

## 论 著

# 基于临床特征、腹部增强CT及肠镜检查构建缺血性结肠炎的诊断模型及其诊断价值验证\*

李明珠<sup>1</sup> 姚海波<sup>1</sup> 党春江<sup>1</sup>  
马涛<sup>2</sup> 于秀艳<sup>1</sup> 刘伟<sup>1</sup>  
韩亮<sup>1</sup> 赵卫东<sup>1,\*</sup>

1.唐山中心医院医学影像科  
(河北唐山 063000)

2.河北省中医院医学影像科  
(河北石家庄 050000)

**【摘要】目的** 基于临床特征、腹部增强CT及肠镜检查构建缺血性结肠炎的诊断模型并予以验证。**方法** 回顾性选取在本院治疗的198例缺血性结肠炎患者(缺血组)作为研究对象,选取同时期在本院行病理或肠镜检查的非缺血性结肠炎患者180例,选取时间段为2020年5月至2022年5月。收集患者临床资料。Logistic回归分析影响缺血性结肠炎发病的危险因素。建立基于危险因素的列线图预测模型并进行内部检验,绘制校准曲线验证模型的预测能力。**结果** 结肠炎患者高血压、冠心病、高血脂占比与非结肠炎组对比明显增多,WBC水平、D-D、IMA水平相较于非结肠炎组明显升高( $P<0.05$ )。结肠炎患者便血、糜烂、充血水肿、腹部增强CT阳性、病变部位、腹部体征、溃疡占比均相较于非结肠炎组明显升高( $P<0.05$ )。经Logistic多因素分析,合并基础疾病、腹部增强CT、IMA、临床特征(便秘、便血、腹部体征、病变部位)、D-D及肠镜检查均为缺血性结肠炎发病的危险因素( $P<0.05$ )。基于筛选出的包括合并基础疾病、腹部增强CT、IMA、临床特征、D-D及肠镜检查在内的独立影响因素建立预测缺血性结肠炎发病的列线图模型。列线图风险模型预测缺血性结肠炎发病的C-index为0.752(95%CI: 0.622~0.889),校准曲线趋于理想曲线;对列线图模型的准确性进行ROC曲线验证,曲线下面积(AUC)为0.823(95%CI: 0.730~0.917),表示列线图模型校准度较好,对缺血性结肠炎的发病具有较强的预测价值。**结论** 合并基础疾病、腹部增强CT、IMA、临床特征、D-D及肠镜检查均为缺血性结肠炎发病的影响因素,基于影响因素建立列线图预测模型具有较高的校准度及预测价值。

**【关键词】** 临床特征;腹部增强CT;肠镜检查;缺血性结肠炎;列线图模型

**【中图分类号】** R574.62

**【文献标识码】** A

**【基金项目】** 河北省医学科学研究重点课题计划项目(20231840)

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2026.03.037

# A Diagnostic Model of Ischemic Colitis Based on Clinical Features, Abdominal Enhanced CT and Colonoscopy and Its Diagnostic Value Verification\*

LI Ming-zhu<sup>1</sup>, YAO Hai-bo<sup>1</sup>, DANG Chun-jiang<sup>1</sup>, MA Tao<sup>2</sup>, YU Xiu-yan<sup>1</sup>, LIU Wei<sup>1</sup>, HAN Liang<sup>1</sup>, ZHAO Wei-dong<sup>1,\*</sup>.

1.Department of Medical Imaging, Tangshan Central Hospital,Tangshan 063000, Hebei Province, China

2.Department of Medical Imaging, Hebei Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Shijiazhuang 050000, Hebei Province, China

## ABSTRACT

**Objective** Construct a diagnostic model for ischemic colitis based on clinical features, abdominal enhanced CT, and colonoscopy, and validate it. **Methods** A retrospective study was conducted on 198 patients with ischemic colitis (ischemic group) who were treated in our hospital. 180 patients with non ischemic colitis who underwent pathological or colonoscopy examinations at the same time were selected from May 2020 to May 2022. Collect clinical data from patients. Logistic regression analysis of risk factors affecting the onset of ischemic colitis. Establish a column chart prediction model based on risk factors and conduct internal testing, draw calibration curves to verify the predictive ability of the model. **Results** The proportion of hypertension, coronary heart disease, and hyperlipidemia in the colon group was significantly increased compared to the non colon group, WBC level The levels of D-D and IMA were significantly increased compared to the non colon group ( $P<0.05$ ). The proportion of rectal bleeding, erosion, congestion and edema, positive abdominal CT scan, lesion location, abdominal signs, and ulcers in the colitis group were significantly higher than those in the non colitis group ( $P<0.05$ ). According to logistic multiple factor analysis, comorbidities include underlying diseases, abdominal enhanced CT, and IMA. Clinical features (constipation, rectal bleeding, abdominal signs, lesion site) D-D and colonoscopy are both risk factors for ischemic colitis ( $P<0.05$ ). Based on the screening, including combined underlying diseases, abdominal enhanced CT IMA. Clinical features Establish a column chart model for predicting the onset of ischemic colitis based on independent influencing factors including D-D and colonoscopy. The C-index of the column chart risk model for predicting the onset of ischemic colitis is 0.752 (95% CI: 0.622-0.889), and the calibration curve tends towards an ideal curve; The accuracy of the column chart model was validated by ROC curve analysis, with an area under the curve (AUC) of 0.823 (95% CI 0.730~0.917), indicating good calibration of the column chart model and strong predictive value for the onset of ischemic colitis. **Conclusion** Combined with underlying diseases, abdominal enhanced CT IMA. Clinical features D-D and colonoscopy are both influencing factors of ischemic colitis, and establishing a column chart prediction model based on these influencing factors has high calibration and predictive value.

**Keywords:** Clinical Features; Abdominal Enhanced CT; Colonoscopy; Ischemic Colitis; Linechart Model

缺血性结肠炎是由于结肠粘膜供血不足而引起的一种常见的结肠缺血性疾病,以腹痛、腹泻及直肠出血为主要临床表现<sup>[1]</sup>。据统计,缺血性结肠炎在肠道血管系统中受损病例约占50%<sup>[2]</sup>。近年来,随着人们生活习惯的改变,缺血性结肠炎的发病率逐年升高。正常情况下,缺血性结肠炎治疗后预后较好,但由于疾病早期症状不典型,若不能及时治疗,疾病进一步发展,出现肠坏死,从而造成较高的死亡率<sup>[3]</sup>。对缺血性结肠炎进行早期诊断,及时干预可能对改善患者预后起到至关重要的作用。腹部增强CT、肠镜检查是缺血性结肠炎的临床诊断应用普遍且重要的检查方法,一方面能够准确判断缺血肠管的范围及程度,另一方面能对肠管缺血的病因进行有效判断<sup>[4]</sup>。但目前临床上对于缺血性结肠炎的诊断大多集中在单一临床特征、腹部增强CT或肠镜图像。基于此,本研究以在本院治疗的198例缺血性结肠炎患者作为研究对象,通过分析患者临床特征、腹部增强CT及肠镜图像检查指标,并基于此建立列线图诊断模型,以提高对缺血性结肠炎诊断的准确性。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 回顾性选取2020年5月至2022年5月在本院治疗的198例缺血性结肠炎患者(缺血组)作为研究对象。缺血组患者年龄(18~69)岁,平均年龄(54.23±7.24)岁,男性119例,女性79例;吸烟史22例,饮酒史7例。纳入标准:均符合缺血性结肠炎的诊断标准<sup>[5]</sup>,且经肠镜或肠系膜下选择性动脉造影确诊;临床资料完整;均患者年龄不低于18周岁。排除标准:由于创伤或机械因素引起的结肠缺血;感染性结肠炎;合并其他消化系统疾病。选取同时期在本院行病理或肠镜检查的非缺血性结肠炎患者180例,年龄20~69岁,平均年龄53.83±8.55岁,男性111例,女性69例;吸烟史13例,饮酒史3例。2组年龄等资料对比无明显差异,具有可比性( $P>0.05$ )。

**【第一作者】** 李明珠,男,主治医师,主要研究方向:腹部CT增强联合肠镜检查在缺血性结肠炎诊断价值。E-mail: L3ei6nj6465@21cn.com

**【通讯作者】** 赵卫东,男,主治医师,主要研究方向:胸腹部CT影像诊断。E-mail: 973950873@qq.com

## 1.2 方法

1.2.1 收集临床资料 性别(女、男)、年龄、体重质量指数(body mass index, BMI)、合并基础疾病(高血压、冠心病、高血脂)、腹部手术史、吸烟史、白细胞计数(white blood cell count, WBC)、D-二聚体(D-Dimer, D-D)、饮酒史、缺血修饰白蛋白(ischemia modified albumin, IMA)、红细胞压积(hematocrit, Hct)等。

1.2.2 临床特征、腹部增强CT及肠镜检查 (1)临床特征: 包括便

秘、便血、腹部体征、明确的病变部位。

(2)腹部增强CT检查: 扫描范围为膈顶置耻骨联合, 选择256排螺旋CT机(美国, GE Revolution), 扫描参数: 电压120KV, 电流200~500mA, 噪声指数9, 探测器宽度80mm, 间距0.992, CT管速度0.28s, 扫描模式为螺旋扫描, 切片厚度5mm, 间隙5mm, 窗宽350, 窗位50; 使用350mg/mL碘海醇, 总剂量为90mL, 注射速度为3~5mL/s。随后注30 mL生理盐水, 而后在40s后进行静脉相位扫描。CT图像见图1。



图1 缺血性结肠炎患者腹部增强CT检查图像。

(3)肠镜检查: 对研究对象进行灌肠清洁肠道, 将肠镜送至回盲部, 边退镜边观察结肠黏膜变化, 观察有无糜烂、充血水肿、溃疡。肠镜检查图像见图2。

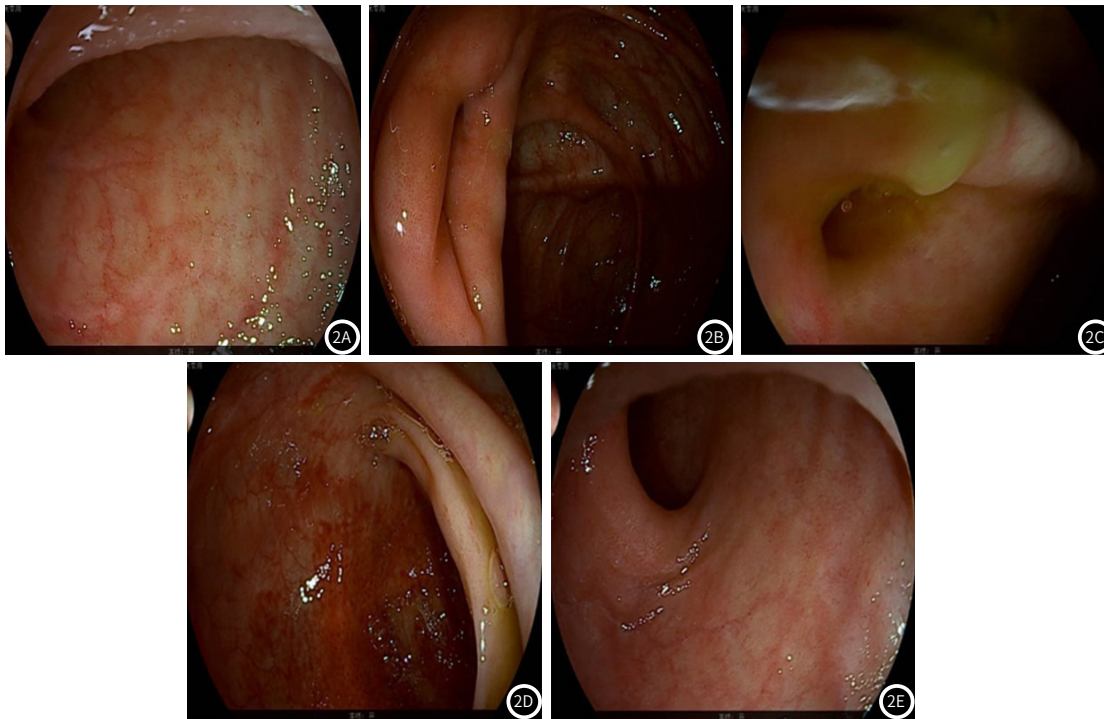


图2 缺血性结肠炎患者肠镜检查图像。

1.3 诊断模型的建立及验证 根据多因素回归模型建立Logistic回归方程, 使用R软件纳入筛选出独立危险因素, 将各个独立危险因素运用至方程中计算出回归系数, 并根据回归系数在列线图顶端的积分线上取值得出相应的具体积分值, 并对各积分相加得到总分以评估缺血性结肠炎发病风险。

通过建立工作特征曲线(receiver operator characteristic, ROC)曲线, 计算各个入选因素及整个模型的曲线下面积, 并校

准曲线评估该列线图模型的拟合程度, 内部采用Bootstrap自采样方法验证列线图-生存预测模型的有效性, 将上述数据重采样1000次得到校准曲线。ROC曲线下面积(area under the curve, AUC)越高, 模型的预测判断能力越强。预测校准曲线与标准曲线拟合得越好, 预测模型的一致性越好。

1.4 统计学方法 采用SPSS 23.0进行统计学分析。其中符合正态分布的计量资料用均值±标准差示, 组间对比采用独立样本t检

验。计数资料以例(百分比)表示, 组间对比采用  $\chi^2$  检验。影响因素采用多因素Logistic回归分析。R软件建立列线图诊断缺血性结肠炎模型, 使用Bootstrap法进行内部验证。统计学检验水准取  $P < 0.05$ 。

## 2 结果

**2.1 2组患者临床资料分析** 结肠组患者高血压、冠心病、高血脂占比与非结肠组对比明显增多, WBC水平、D-D、IMA水平相较于非结肠组明显升高( $P < 0.05$ )。见表1。

**2.2 2组患者临床表现、腹部增强CT及肠镜检查指标分析** 结肠炎组患者便血、糜烂、充血水肿、腹部增强CT阳性、病变部位、腹部体征、溃疡占比均相较于非结肠炎组明显升高( $P < 0.05$ )。见表2。

**2.3 缺血性结肠炎发病的危险因素分析** 以是否发生缺血性结肠炎为因变量(1=发生, 0=未发生), 以表1与表2中具有统计学意义的指标为自变量, 基础疾病(1=合并, 0=未合并)、WBC(连

续变量)、IMA(连续变量)、D-D(连续变量)、临床表现(1=存在便血、腹部体征、明确病变部位, 0=无)、腹部增强CT(1=阳性, 0=阴性)、肠镜检查(1=存在糜烂、充血水肿、溃疡, 0=无), 经Logistic多因素分析, 合并基础疾病、腹部增强CT、IMA、临床特征、D-D及肠镜检查均为缺血性结肠炎发病的危险因素( $P < 0.05$ )。见表3。

**2.4 缺血性结肠炎发病的列线图预测模型构建** 基于筛选出的包括合并基础疾病、腹部增强CT、IMA、临床表现(便血、腹部体征、明确病变部位)、D-D及肠镜检查在内的独立影响因素建立预测缺血性结肠炎发病的列线图模型, 见图3。

**2.5 列线图模型的验证** 列线图风险模型预测缺血性结肠炎发病的C-index为0.752(95%CI: 0.622-0.889), 校准曲线趋于理想曲线, 见图4; 对列线图模型的准确性进行ROC曲线验证, 曲线下面积(AUC)为0.823(95%CI: 0.730~0.917), 表示列线图模型校准度较好, 对缺血性结肠炎的发病具有较强的预测价值。见图5。

表1 2组患者临床资料分析[例(%)]

分组	结肠炎组 (n=198)	非结肠炎组 (n=180)	$\chi^2/t$	P
年龄(岁)			2.310	0.129
≤50	76(38.38)	83(46.11)		
>50	122(61.62)	97(53.89)		
性别(%)			0.097	0.755
女	119(60.10)	111(61.67)		
男	79(39.90)	69(38.33)		
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	22.17±2.11	21.76±2.59	1.694	0.091
吸烟史(%)	22(11.11)	13(7.22)	1.697	0.193
饮酒史(%)	7(3.54)	3(1.67)	1.278	0.258
基础疾病(%)				
高血压	59(29.80)	26(14.44)	12.752	<0.001
冠心病	32(16.16)	15(8.33)	5.307	0.021
高血脂	52(26.26)	27(15.00)	7.235	0.007
WBC( $\times 10^9/L$ )	9.19±3.10	6.19±1.15	12.239	<0.001
Hct(%)	40.52±12.50	42.35±13.31	1.378	0.169
IMA(mg/mL)	12.39±2.36	0.24±0.05	69.049	<0.001
D-D( $\mu g/L$ )	1736.46±436.45	431.45±71.29	39.633	<0.001
腹部手术史(%)	39(19.70)	27(15.00)	1.443	0.230

表2 2组患者临床表现、腹部增强CT及肠镜检查指标分析[例(%)]

分组	结肠炎组(n=198)	非结肠炎组(n=180)	$\chi^2/t$	P
临床表现				
便秘(%)	19(9.60)	10(5.56)	2.173	0.140
便血(%)	173(87.37)	12(6.67)	245.767	<0.001
腹部体征(%)	133(67.17)	21(11.67)	120.317	<0.001
病变部位(%)				
乙状结肠	121(61.11)	6(3.33)	141.083	<0.001
降结肠	110(55.56)	4(2.22)	127.326	<0.001
多部位	164(82.83)	1(0.56)	259.464	<0.001
肠镜检查				
糜烂(%)	101(51.01)	3(1.67)	115.108	<0.001
充血水肿(%)	149(75.25)	8(4.44)	194.672	<0.001
溃疡(%)	119(60.10)	5(2.78)	140.552	<0.001
腹部增强CT				
阴性	45(22.73)	153(85.00)		
阳性	153(77.27)	27(15.00)		

表3 缺血性结肠炎发病的危险因素分析

指标	B值	SE值	Wald值	P值	OR值	95% CI	
						下限	上限
高血压	0.859	0.325	6.986	0.027	2.361	1.249	4.464
WBC	0.725	0.352	4.242	0.055	2.065	1.036	4.116
IMA	1.126	0.336	11.230	<0.001	3.083	1.595	5.960
D-D	0.961	0.317	9.190	<0.001	2.614	1.405	4.865
临床表现	1.118	0.409	7.472	0.005	3.059	1.372	6.821
腹部增强CT	1.375	0.423	10.566	<0.001	3.955	1.726	9.061
肠镜检查	1.747	0.442	15.622	<0.001	5.737	2.413	13.640

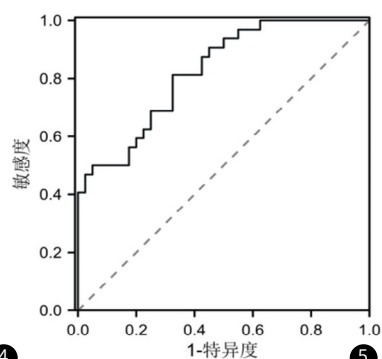
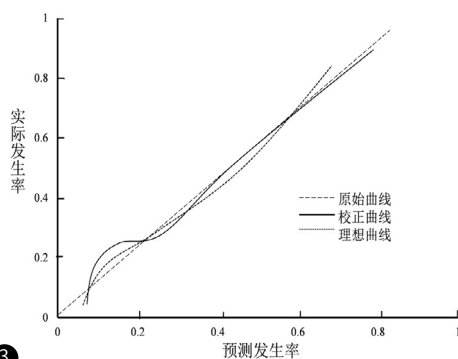
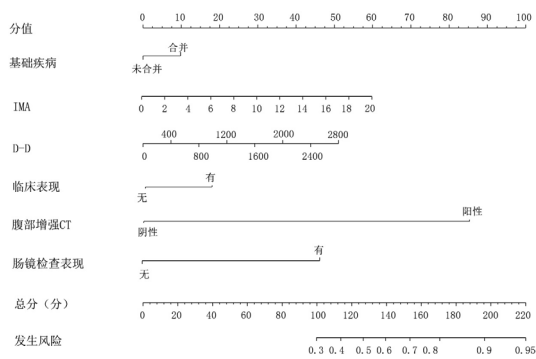


图3 缺血性结肠炎发病的列线图预测模型。图4 预测缺血性结肠炎列线图模型的校准曲线。图5 预测缺血性结肠炎列线图模型的ROC曲线。

### 3 讨论

缺血性结肠炎是指由于肠道血流减少导致的结肠炎症，临床表现为腹痛、腹泻、便血等症状。该病多发于老年人，且随着我国人口老龄化加剧，其发病率呈上升趋势<sup>[6]</sup>。缺血性结肠炎具有较高的病死率，早期诊断和治疗对改善患者预后具有重要意义。目前，临床上缺乏特异性的诊断方法，导致部分患者就诊时已错过最佳治疗时机。国内外对缺血性结肠炎的研究主要集中在病因、病理生理、诊断和治疗等方面。近年来，腹部增强CT和肠镜检查在缺血性结肠炎的诊断中取得了显著成果，但仍存在一定局限性。一方面，腹部增强CT检查对操作技术和设备要求较高，且有一定放射性；另一方面，肠镜检查为有创操作，部分患者难以接受。此外，目前尚无统一诊断标准，导致诊断准确性和一致性较差。本研究基于临床特征、腹部增强CT及肠镜检查构建一个缺血性结肠炎的诊断模型，并对其诊断价值进行验证，希望为临床医生提供一个简便、有效的诊断方法，以提高缺血性结肠炎的早期诊断率，从而降低患者的病死率。

缺血性结肠炎是最常见的胃肠道缺血形式，其常可以保守治疗，但必须与急性、慢性缺血性损伤的其他原因向鉴别。缺血性结肠炎是多因素造成的一种全身炎症刺激，本研究中经分析发现，合并基础疾病、IMA、D-D均为缺血性结肠炎发病的影响因素。随着年龄的增加，机体常合并高血压、高血脂等多种基础疾病，冠状动脉粥样硬化为高血压、高血脂、冠心病等多种疾病的共同原因，也可间接反映肠系膜部位的血管病变。有研究发现，血脂异常、外周动脉疾病可能是缺血性结肠炎患者发病的独立因素<sup>[7]</sup>。IMA是由于肝脏中产生的白蛋白与氧自由基之间的相互作用引发N末端区域变化而产生的。IMA的形成是缺血的早期标志。一项研究中发现，缺血性心肌病中IMA水平明显升高，且其在诊断疾病中具有一定价值<sup>[8]</sup>。另外，据报道，IMA在缺血性结肠炎中表达水平明显升高。其可能是由于缺血引起肠道功能障碍而造成IMA水平的升高<sup>[9]</sup>。研究发现，28%~72的缺血性结肠炎中至少有一种血栓形成倾向，且在患者中常观察到高凝状态或激发性纤溶亢进<sup>[10]</sup>。血栓形成倾向可通过D-D来判断、研究发现，缺血性结肠炎患者具有更高水平的D-D水平<sup>[11]</sup>。D-D水平可能为影响缺血性结肠炎病情发展的重要因素。积极控制基础疾病，密切检测实验室指标对预防缺血性结肠炎的发生具有重要作用。

缺血性结肠炎的临床特征缺乏一定特异性，常与溃疡性结肠炎或其他消化系统疾病相混淆，因此，多与其他检查相结合进行诊断治疗。CT与肠镜为检测缺血性结肠炎的有效方法。本研究中发现，结肠炎组患者便血、腹部体占比均明显升高。腹痛、腹泻、便血等为缺血性结肠炎患者的主要临床特征，其中约90%的患者可能存在便血现象，其可能是因为当发生疾病时，机体血流动力学发生变化，导致肠道缺血、缺氧，进一步造成患者出现便血<sup>[12]</sup>。影像学检测在缺血性结肠炎的诊断中扮演着不可或缺的角色。据报道，经超声与临床特征相结合能够有效预测缺血性结肠炎的发生，且对区分轻度与中度患者具有重要意义<sup>[13]</sup>。CT检查在一定程度上可确定受损的结肠段并检测是否存在并发症。肠镜一直以来被视为缺血性结肠炎诊断的金标准，本研究中经肠镜检测发现，结肠炎组患者大多存在糜烂、充血水肿甚至溃疡。有研究表明，相较于B超，肠镜检查对炎症性肠病具有更高的检出率，且还可通过肠镜对患者进行一定的治疗措施，包括止血、给药等<sup>[14]</sup>。

本研究基于筛选出的包括合并基础疾病、腹部增强CT、IMA、临床表现、D-D及肠镜检查在内的独立影响因素建立预测缺血性结肠炎发病的列线图模型，结果显示列线图风险模型预测缺

缺血性结肠炎发病的校准曲线趋于理想曲线，且ROC曲线表示列线图模型对缺血性结肠炎的发病具有较强的预测价值。通过临床特征、腹部增强CT及肠镜检查对疑似缺血性结肠炎患者进行检测，并建立基于可变回归系数整合多个因素的列线图模型来评估疾病的发生或，有利于预测缺血性结肠炎的发病，从而为及时干预治疗提供一定参考。相较于传统的诊断方法，本研究构建的诊断模型具有一定的优势。首先，模型结合了临床特征、腹部增强CT及肠镜检查等多方面信息，提高了诊断的准确性。其次，通过数据预处理和变量筛选，减少了诊断过程中的不确定性。

综上所述，合并基础疾病、腹部增强CT、IMA、临床特征、D-D及肠镜检查均为缺血性结肠炎发病的影响因素，基于影响因素建立列线图预测模型具有较高的校准度及预测价值。但本研究仍存在一定局限性，本研究样本量较小，且来源较为单一，限制了列线图的普遍性和适用范围，后期可扩大样本量，提高模型的泛化能力。其次，仍需要纳入更多具有诊断价值的临床指标，优化模型结构。此外，可以尝试结合人工智能技术，如深度学习等，进一步提高诊断准确性。

### 参考文献

- [1] Xu Y, Xiong L, Li Y, et al. Diagnostic methods and drug therapies in patients with ischemic colitis [J]. *Int J Colorectal Dis*, 2021, 36 (1): 47-56.
- [2] Wu X, Bao Z. Population-based study of the clinical characteristics and risk factors of ischemic colitis [J]. *Turk J Gastroenterol*, 2021, 32 (4): 393-400.
- [3] Kawamura T, Sakiyama N, Tanaka K, et al. Ischemic colitis caused by bowel preparation for colonoscopy [J]. *Gastroenterology Res*, 2021, 14 (5): 296-303.
- [4] Sadalla S, Lisotti A, Fuccio L, et al. Colonoscopy-related colonic ischemia [J]. *World J Gastroenterol*, 2021, 27 (42): 7299-7310.
- [5] 缺血性肠病诊治中国专家建议(2011)写作组, 中华医学会老年医学分会, 《中华老年医学杂志》编辑委员会. 老年人缺血性肠病诊治中国专家建议(2011) [J]. *中华老年医学杂志*, 2011, 30 (1): 1-6.
- [6] Goraya MHN, Inayat F, Taj S, et al. Acute ischemic colitis associated with oral decongestant use: a systematic review [J]. *J Clin Transl Res*, 2023, 9 (3): 195-205.
- [7] 贾璐璐. 62例缺血性结肠炎的临床特点及危险因素分析 [D]. 郑州大学, 2019.
- [8] 庄琰, 赵森, 张进, 等. CT冠脉成像联合血清IMA, TRPM7在缺血性心肌病诊断中的应用价值 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21 (8): 57-59.
- [9] 徐慧鲜, 刘振锋. 缺血性结肠炎患者结肠镜下表现及缺血修饰白蛋白的诊断价值分析 [J]. *中国内镜杂志*, 2023, 29 (6): 38-43.
- [10] Huang H, Wang H, Long Z, et al. Factors influencing hospital stay duration for patients with mild ischemic colitis: a retrospective study [J]. *Eur J Med Res*, 2022, 27 (1): 36.
- [11] Li S, Luo Y, Wang W, et al. A novel multiparameter scoring model for noninvasive early prediction of ischemic colitis: a multicenter, retrospective, and real-world study [J]. *Clin Transl Gastroenterol*, 2021, 12 (6): e00370.
- [12] 殷民月, 许春芳. 50例缺血性结肠炎患者的临床特点分析 [J]. *胃肠病学和肝病杂志*, 2020, 29 (3): 305-308.
- [13] Hollerweger A, Maconi G, Ripolles T, et al. Gastrointestinal ultrasound (GIUS) in intestinal emergencies - an efsumb position paper [J]. *Ultraschall Med*, 2020, 41 (6): 646-657.
- [14] 缪佳蓉, 南琼, 文韵玲, 等. 结肠镜和超声内镜对炎症性肠病诊断和病情评估的价值 [J]. *胃肠病学*, 2020, 25 (11): 660-665.

(收稿日期: 2024-06-30)

(校对: 赵望淇 排版: 张鸿燊)