

高龄胃肠癌患者术后并发症的危险因素：多因素分析与机器学习相结合的多中心嵌套病例对照研究

吕家锐, 刘学超, 李毅, 牛兆建*

青岛大学青岛医学院, 山东 青岛

收稿日期: 2026年3月21日; 录用日期: 2026年4月16日; 发布日期: 2026年4月21日

摘要

目的: 本研究通过多因素分析和机器学习确定老年胃癌和结直肠癌术后并发症的危险因素。方法: 对2213例老年患者(371例有并发症, 1842例无并发症)的临床资料进行回顾性分析。单变量分析比较基线特征。Boruta算法确定了潜在的核心特征, 然后将其包括在多变量Logistic回归模型中。SHAP (SHapley加性解释)分析量化变量重要性, 并按肿瘤类型进行分层分析。结果: 单因素分析发现并发症与肿瘤类型、性别、合并症、新辅助化疗、ASA分级、术中出血量和手术类型等变量显著相关($P < 0.05$)。Boruta和SHAP的分析强调新辅助化疗、合并症和术中失血是核心危险因素。多因素回归分析显示: 新辅助化疗(OR = 1.71)、合并症(OR = 2.34)、术中出血(OR = 1.002)、ASA分级2级(OR = 1.49)是独立关联因素。失血量为78毫升的患者风险增加(OR = 1.43)。亚组分析显示, 合并症(OR = 4.35)、新辅助化疗(OR = 1.68)、术中出血(OR = 1.002)是胃癌的主要危险因素, ASA分级接近2级。新辅助化疗(OR = 1.60)、合并症(OR = 1.51)、术中出血(OR = 1.001)、ASA分级2级(OR = 1.44)也是结直肠癌的独立危险因素。结论: 新辅助化疗、合并症和术中出血是老年胃肠道肿瘤患者并发症的核心、可改变的危险因素, 其影响因肿瘤类型而异。建议个体化治疗, 以降低风险, 改善预后。

关键词

老年患者, 新辅助化疗, 术后并发症, 危险因素, 多因素分析, 机器学习, SHAP分析, 结直肠癌, 胃癌

*通讯作者。

Risk Factors for Postoperative Complications in Elderly Patients with Gastric and Colorectal Cancer: A Multicenter Nested Case-Control Study Combining Multivariate Analysis and Machine Learning

Jiarui Lv, Xuechao Liu, Yi Li, Zhaojian Niu*

Qingdao Medical College, Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: March 21, 2026; accepted: April 16, 2026; published: April 21, 2026

Abstract

Objective: This study aimed to identify risk factors for postoperative complications in elderly patients with gastric and colorectal cancer through multivariate analysis and machine learning. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on clinical data from 2213 elderly patients (371 with complications and 1842 without complications). Baseline characteristics were compared using univariate analysis. The Boruta algorithm identified potential core features, which were subsequently included in a multivariate Logistic regression model. SHAP (SHapley Additive exPlanations) analysis quantified variable importance, with stratified analysis performed by tumor type. **Results:** Univariate analysis revealed that complications were significantly associated with tumor type, sex, comorbidity status, neoadjuvant chemotherapy, ASA classification, intraoperative blood loss, and surgery type ($P < 0.05$). Boruta and SHAP analyses emphasized neoadjuvant chemotherapy, comorbidity status, and intraoperative blood loss as core risk factors. Multivariate regression analysis showed that neoadjuvant chemotherapy (OR = 1.71), comorbidity status (OR = 2.34), intraoperative blood loss (OR = 1.002), and ASA grade II (OR = 1.49) were independently associated factors. Patients with blood loss of 78 mL showed increased risk (OR = 1.43). Subgroup analysis demonstrated that comorbidity status (OR = 4.35), neoadjuvant chemotherapy (OR = 1.68), and intraoperative blood loss (OR = 1.002) were major risk factors for gastric cancer, with ASA grade approaching II. Neoadjuvant chemotherapy (OR = 1.60), comorbidity status (OR = 1.51), intraoperative blood loss (OR = 1.001), and ASA grade II (OR = 1.44) were also independent risk factors for colorectal cancer. **Conclusion:** Neoadjuvant chemotherapy, comorbidity status, and intraoperative blood loss are core, modifiable risk factors for complications in elderly patients with gastrointestinal tumors, with their impact varying by tumor type. Individualized treatment is recommended to reduce risk and improve prognosis.

Keywords

Elderly Patients, Neoadjuvant Chemotherapy, Postoperative Complications, Risk Factors, Multivariate Analysis, Machine Learning, SHAP Analysis, Colorectal Cancer, Gastric Cancer

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

胃癌和结直肠癌是胃肠道肿瘤的主要亚型。在全球最常见的恶性肿瘤中，它们分别排名第五和第三。这两种癌症的死亡率都很高，分别位居第三和第二位。2020年，胃癌导致全球110万新病例和77万人死亡，结直肠癌导致193万新病例和93.5万人死亡[1][2]。老年人存在退行性生理变化和累积的疾病风险，是患胃肠道肿瘤的高危人群。胃癌确诊时的中位年龄为68岁[2]，70岁以上的人占结直肠癌患者的60% [1]。手术切除是这两种癌症的主要治疗方法。然而，术后不良事件，如出血、感染、穿孔和死亡，在老年患者中很常见，这些老年患者通常合并有合并症、器官功能减退、化疗不耐受、营养不良和肌肉质量低[3]等情况。这些因素导致老年患者术后并发症发生率显著升高[4]。

术后并发症延长住院时间，降低资源利用率。它们还会推迟康复，增加继发感染和器官功能障碍的风险，并可能损害肿瘤治疗效果和患者长期生活质量。先前的研究确定手术时间[5]、营养状况[6]、骨质疏松症[7]和术前存在合并症[8][9]是危险因素。然而，小样本量和高度的研究异质性限制了它们的可信度和推广性[10]-[12]。老年患者通常会合并消化系统、呼吸系统和心血管系统[3][13]的合并症。合并症和手术创伤的综合作用可能会进一步增加术后问题的风险。新辅助化疗等治疗方法可能对特定年龄段的并发症的发生存在影响[10][14]。目前需要大规模的临床研究来明确老年胃癌和结直肠癌患者术后并发症的危险因素。应特别关注可改变的因素，如新辅助治疗、合并症和术中出血等。

本研究利用大型临床数据集，将多变量分析与机器学习相结合，以确定老年胃癌和结直肠癌患者并发症的关键危险因素。这项研究进一步试图澄清这些影响的影响率大小和影响机制。这些发现旨在为术前风险分层提供信息，加强治疗计划的个体化，并支持对并发症的早期干预。这种方法有可能改善患者的预后，降低医疗成本。

2. 材料与方法

2.1. 研究对象

2.1.1. 病例来源

胃肠外科(PACAGE)数据库[15]。该数据库由中国胃肠肿瘤外科联盟发起，是一个大型前瞻性观察库，包括2018年12月至2020年12月的中国20个有代表性的医学中心接受胃或结直肠癌手术的病人的临床病理数据。作为一个高质量的全国性数据库，它致力于研究胃肠癌术后并发症和相关危险因素(ClinicalTrials.gov 标识: NCT03828266)。所有研究中心都有统一的诊断和治疗指南以及电子病历管理系统。外科手术由资深主治医师或更高级别的医生进行，以确保各中心的医疗标准、治疗计划和数据记录做法的一致性，从而减少中心间异质性对研究结果的影响[16]。我们已获得数据库管理委员会的正式授权，可以在本研究中使用去除患者个人信息的临床数据。

1) 纳入及排除标准

纳入标准：

- (1) 年龄 ≥ 65 岁；
- (2) 经病理证实的胃癌或结直肠癌；
- (3) 接受手术治疗，包括根治性切除、姑息性切除等；
- (4) 完整的临床资料，包括基线人口学特征、肿瘤相关指标、围手术期处理信息和术后随访资料。

排除标准：

- (1) 其他恶性肿瘤的诊断；
- (2) 术中或术后72小时内死亡；

(3) 缺乏变量提取和预后判断所需的完整临床资料。

2.1.2. 研究变量

主要预后变量为术后并发症发生率(HAS_并发症),次要预后变量为术后严重并发症(Clavien-Dindo 分级 III~V 级)、R0 切除情况和住院时间(LOS),反映手术治疗效果。

自变量包括:(1) 基线人口学特征:年龄、性别、身高、体重、BMI;(2) 肿瘤相关指标:肿瘤类型(胃癌、结直肠癌)、病理类型、病理 T 分期、病理 N 分期、病理阳性淋巴结数目、病理切缘状态;(3) 围手术期相关指标:手术史、合并症(包括消化系统、呼吸系统等系统合并症)、新辅助治疗(包括新辅助化疗、放疗等治疗)、ASA 分类、手术进路、是否急诊手术、肠道准备状况、术中出血、术中输血、姑息性手术(胃、结肠)、是否临时造口、是否联合器官切除(肝、胆、结肠、胰肠等)、是否存在术中并发症;(4) 其他:严重并发症的发生。

腹部感染、吻合口漏、呼吸道感染、伤口感染等(具体类型见表 1),由 2 名临床医生根据术后病历、实验室检查和影像结果共同确认;次要结果变量“严重术后并发症”仅限于 Clavien-Dindo 级 III~V 级并发症;“R0 切除”定义为边缘无肿瘤残留;“住院天数(LOS)”是指从手术之日至出院日的自然天数。

对于自变量,主治医生使用国际疾病分类(ICD-10)代码确定合并症,并在临床病历中明确记录诊断。消化系统合并症包括慢性胃炎、消化性溃疡、肝硬化等,呼吸系统合并症包括慢性阻塞性肺疾病、哮喘、肺结核等;新辅助化疗要求有明确的化疗方案记录(如氟嘧啶联合铂),并至少完成 1 个疗程;新辅助放射治疗需要明确的放射治疗计划和剂量记录(总剂量 $\geq 45\text{GY}$);其他新辅助治疗需要相应的治疗顺序和执行证;ASA 分级由麻醉医生根据美国麻醉师协会制定的分类标准结合患者术前的总体健康状况、器官功能储备和手术风险进行评估;术中出血量以麻醉师和主治医生在手术记录中共同核实的实际出血量为依据;肿瘤相关指标按第 8 版 AJCC 肿瘤分期标准确定病理 T 期和 N 期;病理切缘状态分为阴性(无残留肿瘤)、阳性(残留肿瘤)、不确定。潜在混杂因素包括年龄、性别、手术史等,影响因素为肿瘤类型(胃癌、结直肠癌),分层分析证实其影响效果。

Table 1. Detailed statistical table of complications

表 1. 并发症详细统计表

| 并发症类型 | 病例数(N) | 组成比(%) |
|--------|--------|--------|
| 腹部感染 | 171 | 7.7 |
| 吻合口漏 | 78 | 3.5 |
| 其他感染 | 172 | 7.8 |
| 其他部位感染 | 183 | 7.8 |
| 术后死亡 | 5 | 0.2 |
| 呼吸道感染 | 74 | 3.3 |
| 尿路感染 | 2 | 0.1 |
| 伤口感染 | 51 | 2.3 |
| 其他类型感染 | 45 | 2.0 |
| 腹腔出血 | 10 | 0.5 |
| 胰瘘 | 25 | 1.1 |
| 其他瘘 | 7 | 0.3 |
| 胃肠道出血 | 10 | 0.5 |

续表

| | | |
|------------|----|-----|
| 淋巴漏 | 11 | 0.5 |
| 腹水 | 5 | 0.2 |
| 血栓形成 | 5 | 0.2 |
| 机械性肠梗阻 | 9 | 0.4 |
| 麻痹性肠梗阻 | 7 | 0.3 |
| 吻合口狭窄 | 4 | 0.2 |
| 胃排空延迟 | 20 | 0.9 |
| 腹泻 | 4 | 0.2 |
| 心血管系统其他并发症 | 9 | 0.4 |
| 呼吸系统其他并发症 | 16 | 0.7 |
| 泌尿系统其他并发症 | 6 | 0.3 |

补充说明：“构成比”是指出现并发症的病例占总研究病例(2213 例)的比例；部分患者可能同时出现多种并发症，因此每种并发症的例数之和不等于总并发症例数(371 例)。

2.2. 统计方法

采用 R4.4.2 软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示，组间比较采用 t 检验；不符合正态分布的计量资料用中位数(四分位数间距) [M (Q1, Q3)]表示，组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料用病例数(百分比) [n (%)]表示，组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 精确概率法进行。

本研究采用固定样本量设计。基于前期研究和之前类似的研究数据，假设两组(并发症组 vs.无并发症组)主要暴露因素的效应量 OR = 1.7, $\alpha = 0.05$ (双侧)，总样本量为 2213 例(无并发症组 1842 例，并发症组 371 例)，R 软件计算的统计幂为 0.98，高于 0.8 的常规标准，说明本研究的样本量可以有效检测组间主要结局指标的差异。

采用 Boruta 算法进行特征筛选，剔除统计意义不显著的冗余变量，保留潜在的核心特征。筛选出的核心特征纳入多元 Logistic 回归模型。首先，Boruta 算法筛选具有潜在重要影响的核心特征，剔除统计上不显著的冗余变量；同时，结合临床实践逻辑，将年龄作为有趣的潜在混杂因素纳入模型，最终形成多元回归分析的变量集。分析每个变量与术后并发症(包括严重并发症)的关系，并计算优势比(OR)和 95% 可信区间(95%CI)。SHAP 分析被用来量化每个变量对结果的重要性，并生成 SHAP 值分布的汇总图、变量相互作用热图和散点图。交互作用项的 Logistic 回归用于验证交互作用，约束三次样条法用于拟合曲线关系。按肿瘤类型(胃癌、结直肠癌)进行分层分析，以探讨肿瘤特异性危险因素的差异。P 值 < 0.05 被认为具有统计学意义。

所有纳入的 2213 例患者均具有完整的基线人口统计学特征、肿瘤相关指标、围手术期管理信息和术后随访数据。核心变量(如新辅助化疗实施、合并症类型、术中出血量、术后并发症发生)和次要变量均无缺失值，所有变量的缺失率均为 0%。因此，未采用缺失数据的补全方法。本研究未具体进行敏感性分析，原因如下：首先，采用 Boruta 算法筛选核心特征，有效剔除冗余变量，并结合多元逻辑回归和 SHAP 分析交叉验证核心危险因素的关联关系，充分保持结果的强度；其次，按肿瘤类型分层分析后，虽然不同亚组的核心结论存在异质性，但核心危险因素的关联是一致的，进一步验证了研究结果的可信度；再次，本研究样本量充足(n = 2213)，统计力高达 0.98，关键变量定义明确，数据测量质量控制严格，减少了异

常值和测量误差对结果的影响。因此，没有进行额外的敏感性分析。

3. 结果

3.1. 筛选患者流程

共筛选 2018 年 1 月至 2020 年 12 月同期住院并接受手术治疗的老年胃肠道癌患者 3926 例。其中，因不符合纳入排除标准(合并其他恶性肿瘤 32 例，术后 72 h 内死亡 11 例，临床资料不完整 100 例)排除 143 例。最终纳入 2213 例患者，所有纳入患者均完成了术后随访和数据分析(图 1)。

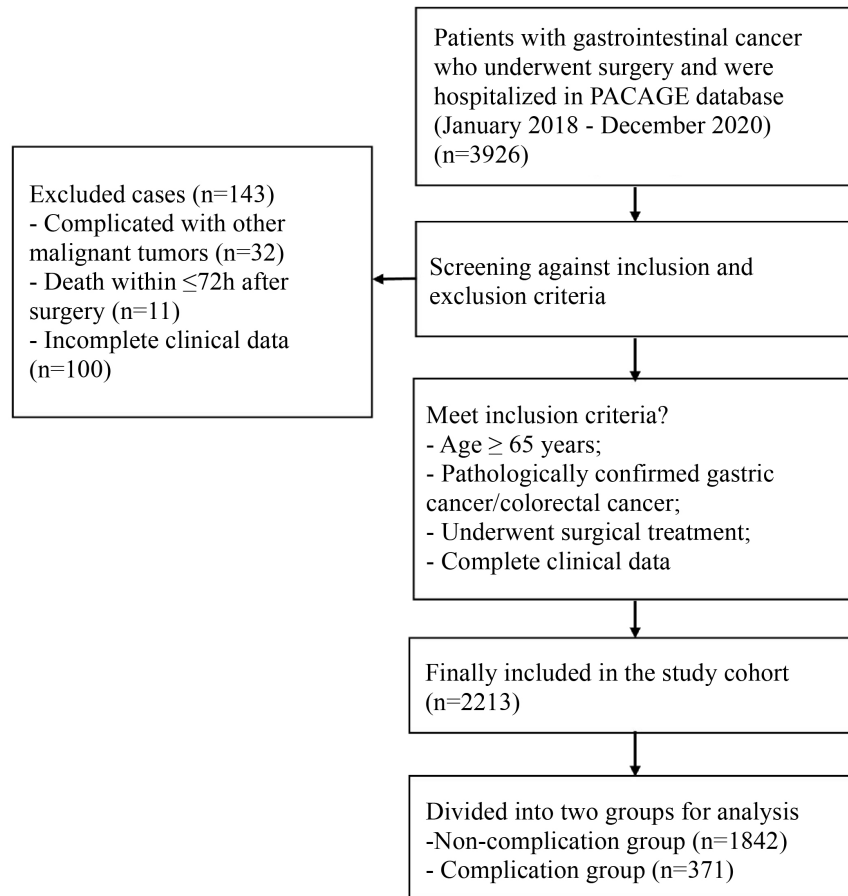


Figure 1. Flow diagram of participant enrollment
图 1. 患者筛选流程图

3.2. 临床基线特征比较

本研究共纳入 2213 例老年胃肠癌患者，其中无并发症组 1842 例(83.2%)，并发症组 371 例(16.8%)。单因素分析结果显示，两组多指标比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。肿瘤类型方面，并发症组结直肠癌占比(63.3%)高于非并发症组(54.0%)，胃癌占比(36.7%)低于非并发症组(46.0%)，差异有统计学意义($\chi^2 = 13.52$, $df = 1$, $P < 0.001$)；在性别分布上，并发症组男性占比(76.0%)显著高于非并发症组(67.5%)，差异有统计学意义($\chi^2 = 11.46$, $df = 1$, $P < 0.001$)；合并症相关指标方面，并发症组合并症发生率(5.7%)高于非并发症组(2.3%)；消化系统合并症发生率(4.0% vs 1.5%)和呼吸系统合并症发生率(1.9% vs 0.8%)组间差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)；新辅助治疗相关指标显示，并发症组新辅助治疗率(18.3%)高于非并发症组(9.7%)，

新辅助化疗率组间差异有统计学意义(17.3% vs 9.1%, $P < 0.001$); 而新辅助放疗率与其他新辅助治疗率组间差异无统计学意义($P < 0.05$); ASA 分级分布显示, 并发症组 ASA2 级比例(69.8%)高于无并发症组(57.5%), ASA1 级比例(21.6%)低于无并发症组(29.0%), 差异有统计学意义($\chi^2 = 24.07$, $df = 4$, $P < 0.001$); 手术相关指标中, 中位术中出血量[50 (50, 100) mL]高于非并发症组[50 (40, 100) mL], 姑息性胃手术、联合胰十二指肠切除术、联合十二指肠切除术及术中并发症发生率均高于非并发症组; 组间差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$); 病理特征方面, 病理切缘阳性与并发症发生显著相关($\chi^2 = 7.29$, $df = 2$, $P = 0.026$), 且并发症组病理切缘阳性患者比例(13.5%)高于无并发症组(11.1%); 身高、体重、BMI 组间差异有统计学意义($P < 0.05$)。并发症组的中位身高、体重和 BMI 分别为 168 cm (四分位数范围 160~172 cm)、65 kg (四分位数范围 57.6~72 kg)和 23.4 (四分位数范围 21.1~25.4), 略高于非并发症组(身高 165 cm, 四分位数范围 160~170 cm; 体重为 63 kg, 四分位数范围为 55~70 kg; BMI 23.0, 四分位数范围 20.8~25.0); 年龄、手术史、其他系统合并症、手术入路、急诊手术、肠准备、术中输血、姑息性结直肠手术、临时造口、其他联合器官切除、病理分型等组间差异均无统计学意义($P < 0.05$)。基线临床特征的详细数据见表 2。

Table 2. Comparison of baseline clinical characteristics between two groups

表 2. 两组间基线临床特征比较

| 基线临床特征 | 无并发症组(N = 1842) | 并发症组(N = 371) | P 值 |
|---------|-------------------|-------------------|--------|
| 肿瘤类型 | | | <0.001 |
| 胃癌 | 847 (46.0%) | 136 (36.7%) | |
| 结直肠癌 | 995 (54.0%) | 235 (63.3%) | |
| 身高(cm) | 165 (160, 170) | 168 (160, 172) | 0.012 |
| 体重(kg) | 63 (55, 70) | 65 (57.2, 72) | 0.002 |
| BMI | 23.4 (21.1, 25.4) | 23.0 (20.8, 25.0) | 0.002 |
| 性别 | | | <0.001 |
| 男 | 1244 (67.5%) | 282 (76.0%) | |
| 女 | 598 (32.5%) | 89 (24.0%) | |
| 手术史 | | | 0.093 |
| 无 | 1490 (80.9%) | 286 (77.1%) | |
| 有 | 352 (19.1%) | 85 (22.9%) | |
| 合并症 | | | <0.001 |
| 无 | 1800 (97.7%) | 350 (94.3%) | |
| 有 | 42 (2.3%) | 21 (5.7%) | |
| 消化系统合并症 | | | <0.001 |
| 无 | 1815 (98.5%) | 356 (96.0%) | |
| 有 | 27 (1.5%) | 15 (4.0%) | |
| 呼吸系统合并症 | | | 0.041 |
| 无 | 1828 (99.2%) | 364 (98.1%) | |
| 有 | 14 (0.8%) | 7 (1.9%) | |

续表

| | | | |
|---------|--------------|--------------|--------|
| 其他系统合并症 | | | 0.437 |
| 无 | 1839 (99.8%) | 371 (100.0%) | |
| 有 | 3 (0.2%) | 0 (0.0%) | |
| 新辅助治疗 | | | <0.001 |
| 无 | 1663 (90.3%) | 303 (81.7%) | |
| 有 | 179 (9.7%) | 68 (18.3%) | |
| 新辅助化疗 | | | <0.001 |
| 无 | 1674 (90.9%) | 307 (82.7%) | |
| 有 | 168 (9.1%) | 64 (17.3%) | |
| 新辅助放疗 | | | 0.425 |
| 无 | 1813 (98.4%) | 363 (97.8%) | |
| 有 | 29 (1.6%) | 8 (2.2%) | |
| 其他新辅助治疗 | | | 0.425 |
| 无 | 1813 (98.4%) | 363 (97.8%) | |
| 有 | 29 (1.6%) | 8 (2.2%) | |
| ASA 分级 | | | <0.001 |
| 1 级 | 534 (29.0%) | 80 (21.6%) | |
| 2 级 | 1059 (57.5%) | 259 (69.8%) | |
| 3 级 | 245 (13.3%) | 31 (8.4%) | |
| 4 级 | 3 (0.2%) | 1 (0.3%) | |
| 5 级 | 1 (0.1%) | 0 (0.0%) | |
| 手术方式 | | | 0.222 |
| 开放 | 342 (18.6%) | 79 (21.3%) | |
| 腔镜 | 1500 (81.4%) | 292 (78.7%) | |
| 是否急症手术 | | | 0.993 |
| 否 | 1832 (99.5%) | 369 (99.5%) | |
| 是 | 10 (0.5%) | 2 (0.5%) | |
| 肠道准备 | | | 0.557 |
| 否 | 582 (31.6%) | 123 (33.2%) | |
| 是 | 1260 (68.4%) | 248 (66.8%) | |
| 术中出血量 | 50 (40, 100) | 50 (50, 100) | <0.001 |
| 姑息性胃手术 | | | 0.007 |
| 否 | 1821 (98.9%) | 360 (97.0%) | |
| 是 | 21 (1.1%) | 11 (3.0%) | |
| 姑息性结肠手术 | | | 0.858 |
| 否 | 1824 (99.0%) | 367 (98.9%) | |
| 是 | 18 (1.0%) | 4 (1.1%) | |

续表

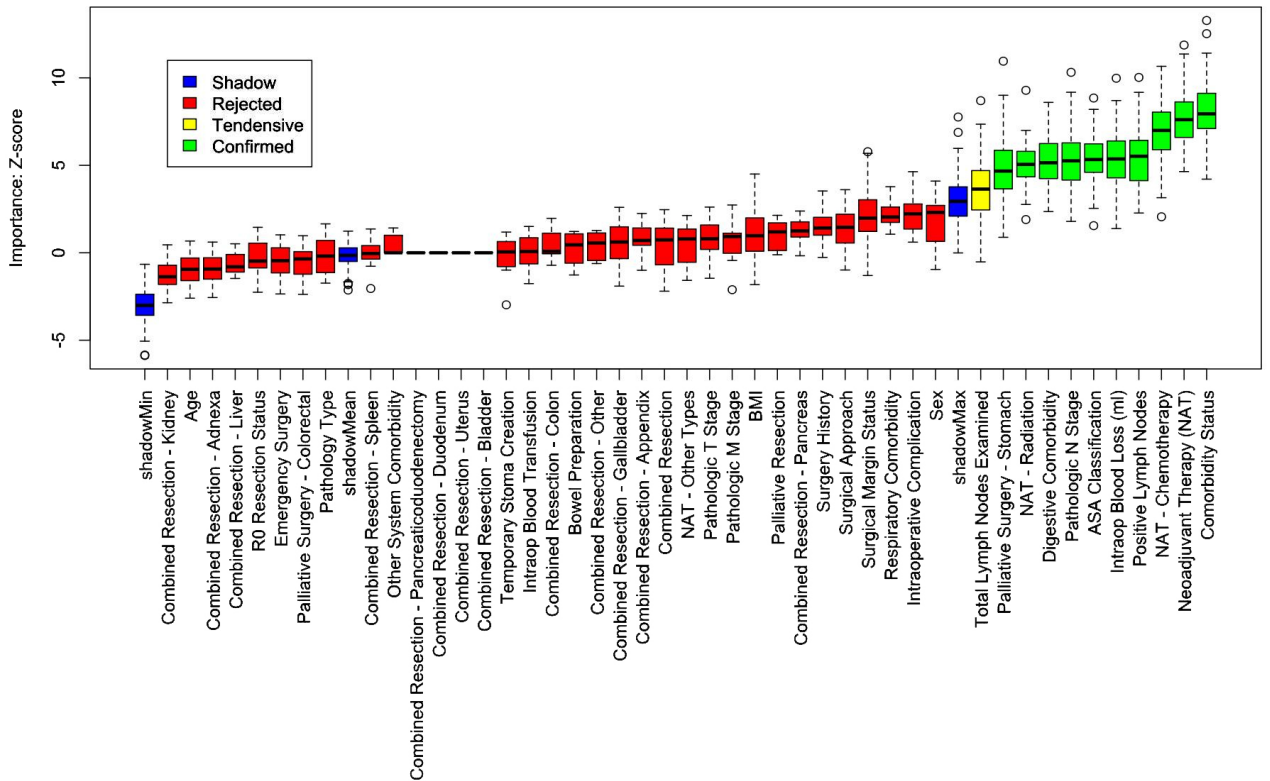
| | | | |
|--------|--------------|-------------|--------|
| 暂时性造口 | | | 0.767 |
| 否 | 1715 (93.1%) | 347 (93.5%) | |
| 是 | 127 (6.9%) | 24 (6.5%) | |
| 联合切除器官 | | | 0.776 |
| 否 | 1730 (93.9%) | 347 (93.5%) | |
| 是 | 112 (6.1%) | 24 (6.5%) | |
| 术中并发症 | | | 0.01 |
| 否 | 1840 (99.9%) | 368 (99.2%) | |
| 是 | 2 (0.1%) | 3 (0.8%) | |
| 病理类型 | | | 0.904 |
| 腺癌 | 1765 (95.8%) | 356 (96.0%) | |
| 其他 | 77 (4.2%) | 15 (4.0%) | |
| pT 分期 | | | 0.474 |
| 0 | 24 (1.3%) | 5 (1.3%) | |
| 1 | 18 (1.0%) | 3 (0.8%) | |
| 2 | 282 (15.3%) | 50 (13.5%) | |
| 3 | 262 (14.2%) | 66 (17.8%) | |
| 4 | 690 (37.5%) | 147 (39.6%) | |
| 5 | 556 (30.2%) | 99 (26.7%) | |
| 6 | 10 (0.5%) | 1 (0.3%) | |
| 淋巴结数 | 22 (15, 33) | 26 (17, 37) | <0.001 |
| 远处转移 | | | 0.172 |
| 否 | 1750 (95.0%) | 345 (93.0%) | |
| 是 | 92 (5.0%) | 26 (7.0%) | |
| 病理边缘状态 | | | 0.033 |
| R0 | 1823 (99.0%) | 361 (97.3%) | |
| R1 | 14 (0.8%) | 8 (2.2%) | |
| R2 | 5 (0.3%) | 2 (0.5%) | |
| 住院天数 | 8 (7, 10) | 15 (11, 23) | <0.001 |
| R0 切除 | | | 0.196 |
| 否 | 1637 (88.9%) | 321 (86.5%) | |
| 是 | 205 (11.1%) | 50 (13.5%) | |
| 姑息性切除 | | | 0.028 |
| 否 | 1803 (97.9%) | 356 (96.0%) | |
| 是 | 39 (2.1%) | 15 (4.0%) | |

续表

| | | |
|-------|---------------|-------------|
| PN 分期 | | 0.356 |
| 0 | 955 (51.8%) | 188 (50.7%) |
| 1 | 369 (20.0%) | 73 (19.7%) |
| 2 | 275 (14.9%) | 68 (18.3%) |
| 3 | 243 (13.2%) | 42 (11.3%) |
| 严重并发症 | | <0.001 |
| 否 | 1842 (100.0%) | 290 (78.2%) |
| 是 | 0 (0.0%) | 81 (21.8%) |

3.3. Boruta 算法

采用博鲁塔算法筛选 45 个自变量，通过 500 次迭代验证变量重要性，最后确定了 11 个候选特征(绿色和黄色标签)：新辅助化疗、新辅助治疗(NAT)、新辅助放疗、淋巴结阳性、术中出血量(mL)、合并症、消化合并症、ASA 分类、病理 N 分期、总淋巴结检查、胃姑息性手术(图 2)。其中合并症、NAT(包括新辅助化疗)、淋巴结阳性、术中出血量的变量显著性评分排在前 4 位，提示它们可能是影响术后并发症发生的关键变量；剔除冗余变量，因为其重要性评分低于随机变量的阈值。



注：核心特征用红框括起，冗余特征用绿框括起，虚线代表随机变量重要性阈值。

Figure 2. Results of the Boruta algorithm feature screening
图 2. Boruta 算法特征筛选结果

基于 Boruta 筛选, 年龄被确定为一个潜在的相关因素, 只有一个类似的变量, 新辅助化疗或新辅助放疗, 被纳入多因素 Logistic 回归模型。结果显示, 新辅助化疗、合并症情况、术中出血量、ASA2 级是老年胃肠道肿瘤患者术后并发症的独立危险因素(均 $P < 0.05$)。具体而言, 接受新辅助化疗的患者发生术后并发症的风险比未接受新辅助化疗的患者高 71% (OR = 1.71, 95%CI: 1.24~2.38, $P = 0.001$); 有合并症患者发生并发症的风险比无合并症患者高 134% (OR = 2.34, 95%CI: 1.35~4.08, $P = 0.003$); 术中出血量每增加 1 mL, 并发症风险增加 0.2% (OR = 1.002, 95%CI: 1.001~1.003, $P = 0.009$); ASA2 级患者发生并发症的风险比 ASA1 级患者高 46% (OR = 1.46, 95%CI: 1.12~1.98, $P = 0.01$) (表 3)。此外, 还进行了单独的多变量 Logistic 回归分析, 以新辅助放疗作为潜在的影响因素(以术后并发症为结果)。结果显示, 新辅助放疗与老年胃肠道癌患者术后并发症的相关性无统计学意义(OR = 1.13, 95%CI: 0.51~2.52, $P = 0.759$), 提示其不是术后并发症的独立危险因素(表 3)。

Table 3. Multivariate analysis of neoadjuvant radiotherapy (with the presence of complications as the outcome)

表 3. 新辅助放疗的多因素分析(以有无并发症为结果)

| 影响因素 | OR (95%CI) | P 值 |
|--------|------------------------|--------|
| 年龄 | 0.99 (0.97~1.01) | 0.402 |
| 新辅助化疗 | 1.13 (0.51~2.52) | 0.759 |
| 术中出血量 | 1.0002 (1.0001~1.0003) | <0.001 |
| 有无合并症 | 2.47 (1.42~4.27) | 0.001 |
| ASA2 级 | 1.53 (1.16~2.02) | 0.003 |
| ASA3 级 | 0.67 (0.42~1.08) | 0.098 |
| ASA4 级 | 1.53 (0.14~16.19) | 0.725 |
| ASA5 级 | 0.00 (0~inf) | 0.974 |
| 阳性淋巴结数 | 1.01 (0.99~1.03) | 0.316 |
| PN1 | 0.98 (0.72~1.33) | 0.899 |
| PN2 | 1.15 (0.82~1.63) | 0.420 |
| PN3 | 0.68 (0.39~1.18) | 0.173 |

进一步以消化系统合并症为特定亚型的亚组多因素 Logistic 回归分析显示, 消化系统合并症与老年胃肠道癌患者术后并发症的发生显著相关(OR = 2.49, 95%CI: 1.29~4.81, $P = 0.006$), 说明它是术后并发症的独立危险因素, 其影响比总体合并症更为突出(表 4)。

Table 4. Digestive system comorbidities (with the presence of complications as the outcome)

表 4. 消化系统合并症(以出现并发症为结局)

| 影响因素 | OR (95%CI) | P 值 |
|---------|---------------------|-------|
| 年龄 | 0.99 (0.98~1.01) | 0.607 |
| 新辅助化疗 | 1.74 (1.26~2.41) | 0.001 |
| 术中出血量 | 1.002 (1.001~1.003) | 0.002 |
| 消化系统合并症 | 2.49 (1.29~4.81) | 0.006 |
| ASA2 级 | 1.46 (1.11~1.94) | 0.008 |

续表

| | | |
|--------|-------------------|-------|
| ASA3 级 | 0.70 (0.44~1.12) | 0.139 |
| ASA4 级 | 1.58 (0.15~16.62) | 0.706 |
| ASA5 级 | 0.00 (0~inf) | 0.974 |
| 阳性淋巴结数 | 1.01 (0.99~1.04) | 0.260 |
| PN1 | 0.98 (0.72~1.33) | 0.897 |
| PN2 | 1.12 (0.79~1.59) | 0.518 |
| PN3 | 0.67 (0.39~1.17) | 0.158 |

以术后严重并发症(Clavien-Dindo 分级 III~V)为次要结局变量, 将上述核心特征纳入多因素 Logistic 分析回归分析。结果显示, 术中失血是严重并发症的独立危险因素(OR = 1.002, 95%CI: 1.001~1.004, P = 0.042); 新辅助化疗、合并症、ASA 分级等变量与严重并发症的相关性无统计学意义(P < 0.05) (表 5)。

Table 5. Multivariate regression analysis (with complications and severe complications as outcome variables)

表 5. 多变量回归分析(以并发症和严重并发症为结局变量)

| 影响因素 | 术后并发症 | | 术后严重并发症 | |
|--------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| | OR (95%CI) | P 值 | OR (95%CI) | P 值 |
| 年龄 | 0.99 (0.98~1.01) | 0.606 | 1.03 (0.99~1.06) | 0.151 |
| 新辅助化疗 | 1.71 (1.24~2.38) | 0.001 | 1.35 (0.70~2.62) | 0.370 |
| 术中出血量 | 1.002 (1.001~1.003) | 0.009 | 1.002 (1.001~1.004) | 0.042 |
| 有无合并症 | 2.34 (1.35~4.08) | 0.003 | 1.74 (0.60~5.10) | 0.310 |
| ASA2 级 | 1.46 (1.10~1.93) | 0.008 | 0.80 (0.47~1.33) | 0.386 |
| ASA3 级 | 0.69 (0.43~1.11) | 0.122 | 0.64 (0.29~1.45) | 0.285 |
| ASA4 级 | 1.63 (0.16~17.00) | 0.684 | 4.83 (0.46~50.78) | 0.189 |
| ASA5 级 | 0.00 (0.00~∞) | 0.974 | 0.00 (0.00~∞) | 0.984 |
| 阳性淋巴结数 | 1.01 (0.99~1.04) | 0.297 | 1.01 (0.96~1.05) | 0.781 |
| PN1 | 0.98 (0.72~1.32) | 0.883 | 1.13 (0.63~2.05) | 0.679 |
| PN2 | 1.12 (0.79~1.59) | 0.518 | 1.53 (0.81~2.89) | 0.195 |
| PN3 | 0.68 (0.39~1.18) | 0.173 | 0.83 (0.29~2.40) | 0.729 |

3.4. SHAP 分析结果

为了进一步量化核心变量对术后并发症的影响及其相互作用, 在多元回归模型中计算显著变量的 SHAP 值。变量重要性排序为: 新辅助化疗(SHAP 值 = 0.02)、术中出血量(SHAP 值 = 0.016)、和合并症状态(SHAP 值 = 0.001)是并发症发生的前 3 个核心驱动因素(图 3)。SHAP 依赖图显示术中出血量与并发症风险呈非线性增加关系。当出血量超过 78 mL 时, SHAP 值升高, 表明并发症风险增加(图 4)。根据该临界值, 将术中出血量分为 <78 mL 组和 >78 mL 组。多因素回归分析证实失血量 > 78 mL 是并发症的独立危险因素(OR = 1.43, 95%CI: 1.12~1.81, P = 0.003) (表 6)。结合 SHAP 分析的机器学习变量交互热图显示, 新辅助化疗与术中出血量之间存在潜在的交互趋势(图 5)。但通过相互作用项的逻辑回归验证表明,

这种相互作用无统计学意义(OR = 1.001, 95%CI: 0.998~1.003, P = 0.643) (表 7)。SHAP 可能捕捉到了 Logistic 模型未能捕捉的非线性交互模式, 这使得结论的解读显得不够深入, 忽视了新辅助化疗同术中出血量之间存在相关性的可能性。

Table 6. Multivariate Logistic regression analysis of influencing factors for postoperative complications (stratified by intraoperative blood loss >78 mL)

表 6. 术后并发症影响因素多因素 Logistic 回归分析(以术中出血量 > 78 mL 分层)

| 影响因素 | OR (95%CI) | P 值 |
|--------|-------------------|-------|
| 年龄 | 0.99 (0.98~1.01) | 0.570 |
| 新辅助化疗 | 1.70 (1.23~2.36) | 0.001 |
| 有无合并症 | 2.40 (1.38~4.18) | 0.002 |
| 术中出血量 | 1.43 (1.12~1.81) | 0.003 |
| ASA2 级 | 1.43 (1.08~1.90) | 0.012 |
| ASA3 级 | 0.69 (0.44~1.10) | 0.122 |
| ASA4 级 | 1.41 (0.13~14.93) | 0.775 |
| ASA5 级 | 0.00 (0.00~∞) | 0.973 |
| 阳性淋巴结数 | 1.01 (0.99~1.03) | 0.386 |
| PN1 | 0.95 (0.70~1.29) | 0.739 |
| PN2 | 1.10 (0.78~1.57) | 0.578 |
| PN3 | 0.65 (0.38~1.14) | 0.134 |

Table 7. Multivariate Logistic regression with interaction terms (with the presence of complications as the outcome)

表 7. 带交互项的多变量 Logistic 回归(以并发症的存在为结果)

| 影响因素 | OR (95%CI) | P 值 |
|-------------|---------------------|-------|
| 年龄 | 0.99 (0.98~1.01) | 0.582 |
| 新辅助化疗 | 1.59 (1.03~2.46) | 0.035 |
| 术中出血量 | 1.002 (1.000~1.003) | 0.018 |
| 消化系统合并症 | 2.34 (1.35~4.06) | 0.003 |
| ASA2 级 | 1.46 (1.11~1.94) | 0.008 |
| ASA3 级 | 0.69 (0.43~1.11) | 0.123 |
| ASA4 级 | 1.63 (0.16~17.01) | 0.684 |
| ASA5 级 | 0.00 (0~inf) | 0.974 |
| 阳性淋巴结数 | 1.01 (0.99~1.04) | 0.252 |
| PN1 | 0.97 (0.72~1.32) | 0.865 |
| PN2 | 1.12 (0.79~1.59) | 0.520 |
| PN3 | 0.66 (0.38~1.15) | 0.141 |
| 新辅助化疗: 术中失血 | 1.001 (0.998~1.003) | 0.643 |

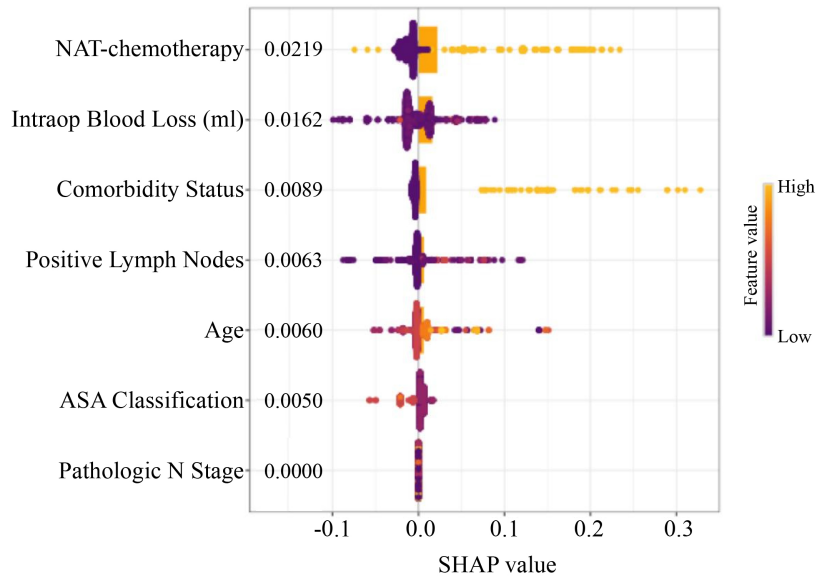
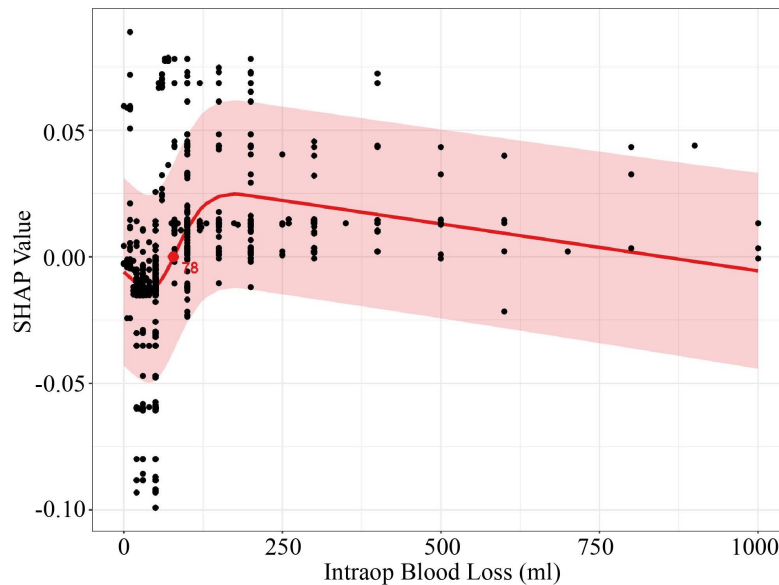


Figure 3. SHAP analysis summary plot. The contribution of each variable to the occurrence of complications

图 3. SHAP 分析总结图。各变量对并发症的出现的影响情况



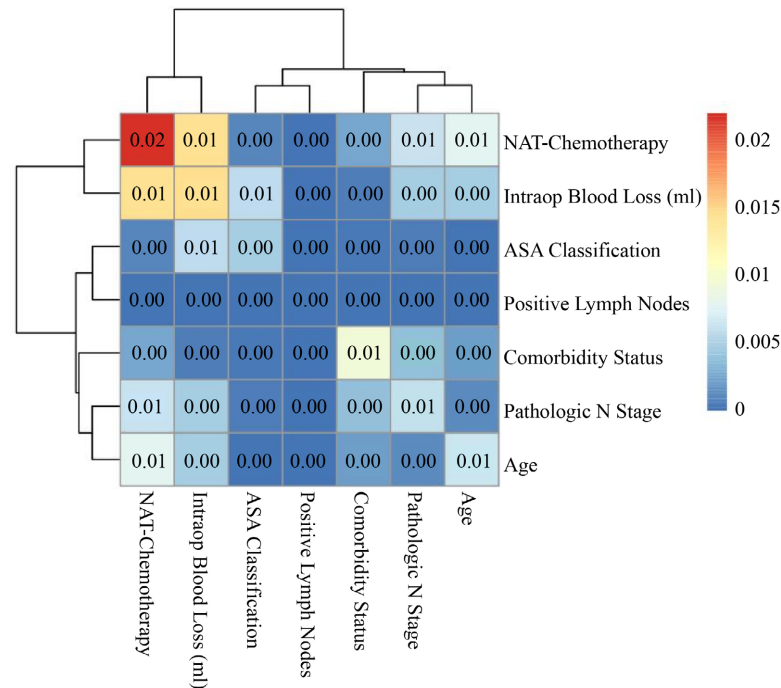
SHAP 值为 0 (术中出血量对并发症的发生无贡献)对应的术中出血量为 78 mL。

Figure 4. Curve relationship between intraoperative blood loss and its SHAP value fitted by restricted cubic spline

图 4. 术中出血量与约束三次样条法拟合 SHAP 值的曲线关系

3.5. 分层分析结果

根据肿瘤类型将患者分为胃癌亚组(n = 983)和结直肠癌亚组(n = 1230)。进行多因素 Logistic 回归, 检验肿瘤特异性危险因素差异。在胃癌亚组中, 合并症是术后并发症的独立危险因素(OR = 4.35, 95%CI: 1.55~12.20, P = 0.005), 并发症发生的概率是无合并症患者的 4.35 倍; 新辅助化疗(OR = 1.68, 95%CI: 1.34~3.10, P = 0.033)和术中出血量(OR = 1.002, 95%CI: 1.001~1.004, P = 0.008)也具有统计学意义; ASA2



对角线表示 SHAP 分析的主要作用, 非对角线表示变量之间的相互作用; 值越大, 说明交互作用越强。热图表明可能存在交互作用趋势, 但逻辑回归验证显示无统计学意义(P = 0.643)。

Figure 5. SHAP analysis variable interaction heatmap
图 5. SHAP 分析变量相互作用热图

级(OR = 1.57, 95%CI: 0.98~2.51, P = 0.059)接近显著性水平, 提示可能存在影响, 但不符合独立危险因素标准。在结直肠癌亚组中, 新辅助化疗(OR = 1.60, 95%CI: 1.08~2.37, P = 0.020)、术中出血量(OR = 1.002, 95%CI: 1.001~1.003, P = 0.006)、ASA2 级(OR = 1.44, 95%CI: 1.01~2.05, P = 0.044)是独立危险因素(表 8)。

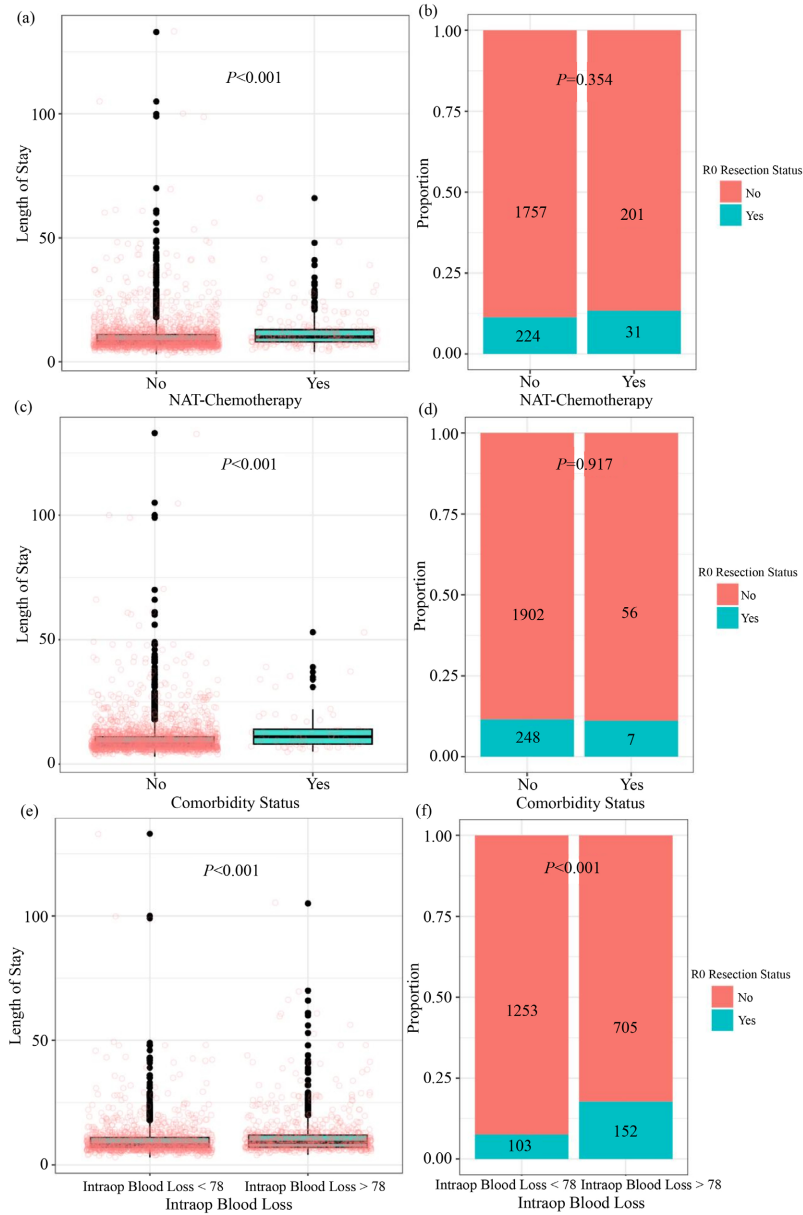
Table 8. Multivariate Logistic regression analysis of influencing factors for postoperative complications in subgroups of different tumor types

表 8. 不同肿瘤类型亚组术后并发症的影响因素多因素 Logistic 回归分析

| 影响因素 | 胃癌 | | 结肠癌 | |
|--------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| | OR (95%CI) | P 值 | OR (95%CI) | P 值 |
| 年龄 | 1.01 (0.98~1.04) | 0.637 | 0.99 (0.96~1.02) | 0.531 |
| 新辅助化疗 | 1.68 (1.34~3.10) | 0.033 | 1.60 (1.08~2.37) | 0.020 |
| 术中出血量 | 1.002 (1.001~1.004) | 0.008 | 1.002 (1.001~1.003) | 0.006 |
| 有无合并症 | 4.35 (1.55~12.2) | 0.005 | 1.51 (1.26~2.98) | 0.037 |
| ASA2 级 | 1.57 (0.98~2.51) | 0.059 | 1.44 (1.01~2.05) | 0.044 |
| ASA3 级 | 1.25 (0.63~2.49) | 0.527 | 1.37 (0.18~1.75) | 0.106 |
| ASA4 级 | 2.18 (0.14~33.49) | 0.575 | 0 (0~∞) | 0.988 |
| ASA5 级 | - | - | 0 (0~∞) | 0.988 |
| 阳性淋巴结数 | 0.99 (0.94~1.05) | 0.794 | 1.02 (0.99~1.04) | 0.194 |
| PN1 | 1.00 (0.62~1.62) | 0.987 | 0.96 (0.64~1.44) | 0.845 |
| PN2 | 1.83 (0.91~1.68) | 0.088 | 0.77 (0.49~1.21) | 0.262 |
| PN3 | - | - | 0.49 (0.27~0.91) | 0.024 |

3.6. 临床特征、住院时间和 R0 切除状态之间的关系

研究新辅助化疗(NAT)、合并症、术中出血量与患者住院时间(LOS)和 R0 切除结果的关系。未接受 NAT 治疗的患者 LOS 明显短于接受 NAT 治疗的患者，中位 LOS 为 8 天，而接受新辅助化疗的患者 LOS 为 10 天($P < 0.001$; 图 6(a))。两组 R0 切除率差异无统计学意义(分别为 11.3%和 13.4%; $P = 0.354$; 图 6(b))。对于合并症，有合并症患者的 LOS 明显长于无合并症患者：合并症组的中位 LOS 为 11 天，而无



(a) (b): 新辅助化疗(NAT-Chemotherapy)对术后住院时间和 R0 切除情况的影响; (c) (d): 合并症(共病状态)对术后住院时间和 R0 切除状态的影响; (e) (f): 术中出血量(Intraop blood loss)对术后住院时间和 R0 切除情况的影响。LOS 的组间比较采用 Mann-Whitney U 检验, R0 切除情况采用卡方检验。

Figure 6. Effects of neoadjuvant chemotherapy, comorbidities, and intraoperative blood loss on surgical outcomes such as R0 resection rate and length of hospital stay

图 6. 新辅助化疗、合并症和术中出血量对 R0 切除率和住院时间等手术结果的影响

合并症组为 8 天($P < 0.001$; 图 6(c))。R0 的发生率为 11.1% (有共病)和 11.5% (无共病)($P = 0.917$; 图 6(d)), 提示共病状态与 R0 切除率无关。术中出血量方面, 出血量为 >78 mL 的患者的 LOS 时间长于出血量 < 78 mL 的患者, 中位持续时间分别为 9 天和 8 天($P < 0.001$; 图 6(e))。与出血量较低的患者(7.6%)相比, 出血量为 0.78 mL 的患者(17.7%)的 R0 切除率也显著更高($P < 0.001$; 图 6(f))。

4. 讨论

老年胃肠癌患者术后并发症的预防和处理是围手术期护理的重大挑战。本研究证实, 新辅助化疗是老年胃癌和结直肠癌患者术后并发症的独立危险因素($OR = 1.71$), 但不会增加严重并发症(≥ 3 级)的发生率。合并症($OR = 2.34$)和术中出血同样为独立危险因素。SHAP 分析显示, 术中出血超过 78 mL 与术后并发症风险增加相关。

既往研究也支持新辅助化疗可能增加并发症风险, 如胸腔积液、肺部感染、伤口感染和深静脉血栓等[17] [18]。但严重并发症风险并未显著增加, 且新辅助化疗可提高病理完全缓解率、R0 切除率和主要病理缓解率, 降低复发风险[13]。因此, 临床应用应坚持个体化评估。本研究中新辅助放疗与术后并发症无显著关联($P = 0.759$), 可能与样本量小(1.8%)有关。

合并症患者并发症风险是无合并症者的 2.34 倍, 消化系统合并症尤其显著($OR = 2.49$)。结直肠癌患者中心房颤动($OR = 2.70$)和 COPD ($OR = 2.02$)为独立危险因素[8]; 胃癌患者中多合并症(≥ 2 个)显著增加并发症风险(45.8% vs. 23.9%)。术前干预如纠正贫血、改善肌少症等可降低并发症[7] [19] [20]。

术中出血是并发症及严重并发症的独立危险因素。Meta 分析显示大出血显著增加并发症风险(结直肠癌 $OR = 2.06$ [12], 胃癌 $OR = 1.94$ [5])。本研究发现出血超过 78 mL 时并发症风险开始增加, 高出血组风险为低出血组的 1.43 倍, 且 R0 切除率和住院时间显著差异。该阈值低于同类研究, 可能与老年患者生理特征有关。新辅助化疗与出血的交互作用无统计学意义($P = 0.643$)。目前控制出血在 78 mL 以下仍有难度, 需做好术前凝血筛查、术中精细操作等准备。

本研究优势包括多中心大样本(统计效能 0.98)、Boruta 算法结合 SHAP 分析、分层分析等。局限性为回顾性设计、潜在混杂变量和部分亚组样本量不足。

5. 结论

新辅助化疗、合并症和术中失血是老年胃肠癌患者术后并发症的可改变的核心危险因素。降低术后并发症风险需要根据患者个体特点选择新辅助化疗方案, 严格评估基础疾病患者的受益风险比, 适当调整化疗方案或剂量。术前管理应包括对潜在疾病, 特别是消化系统和呼吸系统合并症的广泛评估和有针对性的优化, 以加强术前健康储备。术中应采用精细技术, 将失血量控制在 78 mL 以下, 最大限度地减少手术创伤。这些有针对性的预防和控制策略为准确处理老年胃肠癌患者术后并发症提供了循证基础, 为优化围手术期护理和改善患者预后提供了支持。

声明

医院伦理委员会批准使用胃肠外科(PACAGE)数据库作为研究伦理许可的一部分(伦理批准号: 2018YJZ56), 所有程序均符合数据库的数据隐私和研究使用政策。

参考文献

- [1] Matsuda, T., Fujimoto, A. and Igarashi, Y. (2025) Colorectal Cancer: Epidemiology, Risk Factors, and Public Health Strategies. *Digestion*, **106**, 91-99. <https://doi.org/10.1159/000543921>
- [2] Mamun, T.I., Younus, S. and Rahman, M.H. (2024) Gastric Cancer—Epidemiology, Modifiable and Non-Modifiable

- Risk Factors, Challenges and Opportunities: An Updated Review. *Cancer Treatment and Research Communications*, **41**, Article ID: 100845. <https://doi.org/10.1016/j.ctarc.2024.100845>
- [3] Xu, Y., Wang, Y., Xi, C., Ye, N. and Xu, X. (2019) Is It Safe to Perform Gastrectomy in Gastric Cancer Patients Aged 80 or Older? A Meta-Analysis and Systematic Review. *Medicine*, **98**, e16092. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000016092>
- [4] González-Senac, N.M., Mayordomo-Cava, J., Macías-Valle, A., Aldama-Marín, P., Majuelos González, S., Cruz Arnés, M.L., *et al.* (2021) Colorectal Cancer in Elderly Patients with Surgical Indication: State of the Art, Current Management, Role of Frailty and Benefits of a Geriatric Liaison. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **18**, Article No. 6072. <https://doi.org/10.3390/ijerph18116072>
- [5] Wen, Z., Xiao, D. and Zhou, X. (2022) Does Intraoperative Blood Loss Affect the Short-Term Outcomes and Prognosis of Gastric Cancer Patients after Gastrectomy? A Meta-Analysis. *Frontiers in Surgery*, **9**, Article ID: 924444. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.924444>
- [6] Tang, S., Xie, H., Kuang, J., Gao, F., Gan, J. and Ou, H. (2020) The Value of Geriatric Nutritional Risk Index in Evaluating Postoperative Complication Risk and Long-Term Prognosis in Elderly Colorectal Cancer Patients. *Cancer Management and Research*, **12**, 165-175. <https://doi.org/10.2147/cmar.s234688>
- [7] Sun, X., Xu, J., Chen, X., Zhang, W., Chen, W., Zhu, C., *et al.* (2021) Sarcopenia in Patients with Normal Body Mass Index Is an Independent Predictor for Postoperative Complication and Long-Term Survival in Gastric Cancer. *Clinical and Translational Science*, **14**, 837-846. <https://doi.org/10.1111/cts.12940>
- [8] Flynn, D.E., Mao, D., Yerkovich, S.T., Franz, R., Iswariah, H., Hughes, A., *et al.* (2020) The Impact of Comorbidities on Post-Operative Complications Following Colorectal Cancer Surgery. *PLOS ONE*, **15**, e0243995. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243995>
- [9] Inokuchi, M., Kato, K., Sugita, H., Otsuki, S. and Kojima, K. (2014) Impact of Comorbidities on Postoperative Complications in Patients Undergoing Laparoscopy-Assisted Gastrectomy for Gastric Cancer. *BMC Surgery*, **14**, Article No. 97. <https://doi.org/10.1186/1471-2482-14-97>
- [10] Kakiuchi, Y., Kuroda, S., Hanzawa, S., Kanaya, N., Kashima, H., Kikuchi, S., *et al.* (2025) Neoadjuvant Chemotherapy Strategies for Optimizing Safety and Efficacy in Elderly Patients with Locally Advanced Gastric Cancer. *BMC Gastroenterology*, **25**, Article No. 670. <https://doi.org/10.1186/s12876-025-04281-4>
- [11] Fiorillo, C., Biffoni, B., Di Cesare, L., Rosa, F., Alfieri, S., Langellotti, L., *et al.* (2025) Neo-Adjuvant Chemotherapy in Gastric Adenocarcinoma: Impact on Surgical and Oncological Outcomes in a Western Referral Center. *Cancers*, **17**, Article No. 2465. <https://doi.org/10.3390/cancers17152465>
- [12] Li, Z., Shu, X., Wen, Z., Liu, F., Liu, X., Lv, Q., *et al.* (2024) Effect of Intraoperative Blood Loss on Postoperative Complications and Prognosis of Patients with Colorectal Cancer: A Meta-Analysis. *Biomedical Reports*, **20**, Article No. 22. <https://doi.org/10.3892/br.2023.1710>
- [13] Boccacino, A., Cassaniti, M., Rossini, D., Faccani, L., Casadio, C. and Tamberi, S. (2025) Management of Elderly Colorectal Cancer Patients: A Comprehensive Review Encompassing Geriatric Assessment. *Cancers*, **17**, Article No. 3336. <https://doi.org/10.3390/cancers17203336>
- [14] Tominaga, T., Nagasaki, T., Akiyoshi, T., Fukunaga, Y., Fujimoto, Y., Yamaguchi, T., *et al.* (2019) Feasibility of Neoadjuvant Therapy for Elderly Patients with Locally Advanced Rectal Cancer. *Surgery Today*, **49**, 694-703. <https://doi.org/10.1007/s00595-019-01801-0>
- [15] Wu, Z., Yan, S., Liu, Z., Jing, C., Liu, F., Yu, J., *et al.* (2022) Postoperative Abdominal Complications of Gastric and Colorectal Cancer Surgeries in China: A Multicentered Prospective Registry-Based Cohort Study. *Science Bulletin*, **67**, 2517-2521. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2022.12.008>
- [16] Wu, Z.Q. and Li, Z.Y. (2023) Design and Quality Control of a Database for Postoperative Infectious Complications Following Gastrointestinal Surgery Based on Clinical Practice. *Chinese Journal of Gastrointestinal Surgery*, **26**, 818-823.
- [17] Wei, L., Lai, Y., Qiu, K., He, X. and Yang, T. (2025) Clinical Efficacy of Neoadjuvant Chemotherapy Combined with Radical Gastrectomy in Elderly Patients with Advanced Gastric Cancer. *World Journal of Gastrointestinal Surgery*, **17**, Article ID: 106995. <https://doi.org/10.4240/wjgs.v17.i9.106995>
- [18] Agawa, K., Matsuda, T., Yamashita, K., Hasegawa, H., Takiguchi, G., Urakawa, N., *et al.* (2021) Feasibility and Safety of Lateral Pelvic Lymph Node Dissection after Neoadjuvant Chemoradiotherapy for Elderly Patients with Locally Advanced Rectal Cancer. *Anticancer Research*, **41**, 1677-1682. <https://doi.org/10.21873/anticancer.14931>
- [19] Tsokkou, S., Konstantinidis, I., Papakonstantinou, M., Chatzikomnitsa, P., Gkaitatzi, A.D., Liampou, E., *et al.* (2025) Optimizing Preoperative Anemia in Non-Metastatic Colorectal Cancer: A Systematic Review on Surgical Recovery and Outcomes. *Cancers*, **17**, Article No. 3689. <https://doi.org/10.3390/cancers17223689>
- [20] Benedek, Z. and Coroş, M.F. (2023) The Impact of Sarcopenia on the Postoperative Outcome in Colorectal Cancer Surgery. *Medicine and Pharmacy Reports*, **96**, 20-27. <https://doi.org/10.15386/mpr-2483>