

论 著

术前MRI增强扫描参数与肝细胞癌患者的肿瘤组织学分级和微血管浸润关系*

刘 刚 林伟文 何海奇
林 毅*

联勤保障部队第九〇九医院(厦门大学附属东南医院)放射诊断科(福建 漳州 363000)

【摘要】目的 探讨MRI增强扫描参数与肝细胞癌(hepatocellular carcinoma, HCC)患者的肿瘤组织学分级和微血管浸润(microvascular invasion, MVI)关系。方法 回顾性收集2019年1月至2022年12月期间接受MRI增强扫描的181例患者临床资料。HCC分化程度根据Edmondson-Steiner分级分为低级别肿瘤(I、II级)和高级别肿瘤(III和IV级)。根据MVI发生情况分为MVI阳性组和MVI阴性组。使用多因素Logistic回归模型分析影响MVI和组织学高级别分化的独立危险因素。结果 MVI阳性组118例和MVI阴性组63例,组织学分级低级别组51例和高级别组130例。AFP水平在MVI阳性组和阴性组、低级别组和高级别组中均存在统计学意义($P=0.002$ 和 0.041)。而高级别组肝硬化患者比例较低($P=0.015$)。多因素Logistic回归结果可见存在多个肿瘤($OR=4.252, P=0.000$),肿瘤直径 $\geq 5\text{cm}$ ($OR=5.167, P=0.000$),动脉期瘤周强化($OR=5.156, P=0.000$),肝胆期瘤周低信号($OR=4.163, P=0.000$)是HCC患者发生MVI的独立危险因素,而包膜完整($OR=0.295, P=0.000$)是发生MVI的保护因素。肝硬化($OR=0.873, P=0.000$)包膜完整($OR=0.283, P=0.000$)是保护因素,而多个肿瘤($OR=5.116, P=0.000$),肿瘤形状为分叶状($OR=5.276, P=0.000$)是HCC患者发生病理组织学高级别病变的独立危险因素。结论 术前增强MRI成像参数与HCC患者MVI和组织学分化程度具有一定相关性,对于其预测价值值得进一步研究。

【关键词】肝细胞癌;微血管浸润;组织学分级;核磁共振成像
【中图分类号】R735.7; R445.2
【文献标识码】A
【基金项目】福建省医学创新课题项目(2018-CX-35)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.02.031

Relationship between MRI Parameters and Tumor Histological Grading and Microvascular Infiltration in Hepatocellular Carcinoma Patients*

LIU Gang, LIN Wei-wen, HE Hai-qi, LIN Yi*.
Department of Radiological Diagnosis, The 909th Hospital Dongnan Hospital of Xiamen University, Zhangzhou 363000, Fujian Province, China

ABSTRACT
Objective To investigate the relationship between MRI enhanced scanning parameters and tumor histological grading and microvascular invasion (MVI) in patients with hepatocellular carcinoma (HCC).
Methods Clinical data of 181 patients who underwent enhanced MRI scans from January 2019 to December 2022 were retrospectively collected. They were divided into the low-grade tumors (Grade I, II) and the high-grade tumors (Grade III and IV) based on Edmondson-Steiner Grading. And also were divide into the MVI positive group and the MVI negative group based on the occurrence of MVI. Multivariate logistic regression model were used to analyze independent risk factors of MVI and high-grade histological differentiation. **Results** There were 118 cases in the MVI positive group and 163 cases in the MVI negative group, as well as 51 cases in the low-grade group and 130 cases in the high-grade group. The AFP levels were statistically significant in the MVI positive and the MVI negative groups, as well as in the low-grade and high-grade groups ($P=0.002$ and 0.041). The proportion of patients with liver cirrhosis in the high-grade group is relatively low ($P=0.015$). The results of multivariate logistic regression showed that the presence of multiple tumors ($OR=4.252, P=0.000$), tumor diameter $\geq 5\text{cm}$ ($OR=5.167, P=0.000$), arterial phase peritumoral enhancement ($OR=5.156, P=0.000$), and low signal intensity ($OR=4.163, P=0.000$) were independent risk factors for MVI in HCC patients, while intact capsule ($OR=0.295, P=0.000$) was a protective factor for MVI. Liver cirrhosis ($OR=0.873, P=0.000$) with intact capsule ($OR=0.283, P=0.000$) is a protective factor, while multiple tumors ($OR=5.116, P=0.000$) with lobulated tumor shape ($OR=5.276, P=0.000$) are independent risk factors for high-grade histopathological changes in HCC patients. **Conclusion** There is a certain correlation between preoperative enhanced MRI imaging parameters and MVI and histological differentiation in HCC patients, and its predictive value is worth further research.
Keywords: Hepatocellular Carcinoma; Microvascular Infiltration; Histological Grading; Magnetic Resonance Imaging

肝细胞癌(hepatocellular carcinoma, HCC)的组织病理学分级是影响患者生存时间、复发和转移的最重要因素之一^[1-2]。与高分化或中分化HCC相比,低分化HCC预后较差,复发率较高。肝活检是HCC治疗前进行病理分级的唯一方法和金标准。然而,由于肝组织活检存在具有侵袭性、采样误差、导致肿瘤转移和出血等问题,术前活检应用受到限制^[3-4]。术前使用无创、安全、准确地影像技术评估HCC的病理分级,有助于临床医生制定治疗方法、早期预测患者预后^[5]。微血管浸润(microvascular invasion, MVI)是预测HCC患者手术切除后早期复发关键因素^[6-7]。因此,确定术前能够准确预测诊断MVI的影像学参数具有积极意义。目前, MRI放射组学、扩散加权成像及其他成像技术已经用于预测HCC的组织学分级,也有部分研究使用不同成像技术来预测HCC的MVI^[8-10]。但目前研究中发现影像学检查对HCC患者MVI的判断异质性较大,甚至存在完全相反的结论。基于此,本研究根据目前的研究进展,通过结合患者临床资料、实验室检查结果和MRI增强扫描参数分析与HCC患者组织学分级和MVI的关系,以期进一步明确MRI增强扫描对MVI和组织学分级的判断价值,并为HCC患者预后判断提供帮助。

1 资料与方法

1.1 临床资料收集 回顾性收集2019年1月至2022年12月我院收治的接受MRI增强扫描的181例患者临床资料。

纳入标准: 年龄18-80岁, 患者接受手术治疗, 病理结果明确; Gd-BOPTA增强MRI扫描包括: 动脉期、门脉期、实质期和肝胆期; MRI检查已在手术前一周内完成; MRI检查前未接受TACE、新辅助化疗等其他治疗。排除标准: 合并肝脓肿; MRI图像伪影严重影响判读; HCC直径 $<1\text{cm}$ 影响观察病灶中央、周围信号情况者。本研究开始前经过我院伦理委员会批准。

1.2 临床资料及MRI影像学收集 收集患者的性别、年龄、甲胎蛋白(alpha-fetoprotein, AFP)、乙肝表面抗原(HBsAg)、乙肝e抗原(HBeAg)和是否存在肝硬化。

收集患者MRI检查资料信息, 所有患者均使用8通道腹部表面线圈, 造影剂均使用 0.1mmol/kg 的钆贝葡胺注射液。收集患者动脉期、门脉期、实质期和肝胆期的MRI参数。其中动脉期的增强扫描时间为22-25s, 门脉期为50-60s, 延迟期为90-

【第一作者】刘 刚, 男, 住院医师, 主要研究方向: 腹部影像诊断。E-mail: liugang572677@163.com
【通讯作者】林 毅, 男, 副主任医师, 主要研究方向: CT与MRI腹部影像诊断。E-mail: linyi05910592@163.com

120 s。轴位T₁WI：采用梯度双回波序列，呼吸结束时屏住呼吸，TR/TE=140/2.4ms，层厚=6mm，层间距=1.2mm，矩阵=256×78。轴位T₂WI：进行快速自旋回波呼吸门控和脂质抑制，TR/TE=2000/95ms，层厚=6mm，层间距=1.2mm，矩阵=320×79。DWI序列：b=50、400、800s/mm²。呼吸门控扫描：TR/TE=8400/64ms，层厚=6mm，层间距=1.2mm，矩阵=130×80。三维多期动态增强扫描，TR/TE：4.19/1.47，层厚：3，矩阵：320×70，视野：40×40cm。

1.3 MRI图像分析 图像分析由两名经验丰富的肝脏影像诊断医生对患者MRI征象进行了评估，且评估前对患者的临床信息不知情。主要收集HCC的直径、边缘、包膜、含脂质成分情况，增强扫描中的动脉期边缘强化、瘤周强化，肝胆肿瘤低信号和肿瘤低信号情况。

根据LI-RADS-2017^[11]和《原发性肝癌诊疗规范(2019年版)》

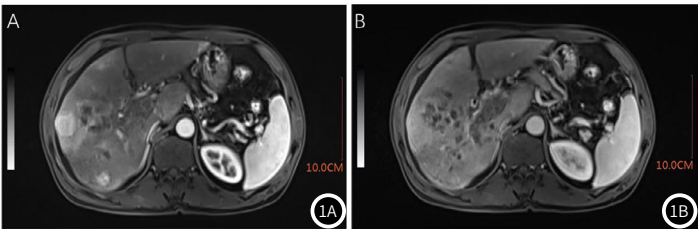


图1A-图1B 一例50岁男性，发生MVI的低级别HCC患者MRI图片。图1A GD-BOPTA增强MRI动脉期肝右叶病灶不均匀增强；图1B 肝胆期肿瘤边缘不光滑、瘤周低信号。

^[3]，测量包括包膜在内的肿瘤最大层的最长直径。对于多发性病变，仅记录最大肿块的直径。肝癌病灶内脂肪超过5%以上成分的脂肪信号定义为脂质阳性。

1.4 病理结果定义及分组 HCC组织学分化程度根据Edmondson-Steiner四级分级法由轻到重分为I、II、III和IV级，并定义I、II级为低级别肿瘤。III和IV级为高级别肿瘤^[12]。

MVI为显微镜下观察到内皮细胞衬覆的血管腔内存在肿瘤细胞巢团，且癌细胞≥50。其中MVI分级为，M0：未发现MVI；M1(低危组)：≤5个MVI，且生在肿瘤附近(≤1cm)肝组织中；M2(高危组)：>5个MVI或MVI发生在远处(>1cm)肝组织。由于本研究中M2病例数很少，因此M1和M2合并为MVI阳性组，M0为MVI阴性组。

1.5 统计分析 全部数据使用SPSS 22软件进行统计分析。计量资料以平均值±标准差表示，组间差异分析使用t检验。计数资料以例数(百分比)表示，组间差异分析使用 χ^2 检验。使用多因素Logistic回归模型分析影响MVI和组织学高级别分化的独立危险因素。P<0.05为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 患者一般资料情况 全部181例患者中MVI阳性组118例和MVI阴性组63例，组织学分级低级别组51例和高级别组130例。比较不同分组的HCC患者临床资料可见，AFP水平在中MVI阳性组和阴性组、低级别组和高级别组中的均存在统计学意义(P=0.002和0.041)。而组织学分级中高级别组肝硬化比例较低(P=0.015)。其他资料差异无统计学意义，详见表1。

表1 不同MVI和病理组织学分级患者临床资料对比

项目	例数	MVI阳性(n=118)	MVI阴性(n=63)	t/ χ^2	P	低级别组(n=51)	高级别组(n=130)	t/ χ^2	P
年龄	181	54.34±10.57	53.38±10.73	0.579	0.563	52.25±10.61	54.68±10.59	1.388	0.167
HBsAg				2.613	0.106			0.165	0.684
阴性	28	22(18.64)	6(9.52)			7(13.73)	21(16.15)		
阳性	153	96(81.36)	57(90.48)			44(86.27)	109(83.85)		
HBeAg				0.137	0.711			1.179	0.278
阴性	121	80(67.8)	41(65.08)			31(60.78)	90(69.23)		
阳性	60	38(32.2)	22(34.92)			20(39.22)	40(30.77)		
肝硬化				0.364	0.546			5.964	0.015
否	48	33(27.97)	15(23.81)			7(13.73)	41(31.54)		
是	133	85(72.03)	48(76.19)			44(86.27)	89(68.46)		
AFP(ng/L)				12.530	0.002			6.386	0.041
<20	83	64(54.24)	19(30.16)			31(60.78)	52(40.00)		
20-400	60	37(31.36)	23(36.51)			12(23.53)	48(36.92)		
≥400	38	17(14.41)	21(33.33)			8(15.69)	30(23.08)		

2.2 不同HCC特征患者MRI影像学资料比较 与MVI阴性组相比，MVI阳性组中肿瘤数量多个的比例更高(P=0.005)，肿瘤直径≥5肿瘤比例更高(P=0.032)，包膜不完整或缺如比例更高(P=0.023)，动脉期边缘强化比例更高(P=0.002)，动脉期瘤周强化比例更高(P=0.000)，肿瘤边缘不平滑比例更高(P=0.000)，肝胆期瘤周低信号比例更高(P=0.005)。

与低级别组相比，高级别组肿瘤数量多个的比例更高(P=0.030)，包膜不完整或缺如比例更高(P=0.014)，HCC形态差异有统计学意义(P=0.047)。详见表2。

2.3 MRI参数与MVI和病理组织学分级关系的Logistic回归分析 将表1和表2中MVI阳性组与MVI阴性组单因素比较存在差异因素

纳入多因素Logistic回归，结果可见存在多个肿瘤(OR=4.252, P=0.000)，肿瘤直径≥5cm(OR=5.167, P=0.000)，动脉期瘤周强化(OR=5.156, P=0.000)，肝胆期瘤周低信号(OR=4.163, P=0.000)是HCC患者发生MVI的独立危险因素，而包膜完整(OR=0.295, P=0.000)是发生MVI的保护因素。

对于病理组织学高级别病变的多因素Logistic回归结果可见，肝硬化(OR=0.873, P=0.000)包膜完整(OR=0.283, P=0.000)是保护因素，而多个肿瘤(OR=5.116, P=0.000)，肿瘤形状为分叶状(OR=5.276, P=0.000)是HCC患者发生病理组织学高级别病变的独立危险因素。

表2 不同MVI和病理组织学分级患者MRI特征情况对比

项目	例数	MVI阳性(n=118)	MVI阴性(n=63)	χ^2	P	低级别组(n=51)	高级别组(n=130)	χ^2	P
肿瘤数量				7.877	0.005			4.721	0.030
单个	149	104(88.14)	45(71.43)			47(92.16)	102(78.46)		
多个	32	14(11.86)	18(28.57)			4(7.84)	28(21.54)		
肿瘤直径(cm)				4.607	0.032			0.000	0.998
<5	135	94(79.66)	41(65.08)			38(74.51)	97(74.62)		
≥5	46	24(20.34)	22(34.92)			13(25.49)	33(25.38)		
包膜				5.207	0.023			6.200	0.013
不完整或缺如	121	72(61.02)	49(77.78)			27(52.94)	94(72.31)		
完整	60	46(38.98)	14(22.22)			24(47.06)	36(27.69)		
脂质				0.259	0.611			2.918	0.088
否	125	83(70.34)	42(66.67)			40(78.43)	85(65.38)		
是	56	35(29.66)	21(33.33)			11(21.57)	45(34.62)		
动脉期边缘强化				10.024	0.002			0.626	0.429
否	98	74(62.71)	24(38.1)			30(58.82)	68(52.31)		
是	83	44(37.29)	39(61.9)			21(41.18)	62(47.69)		
动脉期瘤周强化				26.108	0.000			0.877	0.349
否	156	113(95.76)	43(68.25)			42(82.35)	114(87.69)		
是	25	5(4.24)	20(31.75)			9(17.65)	16(12.31)		
肿瘤边缘				13.872	0.000			0.010	0.919
平整	77	62(52.54)	15(23.81)			22(43.14)	55(42.31)		
不平滑	104	56(47.46)	48(76.19)			29(56.86)	75(57.69)		
肝胆期肿瘤低信号				0.744	0.388			2.103	0.147
是	165	106(89.83)	59(93.65)			44(86.27)	121(93.08)		
否	16	12(10.17)	4(6.35)			7(13.73)	9(6.92)		
肝胆期瘤周低信号				17.882	0.000			1.439	0.230
否	150	108(91.53)	42(66.67)			45(88.24)	105(80.77)		
是	31	10(8.47)	21(33.33)			6(11.76)	25(19.23)		
肿瘤形状				0.810	0.847			7.938	0.047
圆形	60	41(34.75)	19(30.16)			24(47.06)	36(27.69)		
椭圆	22	15(12.71)	7(11.11)			7(13.73)	15(11.54)		
分叶状	67	42(35.59)	25(39.68)			12(23.53)	55(42.31)		
不规则	52	32(27.12)	20(31.75)			8(15.69)	24(18.46)		

表3 HCC患者发生MVI的多因素Logistic回归分析

影响因素	β	SE	Wald值	P值	OR	95%CI
肿瘤数量(多个=1)	1.447	0.315	21.113	0.000	4.252	2.293-7.883
肿瘤直径(≥5cm=1)	1.642	0.409	16.123	0.000	5.167	2.317-11.51
包膜(完整=1)	-1.221	0.323	14.285	0.000	0.295	0.156-0.555
动脉期边缘强化(是=1)	0.479	0.418	1.315	0.377	1.615	0.711-3.664
动脉期瘤周强化(是=1)	1.640	0.147	124.491	0.000	5.156	3.865-6.877
肿瘤边缘(不平滑=1)	1.328	0.203	42.771	0.000	3.772	2.533-5.615
肝胆期瘤周低信号(是=1)	1.426	0.061	546.667	0.000	4.163	3.693-4.691
AFP(<20ng/L=1)						
20-400	0.594	0.363	2.682	0.146	1.812	0.889-3.691
≥400	0.864	0.46	3.526	0.082	2.372	0.962-5.843

表4 HCC患者发生病理组织学高级别病变的多因素Logistic回归分析

影响因素	β	SE	Wald值	P值	OR	95%CI
肝硬化(是=1)	-0.136	0.146	0.865	0.514	0.873	0.655-1.162
肿瘤数量(多个=1)	1.632	0.391	17.430	0.000	5.116	2.377-11.00
包膜(完整=1)	-1.262	0.323	15.273	0.000	0.283	0.150-0.533
肿瘤形状(圆形=1)						-
椭圆	0.980	0.526	3.473	0.085	2.665	0.950-7.472
分叶状	1.663	0.403	17.032	0.000	5.276	2.394-11.62
不规则	0.783	0.732	1.144	0.424	2.188	0.521-9.186
AFP(<20ng/L=1)						-
20-400	0.221	0.412	0.287	0.766	1.247	0.556-2.796
≥400	0.578	0.326	3.147	0.106	1.783	0.941-3.377

3 讨论

存在MVI的HCC通常肿瘤分期较晚、疾病进展较快、预后相对较差。已经有报道, MVI阳性患者的术后复发率是MVI阴性患者的4.4倍^[13]。因此, 临床中对HCC患者的MVI评估对治疗方案指定和患者预后都具有重要意义。与大血管浸润相比, MVI为HCC肿瘤侵袭轻微表现, 属于组织病理学诊断的范畴, 影像学检查具有一定难度^[14]。另一方面, HCC的组织学分类也是影响手术治疗效果、患者术后复发和生存时间的重要因素。本研究通过分析HCC术前MRI特征与MVI和组织学分类之间的相关性, 可能对临床医生的临床决策提供一定帮助。

近年来已有研究使用CT、MRI及超声造影等多种影像学特征用于MVI预测, 以帮助临床医生在术前制定治疗计划。但由于目前不同研究的样本量差异和纳入HCC患者资料不同导致预测MVI的影像学资料一直存在差异和争议, 预测微血管浸润的诊断性能也十分多变, 且结果并不令人满意^[15]。本研究我们纳入的HCC患者术前资料比较发现, 肿瘤直径(>5cm)、肿瘤数(多发)、HBsAg阳性、包膜(不完整或缺如)、动脉期瘤周强化和肿瘤边缘(不平滑)是预测MVI的独立危险因素。既往研究中, Lei等人^[16]表明HCC患者的MVI发生与肿瘤直径、多发结节、包膜不完整、AFP>20ng/mL、血小板计数和HBV高DNA载量高度相关。这与本研究结果具有一定类似。姚蓬等近年来也报道了, 术前CT或MRI肝癌边缘模糊、瘤内动脉和低密度/信号环、门脉分支癌栓及弥散系数对HCC患者MVI发生具有较高预测价值^[17]。造成HCC患者动脉期瘤周强化的原因可能是在微血管浸润的瘤周区域, 肿瘤细胞引起小的门静脉分支闭塞, 从而导致局部门静脉血流量减少和代偿性动脉过度灌注^[18]。肿瘤边缘的不均匀可能与多个HCC病灶融合具有一定关系, 既往研究也报道了与边缘光滑的HCC患者相比, 肿瘤边缘(不平滑)者MVI发生率更高^[16]。

目前已经出现了多个关于使用双指数模型体系不相干运动扩散加权成像(IVIM-DWI)、常规DWI和磁共振扩散峰度成像等定量分析技术预测HCC组织学分级的报道^[19-20]。大多数研究也证明了ADC值与HCC组织学分级之间的相关性, 但对大多数HCC患者来讲, ADC值的差异并不明显, 仅在高分化HCC与低分化HCC中存在较大差异。甚至有研究报道, HCC患者组织学分级与ADC值之间没有相关性^[15]。由此可见, 单纯利用影像学资料预测MVI或组织学分级可能具有一定局限性。基于此, 本研究纳入了HCC的临床数据、实验室检查特征及MRI成像资料构成分析HCC的组织学分级的影响因素。结果可见HCC患者的肿瘤数(多发性)、肝硬化、包膜(不完整或缺如)和肿瘤形状是预测高级别HCC的独立危险因素。

本文也存在以下研究不足: 首先本研究为单中心的回顾性研究, 仅纳入了具有MRI检查资料的患者, 可能存在一定选择偏倚; 其次, 受限于研究设计和资料完整性, 未纳入DWI及其他运动扩散加权成像检查序列资料。尤其近年来新兴的IVIM-DWI检查可能是今后预测MVI发生的研究方向, 值得进行大样本前瞻性多中心进一步研究。

综上所述, 本研究发现术前增强MRI成像参数与HCC患者MVI和组织学分化程度具有一定相关性, 对于其预测价值值得进一步研究。

参考文献

- [1] Li Z, Fang J, Chen S, et al. Risk model developed based on necroptosis predicts overall survival for hepatocellular carcinoma and identification of possible therapeutic drugs[J]. *Front Immunol*, 2022, 13: 870264.
- [2] 中国抗癌协会肝癌专业委员会. 中国肝癌多学科综合治疗专家共识[J]. *肝癌电子杂志*, 2020, 7(4): 2-8.
- [3] 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]. *中国临床医学*, 2020, 27(1): 140-156.
- [4] 吕小斌, 罗和生. 肝穿刺活检的临床意义[J]. *胃肠病学和肝病杂志*, 2020, 29(10): 1192-1196.
- [5] 罗铎, 欧志涛, 黄韞, 等. 原发性肝癌患者血清AFP、AFP-L3、PIVKA-II水平及与病理特征和预后的关系分析[J]. *现代消化及介入诊疗*, 2022, 27(2): 140-143.
- [6] Zheng Z, Guan R, Jianxi W, et al. Microvascular invasion in hepatocellular carcinoma: a review of its definition, clinical significance, and comprehensive management[J]. *J Oncol*, 2022, 2022: 9567041.
- [7] Li J, Yang F, Li J, et al. Postoperative adjuvant therapy for hepatocellular carcinoma with microvascular invasion[J]. *World J Gastrointest Surg*, 2023, 15(1): 19-31.
- [8] 王芳. 不同病理分级肝癌患者化学位移效应的MRI同反相位成像特征及病理诊断应用分析[J]. *内科*, 2022, 17(1): 109-110, 119.
- [9] 王静, 征锦, 孙骏, 等. 钆塞酸二钠增强MRI对肝细胞癌微血管侵犯及其分级的预测价值[J]. *磁共振成像*, 2021, 12(12): 79-83, 88.
- [10] 于巍伟, 于卫永, 刘坤, 等. MRI多期动态对比增强灌注参数与原发性肝癌患者微血管密度、病理分级的关联[J]. *中西医结合肝病杂志*, 2021, 31(2): 161-164.
- [11] Elsayes KM, Hooker JC, Agrons MM, et al. 2017 version of LI-RADS for CT and MR imaging: an update[J]. *Radiographics*, 2017, 37(7): 1994-2017.
- [12] Gao Q, Zhu H, Dong L, et al. Integrated proteogenomic characterization of HBV-related hepatocellular carcinoma[J]. *Cell*, 2019, 179(2): 561-577. e22.
- [13] Allaire M, Goumard C, Lim C, et al. New frontiers in liver resection for hepatocellular carcinoma[J]. *JHEP Rep*, 2020, 2(4): 100134.
- [14] Zhang X, Li J, Shen F, et al. Significance of presence of microvascular invasion in specimens obtained after surgical treatment of hepatocellular carcinoma[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2018, 33(2): 347-354.
- [15] Min JH, Lee MW, Park HS, et al. Interobserver variability and diagnostic performance of gadoxetic acid-enhanced MRI for predicting microvascular invasion in hepatocellular carcinoma[J]. *Radiology*, 2020, 297(3): 573-581.
- [16] Lei Z, Li J, Wu D, et al. Nomogram for preoperative estimation of microvascular invasion risk in hepatitis b virus-related hepatocellular carcinoma within the milan criteria[J]. *JAMA Surg*, 2016, 151(4): 356-363.
- [17] 姚蓬, 黎学兵, 李小军. CT及MRI影像学检查对原发性肝癌患者微血管浸润的诊断价值[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2021, 19(1): 117-119.
- [18] Yang L, Gu D, Wei J, et al. A radiomics nomogram for preoperative prediction of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma[J]. *Liver Cancer*, 2019, 8(5): 373-386.
- [19] Nasu K, Kuroki Y, Tsukamoto T, et al. Diffusion-weighted imaging of surgically resected hepatocellular carcinoma: imaging characteristics and relationship among signal intensity, apparent diffusion coefficient, and histopathologic grade[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 193(2): 438-444.
- [20] Wang GZ, Guo LF, Gao GH, et al. Magnetic resonance diffusion kurtosis imaging versus diffusion-weighted imaging in evaluating the pathological grade of hepatocellular carcinoma[J]. *Cancer Manag Res*, 2020, 12: 5147-5158.

(收稿日期: 2023-04-12)

(校对编辑: 孙晓晴)