

## 老年骨科术中获得性压力性损伤风险预测模型构建——基于机器学习方法

韩琦

新疆维吾尔自治区人民医院 新疆乌鲁木齐

**【摘要】目的** 借助基于机器学习方法构建老年骨科术中获得性压力性损伤 (IAPI) 的风险预测模型, 为临床预测老年骨折患者 IAPI 提供参考依据。**方法** 挑选医院 2023 年 11 月至 2025 年 11 月收治的 94 例老年骨科手术患者当作对象进行回顾性分析, 依照术中是否发生 IAPI 进行分组, 分为对照组 (术中未发生 IAPI,  $n=65$ )、研究组 (术中发生 IAPI,  $n=29$ )。收集两组的病历资料, 分析老年骨科患者术中 IAPI 的风险因素, 基于机器学习方法构建预测模型, 分析受试工作者特征 (ROC) 曲线对比不同预测模型的性能。**结果** 多因素 Logistic 回归模型分析发现,  $BMI \geq 24 \text{ kg/m}^2$ 、手术时间  $\geq 3 \text{ h}$ 、术前无营养支持、未使用预防性敷料、局部皮肤潮湿、术中低体温是老年骨科手术患者发生 IAPI 的风险因素 ( $P < 0.05$ )。决策树模型的准确率、敏感度、精确度、F1 分数、AUC 分别为 0.853、0.856、0.841、0.836、0.62, 朴素贝叶斯算法模型分别为 0.826、0.829、0.765、0.791、0.78, 随机森林算法模型分别为 0.875、0.878、0.849、0.845、0.83, 相较于决策树模型、朴素贝叶斯模型, 随机森林算法模型的各项数值更高、整体预测效能更优。**结论** 基于机器学习方法所构建的随机森林模型, 对于老年骨科术中 IAPI 具备较高的预测性能, 可作为临床预测老年骨科术中 IAPI 发生的辅助手段。

**【关键词】** 老年骨科术中获得性压力性损伤; 机器学习方法; 风险因素; 风险预测模型

**【收稿日期】** 2026 年 4 月 10 日

**【出刊日期】** 2026 年 5 月 5 日

**【DOI】** 10.12208/j.cn.20260271

### Construction of a risk prediction model for acquired intraoperative pressure injury in elderly orthopedic surgery: Based on machine learning methods

Qi Han

Xinjiang Uygur Autonomous Region People's Hospital, Urumqi, Xinjiang

**【Abstract】 Objective** To construct a risk prediction model for acquired intraoperative pressure injury (IAPI) in elderly orthopedic surgery using machine learning methods, and to provide a reference for clinical prediction of IAPI in elderly fracture patients. **Methods** 94 elderly orthopedic surgery patients admitted to the hospital from November 2023 to November 2025 were selected for retrospective analysis. They were divided into the control group (no IAPI occurred during the operation,  $n=65$ ) and the study group (IAPI occurred during the operation,  $n=29$ ). The medical records of the two groups were collected, and the risk factors of IAPI in elderly orthopedic patients during the operation were analyzed. A prediction model was constructed based on machine learning methods, and the performance of different prediction models was compared using the receiver operating characteristic (ROC) curve of the test subjects' characteristics. **Results** The multivariate Logistic regression model analysis found that  $BMI \geq 24 \text{ kg/m}^2$ , operation time  $\geq 3$  hours, no preoperative nutritional support, no use of preventive dressings, local skin moisture, and intraoperative hypothermia were risk factors for IAPI in elderly orthopedic surgery patients ( $P < 0.05$ ). The accuracy, sensitivity, specificity, F1 score, and AUC of the decision tree model were 0.853, 0.856, 0.841, 0.836, and 0.62, respectively. Those of the naive Bayes algorithm model were 0.826, 0.829, 0.765, 0.791, and 0.78, respectively. Those of the random forest algorithm model were 0.875, 0.878, 0.849, 0.845, and 0.83, respectively. Compared with the decision tree model and the naive Bayes model, the values of the random forest algorithm model were higher, and the overall predictive efficacy was better. **Conclusion** The random forest model constructed based on machine learning methods has a high predictive performance for IAPI during intraoperative orthopedic surgery in the elderly and can be used as an auxiliary means for clinical prediction of IAPI occurrence in elderly orthopedic surgery.

**【Keywords】** Acquired intraoperative pressure injury in elderly orthopedic surgery; Machine learning methods; Risk factors; Risk prediction model

获得性压力性损伤 (IAP) 是临床实践中经常碰到的疾病类型, 是指局部组织长时间压迫后引发的皮肤组织损伤, 临床上表现为皮肤红肿、皮肤溃烂等症状<sup>[1]</sup>。骨科手术患者在手术操作期间因肢体活动受限, 局部组织长时间处于被压迫状态, 以提高术中 IAP 发生的风险性, 不利于手术顺利完成, 严重阻碍术后康复进程, 故明确老年骨科术中 IAP 的风险因素并构建风险预测模型对于改善预后具有重要意义<sup>[2]</sup>。基于此, 该研究运用机器学习方法构建老年骨科术中 IAP 发生的风险预测模型, 以期降低术中 IAP 发生率, 具体报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

该研究将 94 例老年骨科手术患者当作对象进行回顾性分析, 样本纳入时间跨度在 2023 年 11 月-2025 年 11 月。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 分组方法

根据术中是否发生 IAP 当作分组原则, 划分为对照组 (术中未发生 IAP,  $n=65$ )、研究组 (术中发生 IAP,  $n=29$ )。

#### 1.2.2 资料收集方法

收集纳入对象的基本资料, 主要包括: 性别、年龄、体质量指数 (BMI)、是否合并慢性病、骨折部位、手术体位、手术时间、术前营养支持、是否使用减压装置、是否使用预防性敷料、局部皮肤潮湿、术中低体温、术中低血压、术中出血量。

### 1.3 观察指标

(1) 分析老年骨科患者术中 IAP 发生的风险因素。

(2) 运用机器学习方法, 构建风险因素预测模型并验证模型的性能。

### 1.4 统计学分析

文中数据的统计学分析、处理由 SPSS 26.0 执行, 计量资料以  $(\bar{x} \pm s)$  呈现, 检验方式为  $t$  检验; 计数资料运用  $[n (\%)]$  展示, 检验方式为  $\chi^2$  检验。运用 Python3.10 中的 PyCaret 开源机器学习库, 借助决策树算法、朴素贝叶斯算法、随机森林算法构建预测模型, 利用 ROC 曲线、F1 分数等验证模型的性能。统计学有意义的判断标准为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 老年骨科患者术中 IAP 发生的单因素分析

在 BMI、是否合并慢性病、手术时间、术前营养支持、是否使用减压装置、是否使用预防性敷料、局部皮肤潮湿、术中低体温、术中低血压、术中出血量上, 两组对比存在差异 ( $P < 0.05$ ), 见表 1。

### 2.2 老年骨科患者术中 IAP 发生的多因素分析

将是否发生 IAP 当作因变量, 表 1 有统计学差异项目当作自变量, 经多因素 Logistic 回归模型分析发现,  $BMI \geq 24 \text{kg/m}^2$  ( $OR=3.063$ , 95%CI 为 1.234~5.681,  $P=0.003$ )、手术时间  $\geq 3\text{h}$  ( $OR=2.419$ , 95%CI 为 1.328~6.473,  $P=0.023$ )、术前无营养支持 ( $OR=4.329$ , 95%CI 为 1.258~6.834,  $P=0.001$ )、未使用预防性敷料 ( $OR=3.418$ , 95%CI 为 2.089~5.147,  $P=0.006$ )、局部皮肤潮湿 ( $OR=6.324$ , 95%CI 为 2.589~14.036,  $P=0.003$ )、术中低体温 ( $OR=4.327$ , 95%CI 为 1.236~9.457,  $P=0.014$ ) 是老年骨科手术患者发生 IAP 的风险因素。

### 2.3 老年骨科术中 IAP 风险预测模型构建及性能验证

借助决策树算法、朴素贝叶斯算法、随机森林算法构建老年骨科术中 IAP 风险预测模型, 利用测试集通过内部验证获取各模型的预测效能, 结果显示, 决策树模型的准确率、敏感度、精确度、F1 分数、AUC 分别为 0.853、0.856、0.841、0.836、0.62, 朴素贝叶斯算法模型分别为 0.826、0.829、0.765、0.791、0.78, 随机森林算法模型分别为 0.875、0.878、0.849、0.845、0.83, 相较于决策树模型、朴素贝叶斯模型, 随机森林算法模型的各项数值更高、整体预测效能更优。

## 3 讨论

IAP 是老年骨科手术治疗期间常见的并发症, 不仅会增加患者的痛苦, 干扰手术操作进程, 还会影响手术治疗效果, 延长术后康复时间<sup>[3]</sup>。由此看出, 寻找老年骨科手术中 IAP 的风险因素, 能有效预防术中 IAP 的发生, 顺利完成骨科手术, 提高骨科手术安全性。

研究结果显示,  $BMI \geq 24 \text{kg/m}^2$ 、手术时间  $\geq 3\text{h}$ 、术前无营养支持、未使用预防性敷料、局部皮肤潮湿、术中低体温是老年骨科手术患者发生 IAP 的风险因素 ( $P < 0.05$ )。

表 1 老年骨科患者术中 IAPI 发生的单因素分析 ( $\bar{x} \pm s$ )

项目		研究组 (n=29)	对照组 (n=65)	$t/\chi^2$	P
性别	男	16 (55.17)	35 (53.85)	0.014	0.905
	女	13 (44.83)	30 (46.15)		
年龄 (岁)		69.54±3.28	69.75±3.41	0.279	0.781
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	<24	11 (37.93)	44 (67.69)	7.317	0.006
	≥24	18 (62.07)	21 (32.31)		
是否合并慢性病	是	13 (44.83)	11 (16.92)	8.213	0.004
	否	16 (55.17)	54 (83.08)		
骨折部位	上肢	10 (34.48)	22 (33.85)	0.026	0.999
	下肢	9 (31.03)	21 (32.31)		
	脊柱	7 (24.14)	15 (23.08)		
	髋部	3 (10.34)	7 (10.77)		
手术体位	侧卧位	11 (37.93)	23 (35.38)	0.085	0.959
	仰卧位	9 (31.03)	22 (33.85)		
	俯卧/牵引位	9 (31.03)	20 (30.77)		
手术时间 (h)	<3	12 (41.38)	55 (84.62)	18.310	<0.001
	≥3	17 (58.62)	10 (15.38)		
术前营养支持	有	9 (31.03)	43 (66.15)	10.006	0.002
	无	20 (68.97)	22 (33.85)		
是否使用降减压装置	是	11 (37.93)	44 (67.69)	7.317	0.007
	否	18 (62.07)	21 (32.31)		
是否使用预防性敷料	是	10 (34.48)	45 (69.23)	9.974	0.002
	否	19 (65.52)	20 (30.77)		
局部皮肤潮湿	是	18 (62.07)	14 (21.54)	14.671	<0.001
	否	11 (37.93)	51 (78.46)		
术中低体温	是	20 (68.97)	17 (26.15)	15.399	<0.001
	否	9 (31.03)	48 (73.85)		
术中低血压	是	18 (62.07)	16 (24.62)	12.184	<0.001
	否	11 (37.93)	49 (75.38)		
体位固定时间 (h)	<2	5 (17.24)	46 (70.77)	23.151	<0.001
	≥2	24 (82.76)	19 (29.23)		
术中出血量	<200	10 (34.48)	45 (69.23)	9.974	0.002
	≥200	19 (65.52)	20 (30.77)		

考虑原因为：①BMI：骨科手术治疗时间相对较长，局部皮肤长时间受压会给压迫点供血造成程度不一的影响，患者的 BMI 越高，皮下脂肪越厚，肌肉组织弹性越差，再加上手术操作存在较强的皮层挤压，人体消耗量增多，易出现缺血缺氧，提高皮肤破损或皮肤坏死的概率，进而诱发术中 IAPI<sup>[4]</sup>。②手术时间：手术时间越长，骨突部位的持续受压时间会越长，局部组织长时间处于受压状态后会减少组织血液再灌注，提高术中 IAPI 发生的风险性。③术前无营养支持：术前无营养支持，会导致人体缺乏蛋白质等营养物质，使得皮

肤组织的修复能力及抵抗能力降低，增加术中 IAPI 发生的风险性<sup>[5]</sup>。④未使用预防性敷料：术前使用预防性敷料能减小皮肤摩擦力，减轻骨突部位的压力，防止 IAPI 的发生，而未使用预防性敷料则会提高 IAPI 发生的风险性<sup>[6]</sup>。⑤局部皮肤潮湿：局部皮肤长时间处于潮湿状态，会降低角质层的强度，加大皮肤摩擦系数，在手术压力、剪切力等作用下会减少毛细血管的关注量，干扰局部皮肤的正常血液循环，易发生术中 IAPI。⑥术中低体温：术中低体温会收缩血管，减少皮肤及软组织的血流量而出现缺血缺氧，且术中低体温会减慢组

织的代谢速度,减弱细胞的修复力及再生力,提高术中 IAPI 发生的风险性。机器学习方法是一种人工智能手段,借助机器学习算法的创面图像数据收集与分析技术监控 IAPI,能辅助诊断和治疗 IAPI,同时运用机器学习算法挖掘 IAPI 的结构化数据与非结构化数据,能预测 IAPI 的发展趋势,为临床防治该类疾病提供参考<sup>[7-8]</sup>。研究发现,随机森林算法模型的准确率、敏感度、精确度、F1 分数、AUC 分别为 0.875、0.878、0.849、0.845、0.83,均高于决策树模型、朴素贝叶斯模型,提示随机森林算法模型的各项数值更高、整体预测效能更优。

综上所述, BMI  $\geq 24\text{kg/m}^2$ 、手术时间  $\geq 3\text{h}$ 、术前无营养支持、未使用预防性敷料、局部皮肤潮湿、术中低体温是老年骨科手术患者发生 IAPI 的风险因素,基于机器学习方法所构建的随机森林模型,对于老年骨科术中 IAPI 具有较高的预测性能,可作为临床预测老年骨科术中 IAPI 发生的辅助手段。

### 参考文献

- [1] 安林静,侯月丽,张兵,等.富血小板血浆技术联合伤口治疗师主导的综合管理在骨科住院老年患者压力性损伤中的应用[J].老年医学与保健,2024,30(3):830-833+839.
- [2] 北京护理学会手术室专业委员会.术中获得性压力性损伤预防与护理专家共识[J].中华现代护理杂志,2020,26(28):3853-3861
- [3] 虞雅美,王媛,李静蕾.骨科手术病人术中压力性损伤的影响因素及手术时间、体温变化对其预测价值[J].循证护理,2024,10(21):3970-3974.
- [4] 姚盛云,徐燕,杨阳,等.俯卧位骨科手术患者术中获得性压力性损伤的影响因素分析[J].当代护士(下旬刊),2025,32(7):100-105.
- [5] 易维君,罗雯茜,张周琪,等.基于机器学习的慢性疼痛患者压力性损伤风险预测模型的构建[J].重庆医学,2025,54(2):413-417+424.
- [6] 严慧霞,路遥,张永军,等.可解释的机器学习模型预测后路腰椎椎间融合术患者术中获得性压力性损伤风险[J].中国骨与关节杂志,2025,14(6):547-551.
- [7] 杨军,陈晓,王芝静,等.机器学习模型在外科手术患者压力性损伤风险预测中的应用[J].机器人外科学杂志(中英文),2025,6(11):1958-1965.
- [8] 崔丽丽,任震晴,窦红梅,等.骨科俯卧位患者术中压力性损伤风险预测模型的构建[J].川北医学院学报,2023,38(2):253-256+261.

**版权声明:** ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



**OPEN ACCESS**