论著

## 基于MRI动态增强影像 组学鉴别肝硬化基础肝 内结节良恶性的可行性 研究

【摘要】目的 探究磁共振成像(MRI)动态增强影像 组学鉴别肝硬化(LC)基础肝内结节良恶性的可行 性。方法 随机选择2015年1月~2022年6月西安医 学院第二附属医院收治的慢性肝炎并LC患者(80例) 为研究对象,共141个病灶。将病灶按6:4分为训练 组(85个)和测试组(56个),各组病灶病理类型无显 著差异(P>0.05)。所有患者均于术前4周接受MRI检 查。根据病灶的病理结果,分为恶性(89个)和良性 (52个)。分析良恶性病灶的临床影像学特征,并建 立临床影像模型。应用最小绝对收缩和选择运算符 (LASSO)的降维方法获得最优组学特征,应用支持 向量机(SVM)建立影像组学模型。最佳诊断模型通 过比较临床影像模型、基于MRI平扫图像和MRI增 强图像的组学模型的受试者工作特征(ROC)曲线获 得。结果 恶性病灶组与良性病灶组患者的动脉期高 信号、门脉期低/等信号、平衡期低/等信号、肝胆 期低信号差异显著(P<0.05),这4种特征联合的诊断 模型在训练组和测试组的AUC分别为0.861(95%CI: 0.654~1.068)和0.872(95%CI: 0.611~1.133)。影 像组学模型在训练组和测试组的AUC分别为:基 于MRI平扫图像: 0.890(95%CI: 0.681~1.099)和 0.923(95%CI: 0.755~1.091); 基于MRI动态增强图 像: 0.954(95%CI: 0.872~1.036)和0.901(95%CI: 0.746~1.056)。结论 对于鉴别LC基础肝内结节的良 恶性,基于MRI平扫以及动态增强图像获得影像组 学模型是一种高效、非侵入性的诊断方法。这种方 法弥补了传统形态学影像的不足,提高了鉴别诊断 的准确性,辅助临床治疗,进而改善患者预后。其 中基于MRI动态增强图像的影像组学模型的诊断效 能最高。

【关键词】肝硬化;肝内结节;动态增强; 磁共振成像;良恶性病变 【中图分类号】R657.3+1;R445.2 【文献标识码】A DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.09.039

# The Feasibility of Differentiating Benign and Malignant Intrahepatic Nodules in Cirrhosis Based on Dynamic Enhanced MRI

#### WANG Meng-xiang, FAN Jin-chao<sup>\*</sup>.

Department of Imaging, The Second Affiliated Hospital of Xian Medical University, Xi'an 710038, Shaanxi Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the feasibility of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (MRI) in differentiating benign and malignant intrahepatic nodules in liver cirrhosis (LC). Methods Randomly select 80 patients with chronic hepatitis and LC admitted to The Second Affiliated Hospital of Xian Medical University from January 2015 to June 2022 as the study object, with a total of 141 lesions. The lesions were divided into training group (85 lesions) and test group (56 lesions) according to 6:4, and there was no significant difference in pathological types among the groups (P>0.05). All patients received MRI examination 4 weeks before operation. According to the pathological results, the lesions were divided into malignant (89 lesions) and benign (52 lesions). Analyze the clinical imaging characteristics of benign and malignant lesions, and establish a clinical imaging model. The dimension reduction method of least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) was used to obtain the optimal omic features, and support vector machine (SVM) was used to establish the imageomic model. The best diagnostic model was obtained by comparing the receiver operating characteristic (ROC) curves of clinical imaging models, histology models based on MRI plain scan images and MRI enhanced images. Results There were significant differences in arterial phase high signal, portal phase low/equal signal, balance phase low/equal signal and hepatobiliary phase low signal between patients with malignant lesions and patients with benign lesions (P<0.05), and the AUC of the combined diagnostic model of these four characteristics in the training group and the test group was 0.861 (95%CI: 0.654~1.068) and 0.872 (95%CI: 0.611~1.133), respectively. The AUC of the imageomics model in the training group and the test group were: Based on MRI plain scan images: 0.890 (95%CI: 0.681~1.099) and 0.923 (95%CI: 0.755~1.091); Based on MRI dynamic enhanced images: 0.954 (95%CI: 0.872~1.036) and 0.901 (95%CI: 0.746~1.056). Conclusion To differentiate the benign and malignant of LC based intrahepatic nodules, it is an efficient and non-invasive diagnostic method to obtain an imageomic model based on MRI plain scan and dynamic enhanced images. This method makes up for the shortcomings of traditional morphological images, improves the accuracy of differential diagnosis, assists clinical treatment, and thus improves the prognosis of patients. Among them, the diagnostic efficiency of the imageomics model based on dynamic enhanced MRI images is the highest. Keywords: Liver Cirrhosis; Focal Nodular Hyperplasia; Dynamic Enhancement; Magnetic Resonance Imaging; Benign and Malignant Lesions

临床上,肝硬化(liver cirrhosis, LC)较常见,其由一种或多种病因长期或反复作用形成的弥漫性肝病,发病概率逐年上升,临床治疗难度较大<sup>[1-2]</sup>。病理组织学上有广泛的肝细胞坏死、残存肝细胞结节性再生等,破坏了肝小叶结构并形成假小叶,肝脏逐渐变形变硬,进一步发展为LC<sup>[3]</sup>。

在LC发病初期一般难以发现症状,随着病情进展,肝细胞出现损伤,形成不典型增 生性结节,最终发展为肝癌且预后较差<sup>[4]</sup>。因此,早发现并积极治疗对于改善预后十分 重要。当患者发生LC时,需早期鉴别诊断肝脏结节良恶性,以便尽早开展治疗,可有效 改善患者预后。手术病理检查具有创伤性,而影像学检查具有无创、可重复等特点,更 易被患者接受<sup>[5-6]</sup>。大量研究表明<sup>[7-8]</sup>,磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI) 越来越多的被应用于肝脏病灶的鉴别诊断中。目前,临床干预只针对具有影像学典型表 现的病灶,致使部分病灶(直径<2cm)没有尽早的进行干预治疗,影响预后。在此情况 下,对良恶性病灶的术前诊断,临床迫切需要一种新型且准确率较高的影像诊断方法。 作为一种新型影像分析方法,影像组学已被广泛应用于各种肿瘤性病变的研究中,如颅 脑、乳腺等结构<sup>[9]</sup>。传统影像学诊断较为主观,而影像组学弥补了这一判断局限性,减 少了术前侵入性检查,同时又可辅助临床治疗并提供个性化治疗方案。本研究选择慢性 肝炎并LC患者(80例)为研究对象,探究基于MRI平扫和动态增强图像的影像组学对结节 良恶性鉴别的诊断价值,进而判断影像组学能否提高诊断准确率,现将结果报道如下。

#### 1 资料与方法

1.1 一般资料 随机选择2015年1月至2022年6月西安医学院第二附属医院收治的慢性肝炎并LC患者(80例)为研究对象,男49例,女31例;年龄35~80岁,平均(52.316.48)岁; 肝功能Child-Pugh(最低分5分,最高分15分):A级(5~6分)42例、B级(7~9分)38例;乙型肝炎58例、丙型肝炎22例;病灶直径0.6~2.8cm,平均(1.740.58)cm。本研究经我院 医学伦理委员会审核批准,患者及家属均签署知情同意书。

纳入标准:符合慢性肝炎诊断标准<sup>[10-11]</sup>;经过手术病理确诊为LC患者;经手术、穿 刺活检证实结节良恶性;临床资料完整。排除标准:对造影剂过敏;伴有心、脑、肾、 肺等脏器严重疾病;凝血功能障碍。

#### 1.2 研究方法

1.2.1 一般资料收集 年龄、性别、患侧、肝硬化病因、肝功能 Child-Pugh分级、甲胎蛋白(alpha fetal protein, AFP)水平、病 灶病理特征、临床影像特征(由2名从影像学诊断的医师进行图像 分析,有争议时经讨论达成共识,并与病理结果对照)。

1.2.2 影像学检查方法 检查前,禁食超过8h。MRI平扫及动态 增强扫描,对比剂为钆塞酸二钠(gadolinium ethoxybenzyl diethylenetriaminepentaacetic acid,Gd-EOB-DTPA)(德国拜 耳先灵公司,规格10mL/瓶,浓度0.25mol/L),采用GE HDXT MRI扫描仪,取仰卧位,使用8US TORSOPA线圈,FOV 512512 mm;扫描范围:膈顶至肝脏下缘;扫描序列:平扫T<sub>1</sub>WI LAVA-FLEX(TE/TR,1.8/3.8),FS T<sub>2</sub>WI(TE/TR,83/12000);增强T1 LAVA-FLEX;采用钆喷酸葡胺以2mL/s注射给药,再以同样速率 肘部静脉注射20mL生理盐水冲洗。分别于注药后15~20s(动脉 期)、60~70s(门脉期)、180s(平衡期)、1h(肝胆期)进行扫描获取 图像。腹部施加腹压带,以减小伪影。

1.2.3 恶性病灶诊断标准 恶性病灶诊断标准(二者符合其一):(1) 病灶动脉期强化,门脉期或平衡期等信号,肝胆期低信号;(2)病 灶动脉期无明显强化,门脉期或平衡期低信号,肝胆期低信号。 1.2.4 模型建立 采用达尔文医准智能平台(北京),根据有统计学 意义(P<0.05)的临床影像特征建立模型。

影像组学模型:(1)病灶图像分割:定位未知病理结果的病 灶。在T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI、动脉期、门脉期、平衡期及肝胆期,放射科 医师应用达尔文医准智能平台逐层勾画病灶,形成3D感兴趣区; 再由具有十年以上影像诊断经验的放射科医师进行校对,如存在 分歧,则2周后再次勾画病灶范围。(2)提取图像特征:影像特征标 准化,便于计算;提取病灶影像特征:每个序列提取1223个特征 值,包括一阶、2D和3D形状、纹理以及小波特征。(3)特征筛选: 数据平衡:应用weight-blance处理数据;避免过拟合,每个序 列应用最小绝对收缩和选择运算符(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)筛选出最优影像组学特征,同时应用 K交叉验证(k=10)来筛选最优组学参数。(4)建立模型:应用支持向 量机(support vector machine, SVM)的分类学习方法,并获得模 型的曲线下面积(area under curve, AUC)。

**1.3 统计学处理** 应用SPSS 23.0软件对数据进行统计学分析,非 正态分布计量资料 $M(P_{25}, P_{75})$ ,采用Mann-Whitney U检验进行组 间比较;计数资料(%),组间比较采用  $\times$ <sup>2</sup>检验。

临床影像特征统计学分析:单因素分析统计良恶性病灶组临 床及影像特征差异显著(P<0.05)的指标,并将其用于建立模型。 影像组学统计学分析:在达尔文医准智能平台进行所有统计分析 以及影像组学特征提取、降维、模型建立以及结果比较。通过受 试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)评价模型的准确性和稳定性,通过AUC比较模型的诊断效 能,效能最高者即为最佳模型。AUC在<0.7时,诊断价值较低; 0.7~0.9时,中等诊断价值;>0.9时,诊断价值较高。f1评分区间 为0~1,越接近1,表明模型稳定性越高。检验水准α=0.05。 组学评分见公式(1):

RadScore=+1.655×T<sub>2</sub>WI\_wavelet-LHL\_firstorder\_Median+ 1.534×T<sub>2</sub>WI\_wavelet-HLL\_firstorder\_Mean-1.061×T<sub>1</sub>WI\_wavelet-HLL\_firstorder\_Median+ 0.861×T<sub>2</sub>WI\_wavelet-HLL\_firstorder\_Median-0.548×T<sub>1</sub>WI\_wavelet-HLL\_firstorder\_Mean+ 0.278×T<sub>2</sub>WI\_exponential\_glszm\_SmallAreaHighGrayLevelEmphasis-0.278×T<sub>2</sub>WI\_exponential\_glszm\_LowGrayLevelZoneEmphasis-0.278×T<sub>2</sub>WI\_exponential\_glszm\_SizeZoneNonUniformityNormalized-0.278×T<sub>2</sub>WI\_exponential\_ngtdm\_Coarseness-0.013 组学评分见公式(2): RadScore=+0.654×T<sub>1</sub>WI E\_wavelet-HHH\_glrlm\_GrayLevelVariance+

0.550×T<sub>1</sub>WI D\_wavelet-HHH\_gldm\_GrayLevelVariance+ 0.515×T<sub>1</sub>WI D\_wavelet-HHH\_glrlm\_GrayLevelVariance+ 0.513×T<sub>1</sub>WI E\_wavelet-HHH\_glcm\_MaximumProbability+ 0.510×T<sub>1</sub>WI D\_wavelet-HHH\_glcm\_MaximumProbability-0.476×T<sub>1</sub>WI D\_wavelet-HHH\_glrlm\_GrayLevelNonUniformity Normalized-

 $0.464 \times T_1WI E_wavelet-HHL_glrlm_GrayLevelNonUniformity Normalized-$ 

0.438×T<sub>1</sub>WI D\_wavelet-HHH\_glcm\_SumEntropy-

 $0.412 \times T_1WI E_wavelet-HHH_glrlm_GrayLevelNonUniformity Normalized-$ 

0.407×T<sub>1</sub>WI E\_wavelet-HHH\_glcm\_SumEntropy-

 $0.347 \times T_1WIE_wavelet-HHL_glcm_SumEntropy-$ 

 $0.325 \times T_1WID_wavelet-HHL_glcm_SumEntropy-$ 

 $0.281 \times T_1 WI D_wavelet-HHL_glrlm_GrayLevelNonUniformityN ormalized-$ 

0.239×T<sub>1</sub>WI A\_wavelet-HHH\_glcm\_SumEntropy+0.330

#### 2 结 果

**2.1 患者基本情况**患者临床特征汇总,见表1。80例患者共141 个病灶,恶性病灶89个,良性病灶52个。

**2.2 良恶性病灶临床影像特征比较** 恶性病灶组与良性病灶组 患者的年龄、性别、AFP水平、强化"假包膜"均无显著差异 (P>0.05);动脉期高信号、门脉期低/等信号、平衡期低/等信号、 肝胆期低信号差异显著(P<0.05),见表2。典型病例,见图1。

**2.3 临床影像模型** 联合表3中两组差异均有统计学意义 (P<0.05)的指标获得诊断模型的AUC在训练组和测试组分别为 0.861(95%CI: 0.654~1.068)和0.872(95%CI: 0.611~1.133),见 表3和图2。

**2.4 MRI平扫的影像组学模型**应用MRI平扫图像提取的最优组学特征,见图3,组学评分见公式(1),组学模型中训练组和测试组的AUC分别为0.890(95%CI: 0.681~1.099)和0.923(95%CI: 0.755~1.091),见表4和图4。

表1 患者临床特征								
指标	病例(n=80)	病灶(n=141)						
年龄(岁)	52.316.48							
性别[例(%)]								
男	49(61.25)							
女	31(38.75)							
患侧[例(%)]								
左肝	30(37.50)	53(37.59)						
右肝	46(57.50)	81(57.45)						
尾叶	4(5.00) 7(4.96)							
肝硬化病因[例(%)]								
乙型肝炎	58(72.50)							
丙型肝炎	22(27.50)							
肝功能Child-Pugh分级[例(%)]								
A级	42(52.50)							
B级	38(47.50)							
AFP[例(%)]								
>200ng/mL	36(45.00)							
200ng/mL	44(55.00)							
病灶病理特征[例(%)]								
恶性病灶		89(63.12)						
肝细胞肝癌		65(46.10)						
肝内胆管细胞癌		11(7.80)						
混合型肝细胞癌-胆管癌		8(5.67)						
恶性淋巴瘤		3(2.13)						
肝转移瘤		2(1.42)						
良性病灶		52(36.88)						
不典型增生结节		20(14.18)						
肝血管瘤		16(11.35)						
再生结节		10(7.09)						
肝脓肿		2(1.42)						
淋巴滤泡瘤样增生		2(1.42)						
肝腺瘤		2(1.42)						

2.5 MRI增强图像的影像组学模型 应用增强图像提取的最优组学特征,见图5,组学评分见公式(2),影像组学模型中训练组和测试组的AUC分别为0.954(95%CI: 0.872~1.036)和

0.901(95%CI: 0.746~1.056),见表5和图6。通过比较各影像模型的AUC,发现,对于鉴别良恶性病灶,基于MRI增强图像的影像组学模型的诊断效能最高。

主? 收亡影角齿刑的公米诊断动能

	表2 艮悉性病灶	L临床影像符征!	比牧				1X.J 1µ				_	
指标	恶性病灶组	良性病灶组	t/x2值	P值		<u></u>	组	准确性	召回率	f1评分		
1113	(n=89)	(n=52)		. 1		╢	练组					
在脸	51 906 72	52 726 24	0.606	0.546		恶	性病灶	0.97	0.74	0.84		
수정	51.500.72	52.120.24	0.000	0.340		臣	【性病灶	0.51	0.91	0.65		
任列			2.517	0.113		汃	试组					
男	55(61.80)	25(48.08)				迅	性病灶	0.86	0.82	0.84		
女	34(38.20)	27(51.92)				民	性病灶	0.57	0.64	0.60		
AFP[例(%)]			0.706	0.401	表4 影像组学模型的诊断效能			 表5 影像组学模型的诊断效能				
>200ng/mL	51(57.30)	26(50.00)			分组	准确性	召回率	f1评分	分组	准确性	召回率	f1评分
200ng/mL	38(42.70)	26(50.00)			训练组				训练组			
动脉期高信号	67(75.28)	13(25.00)	33.806	< 0.001	恶性病灶	0.92	0.95	0.93	恶性病灶	0.95	0.95	0.95
门脉期低/等信号	65(73.03)	12(23.08)	33.047	< 0.001	良性病灶	0.81	0.74	0.77	良性病灶	0.86	0.76	0.81
平衡期低/等信号	81(91.01)	5(9.62)	91.402	< 0.001	测试组				测试组			
肝胆期低信号	74(83.15)	9(17.31)	58.758	< 0.001	恶性病灶	0.96	0.87	0.91	恶性病灶	0.92	0.89	0.90
强化"假包膜"	20(22.47)	6(11.54)	2.609	0.106	良性病灶	0.68	0.87	0.76	良性病灶	0.71	0.86	0.78



**图1A-图1F** 男, 52岁。(图1A)T,WI显示低信号;(图1B)T,WI显示高信号;(图1C)动态增强MRI动脉期显示明显强化;(图1D)门脉期显示相对低 信号;(图1E)肝胆期显示低信号;(图1F)病理诊断为肝细胞肝癌(HE100倍)





图3 应用LASSO筛选出MRI平扫影像组学特征(横坐标:评分系数;纵坐标:组学特征名称)

图4 SVM模型运行结果

图5 应用LASSO筛选出MRI增强图像的影像组学特征(横坐标:评分系数;纵坐标:组学特征名称)

图6 SVM模型运行结果

#### 3 讨 论

在世界恶性肿瘤发病概率中,肝脏恶性病灶位居第5位,占 肿瘤相关性死亡第3位,患者5年生存概率仅为10%,且发病以及 死亡概率逐年增长<sup>[12]</sup>。因此,肝脏良恶性结节的准确鉴别对临床 治疗以及患者预后均具有十分重要的意义。LC会使得肝脏细胞损 伤,当细胞损伤和修复时,纤维组织包绕再生结节后会造成肝脏 原有结构被大面积破坏,产生结节<sup>[13]</sup>。结节区分为良恶性,早期 鉴别诊断有助于尽早开展针对性的有效治疗。目前,影像学检查 为临床较常用的检查方式。其中MRI检查无射线和损伤,且在肝 脏检查中快速风像序列及动态增强扫描技术的应用日益增多,并 显示出优势<sup>[14-15]</sup>。随着MRI梯度回波序列的开发和应用,使动态 增强扫描成为可能。

本研究结果表明,在鉴别LC基础肝内结节的良恶性上,基于 MRI动态增强图像获得的影像组学模型的诊断效能最高。

在本研究中,从T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI MRI平扫图像中获得最优影像组学 特征,对良恶性病灶的鉴别具有意义。这些特征结合组学评分公 式,表明病灶T2信号越高、T1信号越低、异质性越明显,提示为 恶性病灶的可能性越大。经LASSO降维方法得到增强图像中最优 影像组学特征,包括glrlm\_GrayLevelVariance、glrlm\_GrayLe velNonUniformityNormalized、glcm\_MaximunProbability、 glcm\_SumEntropy,主要反映在平衡期和肝胆期图像中,信号 越均匀,越有可能为恶性;增强动脉期中的glcm\_SumEntropy 特征,反映在动脉期图像中,信号越均匀,越有可能为恶性。本 研究结果发现,基于MRI动态增强图像的影像组学模型较基于MRI 平扫图像的诊断效能更高。徐凡等人<sup>[16]</sup>的研究结果表明,基于 MR早期动态增强构建的影像组学标签对良恶性病变具有较高的鉴 别诊断效能。

恶性病灶组与良性病灶组患者的动脉期高信号、门脉期低/ 等信号、平衡期低/等信号、肝胆期低信号差异显著,这4种特征 联合的诊断模型在训练组和测试组的AUC分别为0.861(95%CI: 0.654~1.068)和0.872(95%CI: 0.611~1.133)。影像组学模 型在训练组和测试组的AUC分别为:基于MRI平扫图像: 0.890(95%CI: 0.681~1.099)和0.923(95%CI: 0.755~1.091); 基于MRI动态增强图像: 0.954(95%CI: 0.872~1.036)和 0.901(95%CI: 0.746~1.056)。通过比较发现,与基于MRI图像 的影像组学模型相比,临床影像特征模型的诊断效能更低。这可 能是由于传统影像特征是主观判断获得。相关研究表明[17],约 27%~34%的恶性病灶表现为缺乏血供,对此类病灶而言,传统 影像无法准确诊断;而影像组学是通过对感兴趣区进行分析计 算,得到的影像特征较稳定、可重复<sup>[18]</sup>,可较全面的反映病灶 细微特征,表现出了较高的准确性和可重复性,为非侵入性诊断 提供了发展前景。在实际工作中,影像组学可弥补主观判断的不 足,为最终诊断增加准确性。

本研究存在一定的局限性:(1)纳入样本量较少;(2)未进行不 同类型肝脏病灶信号强度的比较;(3)在今后的研究中可增加样本 量,以期更加科学的评估动态增强MRI对于肝脏良恶性病灶的鉴 别诊断价值。

综上所述,对于鉴别LC基础肝内结节的良恶性,基于MRI平 扫以及动态增强图像获得影像组学模型是一种高效、非侵入性的 诊断方法。这种方法弥补了传统形态学影像诊断的不足,提高了 鉴别诊断的准确性,辅助临床治疗,进而改善患者预后。其中基 于MRI动态增强图像的影像组学模型的诊断效能较高。

### 参考文献

- [1] Dimitroglou Y, Aggeli C, Alexopoulou A, et al, Left atrial reservoir strain may be a load independent index of diastolic dysfunction in liver cirrhosis patients [J], Eur Heart J-Card Img, 2022, 23 (Supplement\_1): jeab289. 039.
- [2]葛金英,安亚美,王文艳.奥曲肽治疗肝硬化消化道出血的疗效及对血清胆碱酯酶、 氧化应激水平的影响[J].罕少疾病杂志,2023,30(3):43-44,76.
- [3] 庞浩龙, 贡联兵, 肝硬化中成药的合理应用[J], 人民军医, 2017, 60 (11): 1144-1145.
- [4]Lee DU, Fan GH, Karagozian R, S1032The clinical impact of malnutrition on the infectious outcomes of hospitalized patients with cirrhosis and primary liver cancer[J]. Am J Gastroenterol, 2020, 115: S525.
- [5] Nahon P, Najean M, Layese R, et al, Early hepatocellular carcinoma detection using magnetic resonance imaging is cost-effective in high-risk patients with cirrhosis [J]. JHEP Rep, 2022, 4(1):100390.
- [6]谢丽娟,关鉴,王刚.肝硬化结节恶变患者超声,CT,MRI的诊断价值分析[J].中国CT 和MRI杂志,2021,19(4):75-77.
- [7] 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 (5): 59-62.
- [8]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 患者肝脏储备功能的应用价值[J].中国医学科学院学报,2020,42(4):459-467.
- [9]赵莹,刘爱连,武敬君,等,基于增强MRI影像组学术前预测肝细胞癌病理分化程度 [J].中国医学影像学杂志,2021,29(6):570-576.
- [10] 中华医学会肝病学分会,中华医学会感染病学分会,慢性乙型肝炎防治指南(2015年更新版)[J].临床肝胆病杂志,2015,31(12):1941-1960.
- [11] 中华医学会肝病学分会, 丙型肝炎防治指南(2015年更新版) [J/CD]. 中华实验和临床感染病杂志(电子版), 2015, 29(5): 590-607.
- [12] Alexander MS, Sonal Gandhi MD, Nathalie MS, Liver tumor post liver transplantation for hepatitis C cirrhosis: An unusual cause [J]. Gastroent erology, 2022, 163 (1): e5-e6.
- [13] Yang ZL, Guo T, Zhu DL, et al, Risk factors of portal vein thrombosis after splenectomy in patients with liver cirrhosis [J]. Hepatoma Res, 2020, 6: 37.
- [14] 张源,赵香田,王明亮,等,基于动态增强MRI影像组学模型鉴别非肝硬化背景下乏脂肪型肝血 管平滑肌脂肪瘤和甲胎蛋白阴性肝细胞癌的价值[J].中华医学杂志,2022,102(3):196-200.
- [15]毛东伟,余卫民,柴丽娟.多层螺旋CT和磁共振成像对肝细胞癌肿瘤结节的诊断价 值[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(4):96-99.
- [16] 徐凡, 彭丽君, 梁莹莹, 等, 基于MR早期动态增强的影像组学标签鉴别乳腺良恶性病 变的价值 [J], 放射学字践, 2021, 36 (1): 66-70.
- [17] Bolondi L, Gaiani S, Celli N, et al, Characterization of small nodules in cirrhosis by assessment of vascularity: the problem of hypovascular hepatocellular carcinoma [J]. Hepatology, 2005, 42 (1): 27-34.
- [18] 马风玲,姚旭峰,黄钢,基于影像组学的肝癌研究进展[J]. 医学影像学杂志, 2019, 29 (5): 861-864.

(收稿日期: 2022-11-10)