

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2024.14.011

文章编号: 1005-8982 (2024) 14-0071-06

临床研究·论著

基于MRI影像学特征联合肿瘤标志物建立直肠癌壁外血管侵犯模型的术前预测效能分析*

张雅婧, 宋斌, 杨经纬

(阜阳市人民医院 影像中心, 安徽 阜阳 236012)

摘要: **目的** 探讨基于磁共振成像(MRI)影像学特征联合肿瘤标志物建立直肠癌壁外血管侵犯(EMVI)模型的术前预测效能。**方法** 选取2021年1月—2024年1月阜阳市人民医院收治的107例直肠癌患者, 所有患者行病理检查、MRI检查, 术后根据直肠癌是否发生EMVI分为阴性组和阳性组。比较两组临床资料、MRI影像学特征、肿瘤标志物, 分析直肠癌发生EMVI的影响因素。分析基于MRI影像学特征联合肿瘤标志物建立的Logistic回归模型对直肠癌EMVI阳性的预测价值。**结果** 107例直肠癌患者中, 34例发生EMVI。两组年龄、直肠癌家族史、性别、肿瘤分化程度、体质量指数比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$)。阳性组T_{3,4}分期、环周切缘阳性率、基于高分辨率磁共振成像的EMVI(mrEMVI)评分 > 2 分占比均高于阴性组($P < 0.05$)。阳性组血清癌胚抗原(CEA)、糖类抗原199(CA199)水平均高于阴性组($P < 0.05$)。多因素一般Logistic回归分析结果显示: 影像T分期[$\hat{OR}=5.703$ (95% CI: 2.507, 12.973)]、环周切缘[$\hat{OR}=3.554$ (95% CI: 1.562, 8.084)]、mrEMVI评分[$\hat{OR}=3.777$ (95% CI: 1.660, 8.593)]、血清CEA[$\hat{OR}=4.104$ (95% CI: 1.804, 9.336)]、CA199[$\hat{OR}=4.559$ (95% CI: 2.004, 10.370)]为直肠癌患者发生EMVI的影响因素($P < 0.05$)。基于MRI影像学特征联合肿瘤标志物构建Logistic回归模型, $\text{Log}(P) = -4.573 + 1.741 \text{ 影像T分期} + 1.268 \text{ 环周切缘} + 1.329 \text{ mrEMVI评分} + 1.412 \text{ 血清CEA} + 1.517 \text{ 血清CA199}$, 拟合效果良好($P < 0.05$)。受试者工作特征曲线结果显示, 该模型术前预测直肠癌EMVI阳性的敏感性为91.18%(95% CI: 0.752, 0.977)、特异性为89.04%(95% CI: 0.790, 0.948), 曲线下面积为0.912(95% CI: 0.857, 0.964) ($P < 0.05$)。**结论** 基于影像T分期、环周切缘、mrEMVI评分、血清CEA、CA199水平联合建立的Logistic回归模型用于术前预测直肠癌EMVI状态具有良好的价值。

关键词: 直肠癌; 壁外血管侵犯; 磁共振成像; 影像学特征; 肿瘤标志物; 预测效能

中图分类号: R735.37

文献标识码: A

Preoperative predictive performance of the model based on MRI features combined with tumor markers for extramural vascular invasion in rectal cancer*

Zhang Ya-jing, Song Bin, Yang Jing-wei

(Imaging Center, Fuyang People's Hospital, Fuyang, Anhui 236012, China)

Abstract: **Objective** To evaluate the preoperative predictive performance of the model based on magnetic resonance imaging (MRI) features and tumor markers for extramural vascular invasion (EMVI) in rectal cancer. **Methods** The 107 patients with rectal cancer admitted to our hospital from January 2021 to January 2024 were selected. All patients underwent pathological examination and MRI scans, and were divided into negative group and positive group according to the occurrence of EMVI. The clinical data, MRI features and tumor markers were compared between the positive group and the negative group, and the influencing factors for EMVI in rectal cancer

收稿日期: 2024-02-21

* 基金项目: 安徽省自然科学基金(No:2108085MH291)

were analyzed. The predictive value of the Logistic regression model based on MRI features combined with tumor markers for EMVI in rectal cancer was assessed. **Results** Among the 107 patients with rectal cancer, 34 cases developed EMVI. There was no difference in age, family history of rectal cancer, sex composition, degree of tumor differentiation and body mass index (BMI) between the two groups ($P > 0.05$). The proportion of stage T3 and T4 tumors, the rate of positive circumferential resection margin, and the proportion of MRI-detected EMVI (mrEMVI) score > 2 in the positive group were all higher than those in the negative group ($P < 0.05$). The serum levels of carcinoembryonic antigen (CEA) and carbohydrate antigen 199 (CA199) in the positive group were higher than those in the negative group ($P < 0.05$). Multivariable Logistic regression analysis showed that the T stage [$\hat{OR} = 5.703$ (95% CI: 2.507, 12.973)], circumferential resection margin [$\hat{OR} = 3.554$ (95% CI: 1.562, 8.084)], mrEMVI scores [$\hat{OR} = 3.777$ (95% CI: 1.660, 8.593)], and serum levels of CEA [$\hat{OR} = 4.104$ (95% CI: 1.804, 9.336)] and CA199 [$\hat{OR} = 4.559$ (95% CI: 2.004, 10.370)] were factors affecting the occurrence of EMVI in rectal cancer ($P < 0.05$). The Logistic regression model was constructed based on MRI features and tumor markers as $\text{Log}(P) = -4.573 + 1.741 \times \text{T stage} + 1.268 \times \text{circumferential resection margin} + 1.329 \times \text{mrEMVI score} + 1.412 \times \text{serum CEA} + 1.517 \times \text{serum CA199}$ and was well-fitted ($P < 0.05$). The receiver operating characteristic (ROC) curve analysis showed that the sensitivity of the regression model in predicting EMVI in rectal cancer before surgery was 91.18% (95% CI: 0.752, 0.977), with a specificity of 89.04% (95% CI: 0.790, 0.948), and an area under the curve of 0.912 (95% CI: 0.857, 0.964) ($P < 0.05$). **Conclusion** The Logistic regression model based on the T stage, circumferential resection margin, mrEMVI scores, and serum levels of CEA and CA199 is of great value for preoperative prediction of EMVI in rectal cancer.

Keywords: rectal cancer; extramural vascular invasion; magnetic resonance imaging; imaging features; tumor markers; predictive efficacy

近年来,我国直肠癌的发病率与病死率呈上升趋势,严重威胁人民群众的生命安全^[1]。壁外血管侵犯(extramural vascular invasion, EMVI)与直肠癌预后不良、局部复发及远处转移息息相关^[2]。术后病理检查仍是现阶段诊断EMVI的金标准,然而一些患者肠壁外血管严重损伤,病理检查难以确定血管原始形态,使假阴性风险升高^[3]。有研究表明,直肠癌EMVI阴性患者5年生存率为73%,而阳性患者5年生存率仅为52%^[4]。故术前精准评估直肠癌EMVI状态对临床医师制订干预策略及改善预后具有重要价值。磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)具有较高的软组织分辨率,可清晰显示病变周围组织侵犯情况及病变范围^[5]。MRI在直肠癌术前的诊断价值已得到临床医师广泛认可,但其术前评估直肠癌EMVI状态仍存在一定不足之处,单独诊断的准确性仍不甚理想^[6]。肿瘤标志物是一类反映肿瘤存在的化学物质,是临床最方便、最常见的术前血清检测指标,这些标志物的量变或存在有助于诊断及评估肿瘤预后^[7-8]。本研究基于MRI影像学特征联合肿瘤标志物建立Logistic回归模型术前预测直肠癌EMVI状态,旨在为术前无创性评价直肠癌EMVI状态提供一定的科学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2021年1月—2024年1月阜阳市人民医院收治的107例直肠癌患者。纳入标准:①术后病理检查证实为直肠癌^[8];②接受直肠癌根治术;③年龄 ≥ 18 岁。排除标准:①合并其他盆腔肿瘤性病变;②肝肾功能不全;③对对比剂过敏;④术前行放化疗等抗肿瘤治疗;⑤凝血功能障碍;⑥MRI图像质量不佳;⑦精神系统疾病。本研究经医院医学伦理委员会审批(医伦理审查[2020]文041号),患者家属签署知情同意书。

1.2 研究方法

1.2.1 EMVI的评估及分组 术后行病理检查评估直肠癌EMVI状态。免疫组织化学结果显示CD34将淋巴管管壁染成棕褐色;苏木精-伊红染色可见淋巴管壁或血管被肿瘤细胞直接包绕与侵犯,或肿瘤细胞亲肤侵入淋巴管管腔或血管为EMVI阳性,否则为EMVI阴性^[9]。术后根据直肠癌是否发生EMVI分为阴性组和阳性组。

1.2.2 MRI检查 术前1周行MRI平扫。检查前均禁饮、禁食,检查前用开塞露清洁患者肠道。采用Ingenia 3.0T CX全数字磁共振仪(荷兰飞利浦公

司)进行检查,配备 16 通道体部表面相控线圈,线圈置于耻骨联合水平。检查序列包括斜轴位读出方向分段采样序列(readout segmentation of long variable echo-trains, RESOLVE)弥散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)和斜轴位无脂肪抑制剂的 T2 加权快速自旋回波序列。RESOLVE DWI 参数:层间距 0.3 mm,回波时间(time echo, TE)91 ms,像素矩阵 196 × 131,层厚 3 mm,视野 360 mm × 300 mm, b 值分别为 1 000 和 0 s/mm²,重复时间(time repetition, TR) 11 100 ms。矢状位 T2 加权成像(T2WI)参数:TE 99 ms,层间距 0.3 mm,视野 250 mm × 250 mm,层厚 3 mm,像素矩阵 384 × 326,TR 4 000 ms。斜轴位 T2WI 参数:TE 99 ms,层间距 0.3 mm,视野 220 mm × 220 mm,层厚 3 mm,像素矩阵 384 × 296,TR 4 550 ms。

1.2.3 MRI 影像学特征 在不知道术后病理检查结果的条件下,由 2 名经验丰富(10 年经验)放射科主治医师评估患者的 MRI 影像,包括影像 T 分期、环周切缘、肿瘤长径、基于高分辨率磁共振成像的 EMVI (MRI-defined EMVI, mrEMVI)评分[阳性:mrEMVI 评分 3、4 分;阴性:mrEMVI 评分 0~2 分。肿瘤传统的区域周围无血管,肿瘤呈非结节状突破肠壁为 0 分;瘤周没有血管结构,肿瘤呈结节状/微小条索状突破肠壁为 1 分;管腔内没有明确的肿瘤信号,血管管径正常,壁外血管附近存在肿瘤病灶为 2 分;增强扫描见充盈缺损,血管的管径和轮廓略有扩大,壁外血管内见中等肿瘤信号为 3 分;管腔呈结节状扩张或血管轮廓不规则,壁外血管内有明确的肿瘤信号为 4 分^[9]、影像 N 分期、肿瘤位置。若两者存在分歧,则由 1 位具有 20 年腹部 MRI 诊断经验的副主任医师做

出最终决定。

1.2.4 肿瘤标志物检测 术前 1 周抽取患者静脉血 4 mL,3 000 r/min 离心 15 min,离心半径 6 cm,取上层血清,用酶联免疫吸附试验检测甲胎蛋白(alpha-fetoprotein, AFP)、糖类抗原 199(carbohydrate antigen 199, CA199)、糖类抗原 125(carbohydrate antigen 125, CA125)、癌胚抗原(carcinoembryonic antigen, CEA)水平,试剂盒购自上海仁捷生物科技有限公司。

1.2.5 收集资料 收集患者一般资料,包括年龄、直肠癌家族史、性别、体质量指数(body mass index, BMI)、肿瘤分化程度。

1.3 统计学方法

数据分析采用 SPSS 26.0 统计软件。计数资料以率(%)表示,比较用 χ^2 检验;计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较用 t 检验;影响因素的分析用多因素一般 Logistic 回归模型;绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 EMVI 发生情况

107 例直肠癌患者中,34 例发生 EMVI,剩余 73 例未发生 EMVI。

2.2 两组患者一般资料比较

阴性组与阳性组直肠癌家族史、BMI、年龄、肿瘤分化程度、性别构成比较,经 t/χ^2 检验,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 两组患者一般资料比较

组别	n	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	直肠癌家族史/例	男/女/例	BMI/(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	肿瘤分化程度/例	
						低分化	中高分化
阴性组	73	63.11 ± 9.85	3(4.11)	35/18	24.45 ± 2.72	23(31.51)	50(68.49)
阳性组	34	64.57 ± 9.42	1(2.94)	15/19	24.19 ± 2.63	12(35.29)	22(64.71)
t/χ^2 值		0.724	0.088	0.137	1.324	0.151	
P 值		0.471	1.000	0.712	0.188	0.697	

2.3 两组 MRI 影像学特征比较

阳性组与阴性组影像 T 分期、环周切缘阳性率、mrEMVI 评分构成比比较,经 χ^2 检验,差异均有统计学意义($P < 0.05$);阳性组 T_{3,4} 分期、环周切缘阳性

率、mrEMVI 评分 > 2 分占比均高于阴性组($P < 0.05$);两组肿瘤长径、影像 N 分期、肿瘤位置构成比较,经 t/χ^2 检验,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

表 2 两组 MRI 影像学特征比较

组别	n	影像T分期 例(%)		环周切缘 例(%)		肿瘤长径/(cm, $\bar{x} \pm s$)	mrEMVI评分 例(%)	
		T ₁ 、T ₂	T ₃ 、T ₄	阳性	阴性		≤ 2分	> 2分
阴性组	73	67(91.78)	6(8.22)	60(82.19)	13(17.81)	5.41 ± 1.52	58(79.45)	15(20.55)
阳性组	34	6(17.65)	28(82.35)	11(32.35)	23(67.65)	5.72 ± 1.46	14(41.18)	20(58.82)
χ^2/t 值		58.805		25.808		0.994	15.439	
P 值		0.000		0.000		0.322	0.000	

组别	影像N分期 例(%)		肿瘤位置 例(%)		
	N ₀	N _{1,2}	上段	中段	下段
阴性组	20(27.40)	53(72.60)	29(39.73)	33(45.21)	11(15.07)
阳性组	11(32.35)	23(67.65)	13(38.24)	14(41.18)	7(20.59)
χ^2/t 值	0.277		0.519		
P 值	0.599		0.771		

2.4 两组肿瘤标志物水平比较

阳性组与阴性组血清 CEA、CA199 水平比较,经 *t* 检验,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 阳性组血清 CEA、CA199 水平均高于阴性组 ($P < 0.05$)。两组血清 CA125、AFP 水平比较,经 *t* 检验,差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 3。

2.5 直肠癌患者发生 EMVI 的影响因素

以直肠癌患者是否发生 EMVI 为因变量(否=0,是=1),以影像 T 分期(T_{1,2}分期=0, T_{3,4}分期=1)、环周切缘(阴性=0,阳性=1)、mrEMVI 评分(≤ 2分=0, > 2分=1)、血清 CEA(实测值)、CA199(实测值)水平为自变量,进行多因素一般 Logistic 回归分析(引入水准为 0.05),剔除水准为 0.10),结果显示:影

表 3 两组肿瘤标志物水平比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	CEA/(ng/mL)	CA199/(u/mL)	CA125/(u/mL)	AFP/(ng/mL)
阴性组	73	8.19 ± 2.67	12.69 ± 3.16	10.31 ± 2.50	3.29 ± 0.46
阳性组	34	14.56 ± 4.82	54.42 ± 7.91	10.87 ± 2.62	3.21 ± 0.44
<i>t</i> 值		8.787	39.004	1.063	0.849
P 值		0.000	0.000	0.290	0.398

像 T 分期[$\hat{OR}=5.703$ (95% CI: 2.507, 12.973)]、环周切缘 [$\hat{OR}=3.554$ (95% CI: 1.562, 8.084)]、mrEMVI 评分 [$\hat{OR}=3.777$ (95% CI: 1.660, 8.593)]、血清 CEA [$\hat{OR}=4.104$ (95% CI: 1.804, 9.336)]、CA199 [$\hat{OR}=4.559$ (95% CI: 2.004, 10.370)]为直肠癌患者发生 EMVI 的影响因素 ($P < 0.05$)。见表 4。

表 4 直肠癌患者发生 EMVI 的多因素一般 Logistic 回归分析参数

自变量	b	S _b	Wald χ^2	P 值	\hat{OR}	95% CI	
						下限	上限
常量	-4.573	1.672	7.480	0.001	0.010	-	-
影像 T 分期	1.741	0.452	14.836	0.000	5.703	2.507	12.973
环周切缘	1.268	0.414	9.381	0.000	3.554	1.562	8.084
mrEMVI 评分	1.329	0.408	10.610	0.000	3.777	1.660	8.593
血清 CEA	1.412	0.516	7.488	0.000	4.104	1.804	9.336
血清 CA199	1.517	0.438	11.996	0.000	4.559	2.004	10.370

2.6 MRI 影像学特征联合肿瘤标志物术前预测直肠癌 EMVI 阳性的价值

基于 MRI 影像学特征联合肿瘤标志物构建 Logistic 回归模型, $\text{Log}(P) = -4.573 + 1.741$ 影像 T 分

期 + 1.268 环周切缘 + 1.329mrEMVI 评分 + 1.412 血清 CEA + 1.517 血清 CA199。经似然比检验,拟合效果好 ($\chi^2=15.414, P=0.001$)。ROC 曲线结果显示,该模型术前预测直肠癌 EMVI 阳性的敏感性为 91.18%

(95% CI: 0.752, 0.977)、特异性为 89.04% (95% CI: 0.790, 0.948), AUC 为 0.912 (95% CI: 0.857, 0.964) ($P < 0.05$)。见图 1。

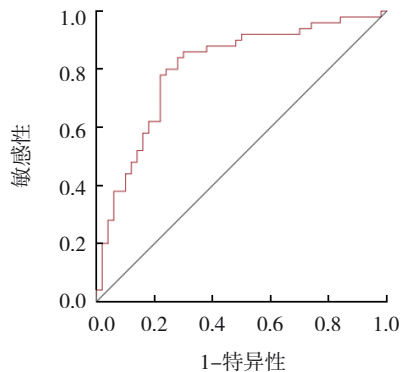


图 1 Logistic 回归模型术前预测直肠癌 EMVI 阳性的 ROC 曲线

3 讨论

现阶段,直肠癌主要采用手术治疗,放化疗、生物免疫治疗,靶向治疗则作为辅助治疗。直肠癌治疗前需明确直肠癌 EMVI、肿瘤大小、TNM 分期、直肠癌环周筋膜切缘等情况^[10]。有研究表明,17%~52% 结直肠癌患者 EMVI 为阳性^[11]。MC 等^[12]研究表明,直肠肿瘤 EMVI 状态能够作为预测直肠癌总体生存时间与局部复发的重要依据,也可用于评估新辅助治疗效果。新辅助治疗目前已广泛用于预后不良的直肠癌患者,与术后放化疗相比,新辅助治疗可明显提高肿瘤局部控制率^[13]。故术前精准评估直肠癌 EMVI 状态对临床制订干预方案及延长患者生存时间意义重大。

本研究 107 例直肠癌患者中,EMVI 阳性率为 31.78%,提示直肠癌 EMVI 阳性率仍较高,应引起临床重视,与王可欣等^[14]研究结果(31.07%)相似。本研究结果显示,影像 T 分期、环周切缘、mrEMVI 评分为直肠癌发生 EMVI 的影响因素。影像 T 分期越高,即直肠癌肿瘤浸润深度越深,越容易浸润到肠壁内层或肌层,增加了肿瘤细胞侵犯周围淋巴管结构和血管的风险,从而增加 EMVI 的发生风险^[15]。环周切缘阳性是指在距离直肠系膜筋膜 $< 1 \text{ mm}$ 的范围内存在转移淋巴结或直肠癌原发灶,提示肿瘤细胞有可能侵犯周围淋巴管结构和血管,因此具有较高的侵袭性,EMVI 的发生风险更大^[16]。WANG 等^[17]研究指出,mrEMVI 评分是肝转移、肿瘤分期的独立危险

因素,也是术前评估 EMVI 的主要方案。MAYAUD 等^[18]的研究结果指出,由于对于腔内信号和管腔轮廓细微改变及肠周无明显扩张的小血管(血管直径 $< 3 \text{ mm}$)难以通过肉眼识别,相比于术后病理检查的金标准,mrEMVI 评分差异较大,且敏感性较低(28.2%~62.0%)。另有研究表明,新辅助放化疗后的纤维化、水肿、炎症同样会提高 mrEMVI 评估的难度^[19]。王可欣等^[14]研究证实,mrEMVI 评分较高、环周切缘阳性为预测直肠癌 EMVI 阳性的独立危险因素,与本研究报告相符。CA199、CEA 为结直肠癌常用肿瘤标志物,尤其是晚期患者。TRIPATHI 等^[20]研究结果显示,诊断直肠癌时,29.6% 患者血清 CA199 水平明显升高,50.6% 患者血清 CEA 水平明显升高,且随着肿瘤分期升高,血清 CA199、CEA 水平逐渐升高。另外,该研究结果表明,MRI 联合肿瘤标志物可提高 N、T 分期诊断准确率(83.50% VS 74.50%; 90.00% VS 83.00%)。LEE 等^[21]研究指出,血清 CA199、CEA 水平与 EMVI 状态无关。但本研究结果显示,血清 CEA、CA199 水平为直肠癌发生 EMVI 的影响因素。既往研究指出,直肠癌晚期($T_{3,4}$)患者往往伴随 EMVI 的发生,肿瘤侵袭周围越多的血管,产生的化学物质 CA199、CEA 等进入血液也增多,这也符合血清 CA199、CEA 水平随着肿瘤浸润深度加深而升高的结论^[22]。MRI 是术前评估 EMVI 的重要手段,但临床研究表明,MRI 检出的 EMVI 患者明显比组织病理学多,表明仍需要寻找辅助诊断 EMVI 的指标来提高 MRI 诊断的准确性^[23-25]。本研究基于影像 T 分期、环周切缘、mrEMVI 评分、血清 CEA、CA199 水平联合构建 Logistic 回归模型,结果显示,该回归模型术前预测直肠癌 EMVI 具有较高价值。上述指标检测经济快捷、简单方便,但单独指标的特异性与敏感性难以达到预测的要求,可联合多个指标进行分析。

综上所述,基于影像 T 分期、环周切缘、mrEMVI 评分、血清 CEA、CA199 水平联合建立的 Logistic 回归模型用于术前预测直肠癌 EMVI 状态具有良好的价值。

参 考 文 献 :

- [1] 郝俊,王帅,朱军,等. 神经网络预测模型辅助诊断结直肠癌微卫星状态的研究[J]. 中国普通外科杂志, 2023, 32(4): 488-496.

- [2] BATES D D B, HOMSI M E, CHANG K J, et al. MRI for rectal cancer: staging, mrCRM, EMVI, lymph node staging and post-treatment response[J]. *Clin Colorectal Cancer*, 2022, 21(1): 10-18.
- [3] LORD A C, D'SOUZA N, SHAW A, et al. MRI-diagnosed tumor deposits and EMVI status have superior prognostic accuracy to current clinical TNM staging in rectal cancer[J]. *Ann Surg*, 2022, 276(2): 334-344.
- [4] ALTINMAKAS E, DOGAN H, TASKIN O C, et al. Extramural venous invasion (EMVI) revisited: a detailed analysis of various characteristics of EMVI and their role as a predictive imaging biomarker in the neoadjuvant treatment response in rectal cancer[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2022, 47(6): 1975-1987.
- [5] CHANDRAMOHAN A, MITTAL R, DSOUZA R, et al. Prognostic significance of MR identified EMVI, tumour deposits, mesorectal nodes and pelvic side wall disease in locally advanced rectal cancer[J]. *Colorectal Dis*, 2022, 24(4): 428-438.
- [6] MACHADO CARVALHO J V, DUTOIT V, CORRÒ C, et al. Promises and challenges of predictive blood biomarkers for locally advanced rectal cancer treated with neoadjuvant chemoradiotherapy[J]. *Cells*, 2023, 12(3): 413.
- [7] XIA Q, CHENG W, BI J, et al. Value of biplane transrectal ultrasonography plus micro-flow imaging in preoperative T staging and rectal cancer diagnosis in combination with CEA/CA199 and MRI[J]. *BMC Cancer*, 2023, 23(1): 860.
- [8] 中国结直肠癌诊疗规范(2020年版)专家组. 国家卫生健康委员会中国结直肠癌诊疗规范(2020年版)[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2020, 23(6): 521-540.
- [9] 陈勇. MRI在直肠癌环周切缘及壁外血管侵犯预测上的研究[D]. 唐山: 华北理工大学, 2017.
- [10] GALLO C, ROSSI R E, CAVALCOLI F, et al. Rectal neuroendocrine tumors: current advances in management, treatment, and surveillance[J]. *World J Gastroenterol*, 2022, 28(11): 1123-1138.
- [11] UFUK F. Letter to the editor: "extramural venous invasion (EMVI) revisited: a detailed analysis of various characteristics of EMVI and their role as a predictive imaging biomarker in the neoadjuvant treatment response in rectal cancer"[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2022, 47(9): 3276-3277.
- [12] MC ENTEE P D, SHOKUHI P, ROGERS A C, et al. Extramural venous invasion (EMVI) in colorectal cancer is associated with increased cancer recurrence and cancer-related death[J]. *Eur J Surg Oncol*, 2022, 48(7): 1638-1642.
- [13] DIJKSTRA E A, NILSSON P J, HOSPERS G A P, et al. Locoregional failure during and after short-course radiotherapy followed by chemotherapy and surgery compared with long-course chemoradiotherapy and surgery: a 5-year follow-up of the RAPIDO trial[J]. *Ann Surg*, 2023, 278(4): e766-e772.
- [14] 王可欣, 余静, 徐青. 基于RESOLVE ADC的影像组学列线图在预测直肠癌壁外血管侵犯中的应用价值[J]. *肿瘤影像学*, 2023, 32(2): 138-147.
- [15] SHU Z Y, MAO D W, SONG Q W, et al. Multiparameter MRI-based radiomics for preoperative prediction of extramural venous invasion in rectal cancer[J]. *Eur Radiol*, 2022, 32(2): 1002-1013.
- [16] LI J, KOU P S, LIN L J, et al. T1 mapping in evaluation of clinicopathologic factors for rectal adenocarcinoma[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2024, 49(1): 279-287.
- [17] WANG K X, YU J, XU Q. Histogram analysis of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging to predict extramural venous invasion in rectal cancer[J]. *BMC Med Imaging*, 2023, 23(1): 77.
- [18] MAYAUD A, BOUSARSAR A, SOLTANI S, et al. Prognostic factors of pelvic MRI at the initial workflow in locally advanced rectal cancer: Focus on extra mural venous invasion and tumour deposits[J]. *Bull Cancer*, 2022, 109(12): 1269-1276.
- [19] CHEN S L, LI N, TANG Y, et al. The prognostic value of MRI-detected extramural vascular invasion (mrEMVI) for rectal cancer patients treated with neoadjuvant therapy: a meta-analysis[J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(12): 8827-8837.
- [20] TRIPATHI P, GUO W F, RAO S X, et al. Additional value of MRI-detected EMVI scoring system in rectal cancer: applicability in predicting synchronous metastasis[J]. *Tumori*, 2020, 106(4): 286-294.
- [21] LEE E S, KIM M J, PARK S C, et al. Magnetic resonance imaging-detected extramural venous invasion in rectal cancer before and after preoperative chemoradiotherapy: diagnostic performance and prognostic significance[J]. *Eur Radiol*, 2018, 28(2): 496-505.
- [22] 田连芬. 磁共振联合肿瘤标志物的列线图模型预测直肠癌壁外血管侵犯的研究[D]. 南宁: 广西医科大学, 2021.
- [23] LEE H G, KIM C W, JANG J K, et al. Pathologic implications of magnetic resonance imaging-detected extramural venous invasion of rectal cancer[J]. *Clin Colorectal Cancer*, 2023, 22(1): 129-135.
- [24] 黄伟康, 卿勇, 刘岷, 等. 探讨直肠腺癌壁外血管侵犯磁共振评分与ADC诊断EMVI的价值[J]. *临床放射学杂志*, 2023, 42(7): 1149-1153.
- [25] 朱建伟, 高友富, 程好堂, 等. 磁共振成像检查在直肠癌临床分期、环周切缘及壁外血管侵犯判断中的准确性[J]. *中国医学装备*, 2021, 18(5): 78-82.

(童颖丹 编辑)

本文引用格式: 张雅婧, 宋斌, 杨经纬. 基于MRI影像学特征联合肿瘤标志物建立直肠癌壁外血管侵犯模型的术前预测效能分析[J]. *中国现代医学杂志*, 2024, 34(14): 71-76.

Cite this article as: ZHANG Y J, SONG B, YANG J W. Preoperative predictive performance of the model based on MRI features combined with tumor markers for extramural vascular invasion in rectal cancer[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2024, 34(14): 71-76.