doi:10.11659/jjssx.02E026101

·临床研究·

多参数MRI对肿块型肝内胆管癌术前微血管侵犯的预测价值

邱 巍,温 茹,陈家飞,官 宇 (陆军军医大学第一附属医院放射科,重庆 400038)

[摘 要] **目的** 探究多参数MRI预测肿块型肝内胆管癌(IMCC)术前微血管侵犯(MVI)的临床价值。**方法** 回顾性分析2023年7月至2025年2月在我院接受根治性肝切除术的78例IMCC患者的临床及影像学资料,根据术后病理结果分为MVI阳性组(n=21)和MVI阴性组(n=57)。比较2组患者临床资料、肿瘤MRI特征。采用单因素与多因素*Logistic*回归分析2组患者发生MVI的独立影响因素,采用受试者工作特征(ROC)曲线评估多参数MRI的预测效能。**结果** 2组患者性别、年龄、慢性乙肝/肝硬化病史、肿瘤分级、甲胎蛋白(APF)、肝功能指标比较,差异无统计学意义(P>0.05);2组肿瘤标志物癌胚抗原(CEA)>5 ng/mL、糖类抗原19-9(CA19-9)>37 U/mL的患者比例比较,差异有统计学意义(P<0.05);2组患者肿瘤最大径、多灶性肿瘤比例、肿瘤边缘不规则比例、表观扩散系数(ADC)值及富血供型强化比例比较,差异有统计学意义(P<0.05)。单因素分析显示,CEA>5 ng/mL、CA19-9>37 U/mL、肿瘤最大径>5 cm、多灶性肿瘤、肿瘤边缘不规则、富血供型强化、ADC值升高与MVI发生相关(P<0.05)。多因素Logistic回归分析显示,多灶性肿瘤、肿瘤边缘不规则、ADC值升高是MVI的独立预测因素(P<0.05)。ROC曲线显示,多灶性肿瘤、肿瘤边缘不规则、ADC值预测MVI的曲线下面积(AUC)分别为0.784、0.808、0.825,ADC值的最佳截断值为1.47×10^{-3} mm^2/s,三者联合预测的AUC为0.895(95%*CI*:0.821~0.962)、敏感度为85.71%、特异度为82.46%,预测效能显著优于任意单一指标(P<0.05)。**结论** 多灶性肿瘤、肿瘤边缘不规则、ADC值>1.47×10^{-3} mm^2/s是IMCC患者术前MVI的重要预测指标,临床可结合MRI此类特征提高MVI术前预测准确性,为手术方案制定及预后评估提供可靠依据。

[关键词] MRI;肿块型肝内胆管癌;微血管侵犯;预测价值
[中图分类号] R445.2 [文献标志码] A [收稿日期] 2026-02-25

Predictive value of multi-parametric MRI for preoperative microvascular invasion in mass-forming intrahepatic cholangiocarcinoma

QIU Wei, WEN Ru, CHEN Jia-fei, GUAN Yu (Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Army Medical University, Chongqing 400038, China)

Abstract: Objective To investigate the clinical value of multi-parametric MRI in predicting preoperative microvascular invasion

[基金项目] 陆军军医大学第一附属医院博庆创新基金(2024BQCXJJ-8)

[14] Shahi P, Subramanian T, Tuma O, et al. Temporal trends of improvement after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2025, 50(2): 81-87. doi: 10.1097/brs.0000000000005024.
[15] Huang J, Rabin EE, Stricsek GP, et al. Outcomes and complications of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion in the elderly: a systematic review and meta-analysis[J]. J Neurosurg Spine, 2022, 36(5): 741-752. doi: 10.3171/2021.7.Spine21829.
[16] Basques BA, Anandasivam NS, Webb ML, et al. Risk factors for blood transfusion with primary posterior lumbar fusion[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2015, 40(22): 1792-1797. doi: 10.1097/brs.0000000000001047.
[17] Kim BD, Hsu WK, De Oliveira GS Jr, et al. Operative duration as an independent risk factor for postoperative complications in single-level lumbar fusion: an analysis of 4588 surgical cases[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2014, 39(6): 510-520. doi: 10.1097/brs.0000000000000163.
[18] Fan SW, Hu ZJ, Fang XQ, et al. Comparison of paraspinal muscle injury in one-level lumbar posterior inter-body fusion: modified minimally invasive and traditional open approaches[J]. Orthop Surg, 2010, 2(3): 194-200. doi: 10.1111/j.1757-7861.2010.00086.x.
[19] Bovonratwet P, Samuel AM, Mok JK, et al. Minimally invasive lumbar decompression versus minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for treatment of low-grade lumbar degenerative spondylolisthesis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2022, 47(21): 1505-1514. doi: 10.1097/brs.0000000000004432.
[20] Heemskerk JL, Oluwadara Akinduro O, Clifton W, et al. Long-term clinical outcome of minimally invasive versus open single-level transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar diseases: a meta-analysis[J]. Spine J, 2021, 21(12): 2049-2065. doi: 10.1016/j.spinee.2021.07.006.
[21] Narain AS, Parrish JM, Jenkins NW, et al. Risk factors for medical and surgical complications after single-level minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion[J]. Int J Spine Surg, 2020, 14(2): 125-132. doi: 10.14444/7018.
[22] Buyuk AF, Shafa E, Dawson JM, et al. Complications with minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis in the obese population[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2019, 44(23): E1401-E1408. doi: 10.1097/brs.0000000000003160.

(编辑:贺绍梅)

(MVI) in mass-forming intrahepatic cholangiocarcinoma (IMCC). **Methods** The clinical and imaging data of 78 patients with IMCC who underwent radical hepatectomy at our hospital from July 2023 to February 2025 were retrospectively analyzed. According to postoperative pathological results, the patients were divided into the MVI-positive group (n=21) and the MVI-negative group (n=57). Clinical data and tumor MRI features were compared between the two groups. Univariate and multivariate Logistic regression analyses were used to identify the independent influencing factors for MVI in the two groups. Receiver operating characteristic (ROC) curves were used to evaluate the predictive performance of multi-parametric MRI. **Results** There were no statistically significant differences between the two groups in terms of gender, age, history of chronic hepatitis B/cirrhosis, tumor grade, alpha-fetoprotein (AFP), or liver function indicators (P>0.05). There were statistically significant differences between the two groups in the proportions of patients with tumor markers carcinoembryonic antigen (CEA) > 5 ng/mL and carbohydrate antigen 19-9 (CA19-9) > 37 U/mL (P<0.05). There were statistically significant differences in maximum tumor diameter, proportion of multifocal tumors, proportion of irregular tumor margins, apparent diffusion coefficient (ADC) values, and proportion of hypervascular enhancement between the two groups (P<0.05). Univariate analysis showed that CEA>5 ng/mL, CA19-9>37 U/mL, maximum tumor diameter >5 cm, multifocal tumors, irregular tumor margins, hypervascular enhancement, and elevated ADC values were associated with the occurrence of MVI (P<0.05). Multivariate Logistic regression analysis showed that multifocal tumors, irregular tumor margins, and elevated ADC values were the independent predictors of MVI (P<0.05). ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) of multifocal tumors, irregular tumor margins, and ADC values for predicting MVI were 0.784, 0.808, and 0.825, respectively. The optimal cutoff value of ADC was 1.47×10^{-3} mm^2/s. The AUC of the combined prediction of the three indicators was 0.895 (95%*CI*: 0.821 to 0.962), with a sensitivity of 85.71% and a specificity of 82.46%, demonstrating significantly better predictive performance than any single indicator alone (P<0.05). **Conclusion** Multifocal tumors, irregular tumor margins, and ADC value >1.47×10^{-3} mm^2/s are important predictors of preoperative MVI in patients with IMCC. Clinically, combining these MRI features can improve the accuracy of preoperative MVI prediction and provide a reliable basis for surgical planning and prognosis evaluation.

Keywords: MRI; mass-forming intrahepatic cholangiocarcinoma; microvascular invasion; predictive value

肝内胆管癌(intrahepatic cholangiocarcinoma,ICC)是起源于胆管上皮的高度侵袭性恶性肿瘤,发病率居原发性肝癌第二位且逐年递增[1]。肿块型肝内胆管癌(intrahepatic mass-forming cholangiocarcinoma, IMCC)是ICC最常见的亚型,占ICC的60%~90%[2]。目前R0切除是IMCC唯一可能治愈的手段,但其R0切除率仅为20%~40%,且即使R0切除,术后复发率仍较高(50%~70%)[3]。微血管侵犯(microvascular invasion, MVI)是影响术后复发的关键独立危险因素[4],伴有MVI的患者术后1~2年复发率显著升高[5]。MVI是肿瘤细胞进入血液循环的早期表现,其术前精准评估对手术方案制定及辅助治疗决策至关重要[6]。当前临床上确诊MVI通常依赖于术后病理,故难以用于术前诊疗决策。而MRI凭借多序列成像优势、良好的软组织分辨力以及功能学评估能力,在肿瘤组织特征评估中显示出重要价值[7]。MRI能够更清晰地显示肿瘤的大小、边界、内部结构,以及肿瘤的微循环灌注变化和水分子扩散运动异常,这些影像学特征通常与肿瘤的侵袭性、血管侵犯程度等生物学特性密切相关,为术前间接判断MVI状态提供影像学依据[8]。基于此,开展MRI对IMCC患者术前MVI的预测价值研究,对降低IMCC术后复发率、提升患者生存预后具有重要意义,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析2023年7月至2025年2月在我院接受根治性肝切除术的78例IMCC患者的临床及影像资料。根据病理结果将患者分为MVI阳性组(n=21)与MVI阴性组(n=57)。纳入标准[9]:①术后病理证实为IMCC且明确MVI状态;②术前1个月内行上腹部MRI平扫、DWI及增强扫描,图像质量满足诊断;③术前未接受抗肿瘤治疗;④病灶最大径≥1 cm,无远处转移,资料完整。排除标准:①合并其他恶性肿瘤;②严重脏器功能障碍;③影像学示大血管侵犯;④急慢性活动性肝损伤或肝功能失代偿。本研究经我院伦理委员会批准[批准号:(B)KY2026153]。

1.2 MRI扫描设备及参数

采用Siemens Trio Tim 3.0T或联影uMR 770 3.0T扫描仪,8通道腹部线圈。平扫:横轴位T1WI双回波(TR 220~250 ms,TE 2.5~4.5 ms);横轴位T2WI脂肪抑制(TR 1 000~2 000 ms,TE 86~90 ms),层厚5~6 mm;DWI采用单次激发SE-EPI,b值取0和800 s/mm^2。增强扫描:对比剂钆塞酸二钠,剂量0.1 mmol/kg,流率1.0 mL/s,注射后20~30 s采集动脉期图像,60~70 s采集门静脉期图像,180~200 s采集过渡期图像,并于注

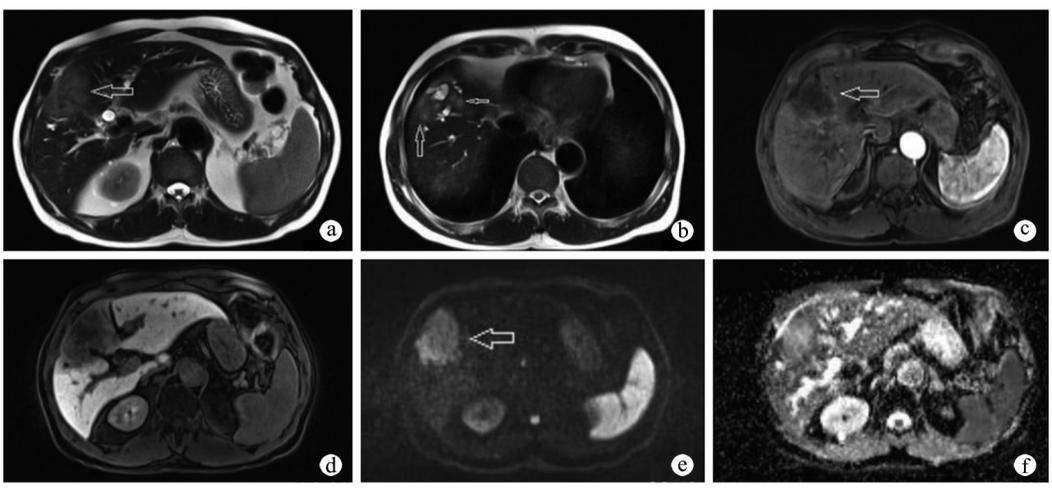
射后15~20 min采集肝胆期图像。。

1.3 影像特征分析

由2名具有5年以上腹部影像诊断经验的医师双盲独立阅片，意见不一致时协商判定。分析内容：①形态学，即肿瘤最大径、数目（单灶/多灶）、边缘（规则/不规则）、肝包膜回缩、神经及胆管侵犯；②信号特征，即T1WI、T2WI信号强度，DWI信号模式（高信号/靶征）；③增强特征，即动脉期强化模式（富血供型强化/非富血供型强化），动态增强模式（持续性/渐进性/延迟性/快进快出）；④定量指标，即肿瘤最大层面及相邻层面手动勾画感兴趣区域（≥50 mm^2），避开坏死囊变区，测量2处表观扩散系数（apparent diffusion coefficient，ADC）值取平均值。中-低分化IMCC患者MVI阳性MRI特征见图1，中-低分化IMCC患者MVI阴性MRI特征见图2。

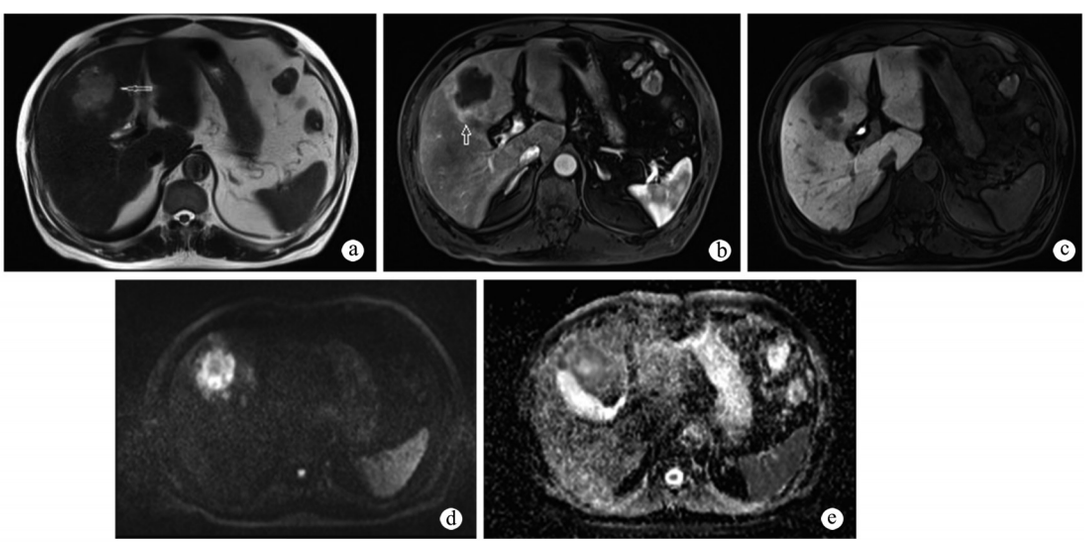
1.4 临床及病理资料收集

收集患者临床数据，包括年龄、性别、慢性乙肝/肝硬化病史等基础资料，手术前MRI检查当天或之后1周内采集的甲胎蛋白（alpha-fetoprotein，AFP）、癌胚抗原（carcinoembryonic antigen，CEA）和糖类抗原19-9（carbohydrate antigen 19-9，CA19-9）等肿瘤标志物，以及丙氨酸氨基转移酶（alanine aminotransferase，ALT）、天冬氨酸氨基转移酶（aspartate aminotransferase，AST）、总胆红素（total bilirubin，TBIL）等肝功能指标。病理资



a：左右肝交界处T2WI呈高信号，形态不规则，肿块最大径约6.4 cm；b：肿块周围见卫星结节；c：瘤体持续轻度强化，可见肝包膜回缩；d：肝胆期稍低信号；e、f：DWI呈靶征，相应ADC边缘呈低信号，中央呈高信号，ADC值为1.69×10^{-3} mm^2/s 箭头：肿瘤不同序列和时相的征像

图1 中-低分化IMCC患者MVI阳性MRI特征



a：T2WI呈稍高和高信号，最大直径5.1 cm；b：瘤体边缘环形强化；c：肝胆期呈低信号；d、e：DWI呈低高混杂信号，相应ADC呈低高混杂信号，ADC值为1.41×10^{-3} mm^2/s 箭头：肿瘤不同序列和时相的征像

图2 中-低分化IMCC患者MVI阴性MRI特征

料包括肿瘤分级(高/中/低分化)、MVI状态(阳性/阴性)。MVI定义为显微镜下内皮细胞衬覆的血管腔内出现癌细胞巢团,包括中央静脉、门静脉或包膜外小静脉侵犯。

1.5 统计学处理

采用SPSS 22.0软件进行统计分析,计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,行t检验;计数资料以率(%)表示,行χ^2检验或Fisher精确检验。单因素Logistic筛选(P<0.05)后纳入多因素Logistic回归模型。受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线下面积(area under the curve,AUC)评估预测效能,P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2组患者临床资料比较

2组患者性别、年龄、慢性乙肝/肝硬化病史、肿瘤分级、AFP、肝功能指标比较,差异无统计学意义(P>0.05);2组肿瘤标志物CEA>5 ng/mL、CA19-9>37 U/mL的患者比例比较,差异有统计学意义(P<0.05),见表1。

表1 2组患者临床资料比较

临床资料		总例数(n=78)	MVI阳性组(n=21)	MVI阴性组(n=57)	t/χ^2	P
性别[例(%)]	男	35(44.87)	13(61.90)	22(38.60)	3.370	0.066
	女	43(55.13)	8(38.10)	35(61.40)		
年龄(岁)		56.54±10.28	57.71±10.76	56.11±10.13	0.612	0.542
慢性乙肝/肝硬化病史[例(%)]		18(23.08)	7(33.33)	11(19.30)	1.703	0.192
肿瘤分级[例(%)]	高+中分化	31(39.74)	6(28.57)	25(43.86)	1.498	0.221
	低分化	47(60.26)	15(71.43)	32(56.14)		
肿瘤标志物[例(%)]	AFP>20 ng/mL	8(10.26)	2(9.52)	6(10.53)	-	0.999
	CEA>5 ng/mL	16(20.51)	8(38.10)	8(14.04)	5.448	0.020
	CA19-9>37 U/mL	45(57.69)	17(80.95)	28(49.12)	6.370	0.012
肝功能指标[例(%)]	ALT>40 U/L	15(19.23)	4(19.05)	11(19.30)	-	0.999
	AST>40 U/L	13(16.67)	3(14.29)	10(17.54)	-	0.748
	TBIL>20 μmol/L	18(23.08)	7(33.33)	11(19.30)	1.703	0.192

-:Fisher精确检验

2.2 2组患者MRI特征比较

2组患者肿瘤最大径、多灶性肿瘤比例、肿瘤边缘不规则比例、ADC值及富血供型强化比例比较,差异有统计学意义(P<0.05)。2组患者T1WI信号、T2WI信号、DWI信号模式、动态增强模式、肝包膜回缩、周围神经侵犯和胆管侵犯等比较,差异无统计学意义(P>0.05),见表2。

表2 2组患者MRI特征比较

特征		MVI阳性组(n=21)	MVI阴性组(n=57)	Z/χ^2	P
肿瘤最大径(cm)		5.00±4.05	2.70±2.35	4.918	<0.001
多灶性肿瘤[例(%)]		7(33.33)	4(7.02)	-	0.007
肿瘤边缘不规则[例(%)]		14(67.67)	19(36.84)	6.986	0.008
肝包膜回缩[例(%)]		9(42.86)	26(45.61)	0.047	0.828
周围神经侵犯[例(%)]		5(23.81)	7(12.28)	1.567	0.211
胆管侵犯[例(%)]		4(19.05)	6(10.53)	-	0.445
T1WI信号[例(%)]	高信号	1(4.76)	5(8.77)	-	0.667
	等或低信号	20(95.24)	52(91.23)		
T2WI信号[例(%)]	高信号	18(85.71)	52(91.23)	-	0.675
	等或低信号	3(14.29)	5(8.77)		
DWI信号模式[例(%)]	高信号	10(47.62)	28(49.12)	0.014	0.906
	靶征	11(52.38)	29(50.88)		
富血供型强化[例(%)]		7(33.33)	5(8.77)	7.112	0.013
动态增强模式[例(%)]	持续性	1(4.76)	8(14.04)	-	0.579
	渐进性	14(66.67)	34(59.65)		
	延迟性	5(23.81)	14(24.56)		
	快进快出	1(4.76)	1(1.75)		
ADC值($\times10^{-3}$ mm^2/s)		1.95±1.34	1.74±0.40	2.406	0.016

-:Fisher精确检验

2.3 影响IMCC患者发生MVI的危险因素分析

单因素分析显示,CEA>5 ng/mL、CA19-9>37 U/mL、肿瘤最大径>5 cm、多灶性肿瘤、肿瘤边缘不规则、富血供型强化、ADC值与MVI发生相关(P<0.05)。进一步行多因素Logistic回归分析显示,多灶性肿瘤、肿瘤边缘不规则、ADC值升高是MVI的独立预测因素(P<0.05),见表3。

2.4 MRI特征预测MVI的效能

ROC曲线显示,多灶性肿瘤、肿瘤边缘不规则、ADC值3项指标联合预测MVI的预测效能显著优于任意单一指标(P<0.05),见表4、图3。

3 讨论

MVI是IMCC术后复发的关键危险因素[10-11],术前预测MVI有助于优化临床诊疗决策。病理检查作为MVI的诊断金标准,难以实现术前评估。已有研究表明,存在MVI的胆管癌患者肿瘤侵袭性更强,生存期更短[12]。本研究基于多参数MRI开展分析,评估其术

表3 影响IMCC患者发生MVI的危险因素分析

变量	单因素分析			多因素分析		
	OR	95%*CI*	*P*	*OR*	95%*CI*	*P*
CEA>5 ng/mL	1.659	1.153～4.213	0.043			
CA19-9>37 U/mL	1.712	1.247～5.132	0.041			
肿瘤最大径>5 cm	1.973	1.236～6.224	0.036			
多灶性肿瘤	2.314	1.085～5.366	0.002	1.852	1.235～2.925	0.002
肿瘤边缘不规则	2.724	1.562～4.351	0.002	1.548	1.462～5.261	0.001
富血供型强化	1.556	1.306～5.757	0.045			
ADC值	3.355	1.245～5.164	0.001	2.254	1.204～4.581	0.001

表4 MRI特征预测MVI的效能

预测指标	最佳截断值	敏感度(%)	特异度(%)	AUC	95%*CI*	*P*
多灶性肿瘤		72.27	81.36	0.784	0.673～0.886	<0.050
肿瘤边缘不规则		71.38	80.13	0.808	0.691～0.903	<0.050
ADC值	1.47×10^{-3} mm^2/s	83.68	74.98	0.825	0.721～0.924	<0.001
三者联合		85.71	82.46	0.895	0.821～0.962	<0.001

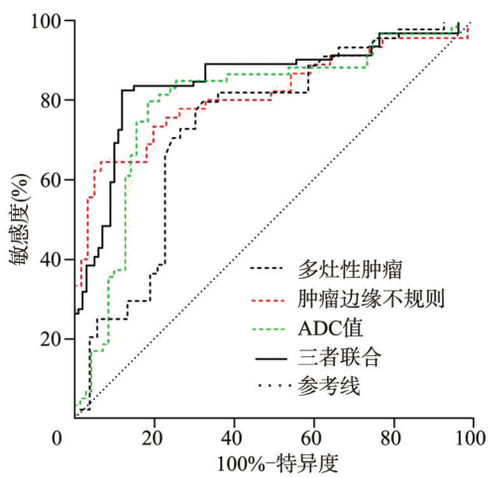


图3 MRI特征预测MVI的*ROC*曲线

前预测IMCC合并MVI的效能，为IMCC患者MVI无创预判提供一定参考。

本组MVI发生率为26.92%，与文献报道(22.9%～43.3%)基本一致[13]。单因素分析显示，CEA>5 ng/mL、CA19-9>37 U/mL、肿瘤最大径>5 cm、多灶性肿瘤、肿瘤边缘不规则、富血供型强化及ADC值升高与MVI发生相关；进一步行多因素Logistic回归分析显示，多灶性肿瘤、肿瘤边缘不规则及ADC值升高为MVI的独立预测因素，部分结果与Chen等[14]研究一致。而该研究认为治疗前CA19-9>37 U/mL是MVI的显著预测因子[14]。但也有研究认为，CA19-9作为单独指标预测MVI的效能不足[15]。肿瘤最大径作为MVI独立预测因素尚存争议。本研究显示肿瘤最大径仅在单因素分析中有统计学意义，在多因素分析中无独立预测作用，可能与肿瘤最大径无法充分体现肿瘤侵袭能力，且研究仅纳入可手术切除患者，排除肿瘤体积过大无法手术患者有关，后续可采用无偏倚的纳入方案开展研究。

多灶性肿瘤是IMCC常见特征，发生率为18%～44%[16]。本研究发现多灶性肿瘤(尤其卫星结节)是MVI的独立危险因素，卫星结节通常由MVI进展而来，反映肿瘤已扩散至肿瘤边界之外，且具有高侵袭性生物学行为[17-18]。本研究中MVI阳性组多灶性肿瘤患者比例显著高于MVI阴性组(33.33% *vs.* 7.02%)。对于术前MRI提示多灶性肿瘤患者，临床应考虑扩大肝切除范围(切缘≥1 cm)以降低残留风险，或术前给予新辅助治疗缩小肿瘤负荷。肿瘤边缘不规则同样为MVI的独立预测因素。MVI阳性肿瘤多呈模糊、分叶或毛刺状轮廓[19]。本研究中MVI阳性组边缘不规则患者比例显著升高，结果与Xiang等[20]研究基本一致，证实肿瘤轮廓模糊是MVI的独立预测因素，该结果同样在肝细胞癌研究中得到证实[21]。

在三个独立预测因素中，ADC值的诊断效能最高(AUC=0.825)，且其具有客观可量化、不受阅片者主观经验影响等优势。本研究中MVI阳性组ADC值显著高于MVI阴性组，与Zhou等[22]报道一致。从病理机制看，MVI阳性IMCC细胞密度降低、纤维间质疏松并伴微坏死，水分子扩散受限减轻，故ADC值升高；而MVI阴性者肿瘤细胞密集，扩散明显受限，ADC值较低。临床实践中，当ADC值>1.47×10^{-3} mm^2/s时，可识别出MVI高危患者，从而在手术策略上考虑扩大切除或新辅助治疗，并在术后随访中加强监测；同时，这类患者可能更适合接受免疫联合治疗，ADC值可作为筛选的参考指标[23]。由于ADC值客观定量，不同中心间测量重复性好，其推广价值优于主观形态学指标。考虑到MVI是涉及多因素影响的生物学行为，因此本研究基于多灶性肿瘤、肿瘤边缘不规则、ADC值>1.47×10^{-3} mm^2/s构建了MRI联合预测模型，结果表明联合预测能够明显提高术前MVI的预测效能，具有重要的临床价值。

本研究存在以下局限性：首先，作为回顾性、单中心、小样本研究，可能存在选择偏倚，结果的外推需谨慎；其次，未纳入影像组学及动态增强定量参数，可能遗漏了其他有价值的预测信息，限制了对多参数MRI预测效能的全面评估。未来需开展多中心、大样本前瞻性研究，在标准化扫描与测量流程基础上，进一步验证结论并探索联合影像组学等参数以优化预测模型。

综上所述，多灶性肿瘤、肿瘤边缘不规则、ADC值>1.47×10^{-3} mm^2/s是IMCC患者术前MVI的独立预测指标，三者联合可提高预测准确性，为手术方案制定及预后评估提供可靠依据。

[参考文献]

[1] Lee AJ, Chun YS. Intrahepatic cholangiocarcinoma: the AJCC/UICC 8th edition updates [J]. Chin Clin Oncol, 2018, 9(5): 703. doi: 10.21037/cco.2018.07.03.

[2] Teo T, Chawla A. The cloud sign of mass-forming intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Abdom Radiol (NY), 2020, 45(1): 237-238. doi: 10.1007/s00261-019-02328-1.

[3] 殷晓煜，石殷浩. 肝内胆管结石与肝内胆管癌相关性研究进展[J]. 中国实用外科杂志，2024，44(3)：287-291. doi：10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2024.03.12.

[4] Lv K, Cao X, Du P, et al. Radiomics for the detection of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma[J]. World J Gastroenterol, 2022, 28(20): 2176-2183. doi: 10.3748/wjg.v28.i20.2176.

[5] 丁建华，张 波，邓国莉. CT和MRI动态增强扫描诊断和评估原发性肝癌患者微血管侵犯价值研究[J]. 实用肝脏病杂志，2024，27(1)：109-112. doi：10.3969/j.issn.1672-5069.2024.01.028.

[6] 伍 路，张向化，夏 勇，等. 微血管侵犯预测在肝胆肿瘤治疗决策中的应用价值[J]. 中华消化外科杂志，2024，23(7)：912-918. doi：10.3760/cma.j.cn115610-20240709-00325.

[7] 蒋佳慧，杨大为，王宇新，等. 磁共振成像技术在肝细胞癌诊断与评估中的应用及展望[J]. 中华肝脏病杂志，2024，32(8)：695-701. doi：10.3760/cma.j.cn501113-20240607-00287.

[8] Isik B, Gonultas F, Sahin T, et al. Microvascular venous invasion in hepatocellular carcinoma: Why do recurrences occur?[J]. J Gastrointest Cancer, 2020, 51(4): 1133-1136. doi: 10.1007/s12029-020-00487-9.

[9] 中国研究型医院学会肝胆胰外科专业委员会，《中华消化外科杂志》编辑委员会. 肝门部胆管癌诊断和治疗指南(2025版)[J]. 中华肝脏外科手术学电子杂志，2025，14(3)：317-337. doi：10.3760/cma.j.cn115610-20250106-00010.

[10] Toshida K, Itoh S, Nakayama Y, et al. Preoperative HALP score is a prognostic factor for intrahepatic cholangiocarcinoma patients undergoing curative hepatic resection: association with sarcopenia and immune microenvironment [J]. Int J Clin Oncol, 2023, 28: 1082-1091. doi: 10.1007/s10147-023-02358-2.

[11] 舒 健，黄新荞，杨春梅，等. 肝外胆管癌的多维度MRI研究[J]. 中华放射学杂志，2024，58(6)：685-686. doi：10.3760/cma.j.cn112149-20240419-00221.

[12] 李晓萌，邢立红，卓利勇，等. 基于MRI瘤内及瘤周特征预测肝内肿块型胆管癌病理分级模型的开发和验证[J]. 磁共振成像，2025，16(2)：51-58. doi：10.12015/issn.1674-8034.2025.02.008.

[13] Xu S, Wan M, Ye XRJ. Machine learning based on biological context facilitates the identification of microvascular invasion in intrahepatic cholangiocarcinoma [J]. Carcinogenesis, 2024, 45(10): 721-734. doi: 10.1093/carcin/bgae052.

[14] Chen S, Zhu Y, Wan L, et al. Predicting the microvascular invasion and tumor grading of intrahepatic mass-forming cholangiocarcinoma based on magnetic resonance imaging radiomics and morphological features[J]. Quant Imaging Med Surg, 2023, 13(12): 8079-8093. doi: 10.21037/qims-23-11.

[15] 张浩东，魏丰贤，张春芳，等. 血小板及其参数联合肿瘤标志物术前鉴别肝细胞癌及肝内胆管癌的临床价值[J]. 肿瘤防治研究，2022，49(3)：6. doi：10.3971/j.issn.1000-8578.2022.21.0898

[16] Zgura A, Savin C, Tirca L, et al. Prognostic factors in intrahepatic cholangiocarcinoma - a systematic review[J]. Chirurgia, 2024, 119(4): 1-13. doi: 10.21614/chirurgia.2945

[17] 吕昊阳，洪 重，黄侠鸣，等. 基于增强CT影像组学与机器学习算法预测肿块型肝内胆管癌微血管侵犯[J]. 肝胆胰外科杂志，2024，36(1)：13-19. doi：10.11952/j.issn.1007-1954.2024.01.003

[18] Miao G, Qian X, Zhang Y, et al. An MRI-based radiomics model for preoperative prediction of microvascular invasion and outcome in intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Eur J Radiol, 2025, 183: 111896. doi: 10.1016/j.ejrad.2024.111896.

[19] 刘 刚，林伟文，何海奇，等. 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侵犯关系[J]. 中国CT和MRI杂志，2024(2)：98-101. doi：10.3969/j.issn.1672-5131.2024.02.031.

[20] Xiang F, Wei S, Liu X, et al. Radiomics analysis of contrast-enhanced CT for the preoperative prediction of microvascular invasion in mass-forming intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Front Oncol, 2021, 11: 774117. doi: 10.3389/fonc.2021.774117.

[21] Ma H, Wang L, Sun L, et al. Preoperative prediction of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma from multi-sequence magnetic resonance imaging based on deep fusion representation learning[J]. IEEE J Biomed Health Inform, 2025, 29(5): 3259-3271. doi: 10.1109/JBHI.2024.3451331.

[22] Zhou Y, Wang X, Xu C, et al. Mass-forming intrahepatic cholangiocarcinoma: can diffusion-weighted imaging predict microvascular invasion?[J]. J Magn Reson Imaging, 2019, 50(1): 315-324. doi: 10.1002/jmri.26566.

[23] He R, Chen H, Zou W, et al. Transformer-based deep learning for preoperative prediction of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma[J]. Cancers (Basel), 2025, 17(20): 3314. doi: 10.3390/cancers17203314.

(编辑：刘 艺)