

论著·临床研究

妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛预测模型的构建与评价[▲]

严丽洁¹ 韦金翠¹ 蒋雨芯²

(江苏省人民医院1麻醉手术科,2妇科,江苏省南京市 210000)

【摘要】 **目的** 构建妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛预测模型并评价模型的预测性能。**方法** 采用便利抽样法,选取342例行妇科恶性肿瘤切除手术的患者作为研究对象,采用单因素分析和Pearson相关性分析筛选术后麻醉恢复期疼痛的危险因素。再将数据按7:3的比例随机分为训练集和测试集。基于训练集数据,利用随机森林算法,建立术后麻醉恢复期疼痛风险预测模型,随后绘制训练集和测试集预测拟合图,并对危险因素的重要性进行排序,分析不同危险因素对疼痛发生风险的影响。**结果** 患者均存在不同程度的术后麻醉恢复期疼痛。训练集疼痛评分为(3.85±1.12)分,测试集疼痛评分为(3.79±1.08)分。基于训练集构建的随机森林模型显示,术中淋巴结清扫、阿片类药物使用剂量、国际妇产科联盟(FIGO)分期、年龄是术后麻醉恢复期疼痛的主要预测因子,基于测试集数据验证的结果显示,该模型在预测精度和稳健性方面具有较好的性能。**结论** 术中淋巴结清扫、阿片类药物使用剂量、FIGO分期、年龄是妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛的主要预测因子,基于随机森林算法构建的预测模型具有良好的预测性能。

【关键词】 妇科恶性肿瘤;麻醉恢复期;疼痛;随机森林算法;预测模型

【中图分类号】 R 394.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 0253-4304(2025)03-0364-07

DOI:10.11675/j.issn.0253-4304.2025.03.06

Establishment and assessment of pain prediction model for patients with gynecological malignant tumor during postoperative anesthesia recovery

YAN Lijie¹, WEI Jincui¹, JIANG Yuxin²

(1 Department of Anesthesia Surgery, 2 Department of Gynecology, Jiangsu Provincial Hospital, Nanjing 210000, Jiangsu, China)

【Abstract】 **Objective** To establish a pain prediction model for patients with gynecological malignant tumor during postoperative anesthesia recovery, and to evaluate prediction performance of the model. **Methods** A total of 342 patients undergoing gynecological malignant tumor resection were selected as the research subjects by employing the convenience sampling. The risk factors for pain during postoperative anesthesia recovery were screened by using the univariate analysis and Pearson correlation analysis. Then the data were randomly divided into the training set and the test set according to the ratio of 7:3. Based on the data from the training set, the random forest algorithm was adopted to establish pain risk prediction model during postoperative anesthesia recovery, and then prediction linear fit charts of the training and test sets were drawn. The importance of risk factors was ranked. The influence of different risk factors for the occurrence risk of pain was analyzed. **Results** All patients had different degrees of postoperative anesthesia recovery pain. Pain score of the training set was 3.85±1.12, and pain score of the test set was 3.79±1.08. The random forest model established based on the training set revealed that intraoperative lymph node dissection, doses of opioids used, International Federation of Gynecology and Obstetrics (FIGO) staging and age were the main prediction factors for postoperative anesthesia recovery pain. The results of data validation based on the test set interpreted that the model exerted favorable performance in the aspects of prediction accuracy and robustness. **Conclusion** Intraoperative lymph node dissection, doses of opioids used, FIGO staging and age are the main prediction factors for postoperative

▲基金项目:国家自然科学基金(82303547)

第一作者简介:严丽洁,本科,副主任护师,研究方向为手术室护理。

通信作者简介:韦金翠,硕士,主任护师,研究方向为手术室护理。

anesthesia recovery pain in patients with gynecological malignant tumor, and the prediction model established based on the random forest algorithm exerts favorable prediction performance.

【Key words】 Gynecological malignant tumor, Anesthesia recovery period, Pain, Random forest algorithm, Prediction model

麻醉恢复期是指接受全身麻醉的手术患者麻醉结束后需要严密监测病情直至清醒或生命体征恢复稳定的时期,是麻醉后重要生理功能全面恢复的特殊时期^[1]。麻醉恢复期的护理是手术患者护理工作中的重要环节。患者在接受全身麻醉后,其自身保护性反射减弱,且手术创伤及各类麻醉药物均可导致患者身体出现一系列生理变化,存在诸多潜在危险^[2]。麻醉恢复期的急性疼痛是导致患者出现不良反应和生命危险的重要原因^[3]。妇科恶性肿瘤是严重危害女性健康的疾病类型,行根治手术治疗时,主要以全身麻醉为主^[4],但根治手术切除范围广、手术时间长,对患者盆腔神经有不同程度的牵拉刺激或损伤,患者术后可能经历不同程度的疼痛。麻醉恢复期急性疼痛如不能及时控制会导致妇科恶性肿瘤患者术后出现活动能力下降、功能性肠梗阻、尿潴留、睡眠不足、伤口愈合延迟及慢性疼痛等问题^[5]。预防和控制麻醉恢复期疼痛对于患者术后整体康复至关重要。美国疼痛协会建议,最佳的术后疼痛管理应从术前开始,贯穿手术全程^[6]。本研究以妇科恶性肿瘤手术患者为研究对象,分析麻醉恢复期的疼痛现状及其潜在影响因素,并采用随机森林算法构建麻醉恢复期疼痛预测模型,以提前识别高风险患者,从而实现个性化的疼痛管理,改善患者术后恢复质量。

1 资料与方法

1.1 临床资料 采取便利抽样的方法,选取2023年3月至2024年3月于江苏省人民医院行妇科恶性肿瘤切除手术的患者作为研究对象。纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 岁;(2)行广泛子宫全切术/子宫全切术;(3)术前未行化学治疗;(4)美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级为I~II级,手术采用全身麻醉;(5)自愿参与本研究并签署知情同意书。排除标准:(1)有盆腹腔手术史者;(2)有精神疾病、认知障碍者;(3)有慢性疼痛病史者;(4)接受术后椎管内镇痛或周围神经阻滞者;(5)转诊至重症监护病房进行术后护理者。目前,尚无标准的随机森林模型样本量计算方法,为了保证模型的精准度及稳定性,参考Kurisu等^[7]基于随机森林算法研究中样本量的计算方法,即样本量至少为自变量个数的

20倍。本研究初步纳入15个自变量,考虑10%的数据缺失率,所需样本量至少为334例,本研究最终共纳入研究对象342例。本研究已获得江苏省人民医院医学伦理委员会审批(伦理审批号:2024-SR-868)。

1.2 方法

1.2.1 自变量的选取:本研究变量选取基于既往国内外文献^[8-10]和临床实践,变量内容包括患者的人口特征、临床特征和手术特征3个维度共15个变量。人口特征变量包括年龄、体质指数(身高、体重)、文化程度、婚姻状况、家庭人均月收入;临床特征变量包括诊断类型、国际妇产科联盟(International Federation of Gynecology and Obstetrics, FIGO)分期、既往手术史、术前焦虑、术前抑郁;手术特征变量包括手术类型、手术时长、术中淋巴结清扫、术中阿片类药物使用剂量、复苏时长。

1.2.2 调查工具:(1)一般资料调查表。由本课题组自行编制,内容包括年龄、身高、体重、文化程度、婚姻状况、家庭人均月收入、诊断类型、FIGO分期、既往手术史、手术类型、手术时长、术中是否进行淋巴结清扫、术中阿片类药物使用剂量及复苏时间。(2)视觉模拟量表(Visual Analogue Scale, VAS)。采用VAS评分^[11]评估两组患者麻醉恢复期苏醒后疼痛程度,以0~10分代表不同程度的疼痛,0分为无痛,1~3分为轻度疼痛,4~6分为中度疼痛,7~10分为重度疼痛。(3)医院焦虑抑郁量表(Hospital Anxiety and Depression Scale, HADS)。采用HADS评估患者的术前焦虑和抑郁情况^[12]。该量表由14个问题组成,7个与焦虑症状(A)有关,7个与抑郁症状(D)有关,每个项目0~3分。分别计算焦虑症状(HADS-A)得分和抑郁症状(HADS-D)得分,得分越高的患者焦虑或抑郁程度越高,得分 ≥ 8 分即认为存在焦虑或抑郁症状。本研究中HADS-A分量表和HADS-D分量表的Cronbach α 系数分别为0.907、0.895。

1.2.3 资料收集方法:本研究数据由2名研究者专门负责收集。患者人口社会学和临床疾病资料从病历系统获取,如有缺失,术前询问患者。焦虑抑郁情况在患者进入手术室等待期进行评估。手术相关资料从手术记录获取。患者复苏拔管后,采用VAS评分进行疼痛评估。术中阿片类药物使用剂量统一换算为吗啡当量(mg)表示。

1.3 统计学分析 采用EpiData 3.0软件进行数据录入,R语言4.3.0软件对数据进行统计分析。符合正态

分布的计量资料采用($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 t 检验或单因素方差分析;计数资料采用 $[n(\%)]$ 表示,组间比较采用 χ^2 检验;各变量间的相关性采用Pearson相关性分析。采用R语言4.3.0软件将342例患者按7:3的比例随机分为训练集和测试集。基于训练集数据构建模型,测试集数据用于验证模型。通过贝叶斯超参数优化法调试mtry值和ntree值,当差错率最低时,提示随机森林模型的预测性能最佳,并通过拟合图进行预测结果可视化;通过计算某变量置换前后随机森林模型预测精准度的平均下降值,对危险因素的重要性进行排序。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

表1 妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛影响因素的单因素分析

项目	n	VAS评分($\bar{x}\pm s$,分)	F/t 值	P 值
诊断类型				
卵巢癌	102	3.27±1.22		
子宫内膜癌	68	3.93±1.09	21.314	<0.001
宫颈癌	172	4.16±0.92		
FIGO分期				
I期	152	3.03±0.83		
II期	116	4.34±0.91	86.520	<0.001
III期	63	4.74±0.73		
IV期	11	5.00±0.00		
手术类型				
开腹	172	4.30±0.96	7.894	<0.001
腹腔镜	170	3.39±1.09		
术中淋巴结清扫				
否	143	2.97±0.82	-16.109	<0.001
是	199	4.48±0.84		
文化程度				
文盲	46	3.88±1.17		
中学及小学	127	3.86±1.12	0.087	0.967
专科及本科	115	3.86±1.09		
研究生及以上	54	3.78±1.14		
婚姻状况				
已婚	178	3.91±1.16	0.965	0.335
未婚	164	3.78±1.07		
家庭人均月收入(元)				
<3 000	59	3.83±1.21		
3 000~5 999	105	3.84±1.13	1.117	0.342
6 000~9 999	120	3.97±1.11		
≥10 000	58	3.63±1.02		
既往手术史				
是	152	3.93±1.15	1.189	0.235
否	190	3.78±1.09		

2.3 妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛潜在变量的相关性分析 妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复

2 结果

2.1 妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛情况 将342例妇科恶性肿瘤患者分为训练集239例,测试集103例。342例患者麻醉恢复期苏醒后均存在不同程度的疼痛,其中,训练集VAS评分为(3.85±1.12)分,测试集VAS评分为(3.79±1.08)分。

2.2 妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛影响因素的单因素分析 单因素分析结果显示,不同的诊断类型、FIGO分期、手术类型及术中是否进行淋巴结清扫患者的术后麻醉恢复期疼痛VAS评分差异有统计学意义($P<0.05$),见表1。

期VAS得分与患者年龄、焦虑得分和吗啡当量呈正相关($P<0.05$),见表2。

表2 妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛潜在变量的相关性分析(r值)

项目	VAS得分 (分)	年龄 (岁)	体质指数 (kg/m ²)	焦虑得分 (分)	抑郁得分 (分)	手术时长 (min)	吗啡当量 (mg)	复苏时长 (min)
VAS得分(分)	—							
年龄(岁)	0.468 [#]	—						
体质指数(kg/m ²)	0.009	0.098	—					
术前焦虑得分(分)	0.497 [#]	0.385 [#]	-0.025	—				
术前抑郁得分(分)	0.069	0.005	0.006	0.023	—			
手术时长(min)	0.096	0.107	-0.012	0.122 [*]	-0.038	—		
吗啡当量(mg)	0.683 [#]	0.330 [#]	0.025	0.461 [#]	0.020	0.045	—	
复苏时长(min)	-0.041	0.018	0.020	0.004	-0.110 [*]	0.048	0.016	—

注: *P<0.05, #P<0.001。

2.4 随机森林模型的构建与重要性分析 以术后麻醉恢复期VAS评分为因变量,将单因素分析和相关性分析中差异具有统计学意义的变量纳入随机森林模型。通过贝叶斯超参数优化搜索 mtry 和 trees 最优超参数的取值。结果显示,当 mtry 为 5、trees 为 935 时,模型取得最优效果。在训练集上,随机森林模型的 R2 值达到了 99.9%,均方误差(mean square error, MSE)为 0.001 3;在测试集上,模型 R2 值保持在 99.9%,MSE 为 0.000 6。通过贝叶斯超参数优化得到的随机森林模型在各方面都显示出优异的性能,特别是在预测

精度和模型稳健性方面,预测拟合见图1和图2。

利用RStudio软件中Random Forest程序包输出结果。IncNodePurity为节点纯度,IncNodePurity越大,说明变量在影响因素中的重要性越高。结果显示,变量重要性从高到低依次为:术中淋巴结清扫、吗啡当量、FIGO分期、年龄、诊断类型、术前焦虑得分、手术类型。其中,术中淋巴结清扫、吗啡当量、FIGO分期、年龄4个变量的IncNodePurity超过30,说明这4个变量对模型的影响最大,见图3。

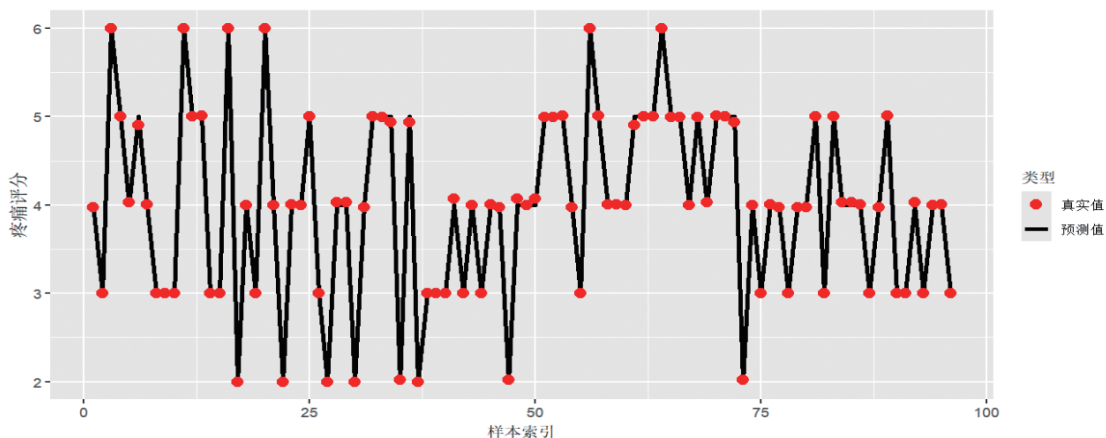


图1 测试集预测拟合图

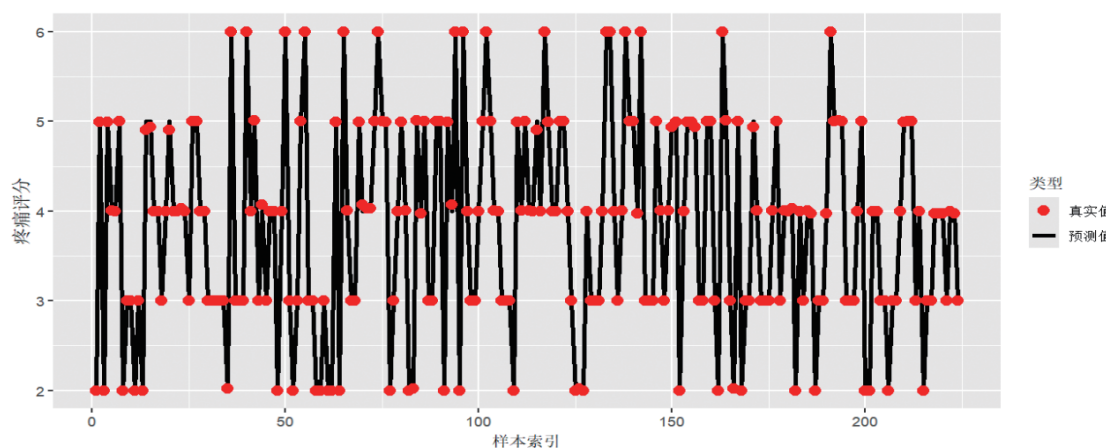


图2 训练集预测拟合图

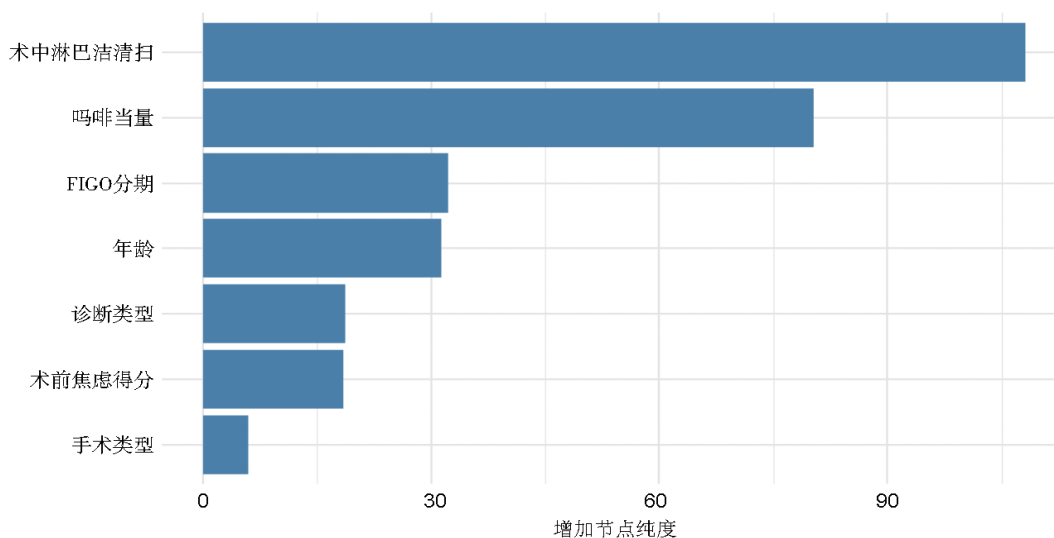


图3 随机森林预测模型的变量重要性评分排序

3 讨论

3.1 妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期均表现出不同程度的疼痛。研究表明,超过80%的患者担心术后疼痛,近50%的患者在手术前对疼痛感到高度焦虑^[13]。即使麻醉和手术技术不断进步,术后疼痛的发生率仍居高不下,并且仍然没有得到充分的评估和治疗。美国的一项调查研究结果显示,超过80%接受手术的患者会出现术后急性疼痛,约88%的患者采用镇痛药物来控制疼痛,但39%的患者即使采用一次药物治疗后仍感到中度或重度疼痛^[13]。一项针对接受不同类型手术和麻醉(全身麻醉、硬膜外麻醉、脊髓麻醉)患者的研究结果显示,术后麻醉恢复期疼痛的发生率为28%^[14]。还有研究表明,59.1%的患者在手术后4h内经历了疼痛^[15]。本研究结果显示,342例妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期均表现出不同程度的疼痛,疼痛发生率高于上述文献报道,这可能与患者的疾病类型、病情严重程度、手术部位、性别等不同有关。美国疼痛协会建议,最佳的术后疼痛管理应该从术前开始,对患者进行评估,制订针对患者和手术的护理计划,并根据需要进行后续评估和调整^[6]。充分的疼痛管理被认为是提高卫生服务的质量指标,可缩短住院时间、降低再入院率、促进患者全面康复、提高生活质量及减少医疗费用。

3.2 妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛的危险因素分析

3.2.1 妇科恶性肿瘤患者年龄越大,术后麻醉恢复

期发生疼痛的风险越高:本研究的随机森林模型结果显示,年龄是妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛的预测因子,其重要性为31.34,提示患者年龄越大术后麻醉恢复期发生疼痛的风险越大。Dorow等^[16]与Kudach等^[17]的研究也发现,患者术后麻醉恢复期疼痛评分与年龄增长呈正相关,且年龄较大的患者需接受更多的术后镇痛药物。从生理学上来说,疼痛的感觉会随着年龄的增长而改变,主要与不同年龄段患者痛阈值及对疼痛的耐受不同有关,年龄越大的患者大脑功能越弱,大脑皮层边缘对内脏系统的调节控制能力下降,致使患者容易产生疼痛感,且对疼痛的耐受力降低。

3.2.2 妇科恶性肿瘤患者疾病严重程度越高,术后麻醉恢复期发生疼痛的风险越高:尽管目前尚无研究比较肿瘤和非肿瘤患者术后急性疼痛的严重程度,但有学者发现,被诊断为肿瘤是术后麻醉恢复期疼痛程度加剧的重要预测因素^[18],恶性肿瘤手术患者急性和持续性疼痛的患病率及严重程度较高^[19-20]。本研究结果显示,FIGO分期和术中淋巴结清扫是妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛的预测因子,FIGO分期和术中淋巴结清扫的重要性分别为32.25和108.09。FIGO分期反映疾病的严重程度,当疾病严重程度较高时肿瘤细胞扩散范围越大,范围越大即需要进行相关部位的淋巴结清扫,亦表明疾病越严重,故疾病程度越严重的妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期发生疼痛的风险越高。恶性肿瘤手术后的急性和持续性疼痛是一个复杂的临床问题,受多

因素影响,包括直接肿瘤效应、神经性疼痛及淋巴结清扫引起的疼痛综合征等^[21]。

3.2.3 术中阿片类药物的使用剂量越多,妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛的发生风险越高:本研究的随机森林模型结果显示,术中阿片类药物的使用剂量(吗啡当量)是妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛的预测因子,术中阿片类药物使用(吗啡当量)的重要性为80.33。Fletcher等^[22]研究发现,术中使用高剂量舒芬太尼或瑞芬太尼与术后麻醉恢复期剧烈疼痛的发生率存在相关性。本研究的患者术中均使用瑞芬太尼和舒芬太尼,其镇痛作用强、代谢快,是一类可控性很好的阿片类镇痛药,但是其所引起的阿片诱发性痛觉过敏可增加患者对疼痛的敏感性^[23]。敏化的神经元痛阈降低,反应变得更强烈,神经元结构的重塑使疼痛的持续时间延长,外周神经纤维和中枢神经纤维的膜兴奋性增加、突触可塑性和下行抑制疼痛纤维功能丧失。有研究结果显示,即使术中单次使用阿片类药物也会导致痛觉过敏^[22]。最近的一项荟萃分析结果显示,完全不含阿片类药物的镇痛方案可以减少手术患者恢复期间的不良事件,且不会增加术中或术后并发症发生的风险^[24]。因此,临床上应尽量减少患者术中阿片类药物的使用剂量,可使用其他镇痛类药物,从而减少患者术后麻醉恢复期疼痛的发生。

3.3 妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛预测模型的预测效能较好 术后麻醉恢复期疼痛影响妇科恶性肿瘤患者术后恢复,早期识别术后麻醉恢复期疼痛高风险人群是实现围手术期精准症状管理的重要前提。除了采用传统的统计方法构建预测模型,机器学习算法因其强大的数据处理和结局预测能力,成为大数据时代健康领域构建各类风险预测模型有效且可靠的方法^[25]。随机森林算法通过在每个决策节点随机选择特征并建立多棵树来增强模型的稳健性和准确性,从而显著提高预测的稳定性。本研究基于机器学习中的随机森林算法构建妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛高风险预测模型,基于mtry和trees最优超参数的取值,模型的预测准确性较好。同时,预测拟合图提示该模型预测结果和实际情况的一致程度良好。此外,本研究基于随机森林算法得出术后麻醉恢复期疼痛危险因素的重要

性排序,可为妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛危险因素初步筛查提供参考。

3.4 小结 妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期均表现出不同程度的疼痛,分析疼痛发生的潜在影响因素,对精细化管理患者具有重要意义。本研究的随机森林模型结果显示,术中淋巴结清扫、吗啡当量、FIGO分期、年龄是导致妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛的主要原因。临床工作中可基于该结果,通过大数据的持续输入进行模型优化并研发妇科恶性肿瘤患者术后麻醉恢复期疼痛风险预警系统及决策干预方案,有助于妇科恶性肿瘤患者围手术期的精准症状管理。但本研究为单中心研究,样本量有限,将所有的患者信息进行单因素分析,并将获得的危险因素纳入模型,所构建模型的准确性需要进一步验证,而且仅对模型进行了内部验证,还需进行外部验证以进一步验证本研究结果。

参 考 文 献

- [1] Blakeman JR. An integrative review of the theory of unpleasant symptoms[J]. J Adv Nurs, 2019, 75(5):946-961.
- [2] Sabeti M, Zhong J, Hildebrandt K, et al. Valacyclovir in pain management of acute apical abscesses: a randomized placebo-controlled double-blind pilot study[J]. J Endod, 2021, 47(11):1724-1728.
- [3] 喻春梅. 基于NBASS-APS模式的护理干预策略对麻醉复苏室全身麻醉恢复期患者的影响[J]. 中国医药指南, 2022, 20(29):186-189.
- [4] 中国抗癌协会妇科肿瘤专业委员会, 中国抗癌协会肿瘤多学科诊疗(MDT)专业委员会, 中国医师协会肿瘤多学科诊疗专业委员会. 妇科恶性肿瘤多学科诊疗中国专家共识(2022年版)[J]. 中国癌症杂志, 2022, 32(8):747-756.
- [5] Glowacki D. Effective pain management and improvements in patients' outcomes and satisfaction[J]. Crit Care Nurse, 2015, 35(3):33-41; quiz 43.
- [6] Chou R, Gordon DB, de Leon-Casasola OA, et al. Management of postoperative pain: a clinical practice guideline from the American Pain Society, the American Society of Regional Anesthesia and pain medicine, and the American society of anesthesiologists' committee on regional anesthesia, executive committee, and administrative council[J]. J Pain, 2016, 17(2):131-157.

- [7] Kurisu K, Yoshiuchi K, Ogino K, et al. Machine learning analysis to identify the association between risk factors and onset of nosocomial diarrhea: a retrospective cohort study[J]. *PeerJ*, 2019, 7: e7969.
- [8] Sharma SK, Thakur K, Mudgal SK, et al. Acute postoperative pain experiences and satisfaction with its management among patients with elective surgery: an observational study[J]. *Indian J Anaesth*, 2020, 64(5): 403-408.
- [9] 冯蓓蓓, 齐梦. 基于循证理念的预警性护理对卵巢恶性肿瘤手术患者麻醉恢复过程并发症及疼痛程度的影响[J]. *海南医学*, 2023, 34(5): 719-723.
- [10] 张静, 兰星, 陈庆红, 等. 护士参与麻醉门诊术前教育对麻醉恢复期患者的影响[J]. *护理学杂志*, 2020, 35(2): 56-58.
- [11] 魏建梅, 刘韦辰, 王志剑, 等. 疼痛评估管理指标提高疼痛评估完整率的临床应用[J]. *中国疼痛医学杂志*, 2021, 27(4): 282-286.
- [12] Annunziata MA, Muzzatti B, Bidoli E, et al. Hospital anxiety and depression scale (HADS) accuracy in cancer patients[J]. *Support Care Cancer*, 2020, 28(8): 3921-3926.
- [13] Gan TJ, Habib AS, Miller TE, et al. Incidence, patient satisfaction, and perceptions of post-surgical pain: results from a US national survey[J]. *Curr Med Res Opin*, 2014, 30(1): 149-160.
- [14] Ward S, Guest C, Goodall I, et al. Practice and bias in intraoperative pain management: results of a cross-sectional patient study and a survey of anesthesiologists[J]. *J Pain Res*, 2018, 11: 561-570.
- [15] Machado-Alba JE, Ramírez-Samíento JO, Salazar-Ocampo DF. Multicenter study on effectiveness of controlling postoperative pain in Colombian patients[J]. *Rev Colomb Anestesiol*, 2016, 44(2): 114-120.
- [16] Dorow M, Löbner M, Stein J, et al. Risk factors for postoperative pain intensity in patients undergoing lumbar disc surgery: a systematic review[J]. *PLoS One*, 2017, 12(1): e0170303.
- [17] Kudach C, Dunwoody C, Wesmiller S. The relationship of age and postoperative pain in women after surgery for breast cancer[J]. *Pain Manag Nurs*, 2018, 19(4): 348-353.
- [18] Duan GY, Guo SN, Zhang YH, et al. Effects of epidemiological factors and pressure pain measurements in predicting postoperative pain: a prospective survey of 1,002 Chinese patients[J]. *Pain Physician*, 2017, 20(6): E903-E914.
- [19] Wang F, Li H, Mu QS, et al. Association of acute postoperative pain and cigarette smoking with cerebrospinal fluid levels of beta-endorphin and substance P[J]. *Front Mol Neurosci*, 2021, 14: 755799.
- [20] Teng WN, Wu HL, Tai YH, et al. Group-based trajectory analysis of postoperative pain and outcomes after liver cancer surgery[J]. *J Chin Med Assoc*, 2021, 84(1): 95-100.
- [21] Habibi BA, Kim C, Elsharkawy H. Persistent and chronic perioperative pain after cancer surgery[J]. *Curr Oncol Rep*, 2022, 24(2): 215-222.
- [22] Fletcher D, Martinez V. Opioid-induced hyperalgesia in patients after surgery: a systematic review and a meta-analysis[J]. *Br J Anaesth*, 2014, 112(6): 991-1004.
- [23] 道日敖, 田园, 陈焕, 等. 术后返回ICU患者亚急性和慢性疼痛发生率及影响因素分析[J]. *协和医学杂志*, 2024, 15(3): 598-603.
- [24] Olausson A, Svensson CJ, Andréll P, et al. Total opioid-free general anaesthesia can improve postoperative outcomes after surgery, without evidence of adverse effects on patient safety and pain management: a systematic review and meta-analysis[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2022, 66(2): 170-185.
- [25] MacEachern SJ, Forkert ND. Machine learning for precision medicine[J]. *Genome*, 2020, 64(4): 416-425.

(收稿日期:2024-12-10 修回日期:2025-02-11)