论著·腹部

CT瘤内及瘤周影像组 学对肝癌病理分级及微 血管侵犯的预测*

朱荣荣 吕传国* 杨小峰 启东市人民医院/启东肝癌防治研究所/ 南通大学附属启东医院影像科 (江苏南通226200)

【摘要】目的 CT瘤内及瘤周影像组学对肝癌病理分 级及微血管侵犯的预测价值。方法 选取我院于2019 年3月至2023年9月收治的肝细胞癌(HCC)患者163例 作为研究对象,根据病理分级将患者分为Ⅰ~Ⅳ级, 根据微血管侵犯(MVI)分级,划分为M0~M3。对比 不同患者临床资料和CT影像学特征,提取各组患者 的CT影像组学特征,筛选低分化影像组学参数,多 因素分析影像组学特征参数与微血管侵犯的相关性 以及对不同病理分级患者预测MVI的效能。结果不 同病理分级患者CT影像学特征中,肿瘤最大径、肿 瘤边缘、瘤内坏死、瘤内动脉、包膜情况方面具有 显著差异(P<0.05)。不同MVI患者在病理分级、肿瘤 最大径、肿瘤边缘、瘤内坏死、瘤内动脉、AST水 平方面具有显著差异(P<0.05)。通过特征选择,最 终筛选出14个特征,选取权重排名前6的纹理特征 进行统计分析。不同MVI患者在病理分级和AST水 平方面具有显著差异(P<0.05)。多因素分析结果显 示,肿瘤形状(Flatness、Sphericity)和肿瘤异质性 (wavelet-HLH_glcm _Correlation 、wavelet-HLL_ glszm _GrayLevelNonUniformityNormalized)是 MVI分级的独立影响因素。ROC曲线分析显示,影 像学特征中肿瘤最大径对不同分级患者MVI预测效 能最高,影像组学特征参数中Flatness预测效能最 高。结论肿瘤最大径、肿瘤边缘、瘤内坏死、瘤内 动脉、包膜情况、Flatness、Sphericity、wavelet-HLH_glcm_Correlation、wavelet-HLL_glszm_ GrayLevelNonUnif ormityNormalized对不同分级 患者MVI的预测均具有较好的预测效能,其中影像学 特征中肿瘤最大径预测效能最高,影像组学特征参 数中肿瘤形状(Flatness)预测效能最高。

【关键词】肝癌;影像组学; 病理分级;微血管侵犯 【中图分类号】R735.7 【文献标识码】A 【基金项目】南通市卫生健康委员会 科研课题(MS2023119) **DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2025.06.033

Prediction of Pathological Grade and Microvascular Invasion of Hepatocellular Carcinoma by Intratumoral and Peritumoral CT Imaging^{*}

ZHU Rong-rong, LV Chuan-guo^{*}, YANG Xiao-feng.

Department of Imaging, Qidong People's Hospital/Qidong Liver Cancer Institute/Affiliated Qidong Hospital of Nantong University, Nantong 226200, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the value of intratumoral and peritumoral CT imaging in predicting the pathological grade and microvascular invasion of liver cancer. Methods 163 patients with hepatocellular carcinoma (HCC) admitted to our hospital from March 2019 to September 2023 were selected as the study objects Patients were classified into grade I to IV according to pathological grade and MO to M3 according to microvascular invasion (MVI) grade. Clinical data and CT imaging features of different patients were compared, CT imaging features of patients in each group were extracted, low-differentiated imaging parameters were screened, and the correlation between imaging feature parameters and microvascular invasion was analyzed by multiple factors, as well as the efficacy of predicting MVI in patients with different pathological grades. Results Among CT imaging features of patients with different pathological grades, there were significant differences in tumor maximum diameter, tumor margin, intratumoral necrosis, intratumoral artery and envelope (P<0.05). There were significant differences in pathological grade, maximum tumor diameter, tumor margin, intratumoral necrosis, intratumoral artery and AST level among MVI patients (P<0.05). Through feature selection, 14 features were finally selected, and the top 6 texture features were selected for statistical analysis. There were significant differences in pathological grade and AST level among MVI patients (P<0.05). The results of multi-factor analysis showed that Tumor shape (Flatness, Sphericity) and tumor heterogeneity (wavelet-HLH_glcm_Correlation, wavelet-HLL_glszm_GrayLevelNonUniformityNormaliz ed) was an independent factor of the MVI rating. ROC curve analysis showed that the maximum tumor diameter in imaging features had the highest predictive efficacy for MVI in patients with different grades, and Flatness had the highest predictive efficacy in imaging feature parameters. Conclusion Maximum diameter, tumor margin, intratumbral necrosis, intratumbral artery, envelope, Flatness, Sphericity, wavelet-HLH glcm Correlation, wavelet-HLL glszm GrayLevelNonUniformityNormalized has good predictive efficacy for MVI in patients with different grades, with imaging features showing the highest predictive efficacy for maximum tumor diameter, and imaging features showing the highest predictive efficacy for Flatness.

Keywords: Hepatocellular Carcinoma; Radiomics; Pathological Grade; Microvascular Invasion

肝细胞癌(hepatocellular carcinoma, HCC)是全球癌症相关死亡的三大主要原因之一^[1-2],且还在呈不断上升的趋势,其早期没有明显症状,多数患者确诊时已为中晚期。 HCC病理分化程度是影响患者预后的重要因素^[3],临床上常采用穿刺活检获取患者的病 理分级,但是该方法存在感染等风险,因此安全准确地预测患者分化程度对临床治疗具 有重要意义。

微血管侵犯(microvascular invasion, MVI)是HCC血管侵犯的早期阶段,也是评估 HCC复发风险的重要参考依据。近年来,MVI已被证明是肝切除术后不良预后的独立预 测因子^[4],影响着患者诊疗方案的制定以及手术切缘的选择^[5]。

影像组学是一个新兴的领域,它可以提取并分析大量影像学特征,为临床诊断提供 支持,且具有无创、准确、高效的优势^[6-7]。目前关于影像组学对HCC病理分级及MVI的 预测的研究报道相对较少,且大多数研究并未对MVI的程度进行细分。因此本研究旨在 通过对不同患者的CT影像资料进行分析比较,探究CT瘤内及瘤周影像组学对肝癌病理 分级及微血管侵犯的预测价值,为临床治疗方案的制定提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象 选取我院2019年3月至2023年9月收治的163例HCC患者,根据 Edmandson病理分级标准^[8],将HCC的病理分化程度分为 I~IV级, I 级为高分化, II、III级为中分化(caner),IV级为低分化。I (n=30)、II (n=37)、III(n=45)、IV (n=51)。 MVI分级根据《原发性肝癌诊疗指南(2020年版)》^[8],采用"7点M"基线取材法进行分 级,最终得到M0(n=73)、M1(n=52)、M2(n=38)。

纳入标准:经病理证实为HCC;术前接受了CT扫描;术前未接受放化疗或免疫等相关治疗;有完整的临床资料。排除标准:没有明确的病理分化程度;病灶直径<1cm; 图像不清晰,影响特征提取;合并其他恶性肿瘤史。 **1.2 方法** 1.2.1 CT扫描 采用PHILIPS Bril-liance iCT 128层螺旋CT。管 电压为120kV,管电流为400-500mAs,层距为1mm,层厚 为5mm,矩阵为512×512。均采用仰卧位检查,经肘正中静 脉注射非离子型对比剂碘美普尔注射液400mg/mL(国药准字 J20150053,规格:100mL:40克),剂量为1.5mL/kg、流速为 3.5-4.0mL/s,于对比剂注射后180s分别行CT扫描。 1.2.2 CT图像特征分析 患者CT影像均由两名经验丰富的医生进行 评估。评估内容主要包括:(1)肿瘤最大径;(2)肿瘤边缘;(3)瘤 周低信号;(4)瘤周强化;(5)瘤内动脉;(6)瘤内出血;(7)瘤内坏 死;(8)瘤内脂肪;(9)包膜情况;(10)强化方式。



图1A-图1D 患者CT影像特征。1A. 肿瘤边缘光滑; 1B. 包膜不完整; 1C. 瘤内动脉; 1D. 瘤内出血。

1.2.3 影像组学特征提取 使用 3D Slicer 5.4.0包提取原始图像和 相应ROI图像的特征。提取的特征包括一阶、形状、灰度共生矩 阵、灰度游程矩阵、 灰度级大小区域矩阵、相邻灰度差矩阵、灰 度依赖矩阵以及小波和高斯拉普拉斯。

1.3 临床资料 采集患者入院时的空腹静脉血,检测患者血清 谷丙转氨酶(glutamic pyruvic transaminase, GPT)、甲胎蛋白 (alpha fetal protein, AFP)、总胆红素(total bilirubin, TBIL)、白蛋 白(albumin, ALB)、血小板(platelet, PLT)、谷草转氨酶(Aspartate aminotransferase, AST)、谷丙转氨酶(alanine transaminase, ALT)。 1.4 统计学方法 采用SPSS 22.0软件进行数据分析,计量资料用 平均值土标准差表示,组间比较行t检验,计数资料以频数表示, 组间比较行 x²检验。绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,评价各特征的预测效能。

2 结 果

2.1 不同病理分级患者临床资料分析 比较不同病理分级患者的临床资料可知,四组患者在性别、年龄、BMI、高血压、糖尿病、吸烟史、饮酒史、合并肝硬化、GPT、AST、ALT、AFP、PLT、TBIL、ALB等方面差异均无统计学意义(P>0.05)。但III组和IV组患者AST、ALT、AFP、PLT、TBIL水平均显著低于I组和II组(P<0.05),II组、III组和IV组患者ALB水平显著低于I组(P<0.05)。

2.2 不同病理分级患者CT影像学特征比较 由表1可知,CT影像 学特征中,四组患者在瘤周强化、瘤周低信号、瘤内出血、瘤内 脂肪以及强化方式方面无统计学意义(P>0.05),在肿瘤最大径、 肿瘤边缘、瘤内坏死、瘤内动脉、包膜情况方面具有显著差异 (P<0.05)。

2.3 低分化影像组学特征的筛选 通过特征选择,最终选择了14 个特征,其中一阶特征3个,形状特征2个,灰度共生矩阵特征3 个,灰度级大小区域矩阵特征4个,灰度游程矩阵特征1个,相邻 灰度差矩阵特征1个,变量特征及其加权系数见表2,选取权重排 名前6的特征进行统计分析。

2.4 不同MVI患者的临床资料分析不同MVI患者在性别、年龄、BMI、高血压、糖尿病、吸烟史、饮酒史、合并肝硬化、GPT、ALT、AFP、PLT、TBIL、ALB等方面差异均无统计学意义(P>0.05),在病理分级、肿瘤最大径、肿瘤边缘、瘤内坏死、瘤内动脉、AST水平方面具有显著差异(P<0.05)。

2.5 调整临床因素后,影像组学特征参数与微血管侵犯的 相关性 将微血管侵犯作为因变量,以2.4中筛选出的影像组学 特征参数作为自变量纳入多因素回归分析模型中。结果显示, 在未校正模型中肿瘤形状(Flatness, Sphericity)和肿瘤异质性 (wavelet-HLH_glcm _Correlation、wavelet-HLL_glszm _ GrayLevelNonUniformityNormalized)是MVI分级的独立影响 因素,调整以后Flatness(OR=1.704,95%Cl:1.411~1.860), Sphericity(OR=1.765, 95%CI:1.228~1.967), wavelet-HLH_glcm_Correlation(OR=0.845, 95%CI:0.688~0.896), wavelet-HLL_glszm_GrayLevelNonUniformityNormalized(OR=1.522, 95%CI:1.367~1.600)仍然是MVI分级的影响因素。

表1 不同病理分级患者CT影像学特征

| | I (n=30) | II (n=37) | III(n=45) | IV(n=51) | F/ x ² | Р |
|-------|-----------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------|---------|
| 中瘤最大径 | | | | | 13.874 | 0.003 |
| ≤5cm | 23(76.67) | 25(67.57) ^a | 22(48.89) ^{ab} | 20(39.22) ^{ab} | | |
| •5cm | 7(23.33) | 12(32.43) ^a | $23(51.11)^{ab}$ | 31(60.78) ^{ab} | | |
| 中瘤边缘 | | | | | 12.987 | 0.005 |
| 七滑 | 21(70.00) | 24(64.86) ^a | 20(44.44) ^{ab} | 18(35.29) ^{abc} | | |
| 不光滑 | 9(30.00) | 13(35.14) ^a | 25(55.56) ^{ab} | $33(64.71)^{abc}$ | | |
| 廇周强化 | | | | | 1.150 | 0.765 |
| 有 | 18(60.00) | 20(54.05) | 24(53.33) | 32(62.75) | | |
| 无 | 12(40.00) | 17(45.95) | 21(46.67) | 19(37.25) | | |
| 廇周低信号 | | | | | 1.517 | 0.678 |
| 有 | 14(46.67) | 21(56.76) | 27(60.00) | 30(58.52) | | |
| 无 | 16(53.33) | 16(44.24) | 18(40.00) | 21(41.48) | | |
| 窗内坏死 | | | | | 17.965 | < 0.001 |
| 有 | 8(26.67) | 13(35.14) ^a | 26(57.78) ^{ab} | 35(68.63) ^{abc} | | |
| 无 | 22(73.33) | 24(64.86) ^a | 19(42.22) ^{ab} | 16(31.37) ^{abc} | | |
| 窗内动脉 | | | | | 9.000 | 0.029 |
| 有 | 9(30.00) | 15(40.54) ^a | 25(55.56) ^{ab} | $31(60.78)^{abc}$ | | |
| モ | 21(70.00) | 22(59.46) ^a | 20(44.44) ^{ab} | 20(39.22) ^{abc} | | |
| 窗内出血 | | | | | 2.865 | 0.413 |
| 有 | 12(40.00) | 18(48.65) | 24(53.33) ^a | 30(58.52) ^{ab} | | |
| 无 | 18(60.00) | 19(51.35) | 21(46.67) ^a | 21(41.48) ^{ab} | | |
| 窗内脂肪 | | | | | 2.223 | 0.527 |
| 有 | 15(50.00) | 20(54.05) | 29(64.44) ^{ab} | 32(62.75) ^{ab} | | |
| 无 | 15(50.00) | 17(45.95) | 16(35.56) ^{ab} | 19(37.25) ^{ab} | | |
| 回膜 | | | | | 14.638 | 0.023 |
| 完整 | 14(46.67) | 12(32.43) ^a | 9(20.00) ^{ab} | 8(15.69) ^{abc} | | |
| 不完整 | 10(33.33) | 17(45.95) ^a | 16(35.56) ^{ab} | 23(45.10) ^{abc} | | |
| 无包膜 | 6(20.00) | 8(21.62) ^a | 20(44.44) ^{ab} | 20(39.21) ^{abc} | | |
| 虽化方式 | | | | | 6.996 | 0.072 |
| 典型 | 13(43.33) | 19(51.35) | 30(66.67) ^a | 35(68.63) ^{ab} | | |
| 下典型 | 17(56.67) | 18(48.65) | 15(33.33) ^a | 16(31.37) ^{ab} | | |
| | | | | | | |

注:a表示与I组相比差异具有统计学意义,P<0.05;b表示与II组相比差异具有统计学

意义,P<0.05; c表示与Ⅲ组相比差异具有统计学意义,P<0.05。

| <u>纹理特征</u> | | 系数 | | | |
|-------------|---|--------|--|--|--|
| 一阶特征 | wavelet-LLH_firstorder_Kurtosis | +0.240 | | | |
| | wavelet-LLH_firstorder_Skewness | +0.412 | | | |
| | wavelet-HLL_firstorder_Median | -0.369 | | | |
| 形状特征 | original_shape_Flatness | +1.231 | | | |
| | original_shape_Sphericity | +1.108 | | | |
| 灰度共生矩阵特征 | wavelet-LHL_glcm_ ClusterShade | +0.561 | | | |
| | wavelet-HLH_glcm _Correlation | -0.964 | | | |
| | wavelet-HLL_glcm_ Correlation | -0.258 | | | |
| 灰度级大小区域矩阵特征 | wavelet-HLL_glszm _GrayLevelNonUniformityNormalized | +1.004 | | | |
| | logarithm_glszm_L argeAreaEmphasis | -0.682 | | | |
| | wavelet-HLL_glszm _SmallAreaLowGra yLevelEmphasis | +0.223 | | | |
| | wavelet-LLL_glszm _SizeZoneNonUniformityNormalized | +0.320 | | | |
| 灰度游程矩阵特征 | wavelet-HLL_glrlm _RunEntropy | +0.497 | | | |
| 相邻灰度差矩阵特征 | squareroot_ngtdm _Contrast | -0.148 | | | |

主? 影务和学林尔尔学生

表3影像组学特征参数与微血管侵犯的相关性

| | 回归系数 | OR(95%CI) | Р |
|---|--------|--------------------|---------|
| 未矫正模型 | | | |
| original_shape_Flatness | 0.450 | 1.568(1.036~1.669) | 0.001 |
| original_shape_Sphericity | 0.532 | 1.702(1.235~1.902) | < 0.001 |
| wavelet-LHL_glcm_ ClusterShade | 0.027 | 1.027(0.867~1.264) | 0.068 |
| wavelet-HLH_glcm _Correlation | -0.140 | 0.869(0.358~0.893) | 0.004 |
| wavelet-HLL_glszm _GrayLevelNonUniformityNormalized | 0.307 | 1.359(1.107~1.562) | 0.001 |
| logarithm_glszm_L argeAreaEmphasis | -0.472 | 0.624(0.507~1.224) | 0.053 |
| 模型1 | | | |
| original_shape_Flatness | 0.522 | 1.685(1.235~1.708) | 0.001 |
| original_shape_Sphericity | 0.557 | 1.746(1.306~1.882) | < 0.001 |
| wavelet-LHL_glcm_ ClusterShade | 0.101 | 1.106(0.853~1.391) | 0.057 |
| wavelet-HLH_glcm _Correlation | -0.178 | 0.837(0.562~0.905) | 0.003 |
| wavelet-HLL_glszm _GrayLevelNonUniformityNormalized | 0.374 | 1.453(1.139~1.662) | 0.002 |
| logarithm_glszm_L argeAreaEmphasis | -0.403 | 0.668(0.541~1.035) | 0.055 |
| 模型2 | | | |
| original_shape_Flatness | 0.533 | 1.704(1.411~1.860) | < 0.001 |
| original_shape_Sphericity | 0.568 | 1.765(1.228~1.967) | < 0.001 |
| wavelet-LHL_glcm_ ClusterShade | 0.110 | 1.116(0.910~1.581) | 0.060 |
| wavelet-HLH_glcm _Correlation | -0.168 | 0.845(0.688~0.896) | 0.002 |
| wavelet-HLL_glszm _GrayLevelNonUniformityNormalized | 0.420 | 1.522(1.367~1.600) | 0.001 |
| logarithm_glszm_L argeAreaEmphasis | -0.344 | 0.709(0.655~1.711) | 0.054 |

注: 模型1=调整GPT、PLT、TBIL,模型2=在模型1的基础上调整AST、ALT、AFP。

2.6 对不同病理分级患者预测MVI的效能 采用ROC分析,比较 2.3中具有差异的影像学特征以及2.6中筛选出的影像组学特征参 数对不同病理分级患者预测MVI的AUC,结果显示,此9个特征对 MVI的预测均具有较好的预测效能,其中影像学特征中肿瘤最大 径预测效能最高,影像组学特征参数中肿瘤形状(Flatness)预测 效能最高,见表4。



表4 不同影像学特征以及影像组学特征参数对不同病理分级患者预测MVI的效能

| 变量 | 预测MVI的AUC | | | |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Ι | II | III | IV |
| 肿瘤最大径 | 0.820(0.729~0.917) | 0.828(0.717~0.901) | 0.859(0.803~0.896) | 0.863(0.735~0.928) |
| 肿瘤边缘 | 0.740(0.703~0.790) | 0.787(0.724~0.811) | 0.735(0.700~0.769) | 0.772(0.725~0.823) |
| 瘤内坏死 | 0.702(0.688~0.735) | 0.716(0.694~0.817) | 0.711(0.679~0.748) | 0.725(0.703~0.788) |
| 瘤内动脉 | 0.759(0.712~0.791) | 0.767(0.741~0.828) | 0.808(0.778~0.827) | 0.812(0.782~0.839) |
| 包膜 | 0.717(0.689~0.768) | 0.736(0.705~0.807) | 0.722(0.704~0.759) | 0.753(0.714~0.786) |
| original_shape_Flatness | 0.878(0.811~0.899) | 0.864(0.807~0.901) | 0.881(0.810~0.906) | 0.896(0.722~0.901) |
| original_shape_Sphericity | 0.810(0.766~0.832) | 0.815(0.785~0.846) | 0.807(0.752~0.820) | 0.820(0.785~0.863) |
| wavelet-HLH_glcm _Correlation | 0.825(0.782~0.866) | 0.809(0.744~0.838) | 0.798(0.724~0.825) | 0.817(0.749~0.884) |
| wavelet-HLL_glszm _GrayLevelNonUniformityNormalized | 0.752(0.698~0.788) | 0.813(0.756~0.864) | 0.851(0.780~0.878) | 0.811(0.774~0.850) |

3 讨 论

HCC 起病隐匿,生长迅速,肝区疼痛症状出现时绝大多数患 者已进入中晚期,预后较差。分化程度越好的 HCC 通常对应于较 高的生存率,而分化程度越差的 HCC 术后复发率或转移率相对越 高,因此常常提示需要进一步的特殊治疗。

本研究结果显示,肿瘤最大径、肿瘤边缘、瘤内坏死、 瘤内动脉、包膜情况、Flatness、Sphericity、wavelet-HLH_glcm _Correlation、wavelet-HLL_glszm _ GrayLevelNonUniformityNormalized对HCC病理分级以 及MVI预测具有较好的效能。

目前大多数学者普遍认为HCC分化程度高的患者,其肿瘤细胞与正常细胞差异不大,对细胞功能影响较小,所以肿瘤生长速度慢,直径小。有研究发现,随着肿瘤最长径的增加,HCC的分化程度会显著降低,同时MVI发生率会显著升高^[4,9]。本研究中结果发现 I 级患者中肿瘤最长径超过5.0cm的人数占23.33%, II 级占32.43%, III 级占51.11%,而IV 级占60.78%,四组间差异显著,且肿瘤最长径对MVI的预测效能较好,与前人研究结果相一致,这可能与肿瘤大小影响其侵袭行为、较大肿瘤其生物恶性程度较高有关^[10-11]。

肿瘤边缘不光滑的患者,其肿瘤侵袭能力更强,更易出现 MVI^[12]。本研究中,M1和M2患者肿瘤边缘不光滑人数分别占总人 数的61.54%和63.16%,显著高于M0组。究其原因,可能是因为 边缘不光滑的HCC更易合并DNA多倍体,将许多微小血管包裹在肿 瘤内部,从而增加了MVI的发生概率^[13]。也有学者认为,边缘不光 滑是肿瘤侵袭周围正常肝实质的结果,反映了肿瘤恶性程度^[14]。

瘤内动脉密度与肿瘤病理分化程度、肿瘤侵袭及血管生成等 相关^[15-16]。国外有学者发现存在瘤内动脉的 HCC患者伴发MVI的 风险是无瘤内动脉HCC患者的2.5倍^[17]。本研究中,M0患者中存 在瘤内动脉的人数为32.88%,M1和M2患者中存在瘤内动脉的人 数分别为55.77%和71.05%,M2患者人数占比约为M0的2倍,与 前人结论大致相符。

当肿瘤的生长速度超过了其营养供应时,局部肿瘤细胞就 会发生坏死。本研究结果显示,病理分级越高,瘤内坏死的概 率也越高, I~IV级患者发生瘤内坏死的概率分别为26.67%、 35.14%、57.78%和68.63%,III级和IV级发生概率显著高于 I 级 和 II 级,这与之前通过CT观察到的瘤内出血坏死与HCC病理分级 呈正相关的报道是一致的^[9]。推测其原因,可能是因为分化程度 越低的 HCC 肿瘤,其新生血管壁细胞形态及功能往往越不完善, 这导致了新生肿瘤细微血管内更容易出现纤维蛋白血栓,进一步 引发缺血缺氧的情况,最终导致坏死。

Original_shape_Flatness和original_shape_Sphericity 这两个特征参数与肿瘤的边缘特性紧密相关。通过对一系列特 征进行相关性分析,我们观察到Flatness和Sphericity与肿瘤边 缘的光滑程度呈现出正相关的趋势。当Sphericity的值趋近于1 时,意味着ROIs(感兴趣区域)的形态更接近于球体,这往往暗示 着肿瘤的边缘可能更加平滑。Flatness这一指标则量化了ROIs 形状中最长轴与最短轴之间的比例关系。对于完全球形的结构, 其Flatness值应为1。因此,通过分析Flatness的值,我们可以 进一步推断出肿瘤形状的扁平程度,从而间接了解肿瘤边缘的 光滑或不规则程度。此外,glszm_GrayLevelNonUniformity Normalized这一特征参数是评估ROIs内部灰度值分布均匀性的 重要指标。当该值较低时,意味着ROIs中的灰度值分布更为均 匀,反之则表明存在较大的灰度值差异。这种灰度值的非均匀性 不仅反映了肿瘤内部的异质性,包括肿瘤细胞密度的变化、坏死 区域的存在以及炎症反应等,而且研究表明,这些特征与MVI(微 血管侵犯)的发生和发展密切相关^[18-19]。

局限性:本研究纳入的患者中Ⅰ级、Ⅱ级以及M2级患者人数 较少,且所有患者均来自同一个医院,存在一定的选择偏倚,后 续需扩大样本量进一步进行验证。

综上所述,CT影像特征中肿瘤最大径、肿瘤边缘、瘤内坏死、瘤内动脉、包膜情况;影像组学肿Flatness、Sphericity、wavelet-HLH_glcm_Correlation、wavelet-HLL_glszm_GrayLevelNonUniformityNormalized对不同分级患者MVI的预测均具有较好的预测效能,其中影像学特征中肿瘤最大径预测效能最高,影像组学特征参数中肿瘤形状(Flatness)预测效能最高。

参考文献

- [1]杨洋,赫连智紫,徐兰玲.系统化护理管理模式在急诊肝癌合并消化道出血患者中的应用研究[J].罕少疾病杂志,2024,31(9):156-157.
- [2] Rumgay H, Ferlay J, de Martel C, et al. Global, regional and national burden of primary liver cancer by subtype [J]. European Journal of Cancer, 2022, 161 (1): 108-118.
- [3]阳湘云,姚宇,赵莹,等.基于影像组学的肝细胞癌病理分级方法[J].计算机应用,2022,42(S2):243-248.
- [4]谢永泉.超声多模态检查联合血清Egf17、VEGF、0PN对肝癌微血管侵犯的诊断价值 及预后价值分析[J].罕少疾病杂志,2024,31(4):51-53.
- [5]赵华飞, 冯智超, 李慧玲, 等. 感兴趣区范围对CT影像组学模型预测肝细胞癌微血管 侵犯的影响[J]. 中南大学学报(医学版), 2022, 47 (8): 1049-1057.
- [6] 白玉萍,杨洲,石安娅,等.影像组学在肝癌中的临床应用进展[J].中国肿瘤外科杂志,2023,15(2):192-196.
- [7] 麻泽聪,廖冠群,邰升.影像组学在肝细胞癌中应用进展[J].中国实用外科杂志、2021,41(5):587-591,596.
- [8] 中华人民共和国国家卫生健康委员会.原发性肝癌诊疗指南(2022年版)[J].中华普通外科学文献(电子版),2022,16(2):81-96.
- [9]刘永倩,赵新湘. 肝癌血清炎症指标及影像特征与病理分级的相关性研究[J]. 放射 学实践, 2022, 37 (1): 55-61.
- [10] Lahan-Martins D, Perales S R, Gallani S K, et al. Microvascular invasion in hepatocellular carcinoma: is it predict- able with quantitative computed tomography parameters [J]. Radiol Bras, 2019, 52 (5): 287-292.
- [11] Xu X, Zhang HL, Liu QP, et al. Radiomic analysis of contrast-enhanced CT predicts microvascular invasion and outcome in hepatocellular carcinoma [J]. Journal of Hepatology, 2019, 70 (6): 1133-1144.
- [12] Lee S, Kang T W, Song K D, et al. Effect of microvascular invasion risk on early recurrence of hepatocellular carcinoma after surgery and radiofrequency ablation[J]. Ann Surg, 2021, 273 (3): 564-571.
- [13] Bakr S, Gevaert O, Patel B, et al. Interreader variability in semantic annotation of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma on contrast-enhanced triphasic CT images [J]. Radiol Imaging Cancer, 2020, 2 (3): 190062.
- [14] Famularo S, Piardi T, Molfino S, et al. Factors affecting local and intra hepatic distant recurrence after surgery for Hcc: an alternative perspective on microvascular invasion and satellitosis- a western European multicentre study [J]. J Gastrointest Surg, 2021, 25 (1): 104 -111.
- [15] Bakr S, Gevaert O, Patel B, et al. Interreader variability in semantic annotation of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma on contrast-enhanced triphasic CT images [J]. Radiol Imaging Cancer, 2020, 2 (3): e190062.
- [16]Kim T M, Lee J M, Yoon J H, et al. Prediction of microvascular invasion of hepatocellular carcinoma: value of volumetric iodine quantification using preoperative dual-energy computed tomography[J]. Cancer Imaging, 2020, 20 (1): 60.
- [17] Matsumoto N, Ogawa M, Kaneko M, et al. Quantitative ultrasound image analysis helps in the differentiation of hepatocellular carcinoma (HCC) from borderline lesions and predicting the histologic grade of HCC and microvascular invasion[J]. J Ultrasound Med, 2021, 40 (4): 689-698.
- [18] Chong HH, Yang L, Sheng RF, et al. Multi-scale and multi-parametric radiomics of gadoxetate disodium-enhanced MRI predicts microvascular invasion and outcome in patients with solitary hepatocellular carcinoma ≤ 5cm[J]. European Radiology, 2021, 31 (7): 4824-4838.
- [19] Feng ST, Jia Y, Liao B, et al. Preoperative prediction of microvascular invasion in hepatocellular cancer: a radiomics model using Gd-EOB-DTPAenhanced MRI[J]. European Radiology, 2019, 29 (9): 4648-4659.

(收稿日期: 2024-03-25) (校对编辑: 江丽华)