

论 著

钆贝葡胺增强MRI定量评估慢性肝病的肝功能的
研究价值*

王琳霞 邱 翔 唐玉莲
姜博科 李文波 邓光洪*

成都市第一人民医院&成都市中西医结合
医院放射科 (四川 成都 610000)

【摘要】目的 探讨钆贝葡胺(gadobenate dimeglumine, Gd-BOPTA)增强MRI基于肝实质的相对增强率(liver relation enhancement, LRE)、肝脾对比率(liver-to-spleen ratio, LSR)、肝肌对比率(liver-to-muscle ratio, LMR)与慢性乙型肝炎患者肝功能白蛋白-胆红素(Albumin-Bilirubin, ALBI)分级的关系。方法 回顾性分析78例接受腹部Gd-BOPTA增强MRI患者, 将其分为肝功能正常组、慢性乙型肝炎组(ALBI 1~3), 分别计算出LRE、LSR、LMR, 并在正常对照组与不同ALBI各级之间进行对比。分析慢性乙型肝炎组LRE、LSR、LMR与ALBI分级的关系, 绘制ROC曲线评估LRE、LSR、LMR区分ALBI分级的准确性。结果 (1)慢性乙型肝炎患者组LRE、LSR与ALB、GLB、TbIL、DBiL有一定的负相关性, $P<0.01$ 。(2)正常组和慢性乙型肝炎组不同ALBI分级组之间LRE、LSR、LMR值差异有统计学意义($P<0.05$); LRE、LSR、LMR值与ALBI分级均呈负相关, $P<0.001$, 其中LRE对于区分ALBI分级1~3级准确性最高, AUC值为0.917。(3)各组之间两两比较结果显示各LRE、LSR、LMR值在ALBI1级中差异无统计学意义, $P>0.05$, 在ALBI 2级和3级组之间差异均有统计学意义, ($P<0.05$)。结论 基于Gd-BOPTA的MRI增强图像中慢性乙型肝炎组LRE、LSR、LMR与ALBI1~3级存在较高的负相关性, 能为慢性乙型肝炎患者肝功能评估提供重要的临床价值, 具有从影像学角度评估慢性乙型肝炎患者肝功能的潜力。

【关键词】核磁共振成像; 造影剂;
慢性肝病; 肝功能
【中图分类号】R445.2; R657.31
【文献标识码】A
【基金项目】成都市卫生健康委员会基金
(2022-572)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.05.033

The Research Value of Gadolinium Beta
Glucosamine Enhanced MRI for Quantitative
Evaluation of Liver Function in Chronic Liver
Disease*

WANG Lin-xia, QIU Xiang, TANG Yu-lian, JIANG Bo-liao, LI Wen-bo, DENG Guang-hong*.
Department of Radiology, Chengdu First People's Hospital/Chengdu Intergrated TCM&Western
Medicine Hospital, Chengdu 610000, Sichuan Province, China

ABSTRACT
Objective To explore the relationship between gadobenate dimeglumine (Gd-BOPTA) enhanced MRI based on liver parenchyma relative enhancement (LRE), liver to spleen ratio (LSR), liver to muscle ratio (LMR), and liver function albumin bilirubin (ALBI) grading in patients with chronic hepatitis B. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 78 patients who underwent abdominal Gd BOPTA enhanced MRI. They were divided into a normal liver function group and a chronic hepatitis B group (ALBI 1~3). LRE, LSR, and LMR were calculated, and compared between the normal control group and different levels of ALBI. Analyze the relationship between LRE, LSR, LMR and ALBI grading in chronic hepatitis B group, and draw ROC curves to evaluate the accuracy of LRE, LSR, and LMR in distinguishing ALBI grading. **Results** (1)There was a certain negative correlation between LRE, LSR, ALB, GLB, TBiL, and DBiL in the group of chronic hepatitis B patients, with $P<0.01$. (2)There were statistically significant differences in LRE, LSR, and LMR values between the normal group and the chronic hepatitis B group with different ALBI grading groups ($P<0.05$); LRE, LSR, LMR values are all negatively correlated with ALBI grading, with $P<0.001$. Among them, LRE has the highest accuracy in distinguishing ALBI grades 1-3, with an AUC value of 0.917 The pairwise comparison results between each group showed that there was no statistically significant difference in LRE, LSR, and LMR values in ALBI level 1, with $P>0.05$. The differences between ALBI level 2 and level 3 groups were statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** There is a high negative correlation between LRE, LSR, LMR, and ALBI levels 1-3 in the chronic hepatitis B group in MRI enhanced images based on Gd BOPTA, which can provide important clinical value for evaluating liver function in patients with chronic hepatitis B and has the potential to evaluate liver function in patients with chronic hepatitis B from an imaging perspective.
Keywords: Magnetic Resonance Imaging; Contrast Media; Chronic Hepatitis; Liver Function

全球大约有30%的人群存在既往或持续的慢性乙型肝炎病毒(hepatitis bvires, HBV)^[1]。2014年的调查报告显示, 在中国慢性HBV感染者约7000万例, 其中由HBV慢性感染进展为肝脏炎症性疾病的病人约2000万-3000万^[2]。慢性HBV感染可对肝脏造成持续性的损伤, 肝功能评估对于慢性肝病患者治疗指导及预后的十分重要。

钆贝葡胺(gadobenate dimeglumine, Gd-BOPTA)具有细胞外间隙及肝特异性对比剂的双重功能, 其大部分经肾脏排泄, 其中大约2-4%通过胆道排泄^[3], 动脉期、门静脉和平衡期药物分布在血管和血管外间隙, 在肝胆期(hepatobiliary phase, HBP)被正常肝细胞摄取进入肝细胞和胆管, 因此, 肝胆期肝实质被强化^[4]。目前对于慢性肝病患者肝功的影像评估大多数研究基于钆酸塞二钠(gadolinium ethoxybenzyl diethy lenetriamine penta acetic acid, Gd-EOB-DTPA), 而对于Gd-BOPTA的研究较少。在增强MRI成像中, 通过信号强度比来评估肝功能是最简单、方便的方法^[5]。脾脏、肌肉内不含有肝特异性运体, 肝胆期其信号强度受肝功能变化影响很小^[6-7], 因此肝实质的相对增强率(liver relation enhancement, LRE)、肝脾对比率(liver-to-spleen ratio, LSR)、肝肌对比率(liver-to-muscle ratio, LMR)信号强化参数均可用于肝功能的影像评估。ALBI评分仅涉及到白蛋白、胆红素这两个指标, 相对于传统的CTP评分及MELD评分更为客观、简便, 且适用于慢性肝病不同阶段^[8]。本研究旨在探讨基于Gd-BOPTA增强LRE、LSR、LMR与慢性肝病患者ALBI分级的相关性。

1 资料与方法

1.1 临床资料 本研究为回顾性研究经成都市第一人民医院伦理委员会批准, 免除受试者知情同意。收集2019年1月至2022年12月经病理证实或临床诊断为慢性乙型肝炎患者已行Gd-BOPA增强 MRI检查患者的相关资料。

按照如下标准进行纳入及排除: 慢性乙型肝炎患者组纳入标准: 年龄18-80周岁; 慢性乙型肝炎病史; 已行Gd-BOPA MRI增强检查; 有完整的核磁检查资料, 且此项检查的前半个月或者后半个月内临床肝、肾功能、血常规及凝血检查资料完整; 一般资料较为齐

【第一作者】王琳霞, 女, 主治医师, 主要研究方向: 腹部CT/MRI诊断。E-mail: 316353955@qq.com
【通讯作者】邓光洪, 男, 副主任技师, 主要研究方向: 腹部CT/MRI扫描技术。E-mail: 445043398@qq.com

全。排除标准：除乙型肝炎病毒感染外其他原因所导致的慢性肝病，影响胆道排泄及肝脏功能的多种疾病；恶性肿瘤性病变，肝内多发占位性病变；全身性疾病，系统性疾病；大型手术史(剖宫产除外)；图像质量不佳，影响观察。对照组纳入标准：年龄18-80周岁；肝功能正常，无肝脏以及其他部位大型手术史，剖宫产除外；无酒精及药物滥用史。正常对照组排除标准：影像学检查肝脏、脾脏异常征象；全身性疾病，系统性疾病(血液系统、淋巴系统疾病等等)；患者不配合，图像伪影过多。最终纳入78例研究病例，27例为正常对照组，51例慢性乙型肝炎患者，其中ALBI 1级30例、2级12例、3级9例。

记录慢性乙型肝炎患者组肝功能实验室指标包括白蛋白(albumin, ALB)、球蛋白(globulin, GLB)、总胆红素(total bilirubin, TBiL)、直接胆红素(direct bilirubin, DBiL)、间接胆红素(indirect bilirubin, IBiL)、谷丙转氨酶(alanine aminotransferase, ALT)及谷草转氨酶(aspartate transaminase, AST)。根据ALB和TBiL水平得出慢性肝病组ALBI评分，计算公式如下。

$$ALBI = (-0.085 \times ALB \text{ g/L}) + (0.66 \times \log_{10} TBiL \text{ } \mu\text{mol/L})$$

ALBI评分分为三级：1级： ≤ -2.60 ；2级： $> -2.60, \leq -1.39$ ；3级： > -1.39 。

1.2 MR成像技术 检查前空腹6h以上，对患者详细讲解检查过程，进行呼吸及摒气训练以取得患者良好的配合。采用GE 3.0T核磁共振扫描仪，8通道体部相控阵线圈。受检查者取仰卧位，行上腹部扫描，扫描范围包括整个肝脏及脾脏。扫描序列包括T2WI(冠

状位、矢状位)、T1WI平扫及增强、DWI、ADC序列。动态增强扫描使用的对比剂为Gd-BOPTA(莫迪司，上海博莱科信谊药业有限公司)，经肘静脉注射Gd-BOPTA(剂量为0.01mmol/Kg，速度为2.5mL/s，然后按照同样注射速度给予35mL 0.9%的生理盐水)，保证所有对比剂全部进入患者体内。动脉期18-22s，门静脉期60s，平衡期180s，TR 5.14，TE2.30，层厚5mm，层间距2.50mm，FOV 40×36cm，矩阵288×192，12-16s完成扫描。注入造影剂90分钟以后Gd-BOPTA使用相同序列和相位行肝胆期特异性扫描。

1.3 图像分析 患者完善Gd-BOPTA增强MRI检查后，由2名有丰富经验的影像学专家独立阅片、完成诊断。所有图像均使用同样窗宽(500)窗位(250)进行显示。测量肝脏实质信号强度(Signal intensity, SI)时需找到预扫描及肝胆期的相同层面，分别在肝脏左外叶、左内叶、右前叶、右后叶、脾脏、竖脊肌划定同样面积大小的圆形或椭圆形目标区域(regions of interest, ROI)，取平均得到肝实质增强前信号强度(SI_{pre})、肝胆期肝实质信号强度(SI_{HBP})，肝胆期脾脏信号强度(SI_{脾脏})、肝胆期竖脊肌信号强度(SI_{肌肉})，见图1。选择ROI的大小在1.0cm²-3.5cm²之间，需注意避开重要血管、淋巴管、胆管、囊肿、血管瘤、肝硬化结节等局灶性病变。

$LRE = (SI_{HBP} - SI_{pre}) / SI_{pre}$ (肝叶增强前信号强度:SI_{pre}，肝胆期信号强度:SI_{HBP})； $LER = SI_{HRP} / SI_{脾脏}$ (由肝胆期的肝实质信号强度除以脾脏信号强度)； $LMR = SI_{HRP} / SI_{肌肉}$ (由肝胆期的肝实质信号强度除以竖脊肌信号强度)。

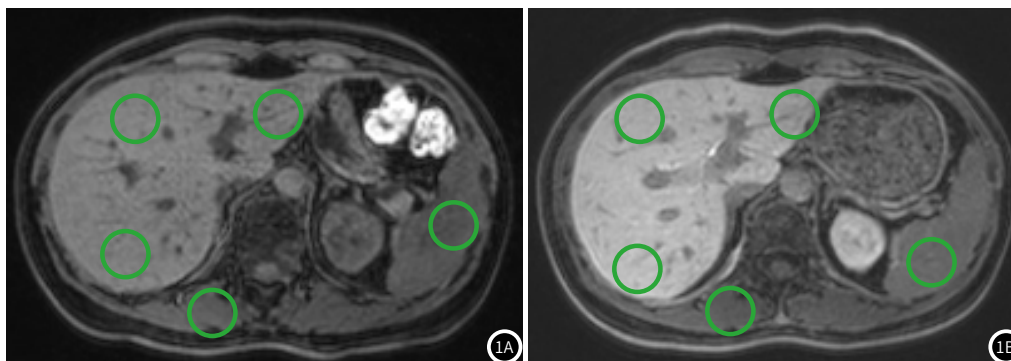


图1A 增强前图像各感兴趣区示意图；图1B 肝胆期图像各感兴趣区示意图。

1.4 统计学分析 使用SPSS 23.0软件进行统计分析，连续定量数据以($\bar{x} \pm s$)或者中位数[M(Q1, Q3)]表示，所有测试均为双侧， $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

采用Shapiro-Wilk ($N < 50$)或者Kolmogorov-Smirnov ($N > 50$)检验评估测量数据的正态性，对于符合正态分布的资料使用t检验，不符合正态分布则采用Mann-Whitney U检验，比较正常组和慢性乙型肝炎患者组各个指标的差异。通过Spearman相关性分析评价慢性乙型肝炎患者组影像学指标LRE、LSR、LMR与(GLB、ALB、TBiL、DBiL、IBiL、ALT、AST)各项临床指标、ALBI分级之间的相关性。根据受试者-操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线，以定量指标ROC曲线下面积(area under the curve, AUC)评价Gd-BOPTA增强LRE、LSR、LMR分别对ALBI 1级及ALBI 2-3级区分的准确性。

2 结果

2.1 正常对照组及慢性乙型肝炎患者组临床资料分析 最终纳入研究对象包括27名正常对照组与51名慢性乙型肝炎患者，其中

ALBI 1级($n=30$)、2级($n=12$)、3级($n=9$)。研究人群的基本资料如表1所示。在正常对照组与慢性乙型肝炎患者，患者年龄、性别、GLB差异无统计学意义，但是两组间ALB、TBiL、DBiL、IBiL、ALT、AST差异有统计学意义($P < 0.001$)。通过Spearman相关性分析，慢性乙型肝炎患者组LRE、LSR与ALB、GLB、TBiL、DBiL有一定的相关性， $P < 0.01$ ；但是LMR与ALB、TBiL有低度相关性， $P < 0.01$ ，与其余各项临床指标均无显著相关性；如表2所示。

2.2 肝脏LRE、LSR、LMR与ALBI分级相关性 正常对照组和慢性乙型肝炎患者组LRE、LSR、LMR如表3所示，根据Mann-Whitney U检验，正常组和慢性乙型肝炎患者组不同ALBI分级组之间LRE、LSR、LMR值差异有统计学意义($P < 0.05$)。各组之间两两比较结果显示各LRE、LSR、LMR值在ALBI1级中差异无统计学意义， $P > 0.05$ ，在2-3级中差异均具有统计学意义，($P < 0.05$)。Spearman等级相关分析显示，LRE、LSR、LMR值与ALBI分级均呈负相关。如表4所示($P < 0.001$)。

2.3 ROC曲线分析 慢性乙型肝炎患者组中LRE、LSR、LMR值区

分ALBI分级1-3级的ROC曲线分析如表5和图2所示。LRE对于区分ALBI分级1-3级准确性最高，AUC值为0.917。

表1 研究人群基本临床资料[M(Q1,Q3), 或 $\bar{x} \pm s$]

指标	总量(n=80)	正常组(n=27)	慢性肝病组(n=51)	P值
年龄(岁)	51.12±12.26	49.07±10.6	52.20±13.03	0.142
性别(男/女)	46±22	15±12	31±20	0.655
标准肝功能检查				
白蛋白(g/L)	35.38±5.6	45.58±2.85	41.43±8.29	<0.01
球蛋白(g/L)	29.53±6.54	29.28±3.88	29.67±7.62	0.806
总胆红素(μmol/L)	42.87±7.16	13.14±4.32	47.15±66.42	<0.01
间接胆红素(μmol/L)	14.85±12.48	9.77±3.16	17.53±14.6	<0.01
直接胆红素(μmol/L)	19.11±42.82	3.18±1.63	27.54±51.13	<0.01
血清肝酶水平				
谷丙转氨酶(U/L)	47.32±90.93	23.85±13.4	45.98±40.62	<0.01
谷草转氨酶(U/L)	55.47±147.71	26±7.86	47.98±42.15	<0.01

表2 肝脏LRE、LSR、LMR与临床指标的相关性

	白蛋白(ALB)	球蛋白(GLB)	总胆红素(TBiL)	间接胆红素(iBiL)	直接胆红素(dBiL)	谷丙转氨酶(ALT)	谷草转氨酶(AST)
肝实质相对增强率(LRE)	r=-0.667 P<0.01	r=-0.530 P<0.01	r=-0.518 P<0.01	r=-0.443 P<0.01	r=-0.562 P<0.01	r=-0.313 P=0.125	r=-0.449 P=0.125
肝脾对比率(LSR)	r=-0.657 P<0.01	r=-0.575 P<0.01	r=-0.512 P<0.01	r=-0.398 P<0.01	r=-0.529 P<0.01	r=-0.335 P=0.016	r=-0.516 P=0.016
肝肌对比率(LMR)	r=-0.414 P<0.01	r=-0.274 P=0.052	r=-0.325 P<0.01	r=-0.213 P=0.134	r=-0.3 P=0.032	r=-0.107 P=0.457	r=-0.185 P=0.457

表3 不同肝功能分组中的LRE、LSR、LMR值

	正常(n=27)	慢性肝病患者组(n=51)	P值	ALBI分级					
				1级(n=30)	P值	2级(n=12)	P值	3级(n=9)	P值
肝实质相对增强率(LRE)	1.42±0.63	1.19±0.88	<0.05	1.59±0.92	0.713	0.73±0.42	<0.01	0.49±0.28	<0.01
肝脾对比率(LSR)	2.45±1.11	1.93±0.80	<0.05	2.33±0.80	0.987	1.41±0.31	<0.01	1.3±0.36	<0.01
肝肌对比率(LMR)	3.19±1.15	2.63±0.91	<0.05	3.0±0.94	0.362	2.17±0.5	<0.01	2.01±0.57	<0.01

表4 慢性乙型肝炎患者LRE、LSR、LMR值与ALBI分级的相关性

	相关性	P值
肝脏实质相对增强率(LER)	-0.717	<0.001
肝脾对比率(LSR)	-0.694	<0.001
肝肌肉对比率(LMR)	-0.5	<0.001

表5 慢性乙型肝炎患者组LRE、LSR、LMR值的ROC曲线分析

	AUC	95%CI	敏感性	特异性
肝实质相对增强率(LRE)	0.917	(0.833, 1)	0.933	0.81
肝脾相对增强率(LSR)	0.913	(0.837, 0.988)	0.91	0.81
肝肌相对增强率(LMR)	0.798	(0.675, 0.922)	0.933	0.619

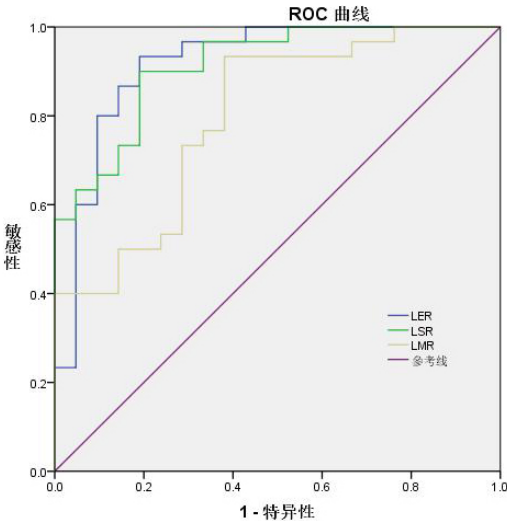


图2 慢性乙型肝炎患者组LRE、LSR、LMR值鉴别ALBI1-3级的ROC曲线。

3 讨论

本研究慢性乙型肝炎患者组LRE、LSR与ALB、GLB、TbIL、DBIL有一定的相关性,LMR与ALB、TbIL有低度相关性,与IbIL、ALT、AST均无显著相关性。肝细胞转运体如有机阴离子转运多肽(organic anion transporting polypeptide, OATP),参与肝细胞摄取Gd-BOPTA和TB肝脏转运,当肝细胞受损时,肝细胞膜OATP及子成员OATP1B1和OATP1B3等表达减少,导致肝细胞摄取Gd-BOPTA、TB减少,是LRE、LSR、LMR降低的主要原因^[9-10]。

ALB是肝脏细胞产生的多功能蛋白质,具有抗氧化、免疫调节和解毒功能^[11],ALB水平降低通常意味着慢性肝病患者肝功能紊乱和预后不良^[12]。TbIL反映肝细胞的转化、排泄功能,肝细胞和胆汁淤积性肝损伤都可能导致血清胆红素水平升高^[13]。在本的研究中,正常对照组与慢性乙型肝炎患者组、ALBI2、ALBI3组的LRE、LSR、LMR存在着差异,但是与ALBI1无明显差异。LRE、LSR、LMR值均与ALBI分级呈负相关。可能是因为在ALBI1级慢性乙型肝炎患者中肝功受损较轻,肝细胞增殖代偿,弥补部分炎性凋亡肝细胞的功能,对于肝胆期肝细胞摄取Gd-BOPTA影响不大,肝胆期强化程度受到的影响不明显。随着慢性乙型肝炎患者的病程进展,每体素中功能肝细胞的比例大幅减少,同时受损的转运体数量明显增多和转运体功能明显降低^[14],甚至出现肝纤维化,引起肝细胞外间隙增宽,细胞外胶原蛋白增多,导致肝特异性对比剂的扩散率进一步减低,上述原因协同作用降低肝细胞对Gd-BOPTA的摄取,使得肝胆期肝脏信号降低;因此我们认为随着慢性乙型肝炎患者ALBI分级的升高,提示肝细胞损伤程度加重,肝细胞对Gd-BOPTA摄取减低更明显,进而导致肝胆期信号强度降低更明显。既往研究^[15]显示,肝功能减弱时,肝细胞摄取Gd-BOPTA减少,与我们的结果一致;且AIBI评分比传统的CTP评分及MELD评分更为客观、简便,受影响因素少,且适用于慢性乙型肝炎患者的不同阶段^[16]。因此,通过Gd-BOPTA与AIBI评分能有效扩大肝特异性对比剂的应用范围,有效降低评价主观因素(腹水程度、肝性脑病状态等等)的影响。

ROC分析表明,各肝叶的LRE、LSR、LMR均可以很好地区分ALBI 1级和ALBI 2~3级,其中LRE、LSR对于区分ALBI 1级和ALBI 2~3级准确性最高,LMR对于区分ALBI 1级和ALBI 2~3级准确性一般。可能是因为肝脾脏均为内脏器官,处于的内环境及呼吸状态一致性较好,而竖棘肌位于体表且位于脊柱旁,受磁场等外因素干扰较多。

本研究存在一定的局限性。首先,本研究为回顾性分析,患者来源较为单一,无法避免存在选择性偏倚;其次,慢性肝病患者存在多个阶段,每个阶段对肝细胞摄取造影剂的影响因素可能会不同,从而使得结果存在差异,应该分层研究;最后,本研究是对于对肝脏进行整体研究,后续还需要对肝脏分叶、分段细化研究。

综上所述,Gd-BOPTA增强MRI图像LRE、LSR、LMR与慢性乙型肝炎患者ALBI分级有较强的相关性,其中LRE、LSR的对于区分ALBI2、3级更为准确,希望这些参数能够在一定程度上作为辅助评估慢性乙型肝炎患者肝功能的潜在指标,从影像学角度评估慢性肝病的肝功能,可为临床治疗决策提供更多的辅助手段。

参考文献

- [1] Trépo C, Chan HL, Lok A. Hepatitis B virus infection[J]. Lancet, 2014; 384(9959): 2053-2063.
- [2] Liu J, Liang W, Jing W, et al. Countdown to 2030: eliminating hepatitis B disease, China[J]. Bull World Health Organ, 2019, 97(3): 230-238.
- [3] 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.
- [4] Kirchin MA, Pirovano GP, Spinazzi A. Gadobenate dimeglumine (Gd-BOPTA). An overview [J]. Invest Radiol, 1998, 33(11): 798-809.
- [5] Yang M, Zhang Y, Zhao W, et al. Evaluation of liver function using liver parenchyma, spleen and portal vein signal intensities during the hepatobiliary phase in Gd-EOB-D TPA-enhanced MRI[J]. BMC Med Imaging, 2020, 20(1): 119.
- [6] Yang M, Zhang Y, Zhao W, et al. Evaluation of liver function using liver parenchyma, spleen and portal vein signal intensities during the hepatobiliary phase in Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI[J]. BMC Med Imaging, 2020, 20(1): 119.
- [7] Lee S, Choi D, Jeong WK. Hepatic enhancement of Gd-EOB-DTPA-enhanced 3 Tesla MR imaging: assessing severity of liver cirrhosis[J]. J Magn Reson Imaging, 2016, 44(5): 1339-1345.
- [8] Johnson PJ, Berhane S, Kagebayashi C, et al. Assessment of liver function in patients with hepatocellular carcinoma: a new evidence-based approach—the ALBI grade[J]. J Clin Oncol, 2015, 33(6): 550-558.
- [9] Hagenbuch B, Gui C. Xenobiotic transporters of the human organic anion transporting polypeptides (OATP) family[J]. Xenobiotica, 2008, 38(7-8): 778-801.
- [10] Pastor CM, Piancham PC, Pochon S, et al. Kinetics of gadobenate dimeglumine in isolated perfused rat liver: MR imaging evaluation[J]. Radiology, 2003, 229(1): 119-125.
- [11] Verloh N, Ut Patel K, Haimerl M, et al. Liver fibrosis and Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI: a histopathologic correlation[J]. Sci Rep, 2015, 5: 15408.
- [12] Inaba K, Barmparas G, Resnick S, et al. The model for end-stage liver disease score: an independent prognostic factor of mortality in injured cirrhotic patients[J]. Arch Surg, 2011, 146(9): 1074-1078.
- [13] Agrawal S, Dhiman RK, Limdi JK. Evaluation of abnormal liver function tests[J]. Postgrad Med J, 2016, 92(1086): 223-234.
- [14] Nakamura S, Awai K, Utsunomiya D, et al. Chronological evaluation of liver enhancement in patients with chronic liver disease at GdEOB-DTPA-enhanced 3-T MR imaging: does liver function correlate with enhancement[J]. Jpn J Radiol, 2012, 30(1): 25-33.
- [15] Zhao X, Huang M, Zhu Q, et al. The relationship between liver function and liver parenchymal contrast enhancement on Gd-BOPTA-enhanced MR imaging in the hepatocyte phase[J]. Magn Reson Imaging, 2015, 33(6): 768-773.
- [16] Johnson PJ, Berhane S, Kagebayashi C, et al. Assessment of liver function in patients with hepatocellular carcinoma: a new evidence-based approach—the ALBI grade[J]. J Clin Oncol, 2015, 33(6): 550-558.

(收稿日期: 2024-02-28)

(校对编辑: 翁佳鸿)