

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2022.02.004

❖ 临床研究 ❖

钆塞酸二钠增强 MRI 预测乙型肝炎肝硬化合并肝细胞癌切除术后肝功能不全的研究

刘爱民^{1,2}, 谭邦国¹, 卢福麟¹, 吴玉平¹, 陈天武¹

(1. 医学影像四川省重点实验室, 川北医学院附属医院放射科, 四川 南充 637000; 2. 内江市第二人民医院放射科, 四川 内江 641000)

【摘要】目的: 探讨在钆塞酸二钠(Gd-EOB-DTPA)增强 MRI 获取的肝脏各段摄取比率(HUR)、摄取指数(HUI)在预测乙型肝炎肝硬化合并肝细胞癌(HCC)患者术后肝功能不全的价值。**方法:** 回顾性分析 40 例行外科切除的乙型肝炎肝硬化合并 HCC 患者的临床和影像学资料, 所有患者均在术前行钆塞酸二钠增强 MRI 扫描, 在注射对比剂后第 20 min 所获得的肝胆期图像上分别测量肝脏第 1—8 段体积(V_{1-8})、平均信号强度(SI_{1-8})以及脾脏平均信号强度 SI_{spleen} , 计算出肝脏各段摄取比率($HUR_{1-8} = SI_{1-8}/SI_{spleen} - 1$)、摄取指数($HUI_{1-8} = HUR_{1-8} \times V_{1-8}$)及全肝摄取指数($THUI = HUI_1 + HUI_2 + \dots + HUI_8$), 使用 3D Slicer 软件包行肝肿瘤模拟切除, 计算出残余肝脏摄取指数(RHUI), 分析肝脏各段 HUR、THUI、RHUI 与术后是否发生肝功能不全的关系。**结果:** 40 例患者中 8 例术后出现肝功能不全(阳性组), 占比为 20.0%。两组患者年龄及血清谷氨酰胺转氨酶(GGT)水平差异均有统计学意义($P < 0.05$); 阳性组患者肝脏各段间 HUI、THUI 及 RHUI 均低于阴性组, 阳性组肝脏各段 HUR 变异系数均高于阴性组($P < 0.05$)。肝脏各段 HUR 变异系数预测术后肝功能不全准确性最高, 其 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.855, 临界值是 0.606, 敏感度 0.875, 特异性 0.781; 虚拟切除后残余肝脏摄取指数 RHUI 的 AUC 为 0.848, 其临界值为 168.04, 敏感度 0.875, 特异性 0.844。**结论:** 钆塞酸二钠增强 MRI 获取的肝脏各段间 HUR 和 HUI 可以较准确地预测乙型肝炎肝硬化合并 HCC 患者术后肝功能不全。

【关键词】 磁共振成像; 钆塞酸二钠; 肝细胞肝癌; 肝摄取指数; 肝功能不全

【中图分类号】 R575.3; R445.2 **【文献标志码】** A

A study of predict postoperative hepatic insufficiency in patients with hepatitis B related cirrhosis complicated with hepatocellular carcinoma predicted by Gd-EOB-DTPA enhanced MRI

LIU Ai-min^{1,2}, TAN Bang-guo¹, LU Fu-lin¹, WU Yu-ping¹, CHEN Tian-wu¹

(1. Medical Imaging Key Laboratory of Sichuan Province, Department of Radiology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000; 2. Department of Radiology, the Second People's Hospital of Neijiang, Neijiang 641000, Sichuan, China)

【Abstract】Objective: To investigate the value of hepatic uptake ratio (HUR) and hepatic uptake index (HUI) obtained by GD-EOB-DTPA enhanced MRI in predicting postoperative hepatic insufficiency with hepatitis B related cirrhosis complicated with hepatocellular carcinoma (HCC). **Methods:** The clinical and Radiological data of patients with hepatitis B related cirrhosis complicated with HCC who underwent surgical resection were retrospectively analyzed. All patients underwent liver specific contrast-enhanced MRI scanning with Gd-EOB-DTPA before operation. The volumes (V_{1-8}) and mean signal intensity (SI_{1-8}) of each hepatic segment, and the mean signal intensity of spleen (SI_{spleen}) were measured on the hepatobiliary images obtained 20 minutes after the injection of contrast-agent, then calculate the uptake ratio ($HUR_{1-8} = SI_{1-8}/SI_{spleen} - 1$) and uptake index ($HUI_{1-8} = HUR_{1-8} \times V_{1-8}$) of each hepatic segment, and the total hepatic uptake index ($THUI = HUI_1 + HUI_2 + \dots + HUI_8$). The software package was used to simulate liver tumor resection, calculate the remnant hepatic uptake index (RHUI), and the relationship between HUR, THUI, RHUI and postoperative hepatic insufficiency were analyzed. **Results:** A total of 40 patients with hepatitis B related cirrhosis complicated with HCC were included in this study, 8 patients had hepatic insufficiency (positive group), accounting for 20.0%. There were significant differences in age and serum GGT level between the two groups ($P < 0.05$). The HUI of each segment, THUI and RHUI of the positive

基金项目: 国家自然科学基金(81050033)

作者简介: 刘爱民(1988-), 男, 硕士研究生, 主治医师。E-mail: 307444627@qq.com

通讯作者: 陈天武, 博士, 教授。E-mail: tianwuchen_nsmc@163.com

group were lower than those of the negative group, and the HUR variation coefficient of the positive group was higher than that of the negative group ($P < 0.05$). The accuracy of HUR variation coefficient between each hepatic segment in predicting postoperative hepatic insufficiency was the highest, the area under the curve (AUC) was 0.855, the critical value was 0.606, the sensitivity was 0.875 and the specificity was 0.781. The AUC of residual liver uptake index RHUI after virtual resection was 0.848, the critical value was 168.04, the sensitivity was 0.875 and the specificity was 0.844. **Conclusion:** The HUR and HUI obtained by disodium gadolinate enhanced MRI can predict postoperative hepatic insufficiency in patients with hepatitis B related cirrhosis complicated with HCC accurately.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; GD-EOB-DTPA; Hepatocellular carcinoma; Hepatic uptake index; Hepatic insufficiency

目前我国存在大量乙型肝炎病毒 (HBV) 感染的肝硬化患者, 原发性肝癌 (hepatocellular carcinoma, HCC) 作为肝硬化的重要并发症^[1], 其外科治疗是患者获得长期生存的最重要手段, 如果患者肿瘤负荷过重或肝功能异常, 很可能导致术后肝功能不全的发生, 因此术前对这类患者进行肝脏储备功能的精准评估是非常必要的。目前临床上应用比较广泛的肝功能评估方法包括吲哚菁绿 (indocyanine green, ICG) 清除实验、Child-pugh 分级、终末期肝病模型 (model for end-stage liver disease, MELD) 评分、白蛋白-胆红素 (albumin-bilirubin, ALBI) 分级等, 使用影像学方法评估肝功能储备主要包括用 CT 或 MRI 测量预估切除术后剩余肝脏体积^[2], 但这种方法评估的主要是肝脏整体功能储备情况, 其应用有一定的局限性。近年来, 随着肝脏特异性对比剂钆塞酸二钠 (Gd-EOB-DTPA) 的推广应用, 已有大量文献支持其可以有效评估肝功能储备^[3-6], 但是应用钆塞酸二钠增强 MRI 预测乙型肝炎肝硬化合并 HCC 患者术后发生肝功能不全的报道尚少。本研究主要利用钆塞酸二钠增强 MRI 获得肝脏各段及总体摄取指数、虚拟肝癌切除后残余摄取指数, 探讨其预测患者术后发生肝功能不全的可行性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2018 年 8 月至 2021 年 8 月于川北医学院附属医院接受手术切除的乙型肝炎肝硬化合并 HCC 40 例患者的临床和影像学资料。纳入标准: (1) 有乙型肝炎病史, 并有影像学或病理学可见的肝硬化表现; (2) 手术后病理证实为肝细胞癌; (3) 术前 2 周内行钆塞酸二钠 (拜耳医药保健有限公司, 德国) 增强 MRI 检查, 术前及术后 1 周内行实验室肝功能检查。排除标准: (1) 有肝脏局部手术或介入治疗病史; (2) 肝外病变引起的黄疸; (3) MRI 图像质量差, 导致肝脏体积和信号强度测量不准确。术后发生肝功能不全的判断标准为: 术后血清总胆红素 (total bilirubin, TBIL) $> 51 \mu\text{mol/L}$, 或术后 7 d TBIL $> 34 \mu\text{mol/L}$ ^[7]。本组共纳入研究对象 40 例, 其中男性 35 例, 女性 5 例; 年龄 (55.9 ± 10.16) 岁;

共计切除病灶 44 个, 大小 $(0.55 \sim 726.76) \text{cm}^3$ 。

1.2 肝脏分段标准和手术切除方式

肝脏解剖分段方法: 按照 Couinaud 分段法^[8], 将肝脏分为尾状叶 (S1)、左外叶上段 (S2)、左外叶下段 (S3)、左内叶 (S4)、右前叶下段 (S5)、右后叶下段 (S6)、右后叶上段 (S7) 及右前叶上段 (S8)。肝切除术方式: 参考《肝脏解剖和肝切除手术命名以及肝血流阻断方法与选择原则》, 分为肝肿瘤剝除术、限制性肝切除、局部肝切除、肝肿瘤摘除术、肝楔形切除术、肝段切除术、半肝切除术和肝三叶切除术, 本组患者采用肝局部切除术 22 例, 肝段切除术 6 例, 半肝切除 8 例, 肝段切除 + 局部切除 4 例。

1.3 肝功能相关检查及肝功能评分

记录患者 MRI 检查邻近 1 周内及术后第 7 日的 TBIL、血清白蛋白 (ALB)、凝血酶原时间 (PT)、丙氨酸转氨酶 (ALT)、天冬氨酸转氨酶 (AST)、谷氨酰胺转氨酶 (GGT) 及肝性脑病、腹腔积液情况, 进行术前肝功能 Child-Pugh 及 ALBI 分级^[9], 其中 Child-Pugh A 级 39 例, B 级 1 例; ALBI 1 级 25 例, 2 级 14 例, 3 级 1 例。阳性组, 即术后发生肝功能不全 8 例, 占比 20%; 阴性组, 即术后未发生肝功能不全的患者 32 例, 占比 80%。

1.4 MRI 扫描与图像分析

采用 GE 3.0T MRI 扫描仪 (DISCOVERY MR 750; GE Medical Systems), 32 通道相控阵体部线圈。患者行检查前 6 ~ 8 h 禁饮、禁食, 检查体位为双臂上举仰卧位; 增强扫描对比剂使用钆塞酸二钠, 注射剂量 0.025mmol/kg , 经外周静脉团注, 注射速率 2mL/s , 并用 20 mL 生理盐水冲管, 注射后 20 min 获取肝胆期全肝图像, 扫描序列使用 BHLAVA-Flex, 扫描参数: 重复时间 4.0 ms, 回波时间 2.3 ms, 翻转角 12° , 视野 $36 \times 36 \text{cm}$, 层厚 5.2 mm, 层间距 0 mm, 激励次数 1。

将所有患者的钆塞酸二钠增强 MRI 肝胆期数据导入 3D Slicer 软件包 (3Dslicer 4.8.1, www.slicer.org), 使用 Segment Editor 内 scissor 工具对肝脏按照 Couinaud 法进行分段勾画 (见图 1 A-D), 避开肝门区主要血管和肝脏肿瘤位置, 记录肝脏各段体积 ($\text{Volume}_{1-8}, V_{1-8}$)、各段平均信号强度 (Signal inten-

sity, $SI_{liver1-8}$) 以及脾脏平均信号强度 SI_{spleen} 。根据已有文献报告,肝脏摄取指数采用计算公式^[4]: $HUI = (SI_{liver}/SI_{spleen} - 1) \times V_{liver}$, 计算出肝脏各段对比剂摄取比率 (Hepatic uptake ratio, $HUR_{1-8} = SI_{1-8}/SI_{spleen} - 1$) 及其变异系数、各段摄取指数 ($HUI_{1-8} = HUR_{1-8} \times V_{1-8}$) 及全肝摄取指数 (total hepatic uptake index, $THUI = HUI_1 + HUI_2 + \dots + HUI_8$), 使用

软件行肝癌虚拟切除 (图 1E-F), 计算出残余肝脏摄取指数 (remnant hepatic uptake index, RHUI) 及残余肝脏体积占术前肝脏体积的比例 (remnant liver volume to total liver volume ratio, RLVR), 分析各段摄取系数 HUR_{1-8} 变异系数、全肝摄取指数 THUI、残余肝脏摄取指数 RHUI 及残余肝脏体积占术前肝脏比例 RLVR 与术后发生肝功能不全的关系。

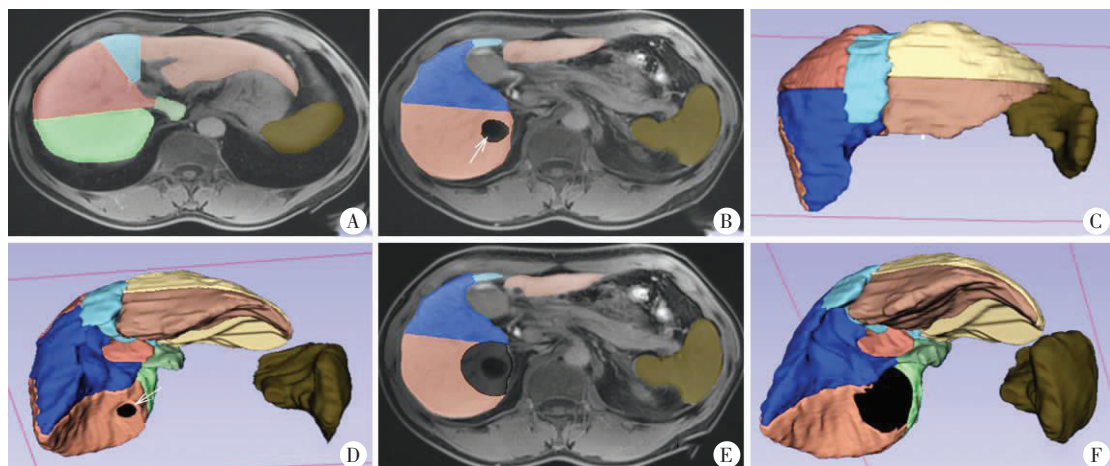


图 1 患者,男,50岁,乙型肝炎肝硬化患者行虚拟肝癌局部切除

用软件包(3D slicer)勾画术前肝脏各段及脾脏轮廓(A、B),白箭所示为肝癌位置(B),生成肝脏、脾脏的三维影像(C、D),并三维显示肝癌的位置(D),将肿瘤边缘扩大1.5 cm行模拟切除,获得虚拟的残余肝脏的二维(E)及三维(F)影像。

1.5 统计学分析

采用 IBM SPSS 软件(26.0 版本)进行统计分析,以 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。分类变量以 $[n(\%)]$ 表示,服从正态分布的连续性数值变量用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,不服从正态分布的连续性数值变量用使用中位数 $[M(Q1, Q3)]$ 表示。根据变量类型,分别采用 χ^2 检验或 t 检验、Mann-Whitney U test 进行统计学分析。采用受试者工作特征曲线(ROC)评估 THUI、RHUI、肝脏各段 HUR 变异系数等具有统计学差异的变量对肝切除术后发生肝功能不全的预测效能。

2 结果

2.1 术后发生与未发生肝功能不全患者临床和血清肝功能指标的比较

乙型肝炎肝硬化并发肝细胞癌术后发生与未发生肝功能不全患者间临床和血清肝功能指标的比较,见表 1。统计显示两组间年龄及血清 GGT 水平差异均有统计学意义 ($P < 0.05$),但性别构成、血清 TBIL、ALB、ALT、AST 水平差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 1 肝细胞癌术后发生与未发生肝功能不全患者临床和血清肝功能指标比较 $[n/n, \bar{x} \pm s, M(Q1, Q3)]$

组别	男/女	年龄(岁)	TBIL($\mu\text{mol/L}$)	ALB(g/L)	ALT(U/L)	AST(U/L)	GGT(U/L)
阴性组	28/7	53.3 \pm 9.6	13.05(10.35, 17.55)	41.91 \pm 4.93	36.50(25.00, 63.00)	38.50(31.25, 51.00)	40.50(29.00, 86.25)
阳性组	4/1	62.4 \pm 6.5	18.20(13.28, 21.98)	41.68 \pm 5.49	41.5(19.25, 46.00)	36.50(28.25, 47.75)	124.50(69.25, 195.25)
t/Z 值	-	-2.500	-1.573	0.012	-0.761	-0.558	-2.333
P 值	1.000	0.017	0.116	0.906	0.447	0.577	0.020

2.2 术后发生与未发生肝功能不全患者术前肝脏各段摄取指数的比较

乙型肝炎肝硬化并发肝细胞癌术后发生与未发生肝功能不全患者间肝脏各段摄取指数 HUI_{1-8} 差异统计结果见表 2, Mann-Whitney U 检验显示乙型

肝肝硬化并发肝细胞癌术后发生与未发生肝功能不全患者间肝脏各段摄取指数 HUI_{1-8} 差异均有统计学意义,阳性组各段摄取指数 HUI 均明显低于阴性组 ($P < 0.05$)。

表 2 肝细胞癌术后发生与未发生肝功能不全患者间肝脏各段 HUI 差异比较 [M(Q1, Q3)]

组别	HUI ₁	HUI ₂	HUI ₃	HUI ₄	HUI ₅	HUI ₆	HUI ₇	HUI ₈
阴性组 (n=32)	12.99(6.2, 24.1)	64.23(30.5, 109.7)	35.55(19.0, 64.6)	65.22(23.2, 112.0)	65.84(28.1, 149.7)	55.26(28.2, 132.2)	86.26(38.5, 181.0)	108.28(32.5, 173.5)
阳性组 (n=8)	2.36(0.3, 5.7)	25.65(-3.8, 39.0)	15.65(3.2, 30.3)	13.94(9.7, 27.6)	35.90(20.0, 44.9)	20.21(3.0, 36.4)	16.98(3.2, 59.2)	3.85(-13.7, 36.1)
Z 值	-3.314	-2.536	-1.995	-2.637	-2.164	-2.232	-2.299	-2.604
P 值	0.001	0.011	0.046	0.008	0.030	0.026	0.021	0.009

2.3 术后发生与未发生肝功能不全患者间肝脏各段 HUR 之间的变异系数、THUI 及 RHUI 的比较

阳性组各段 HUR 变异系数明显大于阴性组, 阳性组 THUI、RHUI 明显小于阴性组 ($P < 0.05$)。

表 3 两组患者间肝脏各段 HUR 之间的变异系数、THUI 及 RHUI 的比较 [M(Q1, Q3)]

组别	肝脏各段 HUR 变异系数	THUI	RHUI
阴性组 (n=32)	0.39(0.18, 0.59)	544.50(244.11, 917.69)	488.17(186.74, 782.28)
阳性组 (n=8)	0.97(0.66, 5.59)	144.41(49.16, 226.89)	74.07(19.23, 153.31)
Z 值	-3.007	-2.637	-3.009
P 值	0.002	0.008	0.003

2.4 术前肝脏各段 HUR 变异系数、THUI、RHUI 预测 HCC 术后肝功能不全的效能

基于 Mann-Whitney U 检验, 发现阳性组、阴性组间肝脏各段 HUR 变异系数、THUI、RHUI 的差异性有统计学意义, 本研究使用这些指标对术前预测乙型肝炎肝硬化合并 HCC 切除术后肝功能不全效能做 ROC 曲线分析 (图 2), 显示肝脏各段 HUR 变异系数、THUI、RHUI 的 ROC 曲线下面积 (area under the curve, AUC) 分别为 0.855、0.805、0.848, 临界值分别为 0.606、252.60、168.04, 敏感性分别为 0.875、0.875、0.750, 特异性分别为 0.781、0.750、0.844, 对应的 P 值分别为 0.002、0.008、0.003。

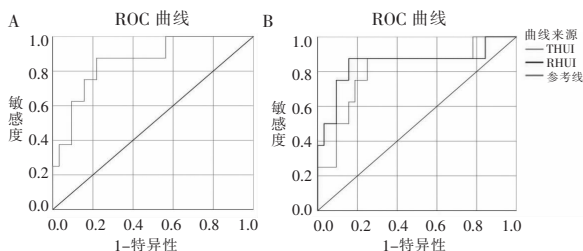


图 2 术前肝脏各段 HUR 变异系数、THUI、RHUI 预测 HCC 术后肝功能不全 ROC 曲线

用 ROC 曲线分析肝脏各段 HUR 变异系数 (A)、THUI 及 RHUI (B) 预测 HCC 术后肝功能不全的效能, 显示肝脏各段 HUR 变异系数预测效能最佳。

3 讨论

3.1 使用钆塞酸二钠增强 MRI 获取的肝脏摄取指数开展本研究的可行性

乙型肝炎后肝硬化合并 HCC 患者获得长期生

存最重要的手段是手术切除, 术前进行肝功能储备评估及制定个性化的治疗方案, 可以尽量避免围手术期肝功能不全甚至肝功能衰竭的发生, 目前临床和影像常用方法主要是针对整体肝脏功能的评估, 然而既往研究表明肝硬化患者肝脏功能受损分布可能是不均匀的^[6], 使得上述评估方法存在一定的局限性。钆塞酸二钠是一种顺磁性肝胆特异性 MRI 对比剂, 与常规细胞外对比剂不同的是, 其可经肝细胞膜上的有机阴离子转运多肽由细胞外间隙转运至肝细胞内, 浓度在注射对比剂后第 20 分钟左右达到峰值, 通过短回波时间采集的 3D-GRE 肝胆期序列, 肝脏信号强度与肝功能的相关性远大于其他因素 (如铁质沉着或脂质沉着、纤维化)^[4]。因此可以通过测量肝胆期肝实质信号强度来间接反应肝脏局部功能^[10], 但 MRI 信号强度是相对值, 受扫描参数的影响, 信号强度测量既不能用于不同患者间比较, 也不能用于同一患者的重复检查间比较。研究表明肝脏 HUI 与肝功能具有相关性, 也有研究发现使用钆塞酸二钠联合肝脏体积测量, 可以对总肝功能和节段性肝功能进行定量评估, 因此钆塞酸二钠增强 MRI 扫描联合 3D slicer 软件对肝脏各段体积进行精准测量及肿瘤模拟切除, 使得定量评估术前肝功能储备及预测术后肝功能不全具有可行性^[4-5, 11]。本研究选择仅用肝胆期序列即可分析的 HUI 作为评价肝功能的参数。

3.2 乙型肝炎肝硬化合并 HCC 切除术后发生与未发生肝功能不全患者肝脏各段 HUR 及其变异系数、THUI、RHUI 的比较

本研究发现, 乙型肝炎肝硬化并发肝细胞癌术后发生肝功能不全患者各段摄取指数 HUI 及总肝摄取指数 THUI, 明显低于未发生肝功能不全患者肝脏各段 HUI 及 THUI。已有研究报道, 钆塞酸二钠可被肝细胞膜上转运体选择性摄入细胞内, 随着肝硬化严重程度的加重, 受损的转运体数量增加和转运体功能减低, 都会减少肝细胞对钆塞酸二钠的摄取^[13], 使得肝胆期肝脏信号强度 (SI_{liver}) 降低; 而脾脏内不含有上述转运体, 钆塞酸二钠增强 MR 扫描仅显示非特异性细胞外对比剂的强化特征, 肝胆期其信号强度受肝功能变化影响很小^[10, 12], 从而导致肝脏各段摄取比率 ($HUR = SI_{liver} / SI_{spleen} - 1$) 值降

低。随着肝脏纤维化程度加重,多伴随着肝脏的体积(Vliver)减少^[14]。前述改变协同作用,导致乙型肝炎肝硬化合并 HCC 切除术后发生肝功能不全患者肝脏各段 HUR、THUI、RHUI 均低于未发生肝功能不全患者,提示术前肝脏功能储备降低,术后肝功能不全发生几率升高。

本研究还发现,乙型肝炎肝硬化合并 HCC 切除术后发生与未发生肝功能不全患者比较,其肝脏各段 HUR 变异系数明显更高,张继云等^[15]报道不同程度肝功能受损患者各段间肝功能储备不一致,与本研究结果相符。分析其可能的机制是因为肝脏不同部位血管和胆管分布不同,在肝硬化的进展过程中,局部肝细胞减少和纤维组织增加程度不一致,导致钆塞酸二钠摄取量不同,最终体现为肝胆期肝脏各段实质 MRI 信号强度的不均匀,表明乙型肝炎肝硬化合并 HCC 切除术后发生肝功能不全患者肝脏各段功能受损的不均匀程度,明显高于术后未发生肝功能不全患者,从而导致术后发生肝功能不全患者肝脏各段 HUR 变异系数高于未发生肝功能不全患者。

3.3 乙型肝炎肝硬化合并 HCC 术前肝脏各段 HUR 变异系数、THUI、RHUI 预测术后肝功能不全的效能

本研究使用乙型肝炎肝硬化合并 HCC 患者术前肝脏各段 HUR 变异系数、THUI、RHUI 预测其术后肝功能不全的发生,AUC 值均超过 0.8,表明各方法均具有较好的预测效能,并且均能获得较高的特异性和敏感性,显示出钆塞酸二钠增强 MRI 扫描在预测乙型肝炎肝硬化合并 HCC 患者术后肝功能不全的优势,在这些方法中,使用患者术前肝脏各段 HUR 变异系数进行术后肝功能不全预测的效能最高,AUC 为 0.855,其临界值是 0.606,敏感度 0.875,特异性 0.781。

3.4 本研究的优势与不足

本研究综合肝脏实质质地及体积的改变,选用钆塞酸二钠增强 MRI 获取的肝脏 HUI 作为评价指标,在此基础上结合肝硬化肝脏各段改变的不一致性,用肝段 HUI 开展研究。本研究针对乙型肝炎肝硬化合并 HCC 患者,引入虚拟 HCC 切除的概念,用虚拟 HCC 切除术前肝段 HUI 研究 HCC 切除术后肝功能不全发生的可能性。研究显示,钆塞酸二钠增强 MRI 扫描能有效评估乙型肝炎肝硬化合并 HCC 患者术前肝功能储备,并展示出肝脏各段功能的异质性,同时联合模拟切除后残余肝脏摄取指数,可以

较为准确的预测该类患者术后肝功能不全的发生,为临床医生更为合理的选择治疗方式提供定量参考依据。本研究的不足主要在于研究样本量偏小,对患者术后存活周期及死亡率缺乏跟踪,计划在今后的相关研究中继续深入探讨。

参考文献

- [1] 郑银城,韩超,李艳伟,等.2012 年与 2017 年 3065 例肝硬化病因及其并发症对比分析[J].中国实用内科杂志,2019,39(3):278-281.
- [2] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局.原发性肝癌诊疗规范(2019 年版)[J].中华消化外科杂志,2020,19(1):1-20.
- [3] ünäl E, Akata D, Karcaaltincaba M. Liver Function Assessment by Magnetic Resonance Imaging [J]. Semin Ultrasound CT MR, 2016,37(6):549-560.
- [4] Yamada A, Hara T, Li F, et al. Quantitative evaluation of liver function with use of gadoxetate disodium-enhanced MR imaging [J]. Radiology, 2011,260(3):727-733.
- [5] Haimerl M, Schlabeck M, Verloh N, et al. Volume-assisted estimation of liver function based on Gd-EOB-DTPA-enhanced MR relaxometry[J]. Eur Radiol, 2016,26(4):1125-1133.
- [6] Xie S, Sun Y, Wang L, et al. Assessment of liver function and liver fibrosis with dynamic Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI [J]. Acad Radiol, 2015,22(4):460-466.
- [7] 胡朝峰,童钟,黄俊.功能性残肝体积预测肝细胞癌患者术后肝功能不全的可行性[J].肝脏,2019,24(7):752-755.
- [8] 刘巧云,马心逸,喻智勇.肝脏分段解剖学的研究进展[J].世界华人消化杂志,2013,21(27):2780-2786.
- [9] 罗志江,彭涛,肖剑波,等. ALBI 分级评估肝功能的研究进展[J].医学信息,2021,34(8):45-49.
- [10] 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.
- [11] Haimerl M, Verloh N, Zeman F, et al. Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI for evaluation of liver function: Comparison between signal-intensity-based indices and T1 relaxometry [J]. Sci Rep, 2017,7:43347.
- [12] 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.
- [13] Nakamura S, Awai K, Utsunomiya D, et al. Chronological evaluation of liver enhancement in patients with chronic liver disease at Gd-EOB-DTPA-enhanced 3-T MR imaging: does liver function correlate with enhancement [J]. Jpn J Radiol, 2012,30(1):25-33.
- [14] 张梓朗,张茂,利民,等. CT 肝脏体积对乙肝后肝硬化程度的量化诊断价值[J].山东医药,2017,57(16):96-98.
- [15] 张继云,陆健,张学琴,等.钆塞酸二钠增强 MRI 评估全肝及各肝段肝功能[J].中国医学影像技术,2018,34(6):879-883.

(收稿日期:2021-10-12

修回日期:2021-11-15)