



· 论 著 ·

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

王可欣, 余 静, 徐 青

南京医科大学第一附属医院放射科, 南京 江苏 210029

[摘要] 目的: 构建并验证用于术前预测直肠癌壁外血管侵犯 (extramural venous invasion, EMVI) 的临床-影像组学模型。方法: 回顾并收集南京医科大学第一附属医院收治的147例经病理学检查确诊的直肠腺癌患者, 按照7:3分为训练集和验证集。在训练集中, 5个临床特征 [年龄、性别、术前肠镜组织学分级、术前癌胚抗原 (carcinoembryonic antigen, CEA) 水平和糖类抗原 (carbohydrate antigen, CA) 19-9水平] 以及6个基于高分辨率磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 结构性报告的影像学特征 [肿瘤位置和长径、影像T分期、影像N分期、基于MRI壁外血管侵犯 (MRI-defined EMVI, mrEMVI) 评分, 环周切缘 (circumferential resection margin, CRM)] 被纳入研究, 并通过多因素逻辑回归分析构建临床模型。所有患者均行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) 扫描。在DWI序列上沿肿瘤边缘手动逐层勾画出包含肿瘤病灶的感兴趣区并复制到表观弥散系数 (apparent diffusion coefficient, ADC) 图上。采用最大相关性最小冗余度 (the maximum relevance minimum redundancy, mRMR) 算法和最小绝对收缩和选择算子 (the least absolute shrinkage and selection operator, LASSO) 回归降维并选择组学特征建立影像组学模型。最后通过多因素逻辑回归分析构建临床-影像组学联合模型, 并转化为列线图。采用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线及曲线下面积 (area under curve, AUC) 量化训练集和验证集中各模型的预测效能, 并使用DeLong分析检验模型间的效能差异。运用决策曲线分析 (decision curve analysis, DCA) 评估各模型在验证集中的临床应用价值。结果: 临床-影像组学联合模型在预测直肠癌壁外血管侵犯中的诊断效能最优, 在训练集和验证集中的AUC分别为0.928和0.891。DCA结果表明, 联合模型列线图在临床上的应用价值优于临床模型和影像组学模型。结论: 联合RESOLVE ADC的影像组学特征和临床危险因素的临床-影像组学列线图, 有望作为术前无创性预测直肠癌EMVI的可靠的临床工具。

[关键词] 直肠癌; 壁外血管侵犯; 磁共振成像; 影像组学; 预测模型

中图分类号: R735.3+7; R445.2 文献标志码: A DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2023.02.006

Radiomics based on RESOLVE ADC in identification of extramural venous invasion in rectal cancer WANG Kexin, YU Jing, XU Qing (Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, Jiangsu Province, China)

Correspondence to: XU Qing E-mail: xuqing_jsph@163.com

[Abstract] **Objective:** To establish and validate a radiomics nomogram in the non-invasive prediction of extramural venous invasion (EMVI) in rectal cancer. **Methods:** This retrospective study included preoperative images of 147 rectal cancer patients in The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University. All patients were randomly divided into training cohort and validation cohort with a ratio of 7:3. Five clinical factors, including age, sex, preoperative histological grade by colonoscopy, carcinoembryonic antigen (CEA) and carbohydrate antigen (CA) 19-9 levels and six high resolution magnetic resonance imaging (MRI) features, including tumor site and length, T stage, N stage, circumferential resection margin (CRM) and MRI defined-EMVI (mrEMVI) were recorded. Image segmentation was performed by manually delineating the whole tumors on readout segmentation of long variable echo-trains (RESOLVE) diffusion-weighted imaging (DWI) and then copied onto the corresponding apparent diffusion coefficient (ADC) maps. The maximum-relevance and minimum-redundancy (mRMR) and the least absolute shrinkage

基金项目: 国家自然科学基金 (81801662)

通信作者: 徐 青 E-mail: xuqing_jsph@163.com

and selection operator (LASSO) methods were used to select radiomics features. Logistic regression analysis was employed to construct models based on clinical factors and high resolution MRI features (clinical model), tumor radiomics features (radiomics model), and clinical model combined with tumor radiomics features (combined model nomogram). Then calibration curve was used to evaluate the calibration efficiency of nomogram. Receiver operating characteristic (ROC) curve was performed to assess the diagnostic efficacy of each model in two cohorts. The area under curve (AUC) was calculated for each ROC curve. The DeLong test was conducted to compare AUCs between models. Decision curve analysis (DCA) was performed to assess the clinical usefulness of the three models by quantifying the net benefits at different threshold probabilities in the validation cohort. **Results:** The combined model showed higher AUCs (training cohort 0.928, validation cohort 0.891) than clinical model and radiomics model. The result of DCA indicated that using nomograms of combined model to predict EMVI gains more benefits than clinical model and radiomics model at any threshold probabilities in the validation cohort. **Conclusion:** The radiomics nomogram, incorporating RESOLVE ADC based-radiomic features from the original tumor with clinical predict factors was promising to serve as a reliable clinical tool for preoperative non-invasive prediction of EMVI in rectal cancer.

[**Key words**] Rectal cancer; Extramural venous invasion; Magnetic resonance imaging; Radiomics; Prediction model

壁外血管侵犯 (extramural venous invasion, EMVI) 是指直肠肠管固有肌层外的血管腔内出现肿瘤浸润^[1], 是早期微转移形成的关键步骤, 也是直肠癌局部复发^[2]、远处转移^[3]及预后不良^[4]的独立危险因素。目前, 术后病理学检查是确认EMVI状态的金标准。但当肠壁外血管被广泛破坏时, 在组织病理学上无法区分其原始血管形态, 可能导致假阴性^[5], 影响医师作出治疗决策。因此, 术前准确诊断EMVI的发生对于评估直肠癌患者的分期、治疗、预后和生存至关重要。

目前, 基于高分辨率磁共振成像的EMVI (magnetic resonance imaging -defined EMVI, mrEMVI) 评分是术前评估EMVI状态的主要方法^[6], 也是肿瘤分期^[7]和肝转移^[8]的独立危险因素。然而既往研究^[9-12]结果表明, 与术后病理学检查的金标准相比, mrEMVI评分的灵敏度较低且差异较大 (28.2%~62.0%)。此外, 新辅助放化疗后的炎症、水肿和纤维化也增加了mrEMVI评估的难度^[13-14]。

基于大数据的影像组学研究近年来已成为一种新兴的研究方向, 可以通过挖掘非视觉成像信息并转化为定量参数, 进一步评估病灶内的异质性^[15]。读出方向分段采样序列 (readout segmentation of long variable echo-trains, RESOLVE) 可以显著提高图像分辨率和信噪比, 在评估体积较小且形态不规则的病灶中具有明显的优势^[16-17], 但目前直肠癌患者的术

前检查中应用较少^[18-19]。本研究旨在构建并验证一种基于RESOLVE-表观弥散系数 (apparent diffusion coefficient, ADC) 的影像组学模型, 结合临床危险因素建立列线图, 探讨其在术前个体化预测直肠癌EMVI中的价值, 以辅助临床决策。

1 资料和方法

1.1 研究对象

回顾并收集南京医科大学第一附属医院2018年12月—2022年1月收治的223例经术后病理学检查证实的直肠癌患者。纳入标准: ① 经病理学检查证实的直肠腺癌; ② 在高分辨率MRI检查后2周内接受直肠癌根治术 (R0); ③ 具有完整的临床资料和术后病理学检查报告。排除标准: ① 特殊组织病理学类型, 包括黏液腺癌和肉瘤等; ② 术前接受新辅助放化疗; ③ 同时患有其他盆腔肿瘤性病变。最终, 本研究共纳入147例患者, 按照7:3随机分至训练集和验证集。以术后病理学检查证实的EMVI状态 (阳性或阴性) 作为进一步的分组标准。

1.2 临床资料

收集患者的临床资料, 包括年龄、性别、术前肠镜组织学分级、术前癌胚抗原 (carcinoembryonic antigen, CEA) 水平以及术前糖类抗原 (carbohydrate antigen, CA) 19-9水平。

1.3 图像采集

采用德国Siemens公司的Magnetom Verio Tim 3.0 T MRI系统及16通道体部表面相控线圈进行检查, 线圈水平放置于耻骨联合水平。所有患者检查前均禁食禁水>4 h, 检查前使用开塞露清洁肠道。检查序列: 斜轴位无脂肪抑制的T2加权快速自旋回波序列、斜轴位RESOLVE弥散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI), 以及自动生成的ADC图。

斜轴位T2加权成像(T2-weighted imaging, T2WI)的参数如下: 层厚3 mm; 层间距0.3 mm; 重复时间(repetition time, TR)/回波时间(echo time, TE)为4 550 ms/99 ms; 视野220 mm × 220 mm; 像素矩阵384 × 296。矢状位T2WI的参数: 层厚3 mm; 层间距0.3 mm; TR/TE为4 000 ms/99 ms; 视野250 mm × 250 mm; 像素矩阵384 × 326。

RESOLVE DWI的参数如下: 层厚3 mm; 层间距0.3 mm; TR/TE为11 100 ms/91 ms; 视野

360 mm × 300 mm; 像素矩阵196 × 131; b 值分别为0、1 000 s/mm²。

1.4 MRI结构式报告

由2名放射科医师(阅片者1和阅片者2, 具有4年和14年的腹部MRI诊断经验)在不知道临床信息和术后组织病理学检查结果的情况下, 分别重新评估每例患者的术前高分辨MRI图像, 并提交结构化报告, 收集的术前影像学特征包括肿瘤部位和长径、影像T分期、影像N分期、环周切缘(circumferential resection margin, CRM)和mrEMVI评分。mrEMVI评分标准如下(图1): 评分0~2分为mrEMVI阴性, 3~4分为阳性^[6]。2名放射科医师所提交的一致影像学信息被直接采用, 如有分歧, 将图像提交给另一名高年资放射科医师(阅片者3, 具有27年的腹部MRI诊断经验), 由其作出最终决定。

1.5 模型构建

分别构建临床模型、影像组学模型和联合模型, 流程见图2。

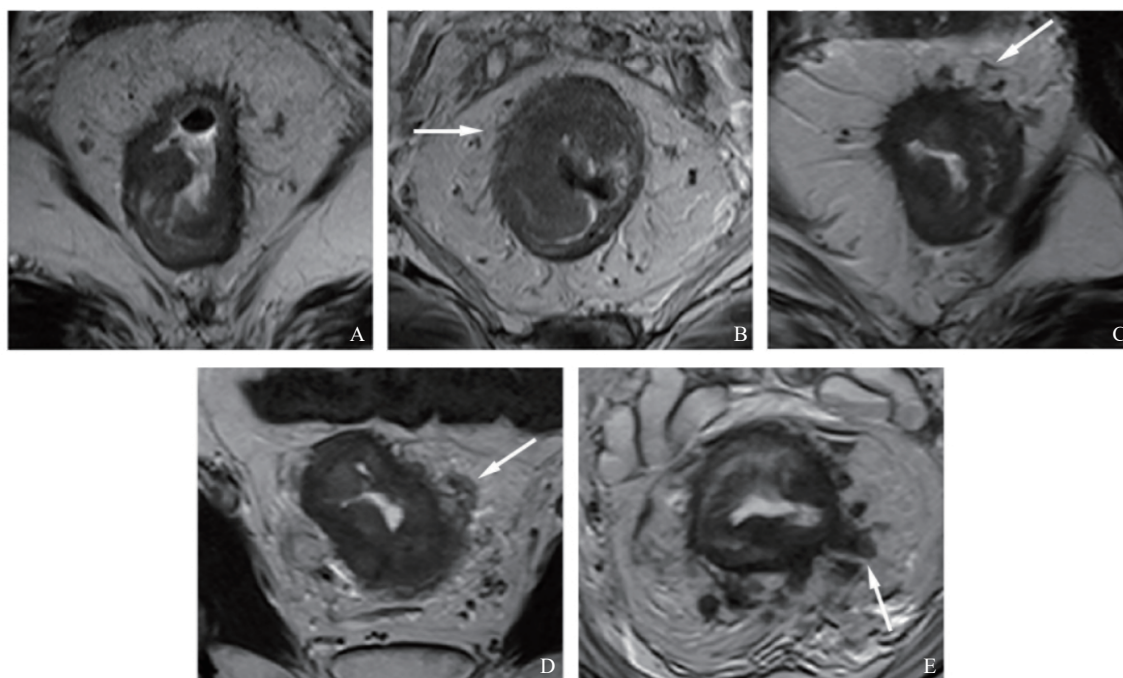


图1 mrEMVI评分图像

A: mrEMVI 0分; B: mrEMVI 1分; C: mrEMVI 2分; D: mrEMVI 3分; E: mrEMVI 4分。评分0~2分为mrEMVI阴性, 3~4分为阳性。

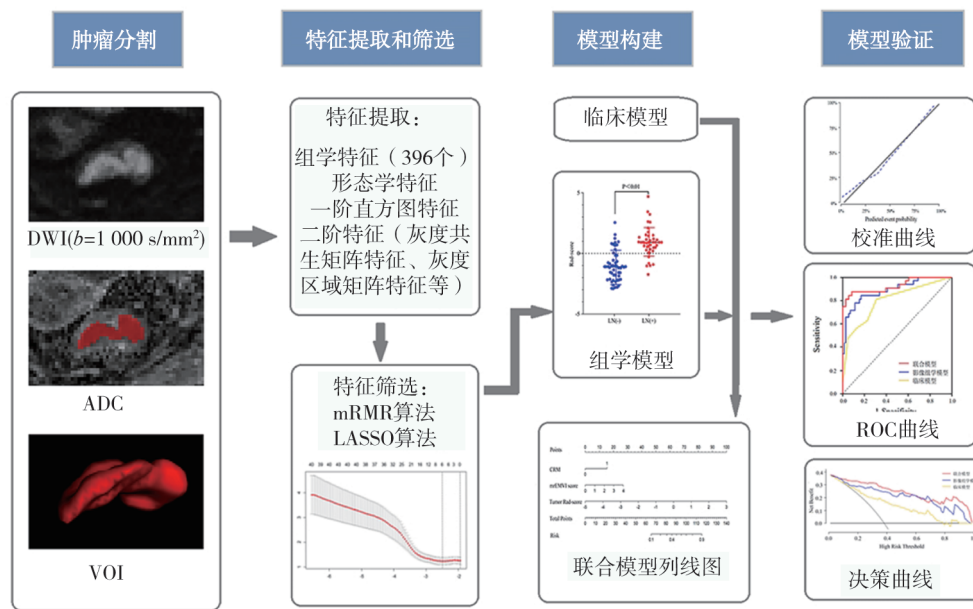


图2 临床模型、影像组学模型、联合模型列线图构建流程图

1.5.1 临床模型

在实验组中，将5个临床资料以及基于高分辨率MRI结构式报告的6个影像学特征分别经过 t 检验或 χ^2 检验，然后采用多因素逻辑回归分析筛选出独立危险因素，建立临床模型。

1.5.2 影像组学模型

1.5.2.1 图像分割和特征提取

在尽量避开系膜内脂肪、伪影和血管的情况下，阅片者1使用ITK-SNAP软件，在多个连续DWI层面上沿高信号的肿瘤轮廓手动绘制感兴趣区（region of interest, ROI）。阅片者1所绘制的原发肿瘤的ROI由高年资的阅片者3逐层审核并修改，随后合并成3D ROI，并复制到相应层面的ADC图上（图2）。使用AK软件提取出396个影像组学特征^[15]，包括形态学特征、一阶直方图特征和二阶特征（灰度共生矩阵、灰度区域矩阵、灰度游程长度矩阵、灰度色差矩阵和灰度相关矩阵）。

1.5.2.2 特征筛选和模型建立

在训练集中，通过最大相关性最小冗余度（the maximum relevance minimum redundancy, mRMR）算法初步筛选影像组学特征，最小绝对收缩和选择算子（the least absolute shrinkage and selection operator, LASSO）回归进一步降维，

多因素逻辑回归向前选择法筛选出最具有鉴别意义的影像组学特征变量，并以此构建影像组学模型。

1.5.3 联合模型

联合已构建的临床模型和影像组学模型建立联合模型，并绘制成列线图。采用受试者工作特征（receiver operating characteristic, ROC）曲线和校准曲线评估列线图的诊断效能并通过验证集进行验证。运用决策曲线分析（decision curve analysis, DCA）评估各模型在验证集中的临床应用价值。

1.6 统计学处理

采用SPSS 23.0和R语言进行统计学分析。采用独立样本 t 检验比较连续变量的组间差异，采用 χ^2 检验比较分类变量的组间差异。运用组间相关系数（intraclass correlation coefficient, ICC）评价2名阅片者在影像学特征判读中的一致性。使用DeLong分析检验各模型间的诊断效能差异。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 患者一般临床资料

本研究共纳入147例患者，按7:3分为

训练集 (103例) 和验证集 (44例)。训练集和验证集中EMVI的发生率分别为32.3%和28.5% ($P=0.854$)。在训练集中, EMVI阳性组和EMVI阴性组间的影像T分期、CRM和mrEMVI评分的差异有统计学意义 (P 分别为

0.001, 0.004, <0.001), 年龄、性别、CEA、CA19-9、肿瘤位置和长径、影像N分期的差异均无统计学意义 ($P>0.05$, 表1)。2名放射科医师提交的影像学特征均显示出良好一致性 (ICC为0.823~0.906)。

表1 训练集和验证集患者的临床特征和影像学特征比较

特征	训练集 ($n=103$)			验证集 ($n=44$)		
	EMVI阳性组 ($n=32$)	EMVI阴性组 ($n=71$)	P 值	EMVI阳性组 ($n=13$)	EMVI阴性组 ($n=31$)	P 值
年龄/岁	63.5 ± 9.4	62.1 ± 10.4	0.401 ^a	60.5 ± 10.8	63.3 ± 9.7	0.517 ^a
性别						
男性	14 (43.8)	33 (46.5)	0.797 ^b	7 (53.8)	16 (51.6)	0.892 ^b
女性	18 (56.2)	38 (53.5)		6 (46.2)	15 (48.4)	
肠镜组织学分级			0.680 ^b			0.858 ^b
高分化	9 (28.1)	19 (26.8)		4 (30.8)	12 (38.7)	
中分化	15 (46.9)	39 (54.9)		7 (53.8)	14 (45.2)	
低分化	8 (25.0)	13 (18.3)		2 (15.4)	5 (16.1)	
CEA/ (ng·mL ⁻¹)	5.29 ± 2.42	4.98 ± 3.07	0.072 ^a	5.01 ± 2.97	4.81 ± 3.03	0.273 ^a
CA19-9/ (ng·mL ⁻¹)	11.27 ± 5.28	10.58 ± 5.93	0.672 ^a	10.16 ± 4.91	10.94 ± 5.29	0.863 ^a
肿瘤位置			0.603 ^b			0.871 ^b
下段	5 (15.6)	17 (23.9)		3 (23.1)	6 (19.4)	
中段	14 (43.8)	30 (42.3)		6 (46.2)	17 (54.8)	
上段	13 (40.6)	24 (33.8)		4 (30.8)	8 (25.8)	
肿瘤长径/cm	5.43 ± 3.27	5.81 ± 4.02	0.375 ^a	5.19 ± 2.92	5.77 ± 3.58	0.213 ^a
影像T分期			0.001 ^b			0.170 ^b
T ₁₋₂	5 (15.6)	35 (49.3)		3 (23.1)	14 (45.2)	
T ₃₋₄	27 (84.4)	36 (50.7)		10 (76.9)	17 (54.8)	
影像N分期			0.234 ^b			0.488 ^b
N ₀	10 (31.2)	31 (43.7)		4 (30.8)	13 (41.9)	
N ₁₋₂	22 (68.8)	40 (56.3)		9 (69.2)	18 (58.1)	
CRM			0.004 ^b			0.071 ^b
阴性	14 (43.8)	52 (73.2)		5 (38.5)	21 (67.7)	
阳性	18 (56.2)	19 (26.8)		8 (61.5)	10 (32.3)	
mrEMVI评分			<0.001 ^b			0.007 ^b
0~2 (阴性)	11 (34.4)	57 (80.3)		4 (30.8)	23 (74.2)	
3~4 (阳性)	21 (65.6)	14 (19.7)		9 (69.2)	8 (25.8)	

^a: 独立样本 t 检验; ^b: χ^2 检验。

2.2 临床模型结果

经多因素逻辑回归分析，CRM、mrEMVI评分为临床模型中的独立危险因素（表2）。临床模型在训练集和验证集中的曲线下面积（area

under curve, AUC）分别为0.791、0.761，灵敏度分别为80.6%、71.4%，特异度分别为68.1%、78.1%，诊断准确度分别为68.9%、71.7%（表3，图3）。

表2 验证集中EMVI阳性组和阴性组之间的单变量和多变量逻辑回归分析

变量	单因素		多因素（临床模型）		多因素（联合模型）	
	OR (95% CI)	P值	OR (95% CI)	P值	OR (95% CI)	P值
mrEMVI 评分	2.13 (1.51~3.01)	0.003	1.68 (1.13~2.49)	0.010	1.32 (1.06~1.64)	0.012
CRM	4.34 (2.21~7.87)	0.011	2.09 (0.92~4.83)	0.015	2.92 (1.19~7.13)	0.019
影像T分期	1.09 (0.91~1.32)	0.076				
影像组学模型评分 (Rad-score)	2.93 (1.92~4.47)	0.001			3.78 (2.43~5.89)	<0.001

表3 临床模型、影像组学模型和联合模型在训练集和验证集中的预测效能

组别	模型	AUC (95% CI)	准确度	灵敏度	特异度
训练集	临床模型	0.791 (0.690~0.892)	0.689	0.806	0.681
	影像组学模型	0.890 (0.810~0.963)	0.854	0.844	0.896
	联合模型	0.928 (0.865~0.991)	0.903	0.871	0.944
验证集	临床模型	0.761 (0.598~0.924)	0.717	0.714	0.781
	影像组学模型	0.850 (0.726~0.974)	0.848	0.786	0.845
	联合模型	0.891 (0.771~1.000)	0.870	0.857	0.906

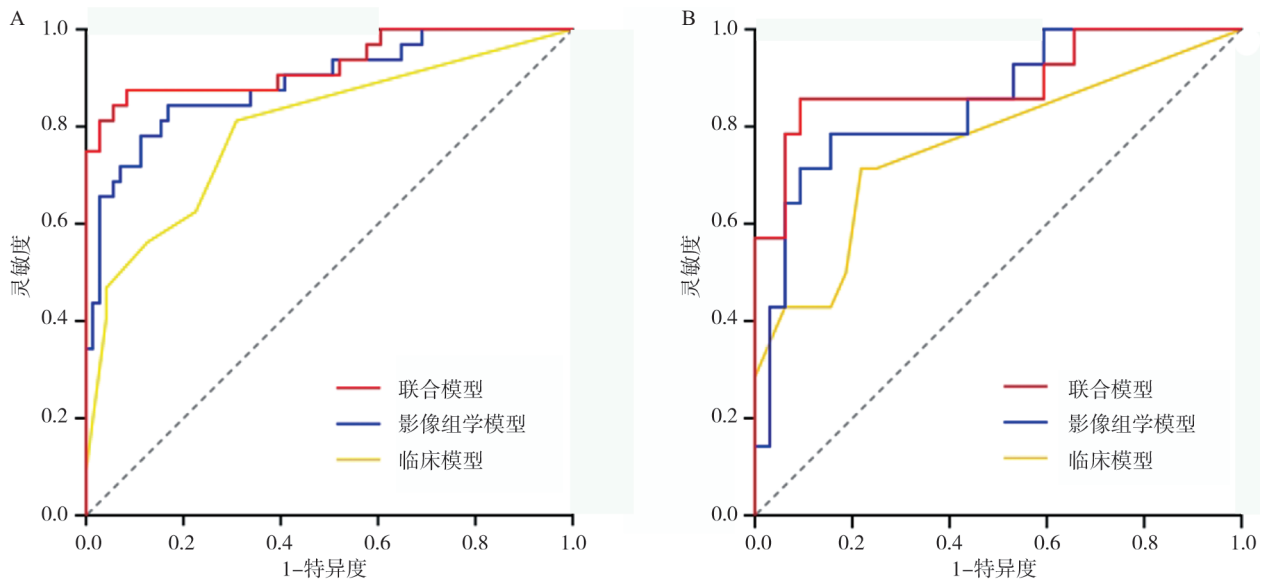


图3 临床模型、影像组学模型和联合模型列线图鉴别EMVI的ROC曲线

A、B分别为各模型在训练集和验证集中的ROC曲线。

2.3 影像组学模型结果

经mRMR算法和LASSO回归进行特征筛选和降维, 然后采用多因素逻辑回归分析构建影像组学模型, 共纳入7个影像组学特征。影像组学模型的计算公式为: $\text{Rad-score} = 0.829 \times \text{Uniformity} - 0.278 \times \text{Range} + 0.412 \times \text{LowIntensitySmallAreaEmphasis} + 0.862 \times \text{ClusterShade_angle90_offset7} - 1.072 \times \text{ClusterProminence_angle45_offset7} - 0.455 \times \text{LongRunHighGreyLevelEmphasis_angle0_offset4} + 0.258 \times \text{RunLengthNon-uniformity_AllDirection_offset4_SD} - 1.344$ 。

影像组学模型在训练集和验证集中的AUC

分别为0.890、0.850, 灵敏度分别为84.4%、78.6%, 特异度分别为89.6%、84.5%, 诊断准确度分别为85.4%、84.8% (表3, 图3)。

2.4 联合模型结果

基于多因素逻辑回归分析的结果, 构建结合临床独立危险因素和影像组学特征的联合模型, 最后绘制列线图 (图4A) 并校准 (图4B、4C)。校准曲线中灰色对角实线代表理想预测模型, 蓝色虚线代表列线图的拟合表现, 两者越接近, 判定系数R²越高, 表示拟合度越高。联合模型的列线图在训练组中的R²为0.765, 在验证组中为0.624, 表明本研究中列线图的拟合度较好。

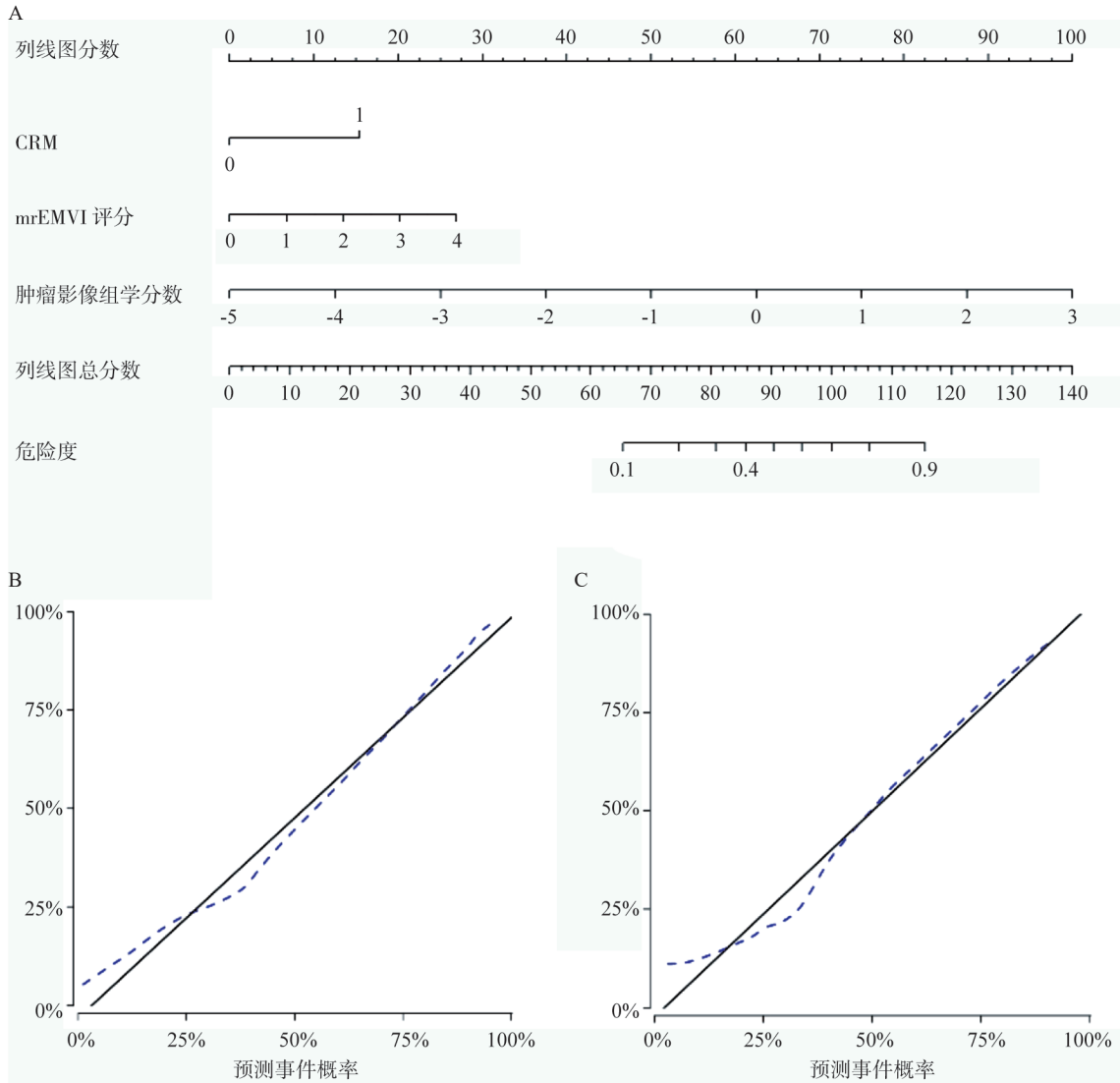


图4 预测EMVI的联合模型列线图和校准曲线

A: 联合模型列线图, CRM为1时, 代表阳性; B、C分别为列线图在训练集和验证集中的校准曲线。

联合模型在训练集和验证集中的AUC分别为0.928、0.891，灵敏度分别为87.1%、85.7%，特异度分别为94.4%、90.6%，诊断准确度分别为90.3%、87.0%（表3，图3）。DeLong分析结果显示，在训练集中，联合模型诊断效能优于影像组学模型（ $P=0.017$ ）和临床模型（ $P<0.001$ ），且影像组学模型和临床模型的诊断效能间差异有统

计学意义（ $P<0.001$ ）。在验证组中，联合模型的诊断效能与影像组学模型间差异无统计学意义（ $P=0.063$ ），但仍都优于临床模型（ $P<0.001$ ）。

采用DCA评估各模型在验证集中的临床应用价值（图5），结果表明，列线图的净收益优于影像学模型，且列线图与影像组学模型均优于临床模型。

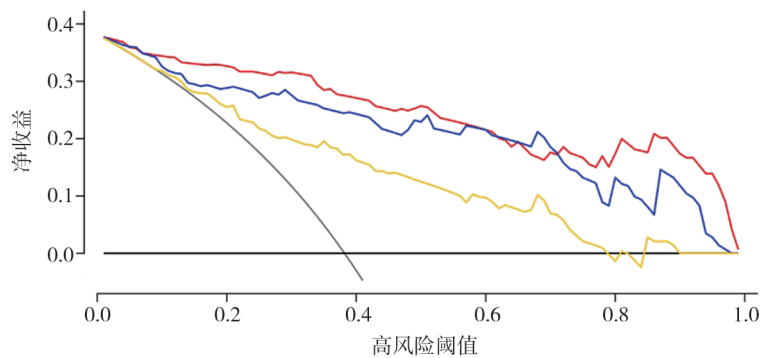


图5 列线图的决策曲线

红线代表联合模型，即列线图，蓝色代表影像组学模型，黄线代表临床模型，灰色曲线和黑色实线代表被识别为“全部恶性”或“全部良性”组的结果。

肉眼难以鉴别的可疑的mrEMVI评分，即2分（可能阴性）和3分（可能阳性）的患者当中，该联合模型仍具有较高的诊断价值，AUC达到了0.867（95% CI 0.759~0.971），灵敏度为71.8%，特异度为87.5%，诊断准确度为76.1%（图6）。

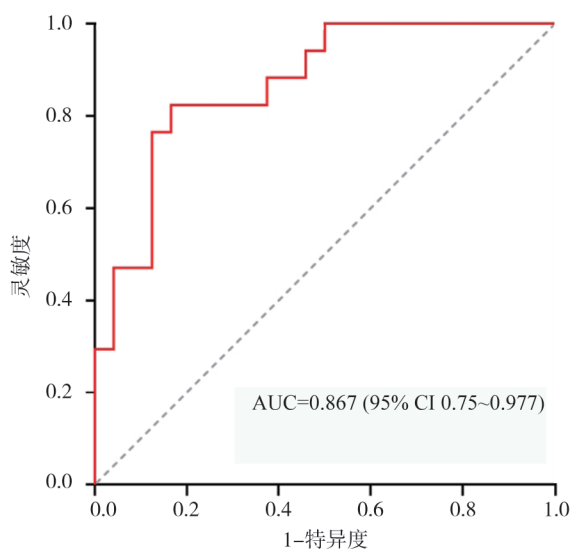


图6 列线图在mrEMVI评分2分和3分的病变中的ROC曲线

3 讨 论

本研究结合临床危险因素和影像组学特征，构建了一种用于个体化预测直肠癌EMVI的联合模型，该模型包括CRM、mrEMVI评分和7个影像组学特征，通过绘制列线图实现模型可视化，有望作为术前无创性预测直肠癌EMVI的可靠的临床工具。

在临床模型中，CRM阳性以及较高的mrEMVI评分被认为是预测EMVI的独立危险因素。CRM阳性代表在距离直肠系膜筋膜 <1 mm的范围内存在直肠癌原发灶或转移性淋巴结，增加了肿瘤细胞侵犯附近的血管和淋巴管结构的概率，侵袭性更大，更容易发生EMVI^[15]。既往研究^[9-12]表明，mrEMVI评分预测术后病理学检查EMVI阳性的灵敏度差异较大（28.2%~62.0%），且在评估可疑的EMVI，即mrEMVI评分2分（可能阴性）和3分（可能阳性）时准确度较低^[20]。可能的原因是对于

肠周没有明显扩张的小血管(直径 $<3\text{ mm}$), 管腔轮廓和腔内信号的细微改变很难通过肉眼识别^[6, 20]。

近年来, 在已有的影像学资料的基础上挖掘非视觉成像信息的影像组学已经成为研究热点, 可以通过高通量的计算来获取、转化成评估病灶异质性的定量参数, 继而利用软件建模, 为临床的术前诊断提供更可靠的参考信息。张益飞等^[21]的研究中建立了基于T2WI最大轴位的影像组学模型, 在训练集和验证集中的AUC分别为0.81和0.79。杨彦松等^[22]同样建立了基于T2WI的影像组学模型, 在训练集和验证集中的AUC分别为0.79和0.76。Yu等^[15]的研究中分别建立了基于T2WI和多期增强MRI预测EMVI的两个影像组学模型, 在训练集中AUC分别达到了0.826和0.872, 在验证集中达到了0.715和0.812。本研究筛选出7个影像组学特征构建影像组学模型, 在训练集和验证集中的AUC分别达到了0.890和0.850, 优于以往的研究^[15, 21-22]。这可能与我们的RESOLVE DWI序列的特性有关, 该序列较以往常规的DWI序列回波时间和回波间隙更短, 图像变形明显减少, 分辨率和信噪比显著提高^[18-19], 且本次研究中采用的层厚更薄(3 mm), 有利于精准勾画高信号原发病灶的轮廓并获取更多的非视觉成像信息。

在以往运用临床-影像组学联合模型预测EMVI的研究中, Yu等^[15]通过联合多期增强MRI的影像组学特征和T分期所建立的联合模型的诊断效能最佳, 在训练集和验证集中AUC分别达到了0.904和0.812。本研究结合临床独立危险因素(CRM和mrEMVI评分)以及RESOLVE ADC的影像组学特征构建列线图, 在训练集和验证集中的AUC分别为0.928和0.891, 诊断效能优于既往的研究^[15, 21-22]。并且相比以往的组学研究, 本研究另一重点在于探讨列线图在鉴别mrEMVI评分为2~3分的病灶的影像学表现的可行性。在这两种评分的患者中, 联合模型列线图的AUC达到了0.867, 具有良好的诊断效能。

本研究存在局限性: 首先, 本研究为回顾性研究, 可能存在选择性偏倚。其次, 对病灶的勾

画主要采用手动的方式, 随着人工智能技术的发展, 全自动分割的软件也许能够更加精准地勾画病灶轮廓。最后, 本研究为单中心研究且样本量较小, 尚待多中心及大量外部数据验证研究结果的普遍性和稳定性。

综上所述, 本研究建立了一个联合临床危险因素和影像组学特征的临床-影像组学列线图, 可作为术前无创性预测EMVI状态的可靠工具, 为直肠癌患者的风险分层和个体化治疗方案的制订提供更精准的预测价值。

[参 考 文 献]

- [1] TAYLOR F G, SWIFT R I, BLOMQVIST L, et al. A systematic approach to the interpretation of preoperative staging MRI for rectal cancer [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2008, 191(6): 1827-1835.
- [2] ADAM I J, MOHAMDEE M O, MARTIN I G, et al. Role of circumferential margin involvement in the local recurrence of rectal cancer [J]. *Lancet*, 1994, 344(8924): 707-711.
- [3] GÜNTHER K, DWORAK O, REMKE S, et al. Prediction of distant metastases after curative surgery for rectal cancer [J]. *J Surg Res*, 2002, 103(1): 68-78.
- [4] BETGE J, POLLHEIMER M J, LINDTNER R A, et al. Intramural and extramural vascular invasion in colorectal cancer: prognostic significance and quality of pathology reporting [J]. *Cancer*, 2012, 118(3): 628-638.
- [5] YU J, HUANG D Y, XU H X, et al. Correlation between magnetic resonance imaging-based evaluation of extramural vascular invasion and prognostic parameters of T₃ stage rectal cancer [J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2016, 40(4): 537-542.
- [6] SMITH N J, BARBACHANO Y, NORMAN A R, et al. Prognostic significance of magnetic resonance imaging-detected extramural vascular invasion in rectal cancer [J]. *Br J Surg*, 2008, 95(2): 229-236.
- [7] BUGG W G, ANDREOU A K, BISWAS D, et al. The prognostic significance of MRI-detected extramural venous invasion in rectal carcinoma [J]. *Clin Radiol*, 2014, 69(6): 619-623.
- [8] BROWN P J, HYLAND R, QUYN A J, et al. Current concepts in imaging for local staging of advanced rectal cancer [J]. *Clin Radiol*, 2019, 74(8): 623-636.
- [9] SOHN B, LIM J S, KIM H, et al. MRI-detected extramural vascular invasion is an independent prognostic factor for synchronous metastasis in patients with rectal cancer [J]. *Eur Radiol*, 2015, 25(5): 1347-1355.
- [10] ALE ALI H, KIRSCH R, RAZAZ S, et al. Extramural venous invasion in rectal cancer: overview of imaging, histopathology, and clinical implications [J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2019, 44(1): 1-10.

- [11] KIM T H, WOO S, HAN S, et al. The diagnostic performance of MRI for detection of extramural venous invasion in colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis of the literature [J] . AJR Am J Roentgenol, 2019, 213(3): 575-585.
- [12] 张晓霞, 张 蕾. 直肠癌壁外血管侵犯的MRI检查相关研究进展 [J] . 国际消化病杂志, 2018, 38(4): 237-241.
- [13] FOXTROT COLLABORATIVE GROUP. Feasibility of preoperative chemotherapy for locally advanced, operable colon cancer: the pilot phase of a randomised controlled trial [J] . Lancet Oncol, 2012, 13(11): 1152-1160.
- [14] ZOU H H, YU J, WEI Y, et al. Response to neoadjuvant chemoradiotherapy for locally advanced rectum cancer: texture analysis of dynamic contrast-enhanced MRI [J] . J Magn Reson Imaging, 2019, 49(3): 885-893.
- [15] YU X L, SONG W L, GUO D J, et al. Preoperative prediction of extramural venous invasion in rectal cancer: comparison of the diagnostic efficacy of radiomics models and quantitative dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging [J] . Front Oncol, 2020, 10: 459.
- [16] SONG C R, CHENG P, CHENG J L, et al. Value of apparent diffusion coefficient histogram analysis in the differential diagnosis of nasopharyngeal lymphoma and nasopharyngeal carcinoma based on readout-segmented diffusion-weighted imaging [J] . Front Oncol, 2021, 11: 632796.
- [17] XIE M N, REN Z, BIAN D J, et al. High resolution diffusion-weighted imaging with readout segmentation of long variable echo-trains for determining myometrial invasion in endometrial carcinoma [J] . Cancer Imaging, 2020, 20(1): 66.
- [18] YANG L Q, QIU M, XIA C C, et al. Value of high-resolution DWI in combination with texture analysis for the evaluation of tumor response after preoperative chemoradiotherapy for locally advanced rectal cancer [J] . AJR Am J Roentgenol, 2019: 1-8.
- [19] YANG L Q, XIA C C, LIU D, et al. The role of readout-segmented echo-planar imaging-based diffusion-weighted imaging in evaluating tumor response of locally advanced rectal cancer after neoadjuvant chemoradiotherapy [J] . Acta Radiol, 2020, 61(9): 1155-1164.
- [20] ZHANG X Y, WANG S, LI X T, et al. MRI of extramural venous invasion in locally advanced rectal cancer: relationship to tumor recurrence and overall survival [J] . Radiology, 2018, 289(3): 677-685.
- [21] 张益飞, 李月玥, 杨彦松, 等. 基于高分辨率T2WI的影像组学列线图预测直肠癌脉管侵袭的研究 [J] . 中国临床医学影像杂志, 2021, 32(7): 500-505.
- [22] 杨彦松, 冯 峰, 傅爱燕, 等. MR放射组学预测直肠腺癌患者神经周围侵犯的研究 [J] . 放射学实践, 2019, 34(11): 1192-1197.

(收稿日期: 2022-09-23 修回日期: 2023-01-22)

《抗癌》2023年征订启事

《抗癌》杂志于1988年创刊, 主管单位为上海市科学技术协会, 主办单位为上海市抗癌协会。《抗癌》杂志坚持以读者为导向, 架起读者与医院之间的桥梁, 介绍抗癌防癌的科学知识, 倡导健康的生活方式, 宣传癌症患者战胜病魔的动人事迹, 努力为广大癌症患者和家属服务。杂志刊号: CN 31-1664/R, ISSN 1008-3065。欢迎广大读者订阅。

杂志为季刊, 每期48页。本刊季末出版, 每期8元, 全年共32元整。订购请通过邮政局汇款。

通信地址: 上海市东安路270号10号楼415室《抗癌》杂志社收

邮 编: 200032

电 话: (021)64042258

电子信箱: anti-cancer@163.com

《抗癌》杂志社