

# Application of Primovist Enhanced MRI Multimodal Quantitative Technique in Patients with Primary Carcinoma of Liver\*

论著

CHEN Song<sup>1</sup>, HUANG Ze-he<sup>1</sup>, CHEN Jia-yuan<sup>1</sup>, RUAN Qi-zeng<sup>1</sup>, LI Qing-chun<sup>1</sup>, LI Wei-xiong<sup>2,\*</sup>.

1. Department of Radiology, Qinzhou First People's Hospital, Qinzhou 535000, Guangxi Province, China

2. Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530007, Guangxi Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To evaluate the liver function of patients with primary carcinoma of liver (PLC) by using Primovist enhanced MRI multimodal quantitative technique, in order to evaluate the surgical risk of patients. **Methods** 82 patients with PLC treated in the hospital from January 2021 to February 2022 were selected for study. All patients underwent MRI and Child-Pugh classification of liver function. According to the examination results, the multimodal quantitative parameters of MRI [apparent diffusion coefficient (ADC), true diffusion coefficient (D), perfusion related diffusion coefficient (D\*), perfusion fraction (f)] were recorded, and the relationship between each parameter and Child-Pugh grade of liver function in patients with PLC was analyzed. **Results** Among 82 patients with PLC, 25 were assessed as grade A, 40 as grade B and 17 as grade C. Compared the general data of PLC patients with different Child-Pugh grades of liver function, there was no statistical significant difference ( $P>0.05$ ). Compared with the values of T1, T2, ADC, D, and f values in Grade A, B and C patients, the difference was statistically significant ( $P<0.05$ ). Kendall's tau-b correlation coefficient test was used and T1, D\*, f values were positively correlated with Child-Pugh grade of liver function in patients with PLC ( $r>0$ ,  $P<0.05$ ); the values of T2, ADC and D were negatively correlated with Child-Pugh grade of liver function in patients with PLC ( $r<0$ ,  $P<0.05$ ). **Conclusion** The multimodal parameters of Primovist enhanced MRI are related to the Child-Pugh grade of liver function in patients with PLC, which can be used to evaluate the grade of liver function in patients with PLC.

**Keywords:** Primary Carcinoma of Liver; Primovist; MRI Multimodal Quantitative Analysis; Liver Reserve Function

## 普美显增强MRI多模态定量技术在原发性肝癌患者中的应用\*

陈松<sup>1</sup> 黄泽和<sup>1</sup> 陈家源<sup>1</sup>阮期曾<sup>1</sup> 李青春<sup>1</sup> 李伟雄<sup>2,\*</sup>

1. 钦州市第一人民医院放射科

(广西 钦州 535000)

2. 广西医科大学第二附属医院放射科

(广西 南宁 530007)

**【摘要】目的**采用普美显增强MRI多模态定量技术评估原发性肝癌(PLC)患者肝功能,以评估患者手术风险。**方法**选取医院2021年1月至2022年2月收治的82例PLC患者进行研究,所有患者均接受MRI检查并进行肝功能Child-Pugh分级评估,根据检查结果,记录MRI多模态定量参数[表观弥散系数(ADC)、真实扩散系数(D)、灌注相关扩散系数(D\*)、灌注分数(f)],分析各参数与PLC患者肝功能Child-Pugh分级的关系。**结果**82例PLC患者,评估为A级共25例,B级40例,C级17例,不同肝功能Child-Pugh分级的PLC患者一般资料相比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。A级、B级、C级患者T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、ADC、D、f值相比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。采用Kendall's tau-b相关系数检验,T<sub>1</sub>、D\*、f值与PLC患者肝功能Child-Pugh分级呈正相关性( $r>0$ , $P<0.05$ );T<sub>2</sub>、ADC、D值与PLC患者肝功能Child-Pugh分级呈负相关性( $r<0$ , $P<0.05$ )。**结论**普美显增强MRI多模态参数均与PLC患者肝功能Child-Pugh分级有关,可用于评估PLC患者肝功能等级。

**【关键词】**原发性肝癌;普美显;MRI多模态定量分析;肝储备功能

【中图分类号】R735.7

【文献标识码】A

【基金项目】广西壮族自治区卫生健康委员会自筹经费科研课题(Z20210262)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.04.053

原发性肝癌(Primary carcinoma of liver, PLC)具有复发率高、预后差等特点,受我国居民生活及饮食习惯影响,PLC的发病率呈不断升高趋势,其病死率目前已位居恶性肿瘤第二位<sup>[1]</sup>。PLC当前提倡尽早手术治疗,手术治疗的有效性目前相对较高,利于降低复发风险,尽可能延长患者生存时间<sup>[2]</sup>。但调查发现,PLC患者肝储备功能较差,术后常发生并发症,以肝功能衰竭常见,可导致肝细胞再生障碍,术后康复时间延长<sup>[3]</sup>。据报道,PLC术后因肝功能衰竭病死患者高达18%-75%,现已成为PLC围术期病死率的主要原因之一<sup>[4]</sup>。由此看来,PLC术前积极评估患者肝储备功能的意义重大。Child-Pugh分级是目前常用的肝储备功能评估方法,被作为肝硬化患者预后的可靠指标<sup>[5]</sup>。但上述方法仍使用了部分主观指标,且检查项目繁琐,在评估效率方面仍有一定局限。PLC目前首先影像学检查,其中MRI应用较为广泛。钆塞酸二钠(Gd-EOB-DTPA, 普美显)是肝胆特异性MRI对比剂,可被肝细胞特异性摄取,具有和ICG类似的肝功能评估的潜力<sup>[6]</sup>。国内外研究均发现,在不同的肝功能Child-Pugh分级患者中,普美显增强MRI参数发生显著性变化,认为普美显增强MRI可用于肝储备功能的评估<sup>[7-8]</sup>。但上述研究侧重于肝硬化患者,在PLC患者术前的应用价值仍需进一步研究。本研究将采用普美显增强MRI评估PLC患者肝储备功能,观察其应用价值。

## 1 材料与方法

**1.1 病例资料** 纳入医院2021年1月-2022年2月收治的82例PLC患者进行研究,其中男60例,女22例;年龄46-70岁,平均年龄(58.14±3.26)岁。

纳入标准:PLC符合《原发性肝癌诊疗规范(2017年版)》<sup>[5]</sup>中诊断依据:所有患者初步检查甲胎蛋白(Alpha-fetoprotein, AFP)≥400ng/mL,影像学显示肝实质性肿块,综合上述情况选择穿刺活检,均经病理检查确诊为肝细胞癌;初诊初治的患者;接受Gd-EOB-DTPA-(普美显)增强MRI检查;具有完整的MRI检查和Child-Pugh分级评估结果。排除标准:肝转移瘤患者;病灶直径<1cm;图像伪影重、不清晰,质量无法用于结果分析;既往有肝脏手术史、栓塞史及放化疗史患者;合并其他部位恶性肿瘤;合并严重肝胆梗阻;长期应用抗血小板、抗凝药物;有对比剂过敏史的患者。本研究经过医院伦理委员会审核并通过,患者及家属知晓研究内容,并自愿在同意书上签字。

## 1.2 检查方法

**1.2.1 MRI检查方法** 82例患者在确诊为PLC后均接受Gd-EOB-DTPA-增强MRI检查,检查方法如下:仪器选用西门子3.0T SkyraMRI,造影剂采用钆塞酸二钠注射液(国药准字H20193162,国药准字H20193162,规格:10mL预装玻璃注射器,每1mL中含钆塞酸二钠181.43mg),检查前12h嘱患者禁食、禁水,对患者进行呼吸训练,要求每次呼吸深度保持一致。检查时,患者取平卧位,对隔顶至肝下2cm处平扫,轴位T<sub>2</sub>WI FSE序

【第一作者】陈松,男,副主任医师,主要研究方向:腹部影像诊断。E-mail: CHENSong685z@126.com

【通讯作者】李伟雄,男,主任医师,主要研究方向:消化系统疾病的影像诊断。E-mail: LIWXiong20@163.com

列: TR-6500ms, TE-80ms, 视野: 380mm×380mm, 矩阵: 320×192, 层厚: 5mm; 2D FSP GR IP/OP成像T<sub>1</sub>WI序列: TR-190ms, TE-2.20或4.30ms, 视野: 380mm×300mm, 矩阵: 256×160, 层厚: 5mm; HASTE T<sub>2</sub>WI冠状面序列: TR-3.2ms, TE-1.4ms, TI-200ms, 视野: 380mm×380mm, 矩阵: 192×256, 层厚: 5mm; DWI序列: TR-7825ms, TE-65ms, b值=600s/mm<sup>2</sup>; 完成上述检查后, 经右侧肘正中静脉注射普美显0.2mL/kg, 注射速率: 2mL/s, 注射完成后给予20ml生理盐水以相同速率注射。

分别于注射完毕后14s、40s、120s、20min时进行动脉期、门静脉期、平衡期及肝胆期扫描。扫面序列包括T<sub>1</sub> mapping、T<sub>2</sub> mapping、体素内不相干运动(Intravoxel incoherent motion, IVIM)。T<sub>1</sub> mapping采用FSE T<sub>1</sub>WI序列: TR-100、200、300、500、800ms, TE-7.7ms, 矩阵: 256×256, 激励次数: 4; T<sub>2</sub> mapping采用FSE T<sub>2</sub>WI序列: TR-1500ms, 矩阵: 256×224, 激励次数: 1; IVIM采用平面回波配合呼吸门控横断位扫查: TR-3158ms, TE-61.3ms, 层厚: 5mm, 层间距: 1mm, FOV: 38.0cm×28.5cm, 矩阵: 128×128, 采用13个b值扫面, 依次为(0、10、20、40、80、100、150、200、400、600、800、1000、1200)s/mm<sup>2</sup>, 激励次数分别为1、6、4、2、2、2、1、1、2、4、6、6、8, 扫面时间为10min。

1.2.2 图像处理 使用Siemens Syngo工作站处理T<sub>1</sub> mapping、T<sub>2</sub> mapping、IVIM检查图像, 自动生成伪彩图。均由同一层面在肝右叶、中叶及左外侧叶各选取一个感兴趣区(ROI)(面积0.5-1.2mm<sup>2</sup>)进行测量, 避开肝内血管、胆管及伪影, 分别记录T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>值, IVIM参数计算采用双指数模型, 包括表观弥散系数(ADC)、真实扩散系数(D)、灌注相关扩散系数(D\*)、灌注分数(f), 所有参数均连续测量3次, 获取平均值为最终结果。

**1.3 肝功能Child-Pugh分级评估方法**<sup>[9]</sup> 于患者确诊后, 择期进行肝功能Child-Pugh分级: (1)实验室检查: 包括血清总胆红素(Total bilirubin, TBIL)、白蛋白(Albumin, ALB)、凝血酶原时间(Prothrombin time, PT); (2)肝性脑病: 无/1-2级/3-4级; (3)腹水: 无/轻度/中重度。根据检查结果评估Child-Pugh等级:

(1)以下各项均计1分: TBIL<34μmol/L、ALB>35g/L、PT延长1-3s、无肝性脑病、无腹水; (2)以下各项均2分: TBIL为(34-51)μmol/L、ALB为(28-35)g/L、PT延长4-6s、肝性脑病(1-2级)、轻度腹水; (3)以下各项均3分: TBIL>51μmol/L、ALB<28g/L、PT延长>6s、肝性脑病(3-4级)、中重度腹水。A级: 5-6分, 手术危险程度小, 预后良好; B级: 7-9分, 手术危险程度中等, 预后一般; C级: ≥10分, 手术危险程度高, 预后较差。

**1.4 临床资料统计** 统计82例患者一般临床资料, 内容包括: 基本信息(性别、年龄体重指数、吸烟史、饮酒史)、疾病信息(合并肝硬化<sup>[9]</sup>、病理分级<sup>[5]</sup>、PLC分期<sup>[5]</sup>)、MRI定量参数(T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、AD、D、D\*、f)等。

**1.5 统计学方法** 研究数据采用SPSS 25.0统计学软件处理, 计数资料采用%和n表示, 采用 $\chi^2$ 检验; 计量资料的正态性采用Shapiro-Wilk正态分布检验, 符合正态分布则采用(x±s)表示, 多组间比较采用单因素方差检验, 两两比较采用LSD检验; 以P<0.05表示差异有统计学意义; MRI多模态定量参数与肝功能Child-Pugh分级的相关性, 采用Kendall's tau-b相关系数检验。

## 2 结 果

**2.1 PLC患者肝功能Child-Pugh分级评估结果** 共收录82例PLC患者, 评估为A级共25例, 占30.49%(25/82); B级40例, 占48.78%(40/82); C级17例, 占20.73%(17/82)。

**2.2 不同Child-Pugh分级患者一般临床资料比较** 如表1所示, 不同肝功能Child-Pugh分级的PLC患者一般资料相比较, 差异无统计学意义(P>0.05)。

**2.3 不同Child-Pugh分级患者MRI多模态定量参数比较** 如表2所示, A级、B级、C级患者T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、ADC、D、D\*、f值相比较, 差异有统计学意义(P<0.05)。

**2.4 MRI多模态定量参数与肝功能Child-Pugh分级的相关性** 采用Kendall's tau-b相关系数检验, 如表3所示, T<sub>1</sub>、D\*、f值与PLC患者肝功能Child-Pugh分级呈正相关性(r>0, P<0.05); T<sub>2</sub>、ADC、D值与PLC患者肝功能Child-Pugh分级呈负相关性(r<0, P<0.05)。

表1 不同Child-Pugh分级患者一般临床资料比较

项目	A级(n=25)	B级(n=40)	C级(n=17)	统计值	P
性别[n(%)]	男20(80.00)	30(75.00)	10(58.82)	$\chi^2=2.445$	0.295
	女5(20.00)	10(25.00)	7(41.18)		
年龄(岁)	58.24±3.15	57.82±3.06	58.66±3.22	F=0.458	0.634
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	21.75±0.74	21.64±0.65	21.78±0.68	F=0.336	0.716
吸烟史[n(%)]	有16(64.00)	28(70.00)	9(52.94)	$\chi^2=1.525$	0.467
	无9(36.00)	12(30.00)	8(47.06)		
饮酒史[n(%)]	有20(80.00)	33(82.50)	12(70.59)	$\chi^2=1.042$	0.594
	无5(20.00)	7(17.50)	5(29.41)		
合并肝硬化[n(%)]	是18(72.00)	30(75.00)	11(64.71)	$\chi^2=0.627$	0.731
	否7(28.00)	10(25.00)	6(35.29)		
病理分级[n(%)]	II级15(60.00)	26(65.00)	9(52.94)	$\chi^2=0.743$	0.690
	III级10(40.00)	14(35.00)	8(47.06)		
PLC分期[n(%)]	II期12(40.00)	25(62.50)	10(58.82)	$\chi^2=1.342$	0.511
	III期13(52.00)	15(37.50)	7(41.18)		

注: BMI为体重指数(Body mass index, BMI)。

表2 不同Child-Pugh分级患者MRI多模态定量参数比较

项目	A级(n=25)	B级(n=40)	C级(n=17)	统计值	P
T <sub>1</sub> (ms)	505.24±40.52	546.18±46.25 <sup>a</sup>	582.44±52.45 <sup>ab</sup>	F=22.620	<0.001
T <sub>2</sub> (ms)	72.45±6.64	66.58±5.42 <sup>a</sup>	61.32±5.14 <sup>ab</sup>	F=21.220	<0.001
ADC(×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s)	1.66±0.25	1.38±0.22 <sup>a</sup>	1.22±0.18 <sup>ab</sup>	F=20.423	<0.001
D(×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s)	1.45±0.18	1.26±0.15 <sup>a</sup>	1.08±0.12 <sup>ab</sup>	F=29.891	<0.001
D*(×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s)	61.24±5.45	65.58±6.22 <sup>a</sup>	70.45±6.85 <sup>ab</sup>	F=16.204	<0.001
f(%)	28.44±3.25	32.52±3.66 <sup>a</sup>	35.65±4.12 <sup>ab</sup>	F=16.728	<0.001

注: 较A级比较: <sup>a</sup>P<0.05; 较B级比较: <sup>b</sup>P<0.05。

表3 MRI多模态定量参数与肝功能Child-Pugh分级的相关性

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	ADC	D	D*	f
r	0.500	-0.468	-0.477	-0.533	0.402	0.428
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

## 3 讨 论

肝癌切除术是治疗PLC的有效方法之一, 也是降低复发率的关键治疗方法, 但大多患者确诊时不具备手术条件(如Child-Pugh分级A级), 从而选择其他方案治疗, 导致复发率难以降低<sup>[10]</sup>。现阶段, 大多患者为争取手术治疗, 常在术前接受其他治疗改善肝储备功能, 但尽管肝储备功能得以恢复后进行手术, 术后

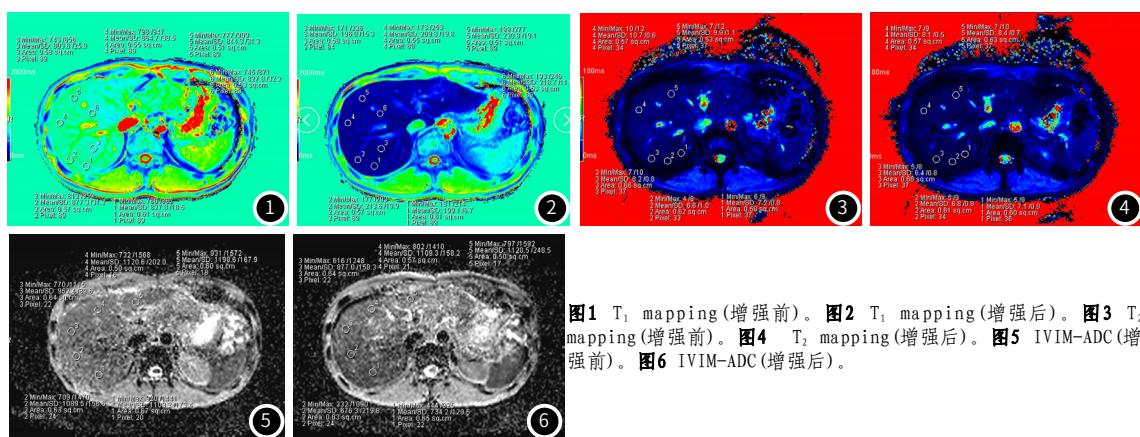


图1  $T_1$  mapping (增强前)。图2  $T_1$  mapping (增强后)。图3  $T_2$  mapping (增强前)。图4  $T_2$  mapping (增强后)。图5 IVIM-ADC (增强前)。图6 IVIM-ADC (增强后)。

仍有较高并发症风险，导致围术期病死风险增加。因此，临床医师为降低PLC患者手术风险，常于术前进行肝储备功能评估，以决定是否进行手术治疗。

普美显作为一种MRI对比剂，具有亲水、亲脂的特性，肝细胞通过肝细胞膜上的有机阴离子转运多肽(Organic anions transport polypeptides, OATP)对其进行摄取，在进行T1加权扫描时，钆离子可诱导原子核为激发状态，从而增强信号强度，使正常的肝细胞持续强化，以便于提高正常组织和病变组织的鉴别效能<sup>[11]</sup>。普美显增强MRI可协助临床医师获取肝脏解剖形态学资料，观察肝实质及胆道信号变化，对肝功能进行定量评估。当前普美显增强MRI评估肝储备功能在国内外已被广泛应用，包括 $T_1$  mapping、 $T_2$  mapping、IVIM在内的多种技术均可对肝功能进行定量分析，客观评估检查结果<sup>[12-13]</sup>。本研究在普美显增强MRI基础上，采用 $T_1$  mapping、 $T_2$  mapping、IVIM共同评估PLC患者肝储备功能，发现不同Child-Pugh分级的参数存在显著差异，初步认为，普美显增强MRI多模态定量分析可用于PLC患者术后肝储备功能的评估。 $T_1$  mapping一直被用于评估心肌纤维化，通过测量 $T_1$ 值可反应心肌间质水肿和纤维程度。近年来研究采用 $T_1$  mapping序列评估肝脏疾病，研究发现， $T_1$  mapping可用于肝硬化的无创性诊断，并反映肝脏功能状态<sup>[14]</sup>。隋欣孜<sup>[15]</sup>等发现，损伤后的肝细胞对OATP的摄入能力显著降低，导致增强后 $T_1$ 弛豫时间延长，测得的 $T_1$ 值相对升高，认为在肝硬化患者中， $T_1$ 值升高肝储备功能下降有关。本研究也发现， $T_1$ 值与PLC患者Child-Pugh分级呈正相关性，也进一步验证上述结果。 $T_2$  mapping序列通过测量 $T_2$ 值定量分析组织病理过程中的水分子变化，能检测组织中水分子的细微变化，判定组织病变程度。 $T_2$  mapping既往常用于检测软骨损伤和退变，及心肌梗死的辅助检查。鉴于其对胶原纤维的密度及水含量变化较为敏感，近年来被用于评估肝纤维化。一项动物研究显示， $T_2$ 值随着肝纤维化的加重而降低，认为 $T_2$ 值可反应肝细胞的炎症损伤程度，从而评估肝功能，原因可能为：肝纤维化早期可引起肝细胞急性损伤，其中以急性炎症水肿为主，而随着病情进展，水肿逐渐减轻，注药后 $T_2$ 值则呈现降低趋势<sup>[16-17]</sup>。本研究通过相关性分析也证实， $T_2$ 值与PLC患者Child-Pugh分级呈负相关，进一步证实 $T_2$  mapping可用于评估PLC患者肝储备功能。

IVIM成像是基于多b值的DWI序列，通过双指数模型计算相关参数，对组织中水分扩散和微血管灌注进行定量分析<sup>[18]</sup>。其中D值代表真弥散系数，可相对真实的展现水分子的弥散状态； $D^*$ 为假性灌注弥散系数，用于反映微循环灌注效应，可体现组织内血流量；f值为灌注分数，反映微循环效应和总扩散效应的比值；ADC为表观弥散系数，反映两种运动诱发的灌注和扩散效应<sup>[19]</sup>。研究发现，肝硬化患者随着肝储备功能下降，ADC、D、 $D^*$ 值、f值均发生显著变化<sup>[20]</sup>。韩家兴<sup>[21]</sup>等认为，肝功能下降导致肝内压力升高，门静脉血流减少，此时为补偿门静脉血流，肝动脉将发生代偿性扩张，促使局部血流量增多，这也是 $D^*$ 值升高的重要机制。与此同时，肝储备功能下降导致肝脏内水分子运动异常，毛细血管中血流运动也发生显著改变，此病理反应可引起肝脏微循环功能障碍，从而导致微循环及弥散相关系数改变<sup>[22]</sup>。本研究也发现，在PLC患者中， $D^*$ 、f值与肝功能Child-Pugh分级呈正相关性，而ADC、D值与Child-Pugh分级呈负相关性，即 $D^*$ 值、f值

升高，ADC、D值降低表明PLC患者肝储备功能下降，证实IVIM成像可用于评估PLC患者肝储备功能。

本研究通过证实普美显增强MRI多模态参数在PLC患者肝脏储备功能的应用价值，为临床实践评估PLC患者手术风险提供了一定数据支持，现阶段，国内仍缺少此类研究成果，本研究具有一定创新性。但本研究尚未计算各参数的敏感度及特异度，未能明确各参数在实际应用中的评估效能，此为本研究局限，今后仍将展开跟踪研究，通过绘制ROC曲线计算各参数的评估效能，丰富研究结果。

总结上述结果，在PLC患者中，普美显增强MRI多模态参数与肝储备功能有关，包括 $T_1$ 、 $T_2$ 、ADC、D、 $D^*$ 、f值在内的多参数均可用于评估肝脏储备功能，协助临床医师评估PLC患者手术风险，指导制定安全有效的治疗方案，改善患者预后。

## 参考文献

- 中华预防医学会肝胆胰疾病预防与控制专业委员会,中国研究型医院学会肝病专业委员会,中华医学会肝病学分会,等.原发性肝癌的分层筛查与监测指南(2020版)[J].中华肿瘤杂志,2021,43(1):83-99.
- 马军伟.TACE联合微波消融治疗不可切除孤立性肝癌的安全性及疗效研究[J].罕少疾病杂志,2022,29(7):62-64.
- Saadat LV,Brajcich BC,Liu Y,et al.Defining the risk of liver failure after minor hepatectomy:a NSQIP analysis of 7029 patients[J].HPB,2020,23(4):551-559.
- 栗雪峰,李建生,马金良,等.肝癌肝切除术后肝功能恢复的影响因素分析及风险预测模型建立[J].中国普通外科杂志,2017,26(7):825-830.
- 中华人民共和国卫生和计划生育委员会医政医管局.原发性肝癌诊疗规范(2017年版)[J].中华消化外科杂志,2017,16(7):635-647.
- Tanaka T,Nishida H,Mie K,et al.Assessment of hepatitis and fibrosis using Gd-EOB-DTPA MRI in dogs[J].Vet Rec Open,2020,7(1):e000371.
- Verlo N,Utpatel K,Haimerl M,et al.Detecting liver fibrosis from Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI:A confirmatory study[J].Sci Rep,2018,8(1):6207.
- 周玮,胡红杰,沈博,等.基于钆塞酸二钠增强磁共振成像影像组学定量评估肝硬化患者肝储备功能的应用价值[J].中国医学科学院学报,2020,42(4):459-467.
- 中华医学学会肝病学分会.肝硬化诊治指南[J].中华肝脏病杂志,2019,27(11):846-865.
- 闫春晓,武利萍,王航宇,等.肝动脉栓塞联合微波消融治疗肝癌的近远期疗效评价[J].罕少疾病杂志,2020,27(5):25-27.
- 白秀艳,孙玉,张楠,等.普美显增强MRI对原发性肝癌诊断和鉴别诊断的临床价值分析[J].肝胆,2018,23(3):271-273.
- Araki K,Harimoto N,Kubo N,et al.Functional remnant liver volumetry using Gd-EOB-DTPA-enhanced magnetic resonance imaging (MRI) predicts post-hepatectomy liver failure in resection of more than one segment-ScienceDirect[J].HPB,2020,22(2):318-327.
- 樊璐璐,谢双双,张坤,等.慢性肝病肝功能正常或Child-Pugh A级患者增强CT与普美显增强MRI诊断HCC流出征象观察期相选择[J].中国临床医学影像杂志,2018,29(11):775-781.
- Obmann VC,Catucci D,Berzigotti A,et al. $T_1$  reduction rate with Gd-EOB-DTPA determines liver function on both 1.5T and 3T MRI[J].Sci Rep,2022,12(1):4716.
- 隋欣孜,王颖轩,刘楷文,等.钆贝葡胺增强T1mapping评价肝功能储备的价值[J].医学影像学杂志,2022,32(1):81-85.
- 汪苍,张香梅,王俊萍.磁共振T1mapping,T2mapping评估大鼠肝纤维化和肝脂肪变性[J].中国医学影像技术,2020,36(2):210-214.
- Yang W,Kim JE,Choi HC,et al. $T_2$  mapping in gadoxetic acid-enhanced MRI:utility for predicting decompensation and death in cirrhosis[J].Eur Radiol,2021,31(11):8376-8387.
- 王旭丽,冯友红,穆玉娟.体素内相干弥散加权成像对肝癌与肝脏局灶性结节增生的鉴别诊断价值[J].癌症进展,2018,16(15):1865-1867.
- Lefebvre T,Hébert M,Bilodeau L,et al.Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MRI for the characterization of inflammation in chronic liver disease[J].Eur Radiol,2021,31(3):1347-1358.
- 张继云,陆健,张学琴,等.Gd-EOB-DTPA增强MRI评估乙肝肝硬化患者肝脏储备功能[J].实用放射学杂志,2017,33(12):1870-1873.
- 韩家兴,张成军,刘桂华.体素内相干弥散加权成像对乙型肝炎肝硬化患者肝功能评估价值[J].中西医结合肝病杂志,2021,31(3):267-270.
- Tosun M,Onal T,Uslu H,et al.Intravoxel incoherent motion imaging for diagnosing and staging the liver fibrosis and inflammation[J].Abdom Radiol,2020,45(1):15-23.

(收稿日期: 2022-05-18) (校对编辑: 谢诗婷)