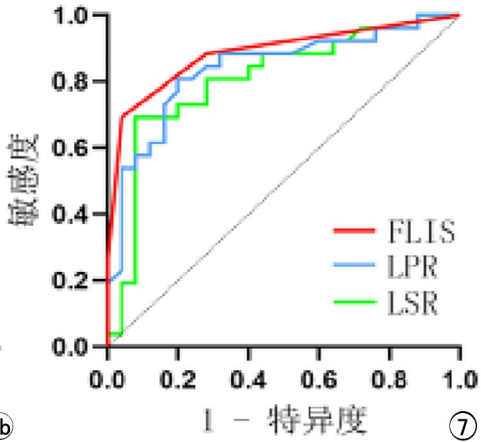


图 7 FLIS、LSR 及 LPR 鉴别 ALBI 1 级和 ALBI 2~3 级患者的 ROC 曲线。

级别的诊断效能

FLIS、LSR 及 LPR 区分 ALBI 1 级和 ALBI 2~3 级的 ROC 曲线分析如表 3 和图 7。其曲线下面积(area under the curve, AUC)的顺序从大至小依次为 FLIS、LPR 及 LSR, FLIS 对于鉴别 ALBI 1 级和 ALBI 2~3 级诊断效能最高,阈值为 5 分, AUC 为 0.887, 敏感度为 0.96、特异度为 0.69。

表 3 FLIS、LSR 及 LPR 的 ROC 曲线分析

参数	AUC	95% CI	敏感度	特异度	阈值
FLIS	0.887	(0.792, 0.982)	0.96	0.69	5
LPR	0.839	(0.726, 0.952)	0.80	0.81	1.380
LSR	0.807	(0.681, 0.933)	0.92	0.69	1.995

讨 论

Gd-EOB-DTPA 作为一种肝细胞特异性磁共振对比剂, 50%对比剂可被有功能的肝细胞摄取并排泄到

胆道系统,而另外 50% 经过肾小球滤过由肾脏排出^[9,10]。研究表明肝炎或肝硬化会导致肝细胞内转运蛋白的表达能力下降^[11,12]。同时,当肝实质间质组织被纤维化浸润,肝细胞的相对面积下降,功能性肝细胞数量就会相应减少。这两个因素不仅影响肝细胞对 Gd-EOB-DTPA 的摄取,也影响其排泄到胆道系统。此外,肾脏作为 Gd-EOB-DTPA 排泄的另一种途径,当其通过肝脏排泄受阻时,经肾小球滤过由肾脏排出则会增加,因其血浆半衰期延长,进而导致肝胆期门静脉高信号^[13,14]。这种特殊的排泄机制是 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 评估肝功能的理论基础,也为本研究中评估肝功能的参数选择提供了可靠依据。

本研究结果显示 FLIS 与 ALBI 分级系统之间存在显著相关性,随着肝功能损害严重程度的进展,FLIS 值逐渐降低,可用于评估肝功能受损患者的肝功能。Lee 等^[6]使用 Child-Pugh 评分验证了 FLIS 的评估能力,与本研究结果相符。本研究肝实质增强及门静脉征象都与 ALBI 分级系统呈强相关性,而胆道对比剂排泄仅呈中度相关。研究表明在肝胆期对比剂经胆道排泄速度比肝细胞摄取速度慢^[15,16],因此肝实质增强比胆道对比剂排泄更能反应肝细胞的摄取能力。肝功能正常的患者门静脉 SI 在门静脉期增强峰值后迅速降低,在 20 min 肝胆期恢复到未增强水平。然而,对于严重肝功能障碍患者肝胆期门静脉相对于肝实质仍呈高信号^[13]。

本研究结果表明慢性肝炎及肝硬化患者 LSR 及 LPR 与 ALBI 分级系统呈显著负相关,与之前的研究结果相一致。Kudo 等^[17]研究表明 LSR 可以量化肝脂肪变性及肝纤维化,并且显示 LSR 与肝脂肪变性、肝纤维化及肝功能分级系统之间呈负相关。Takatsu 等^[18]证实 LPR 可作为 LSR 的替代物,用于肝胆期图像中肝脏增强程度的评估。考虑到在肝胆期细胞外液的分布,门静脉的 SI 比脾脏更能反应血池。此外,当发生脾脏纤维化或者脾脏切除时,LPR 具有更高的实用性。

本研究中 FLIS、LSR 及 LPR 3 项参数与 ALBI 分级系统之间均具有显著相关性,随着 ALBI 分级系统等级的增高,数值逐渐降低。此外,ROC 曲线分析表明在 3 项参数中 FLIS 对于评估慢性肝脏疾病患者肝功能的准确性最高。此外,FLIS 作为一种基于 MRI 定性特征的视觉评分系统,无需如上述两项 SI 参数进行额外的测量和复杂的计算。其他定量方式需依赖于特定序列以及扫描仪器场强使其不易应用于临床实践,而 FLIS 这种简单的评估方式更易于在临床实践中实施。本研究是首次使用 ALBI 分级系统验证 FLIS 的评估能力,并与基于 SI 测量的常用指标进行

了诊断效能的比较,在临床工作中对于肝脏储备功能评估的方式选择提供了帮助。

与 ALBI 分级等临床常用评分系统相比,Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 可提供肝脏的解剖信息及进行肝脏体积的测定,进而对肝脏整体或局部的功能情况进行更加全面而准确的评估。这种作用效果使得其在评估肝硬化严重程度、肝脏占位的疾病诊断及评估肝癌术前肝脏储备功能,进而避免术后肝衰竭的发生和减少肝硬化相关并发症致死方面具备显著的应用价值。此外,多项研究表明 FLIS 可预测慢性肝脏疾病患者首次肝脏失代偿,代偿性进展期慢性肝脏疾病患者的 5 年死亡率风险仅为 1.5%~10%,随着肝脏失代偿的首次发生,5 年风险增加到 20%~30%,因此使用 FLIS 预测肝脏失代偿具有重要的临床意义。FLIS 对于慢性肝脏疾病患者移植物存活率以及无移植生存率也均具有预测作用,进而为临床工作提供额外的预后信息并指导个体化治疗方案的制定^[5,6,19],这也是笔者需进一步研究探索的方向。

本研究的局限性:①本研究为回顾性研究,可能会存在选择偏倚。②本研究中 ALBI 3 级及慢性肝炎患者数量偏少,需要多中心研究进一步完善。③本研究尚未对肝硬化的病因进行分类,不同病因肝硬化患者对比剂的摄取和排泄机制存在差异。

综上所述,Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 肝胆期 FLIS 与实验室肝功能相关生化指标和 ALBI 分级系统之间具有相关性。与基于信号强度测量的常用参数相比,FLIS 对于鉴别不同 ALBI 分级患者具有较高的准确性,该评分系统操作简单、结果可靠并易于推广,对于评估慢性肝脏疾病患者的肝功能具有较好的临床价值。

参考文献:

- [1] 单姗,赵连晖,马红,等.肝硬化的定义、病因及流行病学[J].临床肝胆病杂志,2021,37(1):14-16.
- [2] Ginès P, Krag A, Abraldes JG, et al. Liver cirrhosis[J]. The Lancet, 2021, 398(10308):1359-1376.
- [3] 宋彬.肝细胞特异性磁共振对比剂 Gd-EOB-DTPA——新的机遇[J].放射学实践,2016,31(1):17-18.
- [4] 毕新军,张学琴,陆健,等.钆塞酸二钠增强 MRI 肝细胞摄取定量参数评估肝功能[J].放射学实践,2021,36(4):514-519.
- [5] Bastati N, Wibmer A, Tamandl D, et al. Assessment of orthotopic liver transplant graft survival on gadoxetic acid-enhanced magnetic resonance imaging using qualitative and quantitative parameters[J]. Invest Radiol, 2016, 51(11):728-734.
- [6] Lee HJ, Hong SB, Lee NK, et al. Validation of functional liver imaging scores (FLIS) derived from gadoxetic acid-enhanced MRI in patients with chronic liver disease and liver cirrhosis: the relationship between Child-Pugh score and FLIS[J]. Eur Radiol, 2021, 31(11):8606-8614.

- [7] 杜艳妮,吕志彬,关春爽,等.钆塞酸二钠增强 MRI 功能性肝脏影像评分影像征象与 Child-Turcotte-Pugh 分级评估肝功能的对照研究[J].临床放射学杂志,2021,40(11):2134-2138.
- [8] 徐小元,丁惠国,李文刚,等.肝硬化诊治指南[J].实用肝脏病杂志,2019,22(6):770-786.
- [9] Schalkx HJ, Van Stralen M, Coenegrachts K, et al. Liver perfusion in dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI): comparison of enhancement in Gd-BT-DOTA and Gd-EOB-DTPA in normal liver parenchyma[J]. Eur Radiol, 2014, 24(9):2146-2156.
- [10] Tsuboyama T, Onishi H, Kim T, et al. Hepatocellular carcinoma: hepatocyte-selective enhancement at gadoxetic acid-enhanced MR imaging——correlation with expression of sinusoidal and canalicular transporters and bile accumulation[J]. Radiology, 2010, 255(3):824-833.
- [11] Planchamp C, Montet X, Frossard JL, et al. Magnetic resonance imaging with hepatospecific contrast agents in cirrhotic rat livers[J]. Invest Radiol, 2005, 40(4):187-194.
- [12] Verloh N, Probst U, Utpatel K, et al. Influence of hepatic fibrosis and inflammation: correlation between histopathological changes and Gd-EOB-DTPA-enhanced MR imaging[J]. PLoS One, 2019, 14(5):e0215752.
- [13] Lee NK, Kim S, Kim GH, et al. Significance of the "delayed hyperintense portal vein sign" in the hepatobiliary phase MRI obtained with Gd-EOB-DTPA[J]. J Magn Reson Imaging, 2012, 36(3):678-685.
- [14] 汪小,张卫国,冯婷婷,等.采用钆塞酸二钠增强 MRI 肝胆期门静脉信号强度评价肝脏功能的临床价值[J].中华放射学杂志,2018,52(2):108-112.
- [15] Narita M, Hatano E, Arizono S, et al. Expression of OATP1B3 determines uptake of Gd-EOB-DTPA in hepatocellular carcinoma[J]. J Gastroenterol, 2009, 44(7):793-798.
- [16] Doi N, Tomiyama Y, Kawase T, et al. Focal nodular hyperplasia-like nodule with reduced expression of organic anion transporter 1B3 in alcoholic liver cirrhosis[J]. Intern Med, 2011, 50(11):1193-1199.
- [17] Kudo M, Gotohda N, Sugimoto M, et al. Evaluation of liver function using gadolinium-ethoxybenzyl-diethylenetriamine pentaacetic acid enhanced magnetic resonance imaging based on a three-dimensional volumetric analysis system[J]. Hepatol Int, 2018, 12(4):368-376.
- [18] Takatsu Y, Kobayashi S, Miyati T, et al. A novel method for evaluating enhancement using gadolinium-ethoxybenzyl-diethylenetriamine penta-acetic acid in the hepatobiliary phase of magnetic resonance imaging[J]. Clin Imaging, 2016, 40(6):1112-1117.
- [19] Bastati N, Beer L, Mandorfer M, et al. Does the functional liver imaging score derived from gadoxetic acid-enhanced MRI predict outcomes in chronic liver disease? [J]. Radiology, 2020, 294(1):98-107.

(收稿日期:2022-09-15 修回日期:2023-01-09)