

基于术前 DCE-MRI 特征的肝癌患者 术后 MVI 风险模型效能分析*

温桂海 孔维

(邯郸市中心医院普外科, 河北 邯郸 056000)

【摘要】 目的 探讨基于术前动态对比增强 MRI(DCE-MRI)特征建立的风险模型在早期预测肝细胞癌存在微血管侵犯(MVI)效能。方法 纳入我院在 2020 年 1 月—2022 年 4 月收治的接受手术治疗的肝细胞肝癌(HCC)患者 242 例,收集患者临床实验室资料,于术前 2 周对所有患者进行 DCE-MRI 扫描,分析患者 DCE-MRI 的定量指标和定性指标。术后根据 HCC 是否存在微血管侵犯分为 MVI 组和对照组,对比两组患者临床实验室资料,分析影响 HCC 出现 MVI 的因素;将所有患者按 7:3 比例分为训练集 170 例和测试集 72 例,基于训练集的数据采用 R 软件建立列线图模型,在测试集中验证模型效能。结果 训练集 170 例患者中共出现 70 例 MVI,据此分组后对比两组临床资料显示, MVsI 组 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、 V_p 指标明显高于对照组, MVI 组肿瘤边缘不规则、肝胆期瘤周低信号比例高于对照组($P < 0.05$);多因素 Logistics 回归分析显示, K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 、 V_p 、肿瘤边缘不规则、肝胆期瘤周低信号是 HCC 出现 MVI 的独立相关因素($P < 0.05$);通过构建列线图预测模型,结果显示模型预测 HCC 出现 MIV 风险的一致性指数(C-index)为 0.948。外部验证显示敏感性为 88.00%, 特异性为 96.36%。结论 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 、 V_p 、肿瘤边缘不规则、肝胆期瘤周低信号是 HCC 存在 MVI 的独立相关因素;基于术前 DCE-MRI 特征建立的风险模型在早期预测 HCC 出现 MVI 方面具有良好的预测效能。

【关键词】 动态对比增强;核磁共振成像;肝细胞肝癌;微血管侵犯;预测模型

【中图分类号】 R735.7 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2023.09.016

Efficacy analysis of postoperative MVI risk model in hepatocellular carcinoma patients based on preoperative DCE-MRI features

WEN Guihai, KONG Wei

(Department of General Surgery, Handan Central Hospital, Handan 056000, Hebei, China)

【Abstract】 **Objective** To investigate the risk model based on preoperative dynamic contrast enhancement MRI (DCE-MRI) characteristics to predict the presence of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma at an early stage. **Methods** A total of 242 HCC patients undergoing surgical treatment admitted to our hospital from January 2020 to April 2022 were included. Clinical laboratory data of patients were collected. DCE-MRI scans were performed on all patients 2 weeks before surgery. The quantitative and qualitative indicators of dynamic contrast-enhanced MRI were analyzed. HCC was divided into MVI group and control group according to the presence or absence of microvascular invasion. The clinical laboratory data of the two groups were compared. The factors influencing MVI in HCC were analyzed. All patients were divided into the training set (170 cases) and the test set (72 cases) according to the ratio of 7:3. Based on the data of training set, R software was used to build a nomogram model, and the effectiveness of the model was verified in the test set. **Results** A total of 70 MVI cases occurred in 170 patients in the training set. After grouping and comparing the clinical data of the two groups, the indexes of K^{trans} , K_{ep} , V_e and V_p in MVsI group were significantly higher than those in control group. The proportion of irregular tumor margin and low tumor signal in hepatobiliary stage in MVI

基金项目:河北省医学科学研究课题(20220527)

通讯作者:孔维, E-mail:zenos0910@163.com

引用本文:温桂海,孔维.基于术前 DCE-MRI 特征的肝癌患者术后 MVI 风险模型效能分析[J].西部医学,2023,35(9):1331-1335. DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2023.09.016

group was higher than that in control group ($P < 0.05$). Multi-factor Logistics regression analysis showed that K^{trans} , V_e , K_{ep} , V_p , irregular tumor margin and low peritumoral signal in hepatobiliary stage were independent correlated factors with MVI in HCC ($P < 0.05$). By constructing a nomogram prediction model, the results showed that the consistency index (C-index) of the model in predicting the risk of MVI in HCC was 0.948. External validation showed that the sensitivity was 88.00% and the specificity was 96.36%. **Conclusion** K^{trans} , V_e , K_{ep} , V_p , irregular tumor margins, and low perihepatobiliary tumor signal are independent factors related to the presence of MVI in HCC. The risk model based on preoperative DCE-MRI characteristics has good predictive efficacy in predicting MVI in HCC at an early stage.

【Key words】 Dynamic contrast enhancement; MRI; Hepatocellular carcinoma; Microvascular invasion; Predictive models

肝细胞肝癌(Hepatocellular carcinoma, HCC)作为一种富含血管的实体瘤,瘤体一旦血管化,则其生长和转移的速率会明显加快。血管侵犯也被认为是影响 HCC 预后的主要因素^[1-2]。临床上肝脏的血管侵犯大致可分为大血管和微血管两类,大血管侵犯术前通过 CT 和 MRI 较容易的检测到,而微血管侵犯目前主要依靠术后病理检查。研究表明,微血管侵犯已经成为肝癌术后早期复发的主要原因^[3-4]。因此早期发现 HCC 是否存在微血管侵犯(Microvascular invasion, MVI)对于临床确定治疗方案和评估预后有重要意义^[5]。有研究显示,动态对比增强磁共振成像(DCE-MRI)能够通过注射对比剂分析定量和定性指标的方式来评估肿瘤组织的微循环状态和环境^[6]。因此,本研究通过分析术前 DCE-MRI 的定量和定性特征,期待术前能够预测 MVI 的存在,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准 纳入标准:①符合《原发性肝癌诊疗规范 2019》中关于 HCC 的诊断标准^[7]。②术后病理确诊为 HCC。③能够通过术后病理确定是否存在 MVI。④均接受肝叶切除或部分切除术。⑤术前 2 周均行 DCE-MRI 检查。⑥临床资料完整。排除标准:①肝癌复发或转移性肝癌者。②合并心肺肾其他部位功能障碍,无法耐受 DCE-MRI 检查者。③存在代谢性疾病或免疫性疾病者。④术前接受任何形式的放疗者。⑤需要紧急手术患者。共纳入我院在 2020 年 1 月—2022 年 4 月收治的接受手术治疗的 HCC 患者 242 例。按 7:3 比例随机选取 170 例作为训练集,72 例作为测试集。

1.2 DCE-MRI 检测方法 于术前 2 周进行 DCE-MRI 检测。仰卧位,检查前禁食水 8 h,采用 PHILIPS Achieva 3.0 MRI 扫描仪,首先进行常规扫描覆盖整个肝脏, T1W1、T2W1 平扫采用 TSE 序列,参数设置具体为 T1W1: TR450 ms、TE8.0 ms, T2W1: TR2680 ms、TE100 ms,层间距为 1.0 mm,层厚 4.0 mm, DWI: TR4400~4800 ms、层间距 3 mm。采集横断面、矢状面、冠状面图像。采集时间定为 100 s。

DEC-MRI 采用 3D 回波序列, TR7.0 ms、TE3.0 ms,层厚 1.5 mm。以 0.2 ml/kg 剂量, 3 ml/s 速率经肘静脉注入钆喷酸葡胺对比剂,注入后再注入 15 ml 生理盐水。对比剂注射前扫描 1 期图像,注射对比剂后扫描 18 期图像,总时间为 235 s。①图像定量分析:使用 DCE-MRI 图像处理软件,在伪彩图上选择感兴趣区域,测量血管容积积分(V_p),血管外细胞外间隙体积百分比(V_e),血管内至血管外细胞外间隙的转运系数 K^{trans} ,血管外细胞外间隙转运至血管内的速率常数(K_{ep})值。每个参数值重复测量 3 次,以平均值作为本研究的数值。②图像定性分析:区分肿瘤内有无血管、包膜,肿瘤边界,肿瘤边缘强化程度和肝胆期瘤周信号强度。所有图像处理分析均由两名主治医师以上级别的影像学医生分别评判,给出共同结论。

1.3 相关标准 ①MVI 定义:显微镜下可见肿瘤侵犯至血管内皮细胞^[8]。②肿瘤内血管:动脉期扫描时可见不连续的血管影出现于瘤体内部。③肿瘤边缘:在肝胆期 MRI 图像上区分出肿瘤边界光整程度,区分光整和不光整。④肿瘤包膜:动脉期扫描图像上可见低信号环存在于肿瘤周围,此为肿瘤包膜,观察低信号环的完成度。⑤瘤周低信号(肝胆期):瘤周低信号在肝胆期主要表现为肿瘤边缘的楔形、火焰状或不规则的信号区域,其信号强度多低于周围正常肝实质,但高于瘤体实质信号强度,记为低信号区。

1.4 资料采集 记录患者性别、年龄、肿瘤直径、是否合并乙肝、肝炎、肝硬化等、肝功能分级、甲胎蛋白(AFP)、白蛋白(ALb)、肿瘤分化程度等临床资料。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 25.0 软件进行统计学分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 t 检验;计数资料用 $[n(\%)]$ 表示,组件比较采用卡方检验,等级资料采用秩和检验;采用 Logistic 回归方程进行独立相关因素分析,设检验水准为 0.05。使用 R 建立 CHD 列线图预测模型,并用一致性指数(C-index)量化模型预测性能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 训练集分组结果及两组患者一般资料比较 训

练集 170 例患者中共出现 70 例 MVI, 据此分组后对比两组临床资料显示, 两组患者一般资料方面比较无统计学差异 ($P > 0.05$), 见表 1。

表 1 两组患者一般资料比较 [$\bar{x} \pm s, n (\times 10^{-2})$]

一般资料	MVI 组 ($n=70$)	对照组 ($n=100$)	$t/x^2/Z$	P
平均年龄(岁)	61.23±5.64	61.78±6.92	0.549	0.584
性别			0.320	0.571
男	45(64.29)	60(60.00)		
女	25(35.71)	40(40.00)		
病因			0.009	0.926
乙型肝炎	28(40.00)	41(41.00)		
丙型肝炎	10(14.29)	14(14.00)		
酒精性肝病	7(10.00)	10(10.00)		
其他	25(35.71)	35(35.00)		
肿瘤直径(cm)	6.13±1.56	6.09±1.44	0.172	0.863
Child-Pugh 分级			0.171	0.679
A	49(70.00)	67(67.00)		
B	21(30.00)	33(33.00)		
分化程度			0.390	0.532
高分化	10(14.29)	11(11.00)		
中分化	48(68.57)	71(71.00)		
低分化	12(17.14)	18(18.00)		
肝硬化比例(n)	32(45.71)	45(45.00)	0.008	0.927
AFP 水平($\mu\text{g/L}$)	42.71±6.88	41.23±7.35	1.326	0.187
CA-199($\mu\text{g/L}$)	578.78±152.39	570.47±144.78	0.360	0.719
Alb(g/L)	42.81±4.65	41.99±4.89	1.098	0.274

2.2 训练集两组患者 DCE-MRI 征象比较 DCE-MRI 征象方面, MVI 组 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、 V_p 指标明显高于对照组, MVI 组肿瘤边缘不规则、肝胆期瘤周低信号比例高于对照组 ($P < 0.05$), 见表 2、图 1。

2.3 训练集 HCC 早期 MVI 的 Logistic 回归分析 多因素 Logisticals 回归分析显示, K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、 V_p 、肿

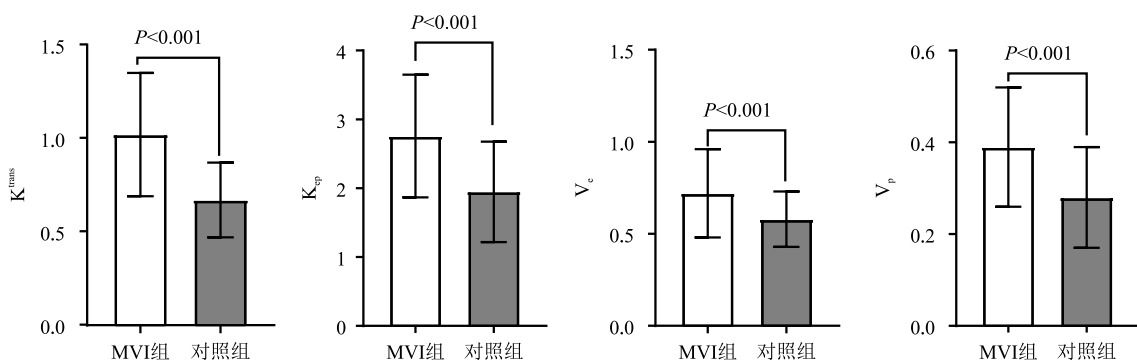


图 1 两组患者 DCE-MRI 定量指标的比较 [$n (\times 10^{-2})$]

Figure 1 Comparison of quantitative indicators of DCE-MRI between the two groups of patients

2.5 预测模型的外部验证效果 在测试集的 72 例患者中, 30 例术后病理发现 MVI, 其中敏感性为 88.00%, 特异性为 96.36%, 准确率为 93.75%, 阳性预测值为 91.67%, 阴性预测值为 94.64%, 见图 3。

3 讨论

MVI 是肝癌手术切除或肝移植后生存不良的独

表 2 两组患者 DCE-MRI 定性指标比较

Table 2 Comparison of DCE-MRI qualitative indicators between the two groups of patients

定性指标	MVI 组 ($n=70$)	对照组 ($n=100$)	x^2	P
存在肿瘤内血管	20(28.57)	34(34.00)	0.560	0.464
肿瘤边缘			5.006	0.025
不规则	43(61.43)	44(44.00)		
规则	27(38.57)	56(56.00)		
肿瘤包膜			0.020	0.888
无包膜	23(32.86)	33(33.00)		
包膜不完整	25(35.71)	34(34.00)		
包膜完整	22(31.43)	33(33.00)		
肝胆期瘤周低信号	51(72.86)	56(56.00)	5.016	0.025

瘤边缘不规则、肝胆期瘤周低信号是 HCC 出现 MIV 的独立相关因素 ($P < 0.05$), 见表 3。

表 3 训练集 HCC 早期 MVI 的 Logistic 回归分析

Table 3 Logistic regression analysis of early MVI of HCC in training set

相关指标	β	S.E.	Wald	P	OR	95% CI	
						下限	上限
K^{trans}	5.441	1.288	17.861	<0.001	230.774	18.503	2878.287
K_{ep}	1.107	0.367	9.110	0.003	3.024	1.474	6.205
V_e	2.940	1.356	4.700	0.030	18.924	1.326	270.059
V_p	6.466	2.195	8.678	0.003	643.063	8.707	47495.409
肿瘤边缘不规则	0.707	0.318	4.948	0.026	2.027	1.088	3.777
肝胆期瘤周低信号	0.929	0.363	6.530	0.011	2.531	1.242	5.161
常量	-32.637	6753.356	<0.001	0.996	<0.001		

2.4 基于训练集的列线图模型的构建与评估 将 Logidtic 回归得出的相关因素建立列线图模型后显示, 模型在预测 CHD 危险度的 C-index 为 0.948 (0.911~0.973), 见图 2。

立预测因子, 其发生率达 15.4%~57.1%^[9]。但 MVI 是一种组织病理学特征, 目前的成像技术无法直接观察到, 这意味着在术前准确识别 MVI 是存在困难的。然而, 尽管术前难以直接观测, 但通过分析影像学特征和病理学变化之间的关系, 也能够一定程度上预测 MVI。DCE-MRI 作为一项无创性成像技术, 能够

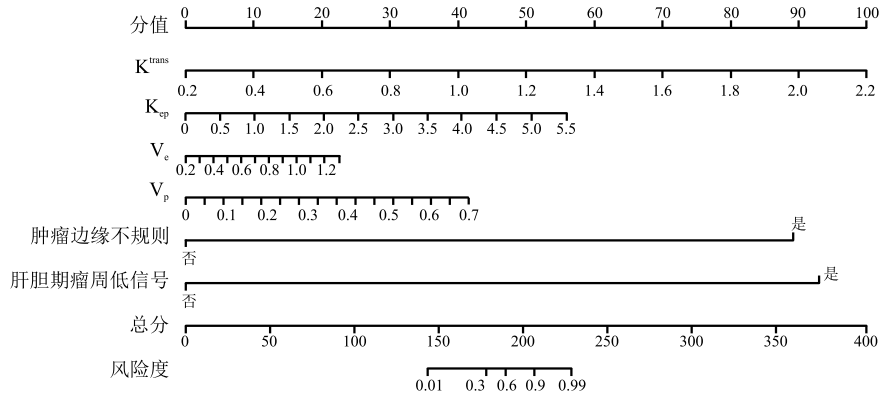


图 2 基于训练集相关因素构建的列线图模型

Figure 2 The nomogram model constructed based on the relevant factors of the training set

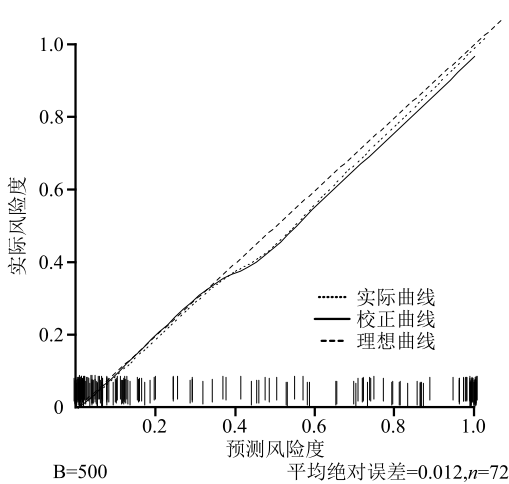


图 3 预测模型的外部验证效果

Figure 3 The external validation effect of the prediction model

通过测量对比剂经过的组织器官的 TWI 信号强度变量来展现肿瘤组织内部的微血管结构和血管通透性,进而反映病变区域血管密度和血流强度^[10]。目前 DCE-MRI 被广泛用于评估恶性肿瘤的微循环状态和环境,但用来预测肝癌患者术后 MVI 的研究较少,且多为单一研究。

本研究通过对比分析 DCE-MRI 定量和定性两类指标分析其特征象与 MVI 的关系,结果显示, K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、 V_p 、肿瘤边缘不规则、肝胆期瘤周低信号是 HCC 出现 MIV 的独立相关因素;列线图模型的外部验证结果显示,模型在早期预测 HCC 存在 MVI 的敏感性为 88.00%,特异性为 96.36%,这对于指导临床术前评估具有重要意义。分析认为:①HCC 内新生血管能够为瘤体细胞提供大量的影响物质,是肿瘤发生发展的重要基础。另外,由于新生血管内皮细胞间隙大,基底膜不完整,导致血管的通透性增加,DCE-MRI 检查采用注入对比剂进入肿瘤组织后,能够通过新生血管快速渗透至整个血管外细胞间隙,再次回流至血管内,在此过程观察灌注定量参数就能够对 HCC 的微

血管状态进行评价^[11-12]。 K^{trans} 和 K_{ep} 主要反映了对比剂渗透至血管外和从血管外细胞间隙回流至血管的速率,两者升高则表示肿瘤组织局部血管渗透性较大,也就是肿瘤组织内部新生血管较多,存在微血管侵犯^[13-14]。② V_e 主要反映对比剂渗透至血管外的体积,此值增大说明肿瘤组织周边也存在微血管侵犯,这对于手术切除率和后期复发率均具有影响^[15];而血管容积积分 V_p 则是指微血管侵犯的强度也就是肿瘤组织中微血管密度,此值增高说明肝癌组织中微血管侵犯较重。关于 DCE-MRI 定量指标与 MVI 数量的相关研究研究也指出, K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、 V_p 指标与 MVI 呈正相关^[16-17]。③定性指标方面,肿瘤细胞阻塞微小门静脉分支导致了血流动力学的改变进而在肝胆期出现瘤周低信号,表现为肿瘤周围组织摄取对比剂的面积减少,大部分对比剂被瘤体微血管存留,所以 MRI 征象上出现瘤周低信号就说明瘤体内存在微血管侵犯。多项研究表明,肝胆期瘤周低信号在早期预测 HCC 存在 MVI 方面具有良好的预测价值^[18-20]。④本研究还得出 MRI 征象显示肿瘤边缘不规则也是预测 MVI 的独立相关因素,结合前文讲述 HCC 中存在 MVI,就能够获得和更强大的增殖和迁移能力,相对于没有 MVI 的 HCC,发展速度更快,表现出形态边缘不规则。许多研究也表明,低分化的 HCC 存在 MVI 的风险更大,且高分化的 HCC 进化为中分化时,多数存在 MVI^[21-23]。HCC 出现的 MVI 主要分为肝窦型、毛细血管型、中间型 3 种,其中低分化的 HCC 仅呈现毛细血管型,中高分化的 HCC 则 3 种形态均有可能呈现。新生的 MVI 缺乏足够的内皮细胞,通透性大,癌细胞很容易通过新生的 MVI 转运至全身各个器官,加上肝脏本身具有两套血流系统,灌注量大,一旦合并 MVI 则极易导致患者预后不良^[24-25]。通过 DCE-MVI 灌注定量和定性参数进行早期评价,则能够对肿瘤组织进行更加科学的评估,制定科学的

手术和治疗方案。

本研究还存在一定局限性,首先限于样本量较小,科学性有限。其次,对于通过 DCE-MVI 预警 HCC 存在 MVI 是否可以有效干预手术方案的制定,以及指导手术治疗后的效果,后期仍需要加以研究。

4 结论

K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 、 V_p 、肿瘤边缘不规则、肝胆期瘤周低信号是 HCC 出现 MVI 的独立相关因素,基于术前 DCE-MRI 特征建立的风险模型在早期预测 HCC 出现 MVI 方面具有良好的预测效能。

【参考文献】

- [1] WANG Y, LUO S, JIN G, *et al.* Preoperative clinical-radiomics nomogram for microvascular invasion prediction in hepatocellular carcinoma using [Formula; see text]F-FDG PET/CT[J]. BMC Med Imaging, 2022, 22(1):70.
- [2] 王家臣,牛蕾,段崇锋,等. 肝细胞肝癌微血管侵犯的 MRI 研究[J]. 医学影像学杂志,2018,28(6):971-974.
- [3] WANG F, YAN C Y, WANG C H, *et al.* The Roles of Diffusion Kurtosis Imaging and Intravoxel Incoherent Motion Diffusion-Weighted Imaging Parameters in Preoperative Evaluation of Pathological Grades and Microvascular Invasion in Hepatocellular Carcinoma[J]. Front Oncol, 2022, 12:884854.
- [4] GAO L, XIONG M, CHEN X, *et al.* Multi-Region Radiomic Analysis Based on Multi-Sequence MRI Can Preoperatively Predict Microvascular Invasion in Hepatocellular Carcinoma[J]. Front Oncol, 2022, 12:818681.
- [5] 胡梦圆,付丽云. 肝细胞肝癌的组学研究进展及在早期诊断中的价值[J]. 西南医科大学学报,2021,44(6):612-618.
- [6] 袁灼彬,郑晓林,邹玉坚,等. 肝癌的 DCE-MRI 定量成像与微血管密度、Ki-67 相关性研究[J]. 临床放射学杂志,2017,36(11):1648-1652.
- [7] 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]. 临床肝胆病杂志,2020,36(2):277-292.
- [8] 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.
- [9] ZHONG X, LONG H, SU L, *et al.* Radiomics models for preoperative prediction of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma: a systematic review and meta-analysis[J]. Abdom Radiol (NY), 2022, 47(6):2071-2088.
- [10] 胡艳,陆笑非,周铁军,等. 3.0TMR 扩散加权成像预测肝细胞肝癌分化程度和微血管侵犯的价值[J]. 实用放射学杂志,2019,35(12):1948-1952.
- [11] ZHAO W, LIU W, LIU H, *et al.* Preoperative prediction of microvascular invasion of hepatocellular carcinoma with IVIM diffusion-weighted MR imaging and Gd-EOB-DTPA-enhanced MR imaging[J]. PLoS One, 2018, 13(5):e0197488.
- [12] CHEN B B, LIN Z Z, SHAO Y Y, *et al.* Early Changes in DCE-MRI Biomarkers May Predict Survival Outcomes in Patients with Advanced Hepatocellular Carcinoma after Sorafenib Failure: Two Prospective Phase II Trials[J]. Cancers (Basel), 2021,13(19):4962.
- [13] LIANG H, HU C, LU J, *et al.* Correlation of radiomic features on dynamic contrast-enhanced magnetic resonance with microvessel density in hepatocellular carcinoma based on different models[J]. J Int Med Res, 2021,49(3):300060521997586.
- [14] SAITO K, LEDSAM J, SUGIMOTO K, *et al.* DCE-MRI for Early Prediction of Response in Hepatocellular Carcinoma after TACE and Sorafenib Therapy: A Pilot Study[J]. J Belg Soc Radiol, 2018,102(1):40.
- [15] MU X, ZHONG Y, ZHANG X, *et al.* Early Diagnosis Value of DCE-MRI Hemodynamic Parameters in Hepatocellular Carcinoma[J]. J Oncol, 2022: 9556589.
- [16] ZHOU Y, ZHOU G, ZHANG J, *et al.* Radiomics signature on dynamic contrast-enhanced MR images: a potential imaging biomarker for prediction of microvascular invasion in mass-forming intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Eur Radiol, 2021, 31(9): 6846-6855.
- [17] LI L, WU C, HUANG Y, *et al.* Radiomics for the Preoperative Evaluation of Microvascular Invasion in Hepatocellular Carcinoma: A Meta-Analysis[J]. Front Oncol, 2022, 12:831996.
- [18] 张成成,唐小琦,张志国,等. MRI 多期动态对比增强灌注参数与肝癌微血管密度的相关性[J]. 肝脏,2019,24(4):428-431.
- [19] 涂海斌,郭佳. 影像学诊断肝癌微血管浸润的研究进展[J]. 中华肝胆外科杂志,2017,23(7):488-490.
- [20] NARAYANA P A, GABR R E. Editorial for "A Multi-Modality Fusion Deep Learning Model Based on DCE-MRI for Preoperative Prediction of Microvascular Invasion in Intrahepatic Cholangiocarcinoma"[J]. J Magn Reson Imaging, 2022, DOI: 10.1002/jmri.28124.
- [21] 马霄虹,朱永健,王爽,等. 增强 MRI 纹理分析术前预测原发性肝癌微血管侵犯的价值[J]. 中华放射学杂志,2018,52(5):327-332.
- [22] 焦琳琳,段崇锋,于海洋,等. 钆塞酸二钠增强 MRI 定量及定性评价肝癌微血管侵犯的价值[J]. 放射学实践,2021,36(8):1026-1031.
- [23] ERSTAD D J, TANABE K K. Prognostic and Therapeutic Implications of Microvascular Invasion in Hepatocellular Carcinoma[J]. Ann Surg Oncol, 2019,26(5):1474-1493.
- [24] HU F, ZHANG Y, LI M, *et al.* Preoperative Prediction of Microvascular Invasion Risk Grades in Hepatocellular Carcinoma Based on Tumor and Peritumor Dual-Region Radiomics Signatures[J]. Front Oncol, 2022, 12:853336.
- [25] JIANG Y Q, CAO S E, CAO S, *et al.* Preoperative identification of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma by XGBoost and deep learning[J]. J Cancer Res Clin Oncol, 2021, 147(3):821-833.

(收稿日期:2022-07-28;修回日期:2023-06-30;编辑:张翰林)