

基于机器学习算法的腹腔镜结直肠癌根治术后肠梗阻预测模型

何晓芳^{1,2}, 陈洁³, 李秋萍¹, 张林⁴, 朱小莉², 陈莺⁵

(1. 贵州省人民医院护理部 贵州 贵阳 550002; 2. 江南大学无锡医学院 江苏 无锡 214122; 3. 三峡大学附属仁和医院肿瘤科 湖北 宜昌 443001; 4. 贵州中医药大学第二附属医院神经内科 贵州 贵阳 550003; 5. 江南大学附属医院肿瘤科 江苏 无锡 214122)

摘要 **目的:** 探讨结直肠癌患者在接受腹腔镜手术后出现肠梗阻的风险因素, 并开发一个预测肠梗阻的 AI 模型。**方法:** 回顾性分析 2020 年 1 月—2023 年 12 月于贵州省人民医院行腹腔镜结直肠癌根治术的 330 例患者的临床资料, 根据术后是否发生肠梗阻为依据, 将出现术后肠梗阻的 26 例患者纳入肠梗阻组, 未发生肠梗阻的 304 例患者纳入非肠梗阻组。分别建立随机森林 (RF)、梯度提升决策树模型 (GBDT)、轻量梯度提升模型 (LGBM)、极端梯度提升模型 (XGBoost)、类别型特征梯度提升模型 (CatBoost) 五种机器学习模型, 以受试者工作特征曲线下面积 (AUC)、特异性、敏感性来评价模型的性能, 选择最优模型。通过递归特征消除 (RFE) 筛选最佳的特征集合, 作为腹腔镜手术治疗结直肠癌患者术后并发肠梗阻风险预测因子。**结果:** 研究共纳入 330 例患者, 肠梗阻的发生率为 7.88%。Catboost 模型验证集的 AUC 为 0.862, 特异性值为 0.766, 整体性能优于其他模型; 术前肠梗阻、手术时间、病灶部位、性别等是影响结直肠癌腹腔镜根治术后合并肠梗阻的高危因素。**结论:** 与目前国内外其他的机器学习方法相比, CatBoost 可建立更有效的腹腔镜结直肠癌根治术患者术后并发肠梗阻预测模型, 具有潜在的应用价值; 术前肠梗阻、手术时间、病灶部位是术后并发肠梗阻的主要影响因素。

关键词 机器学习; 腹腔镜手术; 结直肠癌; 肠梗阻; 预测模型

中图分类号 R735.3+5 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 06-1205-06

AI prediction model for postoperative intestinal obstruction in patients underwent laparoscopic radical resection of colorectal cancer

HE Xiaofang^{1,2}, CHEN Jie³, LI Qiuping¹, ZHANG Lin⁴, ZHU Xiaoli², CHEN Ying⁵

(1. Nursing Department, Guizhou Provincial People's Hospital, Guiyang 550002, China; 2. Wuxi Medical College, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 3. Oncology Department, Renhe Hospital Affiliated to China Three Gorges University, Yichang 443001, China; 4. Department of Neurology, the Second Affiliated Hospital of Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550003, China; 5. Oncology Department, Affiliated Hospital of Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract **Objective:** To study the risk factors for postoperative intestinal obstruction in colorectal cancer patients who underwent laparoscopic radical resection, and to develop an AI prediction model for intestinal obstruction. **Methods:** Clinical data of 330 patients who underwent laparoscopic radical resection of colorectal cancer in Guizhou Provincial people's Hospital from January 2020 to December 2023 was retrospectively analyzed. They were grouped according to whether intestinal obstruction occurred or not after surgery. A total of 26 patients were enrolled in the intestinal obstruction group, and 304 patients

收稿日期: 2024-04-18 录用日期: 2024-04-29

Received Date: 2024-04-18 Accepted Date: 2024-04-29

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (82172844)

Foundation Item: National Natural Science Foundation of China (82172844)

通讯作者: 陈莺, Email: chenying126073@126.com

Corresponding Author: CHEN Ying, Email: chenying126073@126.com

引用格式: 何晓芳, 陈洁, 李秋萍, 等. 基于机器学习算法的腹腔镜结直肠癌根治术后肠梗阻预测模型 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5 (6): 1205-1210.

Citation: HE X F, CHEN J, LI Q P, et al. AI prediction model for postoperative intestinal obstruction in patients underwent laparoscopic radical resection of colorectal cancer[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(6): 1205-1210.

were enrolled in the non-obstruction group. Random forest (RF), gradient boosted decision tree (GBDT), light gradient boosting machine (LGBM), extreme gradient boosting (XGBoost) and categorical features gradient boosting (CatBoost) were established to evaluate the performance of the models using metrics such as area under the curve (AUC), specificity and sensitivity. The best model was selected. Recursive feature elimination (RFE) was used to identify the optimal feature set as predictive factors for postoperative intestinal obstruction in patients who underwent laparoscopic radical resection for colorectal cancer. **Results:** Among the 330 patients, the incidence rate of intestinal obstruction was 7.88% (26/330). The CatBoost model had an AUC of 0.862 and a specificity of 0.766 in the validation set, showing better overall performance compared to other models. Key risk factors for intestinal obstruction following laparoscopic radical resection of colorectal cancer were previous intestinal obstruction, operative time, treatment method, lesion site and patient gender. **Conclusion:** Compared to other machine learning methods, the CatBoost method can establish a more effective AI prediction model for postoperative intestinal obstruction in laparoscopic radical resection of colorectal cancer, with potential application value. Preoperative intestinal obstruction, operative time and lesion site were major influencing factors to postoperative intestinal obstruction.

Key words Machine Learning; Laparoscopic Surgery; Colorectal Cancer; Intestinal Obstruction; Prediction Model

肠梗阻是一种由多种因素引起,以肠道内容物传递受阻为主要症状的急腹症,且在临床上发病率相对较高。常见表现为阵发性腹痛、腹胀、呕吐、排便和排气障碍等,由此引起全身各系统病变,水、电解质及酸碱平衡紊乱等则是患者死亡的常见原因^[1]。结直肠癌是临床较常见的恶性肿瘤,手术是治疗结直肠癌的常用方式。结直肠癌术后肠梗阻的发生率为2.28%~5.48%^[2],长期并发率达10.00%~15.00%^[3]。近年来腹腔镜用于结直肠癌的治疗已较成熟完善,其创伤小,术后恢复快,术后出现并发症概率较传统手术方式也大幅减少,但肠梗阻概率仍较高^[2]。术后发生肠梗阻等并发症,严重影响预后,甚至引起死亡风险增加。肠梗阻的发病机制较复杂并且尚不明确,目前研究表明,结直肠癌根治术后肠梗阻的发生与年龄、肿瘤分期、术式等多种风险因素有关^[4]。但是针对腹腔镜下手术治疗对肠梗阻的研究相对较少。因此,分析腹腔镜结直肠癌根治术后肠梗阻患者的相关危险因素,以此构建基于大数据的AI预测模型,识别高危患者,减少临床发病率,具有积极的临床意义。

目前,结直肠癌风险评估主要基于临床经验和简单的统计指标,如年龄、性别、肿瘤位置等。然而,这些指标的预测能力有限,无法全面反映患者的真实风险。近年来,随着大数据技术的发展,越来越多的研究开始利用数据驱动的方法构建风险评估模型。这些研究主要采用统计学方法、机器学习,通过对大量临床数据的分析,挖掘风险相关的特征。虽然这些研究取得了一定的成果,但仍存在一些问题,如特征选择不够全面、模型泛化能力有限等。因此,本研究目的为识别结直肠癌患者在接受腹腔镜手术后发生肠梗

阻的主要风险因素,并基于这些因素初步建立预测术后肠梗阻的模型。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2020年1月—2023年12月于贵州省人民医院收治的330例行腹腔镜结直肠癌根治术患者的临床资料。按照术后是否发生肠梗阻,将出现术后肠梗阻的26例患者纳入肠梗阻组,未发生肠梗阻的304例患者纳入非肠梗阻组。纳入标准:①参照临床诊疗指南,符合结直肠癌的诊断标准^[5];②接受腹腔镜手术治疗;③TNM分期为I、II、III期。排除标准:①癌细胞种植性转移或者远处转移;②有其他脏器恶性肿瘤;③出现严重并发症,如吻合口瘘等,或需二次上台手术者,术中转开腹手术者;④合并心、肝、肾及血液等其他脏器衰竭或系统病变。

1.2 资料收集 收集符合条件的患者信息,包括性别、年龄、居住地址、吸烟与饮酒习惯等基本资料。同时,收集有关肿瘤位置、TNM分期、术前肠梗阻情况、手术方式、手术时长、出血量、术中造瘘及液体输入等信息。

1.3 肠梗阻诊断标准 参考《外科学》第8版的相关诊断标准^[6],腹腔镜术后患者出现肛门无排气排便,伴腹部胀痛、恶心呕吐等症状,检验提示尿比重、中性粒细胞比例、白细胞比例、血红蛋白及红细胞水平均异常升高,检查立位X线与CT检查提示肠梗阻。

1.4 统计学方法 所有数据采用SPSS 26.0软件进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)呈现,组间比较采用独立样本 t 检验。计数资料以例数(百分比)

[*n* (%)]表示, 组间比较通过 χ^2 检验。对于非正态分布的数据采用中位数及四分位间距展示, 并运用 Mann-Whitney U 秩和检验进行组间对比。以 $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

1.5 模型训练 本研究采用随机森林 (Random Forest, RF)、梯度提升决策树模型 (Gradient Boosted Decision Tree, GBDT)、轻量梯度提升模型 (Light Gradient Boosting Machine, LGBM)、极端梯度提升模型 (Extreme Gradient Boosting, XGBoost)、类别型特征梯度提升模型 (Categorical Features Gradient Boosting, CatBoost) 五种机器学习模型作为候选^[7-8]。随机抽取整个数据集中的 80% 用于模型训练, 20% 用于模型测试。获取验证集上的评价指标结果比较模型性能, 作为其泛化性能的估计。然后, 基于最优的模型做递归特征消除 (Recursive Feature Elimination, RFE) 筛选最佳的特征集合^[9-10], 作为腹腔镜结直肠癌根治术患者术后并发肠梗阻风险预测因子。

1.6 评价指标 本研究最佳算法的评价原则为 ROC 曲线下与坐标轴围成的面积 (Area Under Curve, AUC) 为主要指标, 以特异性 (Specificity, Spe) 和敏感性 (Sensitivity, Sen) 为次要指标^[9]。Spe 越高, 确诊概率越高。Sen 越高, 漏诊概率越低。计算公式如下:

$$\text{Spe} = \frac{\text{TN}}{\text{FP} + \text{TN}} \cdots \cdots (\text{公式 } 1)$$

$$\text{Sen} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} \cdots \cdots (\text{公式 } 2)$$

其中 TP 为真阳性样本的数量, 相反, TN 为真阴性样本的数量。FP 为假阳性样本的数量, FN 为假阴性样本的数量。

2 结果

2.1 一般资料 两组患者性别、年龄、TNM 分期、手术持续时间、术中出血量以及术中液体输入量比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 具有可比性。两组患者在术式、肠道肿瘤切除手术史、术中造瘘、术前肠梗阻方面比较, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 见表 1。

2.2 术后并发肠梗阻模型性能 本研究比较了五种机器学习模型 RF、GBDT、LGBM、XGBoos、

CatBoost 预测腹腔镜手术治疗结直肠癌患者术后并发肠梗阻 (见表 2)。CatBoost 在验证集中 AUC、Spe 均高于其他模型, Sen 各模型没有组间差异。与其他模型相比, CatBoost 有更好的预测效果。

2.3 术后并发肠梗阻危险因素 选取 CatBoost 模型进行特征重要度分析。从特征重要性排序可以得出术前肠梗阻、手术时间对预测结果影响较大; 病灶部位、性别次之; 其余特征对预测结果影响较小 (如图 1)。

3 讨论

近年来结直肠癌发病率、死亡率不断升高, 严重危害居民健康。目前其治疗方式以手术为主, 而肠梗阻是结直肠癌术后常见功能障碍并发症之一。引起肠梗阻的原因复杂, 包括术后出现粘连、炎症、水肿、吻合口狭窄、压迫及肠麻痹、引流管放置位置等, 具体机制可能与激活前肾上腺素神经元, 抑制副交感神经张力, 激活巨噬细胞释放炎症细胞因子和趋化因子, 而诱导炎症反应, 进而引起平滑肌细胞的收缩活性下降等有关^[11-12]。腹腔镜技术的成熟和广泛使用, 肠梗阻发生率已较前开腹手术方式明显下降, 但是术后肠梗阻仍有可能发生。Kronberg U 等人^[13]回顾性分析了 413 例患者, 研究发现腹腔镜术后肠梗阻发生率 10.20%, 其发生与特定的术前、术后多种因素相关, 术前白蛋白低、术后深静

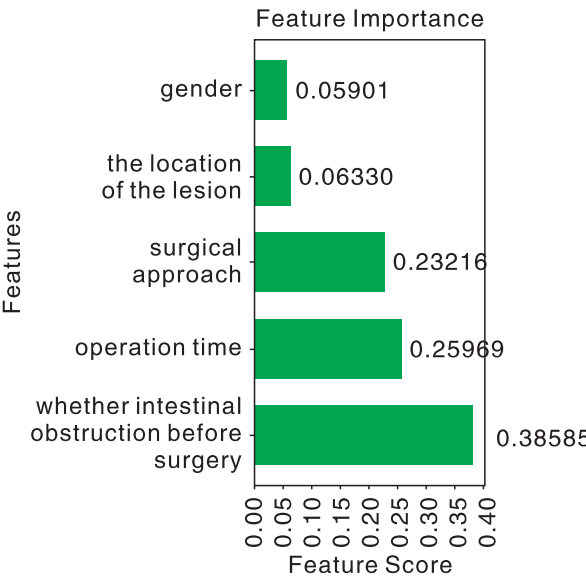


图 1 特征重要度排序
Figure 1 Feature importance ranking

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

Table 1 Comparison of general data between the two groups of patients [$\bar{x} \pm s$, n (%)]

指标	肠梗阻组 ($n=26$)	非肠梗阻组 ($n=304$)	t/χ^2 值	P 值
性别			0.152	0.696
男	17 (65.38)	210 (69.08)		
女	9 (34.62)	94 (30.92)		
年龄 (岁)	74.76 $\pm$ 4.28	75.13 $\pm$ 4.64	0.393	0.695
病灶部位			0.962	0.327
结肠	16 (61.54)	215 (70.72)		
直肠	10 (38.46)	89 (29.28)		
肿瘤分期			3.743	0.154
I 期	9 (34.62)	158 (51.97)		
II 期	11 (42.31)	119 (39.14)		
III 期	6 (23.08)	37 (12.17)		
术式			2.031	0.042
右半结肠切除	7 (26.92)	28 (9.21)		
左半结肠切除	5 (19.23)	41 (13.49)		
全结肠切除	11 (42.31)	217 (71.38)		
其他	3 (11.54)	18 (5.92)		
肠道肿瘤切除手术史			6.265	0.012
有	17 (65.38)	122 (40.13)		
无	9 (34.62)	182 (59.87)		
术中造瘘			9.843	0.002
有	16 (61.54)	95 (31.25)		
无	10 (38.46)	209 (68.75)		
术前肠梗阻			4.808	0.028
有	11 (42.31)	70 (23.03)		
无	15 (57.69)	234 (76.97)		
手术时间 (min)	58.39 $\pm$ 10.26	60.38 $\pm$ 7.68	1.232	0.219
术中出血量 (mL)	159.69 $\pm$ 16.28	164.27 $\pm$ 12.85	1.705	0.089
术中液体输入量 (mL)	1268.39 $\pm$ 158.15	1186.72 $\pm$ 225.16	1.813	0.071

脉血栓和电解质紊乱等因素影响肠梗阻发生。Moghadamyeghaneh Z 等人^[14]报道腹腔镜技术可降低术后肠梗阻发生率,并且肠梗阻与吻合口瘘和腹腔内感染相关。Goldstone R N 等人^[15]报道肠道操作会导致外肌层炎症并扰乱胃肠运动功能,使用腹腔镜有益于肠功能的早期恢复、术后疼痛减轻、切口长度缩短以及伤口感染风险降低。大多数研究认为腹腔镜手术比开腹手术对胃肠道功能扰动小,术后梗阻率低。但有部分研究持不同结论,Honjo K 等人^[16]回顾性分

析了 2009—2018 年收治的 1646 例结直肠癌患者,认为腹腔镜与开腹手术之间肠梗阻发生率没有差异,腹腔镜手术和防粘连材料并未表现出对肠梗阻明显的预防作用。Kuruba R 等人^[17]回顾性分析比较开腹手术与经腹腔镜手术两种方式的患者,认为两者肠梗阻发生率无明显差异,但经腹腔镜手术患者肠功能恢复速度更快。结直肠癌术后肠梗阻等并发症增加了患者的痛苦,加重其经济成本和家庭负担。因此,研究术后肠梗阻相关因素及构建预测模型具有

表 2 不同机器学习算法结果比较
Table 2 Results of different machine learning algorithms

数据集	AUC	Spe	Sen
训练集			
RF	0.993	0.995	0.923
GBDT	0.996	0.967	0.999
LGBM	0.999	0.989	0.999
XGBoost	0.995	0.983	0.999
CatBoost	0.978	0.890	0.999
验证集			
RF	0.777	0.723	0.999
GBDT	0.713	0.489	0.999
LGBM	0.745	0.575	0.999
XGBoost	0.745	0.638	0.999
CatBoost	0.862	0.766	0.999

重要意义。本研究旨在筛查和分析接受腹腔镜手术后患者发生肠梗阻的风险因素。在既往研究中已得到证实,TNM分期越晚,术中操作范围、复杂程度越高,引发肠梗阻概率越大,故本模型未纳入Ⅳ期、合并转移、转开腹手术等复杂患者。研究结果显示,患者性别、手术持续时间、肿瘤部位以及术后腹部感染等因素与术后肠梗阻的发生有关联。本研究结果与国外同类研究基本一致。既往研究多集中在开腹和腹腔镜两种手术方式的比较,研究重点及对象人群有差异,并且非随机对照实验与随机对照实验均观察到显著的异质性。不同研究使用的肠梗阻定义不同,导致研究之间结论有差异^[18]。一般认为手术持续时间越长,对肠道功能扰动越大。ZHENG H D 等人^[19] 回顾性分析了 424 例结直肠癌患者的资料,采用 Logistic 回归模型识别术后发生肠梗阻的潜在危险因素,分析结果显示手术时间对肠梗阻的影响最大。杨玉兵等人^[4] 回顾性分析了 1686 例结直肠癌患者的资料,认为手术时间长(≥3 h)是导致术后肠梗阻的危险因素。WANG X J 等人^[20] 回顾性分析接受部分结肠切除术的 1244 例患者,发现手术持续时间长、术前肠梗阻等是术后肠梗阻的显著预测因子。结肠癌的发生部位也影响手术的方式和时间,因而是术后肠梗阻的影响因素。术后腹腔感染也会影响肠道功能,与术后肠梗阻发生率相关。DAI X J 等人^[21] 报道了全身炎症反应状态

和术后腹内脓毒症是术后肠梗阻的独立危险因素。Yanagisawa T 等人^[22] 做单中心回顾性研究证实,术前久坐时间延长是结直肠癌患者发生术后肠梗阻的危险因素。因此,减少术前久坐可能对预防术后肠梗阻具有重要作用。国内外的相关研究显示高龄是术后肠梗阻的一个危险因素,但在本研究中,高龄与术后肠梗阻的关联并不显著,这可能与研究中患者数量较少有关。TNM 分期也是影响梗阻的危险因素,但本研究中不显著,可能与本研究选择纳入对象特征、样本量少有关。JU H 等人^[23] 进行回顾性研究证实阿片类药物总剂量增加是腹腔镜结直肠癌根治术后发生肠梗阻的独立危险因素。

虽然大多数研究均认为手术部位与肠梗阻的发生相关,但是不同研究结果中的具体部位存在差异。Wolthuis A M 等人^[18] 则使用 2006 年—2008 年全国住院样本数据库对全国共 975 825 例结直肠癌患者进行统计分析,发现横结肠肿瘤、左半结肠切除术肠梗阻的发生概率更高。Seo S H B 等人^[24] 分析发现右侧结肠切除术后发生肠梗阻的可能性显著高于左侧结肠切除术。Moghadamyeghaneh Z 等人^[14] 利用 NSQIP 全国数据库回顾性分析了 27 560 例结直肠癌患者,证实右半结肠肿瘤的患者术后发生肠梗阻的概率更大。大部分研究认为性别与术后肠梗阻的发生率相关,并且多数研究认为男性患者的风险更高,与本研究结果一致,可能与解剖差异有关,男性的盆腔较窄,大肠的解剖位置稍有不同。这可能导致肿瘤在肠道内生长方式不同,增加肠梗阻风险。男性和女性在激素水平、免疫反应等方面的生物学差异可能也影响肿瘤的生长方式和速度,从而影响肠梗阻的发生。但有部分研究认为女性发生风险更高^[25],可能由于研究的区域及样本量的差异导致不同研究者所得到的结果不同。

此外,Chapuis P H 等人^[26] 研究认为吸烟、围手术期输血、周围血管病变、急诊情况下手术也是结直肠癌术后肠梗阻的高危因素。其中周围血管病变和急诊手术作为术后肠梗阻的高危因素也开始受到重视。Fujiyoshi S 等人^[27] 回顾性分析了北海道大学医院接收腹腔镜手术的患者,结果表明男性、COPD、BMI<20 kg/m² 是术后梗阻的独立危险因素,而吸烟并非危险因素。

术后肠梗阻的原因复杂多样,通过对术前、术中及术后相关因素实施保护性措施,可以有效减少肠梗阻风险。Moghadamyeghaneh Z 等人^[14]报道了在术前通过静脉注射抗生素预防感染的 330 例患者,认为术前口服抗生素行肠道准备有利于降低术后肠梗阻的发病率。因此,对高危患者而言,无论是口服还是静脉注射抗生素,采取预防措施都是必要的。此外,国内外有研究证实咀嚼口香糖和假饲有利于预防和改善术后肠梗阻^[28]。

本研究是一项单中心回顾性研究,构建了基于机器学习算法的腹腔镜结直肠癌根治术后肠梗阻预测模型。该模型具有良好的预测性能和稳定性。但仍存在一定的局限性,如数据来源单一、特征选择不够全面等。未来的研究可以进一步优化模型结构和特征选择方法,以提高模型的预测性能和泛化能力。在未来需要联合其他地区医院进行多中心大样本数据的收集。此外,加强模型的解释性研究也是未来工作的重点之一,以提高医生对模型的信任度。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: 何晓芳、陈洁负责设计论文框架,起草论文,研究过程的实施;何晓芳负责数据收集;陈洁负责论文修改;李秋萍负责设计论文框架及数据分析;张林负责统计学分析,绘制图表;朱小莉、陈莺负责拟定写作思路,指导撰写文章;陈莺负责最后定稿。

参考文献

- [1] 李政,郑晓强,王罡,等. 肠梗阻导管对结直肠癌合并肠梗阻患者术后感染的影响[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(1): 95-98.
- [2] 许超,池畔. 结直肠癌根治术后肠梗阻的影响因素分析[J]. 中华胃肠外科杂志, 2014, 17(4): 361-364.
- [3] Quiroga-Centeno A C, Jerez-Torra K A, Martin-Mojica P A, et al. Risk factors for prolonged postoperative ileus in colorectal surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. World J Surg, 2020, 44(5): 1612-1626.
- [4] 杨玉兵,邢文英,王耿泽. 结直肠癌根治术后发生肠梗阻的影响因素分析 1686 例[J]. 世界华人消化杂志, 2015, 23(10): 1664-1669.
- [5] 白雪杉,林国乐. 2019. V1 版《NCCN 结直肠癌诊治指南》更新要点解析[J]. 中国全科医学. 2019, 22(33): 4031-4034.
- [6] 陈孝平,汪建平,赵继宗. 外科学[M]. 人民卫生出版社, 2013.
- [7] GONG H W, WANG M Y, ZHANG H X, et al. An explainable AI approach for the rapid diagnosis of COVID-19 using ensemble learning algorithms[J]. Front Public Health, 2022. DOI: 10.3389/fpubh.2022.874455.
- [8] Prokhorenkova L, Gusev G, Vorobev A, et al. CatBoost: unbiased boosting with categorical features[J]. Advances in neural information processing systems, 2018. DOI: org/10.48550/arXiv.1706.09516.
- [9] CHEN Q, MENG Z P, LIU X Y, et al. Decision variants for the automatic determination of optimal feature subset in RF-RFE[J]. Genes(Basel), 2018, 9(6): 301.

- [10] GONG H W, YOU X, JIN M, et al. Graph neural network and multi-data heterogeneous networks for microbe-disease prediction[J]. Front Microbiol, 2022. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1077111.
- [11] Zeinali F, Stulberg J J, Delaney C P. Pharmacological management of postoperative ileus[J]. Can J Surg, 2009, 52(2): 153-157.
- [12] Bragg D, El-Sharkawy A M, Psaltis E, et al. Postoperative ileus: Recent developments in pathophysiology and management[J]. Clin Nutr, 2015, 34(3): 367-376.
- [13] Kronberg U, Kiran R P, Soliman M S M, et al. A characterization of factors determining postoperative ileus after laparoscopic colectomy enables the generation of a novel predictive score[J]. Ann Surg, 2011, 253(1): 78-81.
- [14] Moghadamyeghaneh Z, Hwang G S, Hanna M H, et al. Risk factors for prolonged ileus following colon surgery[J]. Surg Endosc, 2016, 30(2): 603-609.
- [15] Goldstone R N, Popowich D A. Laparoscopic intracorporeal anastomosis[J]. Clin Colon Rectal Surg, 2023, 36(1): 74-82.
- [16] Honjo K, Kawai M, Tsuchiya Y, et al. Risk factors for small-bowel obstruction after colectomy for colorectal cancer: a retrospective study[J]. Surg Today, 2023, 53(9): 1038-1046.
- [17] Kuruba R, Fayard N, Snyder D. Epidural analgesia and laparoscopic technique do not reduce incidence of prolonged ileus in elective colon resections[J]. Am J Surg, 2012, 204(5): 613-618.
- [18] Wolthuis A M, Bislenghi G, Fieuws S, et al. Incidence of prolonged postoperative ileus after colorectal surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. Colorectal Dis, 2016, 18(1): 1-9.
- [19] ZHENG H D, LIU Y R, CHEN Z Z, et al. Novel nomogram for predicting risk of early postoperative small bowel obstruction after right colectomy for cancer[J]. World J Surg Oncol, 2022, 20(1): 19.
- [20] WANG X J, CHI P, LIN H M, et al. Risk factors for early postoperative small bowel obstruction after elective colon cancer surgery: an observational study of 1,244 consecutive patients[J]. Dig Surg, 2018, 35(1): 49-54.
- [21] DAI X J, GE X L, YANG J B, et al. Increased incidence of prolonged ileus after colectomy for inflammatory bowel diseases under ERAS protocol: a cohort analysis[J]. J Surg Res, 2017. DOI: 10.1016/j.jss.2016.12.031.
- [22] Yanagisawa T, Tatematsu N, Horiuchi M, et al. Prolonged preoperative sedentary time is a risk factor for postoperative ileus in patients with colorectal cancer: a propensity score-matched retrospective study[J]. Support Care Cancer, 2023, 32(1): 54.
- [23] JU H, SHEN K, LI J X, et al. Total postoperative opioid dose is an independent risk factor for prolonged postoperative ileus after laparoscopic colorectal surgery: a case-control study[J]. Korean J Anesthesiol, 2024, 77(1): 133-138.
- [24] Seo S H B, Carson D A, Bhat S, et al. Prolonged postoperative ileus following right-versus left-sided colectomy: A systematic review and meta-analysis[J]. Colorectal Dis, 2021, 23(12): 3113-3122.
- [25] Masoomi H, Kang C Y, Chaudhry O, et al. Predictive factors of early bowel obstruction in colon and rectal surgery: data from the Nationwide Inpatient Sample, 2006-2008[J]. J Am Coll Surg, 2012, 214(5): 831-837.
- [26] Chapuis P H, Bokey L, Keshava A, et al. Risk factors for prolonged ileus after resection of colorectal cancer: an observational study of 2400 consecutive patients[J]. Ann Surg, 2013, 257(5): 909-915.
- [27] Fujiyoshi S, Homma S, Yoshida T, et al. A Study of risk factors of postoperative ileus after laparoscopic colorectal resection[J]. Ann Gastroenterol Surg, 2023, 7(6): 949-954.
- [28] Lambrichts D P V, Boersema G S A, Tas B, et al. Nicotine chewing gum for the prevention of postoperative ileus after colorectal surgery: a multicenter, double-blind, randomised, controlled pilot study[J]. Int J Colorectal Dis, 2017, 32(9): 1267-1275.

编辑: 赵敏