

# FRAIL 量表在老年关节置换术后压力性损伤风险预测中的应用

姜淑伟<sup>1</sup>, 马良<sup>1</sup>, 康保絮<sup>2</sup>, 王志浩<sup>2</sup>

(1. 山东大学齐鲁医院骨科, 山东 济南 250012; 2. 山东大学齐鲁医院保健科/老年医学科, 山东 济南 250012)

**摘要:** **目的** 本研究旨在通过疲劳、抗阻力、步行、疾病和体质量减轻(fatigue, resistance, ambulation, illnesses & loss of weight, FRAIL)量表评估拟行关节置换术老年患者的衰弱状态,探讨术前衰弱对术后压力性损伤风险变化的影响,并评估 FRAIL 量表评分结合常见实验室检查指标在预测老年关节置换术患者术后压力性损伤风险变化中的有效性。**方法** 本研究为横断面研究,选取2021年5月至2023年6月山东大学齐鲁医院骨科住院的60岁及以上拟行关节置换术患者348例。患者按入院时间分为训练集( $n=256$ )和验证集( $n=92$ )。采用 FRAIL 量表评估患者术前衰弱状态,将患者分为3组:0分为无衰弱组,1~2分为衰弱前期组,3~5分为衰弱组。通过 Braden 量表评估压力性损伤风险,并通过医院病案管理系统收集患者入院诊断、手术方式和术前生化指标。采用单因素 Logistic 回归和最小绝对收缩与选择算子回归(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)筛选重要预测变量,并构建多因素 Logistic 回归模型。使用列线图可视化模型,模型的拟合优度、校准及预测能力通过 Hosmer-Lemeshow 检验、受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic, ROC)及曲线下面积(area under the curve, AUC)进行评估,同时采用决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)评估其临床应用价值。通过 Bootstrap 方法对模型进行内部验证,并使用外部验证集数据对模型进行外部验证。此外,基于年龄和手术方式进行亚组分析。**结果** 348例患者中,无衰弱者78例,衰弱前期者204例,衰弱者66例。FRAIL 评分、中性粒细胞、缺血修饰白蛋白及钾离子浓度是术后压力性损伤风险的独立预测因素( $P<0.05$ )。FRAIL 评分每增加1分,术后压力性损伤的发生风险增加1.719倍( $OR=1.719$ ,  $95\%CI:1.171\sim2.524$ ,  $P=0.006$ );中性粒细胞  $OR$  为1.222 ( $95\%CI:1.028\sim1.451$ ,  $P=0.023$ );缺血修饰白蛋白  $OR$  为1.117 ( $95\%CI:1.051\sim1.187$ ,  $P<0.001$ );钾离子浓度  $OR$  为3.848 ( $95\%CI:1.090\sim13.589$ ,  $P=0.036$ )。Hosmer-Lemeshow 检验结果表明模型拟合良好( $P=0.08$ ),校准曲线也显示了良好的校准度。构建的风险预测模型在内部验证 AUC 值为0.825,敏感度为0.889,特异度为0.681;在内部验证 AUC 值为0.790。在外部验证 AUC 值为0.834,敏感度为0.870,特异度为0.681。DCA 曲线表明,在0.05~0.45的概率范围内,使用预测模型能够带来较高的净获益。亚组分析结果显示,FRAIL 评分在60~70岁患者及单髁置换术患者中具有显著的预测价值。**结论** 老年关节置换术患者术前衰弱患病率较高,衰弱是术后压力性损伤风险独立危险因素。FRAIL 评分结合常见实验室检查指标,构建的老年关节置换术患者术后压力性损伤风险变化预测模型校准良好,预测能力较高,可为临床决策提供参考。

**关键词:** 骨科;衰弱;老年人;关节置换;压力性损伤

中图分类号:R684.3

文献标志码:A

## The use of the FRAIL scale in predicting the risk of postoperative pressure injury in older patients undergoing joint replacement surgery

JIANG Shuwei<sup>1</sup>, MA Liang<sup>1</sup>, KANG Baoxu<sup>2</sup>, WANG Zhihao<sup>2</sup>

(1. Department of Orthopedic Surgery, Qilu Hospital of Shandong University, Jinan 250012, Shandong, China;

2. Department of Health Care/Geriatrics, Qilu Hospital of Shandong University, Jinan 250012, Shandong, China)

**Abstract: Objective** To assess the frailty status of older patients undergoing joint replacement surgery using the fatigue, resistance, ambulation, illnesses & loss of weight(FRAIL) scale. It further explored the impact of preoperative

frailty on postoperative pressure injury and evaluated the effectiveness of combining FRAIL scores with common laboratory indicators in predicting postoperative pressure injury risk. **Methods** This cross-sectional study included 348 patients aged 60 years and older who were admitted to the Department of Orthopedics, Qilu Hospital of Shandong University, for joint replacement surgery between May 2021 and June 2023. Patients were divided into a training set ( $n=256$ ) and a validation set ( $n=92$ ) based on admission time. The FRAIL scale was used to assess preoperative frailty, and the patients were divided into three groups: non-frail (0 points), pre-frail (1-2 points), and frail (3-5 points) groups. The Braden scale was used to assess pressure injury risk. Data on admission diagnoses, surgical procedures, and preoperative biochemical indicators were collected using the hospital's medical record management system. Univariate Logistic regression and least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) regression were used to screen important predictive variables, and a multivariate Logistic regression model was constructed. A nomogram was constructed to visualise the model. The goodness-of-fit, calibration, and predictive ability of the model were evaluated using the Hosmer-Lemeshow test, receiver operating characteristic (ROC) curve, and area under the curve (AUC). Decision curve analysis (DCA) was employed to assess clinical utility. The Bootstrap method was used for internal validation and external validation was performed using the validation set. Subgroup analysis was performed based on age and surgical procedures. **Results** Among the 348 patients, 78 were non-frail, 204 were pre-frail, and 66 were frail. FRAIL score, neutrophils, ischaemia-modified albumin (IMA), and potassium ion concentration were independent predictors of postoperative pressure injury ( $P<0.05$ ). For each 1-point increase in the FRAIL score, the risk of postoperative pressure injury increased by 1.719-fold ( $OR = 1.719$ , 95%  $CI$ : 1.171-2.524,  $P = 0.006$ ), the  $OR$  for neutrophils was 1.222 (95%  $CI$ : 1.028-1.451,  $P = 0.023$ ), the  $OR$  for IMA was 1.117 (95%  $CI$ : 1.051-1.187,  $P < 0.001$ ), and the  $OR$  for potassium ion concentration was 3.848 (95%  $CI$ : 1.090-13.589,  $P = 0.036$ ). The Hosmer-Lemeshow test indicated good model fit ( $P = 0.08$ ), and the calibration curve showed good agreement. The AUC in the internal validation was 0.825, with a sensitivity of 0.889 and a specificity of 0.681; the AUC in the external validation was 0.834, with a sensitivity of 0.870 and a specificity of 0.681. DCA showed that using the prediction model resulted in higher net benefit within a probability range from 0.05 to 0.45. Subgroup analysis revealed that the FRAIL score had significant predictive value in patients aged 60-70 years and those undergoing unicompartmental knee arthroplasty. **Conclusion** Preoperative frailty is highly prevalent in older patients undergoing joint replacement surgery and is an independent risk factor for postoperative pressure injury. The prediction model combining FRAIL scores with common laboratory indicators showed good calibration and high predictive ability for changes in postoperative pressure injury risk, providing valuable reference for clinical decision making.

**Key words:** Orthopedice; Frailty; Older patients; Joint arthroplasty; Pressure injury

我国 60 岁及以上人口预计到 2050 年将达到 5 亿<sup>[1]</sup>。老年人骨关节炎患病率逐年增加<sup>[2]</sup>。2022 年我国关节置换手术超过 50 万例,其中老年患者占 70%以上<sup>[3]</sup>。虽然关节置换术能够显著改善骨关节炎患者生活质量<sup>[4]</sup>,但术后压力性损伤的发生明显延缓了患者的预后进程。有研究发现,术后发生压力性损伤导致患者的住院时间平均延长 11 d,医疗费用增加 1.2 万元以上<sup>[5]</sup>。

衰弱是指老年患者身体机能减退,主要表现为生理储备功能减退及应激应对能力下降<sup>[6]</sup>,其与年龄增长相关,具有独特表现型的非特异性老年综合征<sup>[7]</sup>,衰弱是导致患者术后不良结局的危险因素,增加了患者并发症、费用、死亡等风险<sup>[8-10]</sup>。为有效评估和管理老年患者的衰弱状态,广泛应用的衰弱评估量表包括 Fried 衰弱表型、埃德蒙顿衰弱量表、临床衰弱量表和衰弱指数等,但其都有一定的局限性<sup>[11]</sup>。疲劳、抗阻力、步行、疾病和体质量减轻(fatigue, resist-

ance, ambulation, illnesses & loss of weight, FRAIL) 量表是一种简便而有效的工具<sup>[12]</sup>,由疲劳、抗力、行动能力、慢性病和体质量减轻五个核心指标组成,具有简便易行、评估时间短、结构简单、覆盖面广等优势,适用于手术患者衰弱评估。

已有研究表明,衰弱评估量表在预测老年患者术后压力性损伤方面具有一定的潜力<sup>[13-14]</sup>。然而,现有研究停留在单因素分析层面,缺乏系统、多因素的预测模型。因此本研究旨在通过 FRAIL 量表评估拟行关节置换术老年患者的衰弱状态,探讨术前衰弱对术后压力性损伤风险变化的影响,并评估 FRAIL 衰弱评分结合常见实验室检查指标,在预测老年关节置换术患者术后压力性损伤风险变化中的有效性。在评估老年骨关节置换患者术后风险管理方面具有重要意义,为不同衰弱程度老年人进一步评估、治疗、采取护理措施提供参考依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

#### 1.1.1 研究对象

选取2021年5月至2023年6月山东大学齐鲁医院骨科病房行关节置换术住院患者348例,其中男128例,女220例,60~89岁,平均68岁。按照患者入院时间先后顺序,分为训练集(2021年5月至2022年10月, $n=256$ )和验证集(2022年11月至2023年6月, $n=92$ ),训练集用于评估不同衰弱程度对老年关节置换术患者术后压力性损伤风险变化的影响并构建模型,验证集仅用于验证该模型的有效性及其预测性能。收集患者一般资料、实验室指标、围术期压力性损伤风险分级(Braden评分<sup>[15]</sup>)、FRAIL量表各项得分及总分等相关资料。根据FRAIL评分将患者分为3组:0分为无衰弱组,1~2分为衰弱前期组,3~5分为衰弱组。

#### 1.1.2 纳入标准与排除标准

纳入标准:①年龄 $\geq 60$ 周岁;②意识清楚,有一定理解能力并能完成评估测试;③拟于全麻下行择期/限期骨科手术的住院患者;④同意参加本研究,并签署知情同意书;⑤初次关节置换术患者。排除标准:①术前已存在压力性损伤;②因认知功能障碍、视力障碍、语言沟通障碍、严重听力受损和精神疾病无法正常沟通和配合资料收集的患者;③临床资料不完整者;④不符合上述纳入标准者。本研究获得山东大学齐鲁医院伦理审查委员会批准[伦理批准号:(科)伦审第2021(076)号]。本研究根据预测模型报告质量的透明度(transparent reporting of a multivariable prediction model for Individual prognosis or diagnosis, TRIPOD)指南进行模型构建。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 研究工具

##### 1.2.1.1 一般资料调查表

本次调查为横断面研究,采用问卷调查法和档案记录收集法收集数据。一般人口学资料由研究者自编的调查表进行测量,包括年龄、性别、身高、体质量、体质量指数(body mass index, BMI)。

##### 1.2.1.2 FRAIL量表

该量表包含5个项目,每个项目评分为0或1,总分为0~5,分数越高表示衰弱程度越重。具体条目包括:①疲劳:过去4周内是否经常感到疲劳或虚弱;②抗力:是否能够独立完成从椅子上站起来的动作;③行动能力:是否能够独立行走100 m;④慢性

病:是否有5种或5种以上的慢性疾病;⑤体质量减轻:在过去1年中是否非自愿地减轻了5%或更多的体质量。0分为无衰弱,1~2分为衰弱前期,3~5分为衰弱。该量表的内容效度为0.878,内部一致性系数(Cronbach's  $\alpha$ )为0.75,重测信度为0.77,显示出良好的信效度<sup>[16]</sup>。

##### 1.2.1.3 压力性损伤风险评估量表

该量表包括6个项目:感觉、湿度、活动、移动、营养和摩擦力/剪切力,每个项目的评分范围为1~4,总分为6~23,分数越低表示压力性损伤风险越高。具体条目包括:①感觉:对疼痛、压迫的感觉和反应能力;②湿度:皮肤暴露在湿度中的频率;③活动:日常活动能力;④移动:改变和控制身体位置的能力;⑤营养:日常营养摄入情况;⑥摩擦力/剪切力:皮肤与床或椅子之间的摩擦和剪切力。根据分值分为4个风险等级,即评分15~18分为低危,13~14分为中危,10~12分为高危, $\leq 9$ 分为极高危。该量表的Cronbach's  $\alpha$ 系数为0.799,在国内外多项研究中均表现出较高的信度和效度<sup>[17-18]</sup>,能够有效预测压力性损伤的发生风险。

##### 1.2.1.4 医院病案管理系统

收集患者入院诊断,手术方式,以及术前生化指标:包括白细胞计数、中性粒细胞、淋巴细胞、嗜酸性粒细胞、嗜碱性粒细胞、单核细胞、红细胞计数、血红蛋白、红细胞压积、平均红细胞体积、血小板计数、血小板体积、凝血酶原时间、活化部分凝血活酶时间、纤维蛋白原、D-二聚体、谷丙氨酸氨基转移酶、天冬氨酸氨基转移酶、 $\gamma$ -谷氨酰转肽酶、碱性磷酸酶、总胆红素、直接胆红素、间接胆红素、前白蛋白、白蛋白、球蛋白、白球比例、总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、小而密低密度脂蛋白、甘油三酯、同型半胱氨酸、游离脂肪酸、葡萄糖、血尿素氮、血肌酐、胱抑素C、尿酸、补体Clq、肌酸激酶、肌酸激酶同工酶、肌钙蛋白I、乳酸脱氢酶、缺血修饰白蛋白、钾离子、钠离子、氯离子、二氧化碳结合力、钙离子、磷离子和镁离子。

#### 1.2.2 实施流程

为保障资料收集的真实性、准确性和科学性,对参与研究的调查者均统一培训,在获得患者及家属知情同意后,于患者入院当天进行问卷调查,给自愿参与并符合入组条件的研究对象发放调查问卷,并采用规范的指导用语面对面进行调查问卷的解释说明。

#### 1.2.3 质量控制

为确保调研过程顺利、资料准确,在调研及后期

数据处理中采取了严格的质量控制:①严格根据纳入标准与排除标准执行,保证样本的质量;②坚持保密、匿名的原则,消除研究对象的疑虑,确保问卷调查结果的真实有效;③研究者采用面对面询问方式进行评估,调查员均经过统一培训并通过考核,调查结束后仔细核查问卷结果,及时补充不完整的信息和改正填写错误,必要时查阅住院病历核实相关病史资料;④研究数据由双人核对并录入,在统计处理前,反复核对,以确保准确性。

### 1.3 统计学处理

采用 R 语言(R software, version 4.4.0)和 SPSS 27.0 统计学软件。符合正态分布且方差齐的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,组间比较采用方差分析;非正态分布的计量资料以中位数和四分位间距 [ $M(P_{25}, P_{75})$ ] 表示,组间比较采用 Kruskal-Wallis  $H$  检验。计数资料以频数分布或个数(百分比) [ $n(\%)$ ] 描述,对于有序分类变量使用 Kruskal-Wallis  $H$  检验进行组间比较,对于无序分类变量使用卡方检验(Chi-squared test,  $\chi^2$  检验)。采用单因素 Logistic 回归分析评估每个潜在影响因素与压力性损伤风险之间的关系。将所有在单因素分析中达到显著性水平的变量纳入最小绝对收缩与选择算子回归(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO),筛选出最具预测价值的变量。随后,利用筛选出的变量构建多因素 Logistic 回归模型,以预测压力性损伤风险。模型的拟合优度通过 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验进行评估,预测能力则通过受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC) 曲线

和曲线下面积(area under the curve, AUC) 进行评估。校准曲线用于评估模型预测值与实际观测值之间的一致性。同时,采用决策曲线分析评估模型的临床应用价值,量化在不同阈值下使用模型的净效益。此外,为了评估模型的稳健性和泛化能力,通过 Bootstrap 方法对模型进行内部验证,使用外部验证集数据对模型进行外部验证。为了进一步探讨 FRAIL 评分在不同人群中的预测效能,基于年龄和手术方式进行亚组分析,评估 FRAIL 评分在不同亚组中的预测价值是否存在显著差异。所有统计检验均采用双侧检验, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 无衰弱组、衰弱前期组和衰弱组的基线资料比较

训练集 256 例,其中无衰弱患者 49 例(19.1%),衰弱前期患者 162 例(63.3%),衰弱患者 45 例(17.6%)。男 97 例(37.9%),女 159 例(62.1%),男女比例为 1:1.64,衰弱率为 15.46%:18.87%。衰弱患者的年龄高于无衰弱患者,中位数分别为 68(60,76)岁和 66(63,68)岁。不同衰弱程度组患者的年龄、性别、身高、体质量和 BMI 差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 1。验证集患者 92 例,其中无衰弱患者 29 例(31.5%),衰弱前期患者 42 例(45.7%),衰弱患者 21 例(22.8%)。男 31 例(33.7%),女 61 例(66.3%)。

表 1 无衰弱组、衰弱前期组和衰弱组的基线资料比较( $n=256$ )

Table 1 Comparison of baseline characteristics across non-frail, pre-frail, and frail groups ( $n=256$ )

指标	衰弱组( $n=45$ )	衰弱前期组( $n=162$ )	无衰弱组( $n=49$ )	$F/\chi^2/H$	$P$
性别/(男/女)	22/27	60/102	15/30	1.470 <sup>b</sup>	0.480
年龄/岁	66(63,68)	68(63,71)	68(60,76)	4.118	0.128
身高/cm	162(153,171)	160(156,165)	160(150,170)	2.553	0.279
体质量/kg	70.00(56.00,84.00)	70.00(61.25,75.00)	67.00(52.50,81.50)	2.362	0.307
BMI	25.61(24.22,27.38)	26.67(23.69,29.05)	26.06(23.44,28.76)	2.972	0.226
白细胞计数/ $(\times 10^9/L)$	5.62(4.80,6.38)	5.63(4.67,6.67)	5.79(5.10,6.62)	1.891	0.388
中性粒细胞/ $(\times 10^9/L)$	3.11(2.72,4.05)	3.38(2.62,4.16)	3.52(2.95,4.44)	2.718	0.257
淋巴细胞/ $(\times 10^9/L)$	1.79 $\pm$ 0.49	1.77 $\pm$ 0.54	1.73 $\pm$ 0.48	0.133 <sup>a</sup>	0.875
嗜酸性粒细胞/ $(\times 10^9/L)$	0.09(0.06,0.16)	0.10(0.06,0.14)	0.15(0.08,0.22)	7.951	0.019
嗜碱性粒细胞/ $(\times 10^9/L)$	0.02(0.02,0.03)	0.03(0.02,0.03)	0.03(0.02,0.04)	6.441	0.040
单核细胞/ $(\times 10^9/L)$	0.32(0.27,0.41)	0.35(0.28,0.43)	0.36(0.32,0.42)	2.361	0.307
红细胞计数/ $(\times 10^{12}/L)$	4.26 $\pm$ 0.55	4.27 $\pm$ 0.47	4.28 $\pm$ 0.49	0.012 <sup>a</sup>	0.988
血红蛋白/(g/L)	128.86 $\pm$ 19.34	131.98 $\pm$ 14.84	128.69 $\pm$ 15.31	2.152	0.341
红细胞压积/%	39.15 $\pm$ 5.46	39.13 $\pm$ 4.31	38.49 $\pm$ 4.42	0.375 <sup>a</sup>	0.688

续表

指标	衰弱组( $n=45$ )	衰弱前期组( $n=162$ )	无衰弱组( $n=49$ )	$F/\chi^2/H$	$P$
平均红细胞体积/ $\mu\text{L}$	92.00(89.30,94.60)	92.05(89.40,94.58)	90.00(87.70,92.30)	8.493	0.014
血小板计数/ $(\times 10^9/\text{L})$	233.18 $\pm$ 60.43	229.38 $\pm$ 65.90	258.24 $\pm$ 61.47	3.597 <sup>a</sup>	0.029
血小板体积/ $\mu\text{L}$	11.00(10.50,11.50)	10.80(10.43,11.28)	10.90(10.60,11.50)	3.862	0.145
凝血酶原标准化比值	0.95(0.91,0.99)	0.93(0.90,0.97)	0.94(0.91,0.99)	4.176	0.124
凝血酶原时间/s	109.00(101.00,118.00)	114.00(105.25,121.00)	111.00(102.00,118.00)	5.306	0.070
活化部分凝血活酶时间/s	30.20(28.80,32.30)	29.90(28.00,31.48)	29.80(28.00,31.10)	3.008	0.222
活化部分凝血活酶比值	1.04(0.99,0.99)	1.03(0.96,1.08)	1.02(0.96,1.07)	3.577	0.167
纤维蛋白原/ $(\text{g}/\text{L})$	3.09(2.75,3.37)	3.18(2.84,3.49)	3.48(3.06,3.96)	10.975	0.004
凝血酶时间/s	14.50(13.80,15.50)	14.60(13.90,15.08)	14.30(13.70,15.00)	2.340	0.310
D二聚体/ $(\text{mg}/\text{L})$	0.26(0.09,0.49)	0.43(0.27,0.79)	0.74(0.38,1.39)	26.079	<0.001
谷丙氨酸氨基转移酶/ $(\text{U}/\text{L})$	13.00(11.00,16.00)	14.00(11.00,20.00)	13.00(10.00,20.00)	2.935	0.230
天冬氨酸氨基转移酶/ $(\text{U}/\text{L})$	17.00(15.00,20.00)	17.00(14.25,21.00)	17.00(15.00,21.00)	0.328	0.849
$\gamma$ 谷丙酰基转移酶/ $(\text{U}/\text{L})$	17.00(14.00,23.00)	19.00(14.00,27.00)	20.00(15.00,26.00)	3.828	0.147
碱性磷酸酶/ $(\text{U}/\text{L})$	76.00(66.00,94.00)	79.50(66.00,96.75)	84.00(74.00,104.00)	4.099	0.129
总胆红素/ $(\text{mol}/\text{L})$	12.60(8.90,16.20)	10.25(8.10,13.65)	9.50(7.10,11.60)	8.360	0.015
直接胆红素/ $(\text{mol}/\text{L})$	4.00(3.00,5.00)	3.50(2.80,4.58)	3.10(2.60,4.00)	6.795	0.033
间接胆红素/ $(\text{mol}/\text{L})$	8.40(5.80,10.90)	6.75(5.10,8.90)	6.30(4.40,7.50)	8.671	0.013
前白蛋白/ $(\text{g}/\text{L})$	22.3(19.70,25.90)	22.9(20.40,25.80)	22.9(18.50,25.50)	1.300	0.522
白蛋白/ $(\text{g}/\text{L})$	42.90(40.40,44.60)	42.60(40.80,44.60)	42.10(40.20,44.30)	0.916	0.633
球蛋白/ $(\text{g}/\text{L})$	25.90(24.40,27.30)	23.35(23.53,27.70)	25.60(24.00,29.00)	1.074	0.584
白蛋白/球蛋白比值	1.67(1.53,1.76)	1.67(1.55,1.84)	22.90(18.50,25.50)	3.633	0.163
总胆固醇/ $(\text{mmol}/\text{L})$	4.60 $\pm$ 1.12	4.65 $\pm$ 1.01	4.79 $\pm$ 0.92	0.467 <sup>a</sup>	0.627
高密度脂蛋白胆固醇/ $(\text{mmol}/\text{L})$	1.23(1.05,1.50)	1.15(0.94,1.38)	1.16(0.99,1.34)	3.612	0.164
低密度脂蛋白胆固醇/ $(\text{mmol}/\text{L})$	2.72 $\pm$ 0.90	2.85 $\pm$ 0.80	3.04 $\pm$ 0.76	1.762 <sup>a</sup>	0.174
小而密低密度脂蛋白/ $(\text{mmol}/\text{L})$	0.47(0.35,0.67)	0.67(0.43,0.88)	0.58(0.45,0.84)	6.776	0.034
甘油三酯/ $(\text{mmol}/\text{L})$	1.03(0.88,1.31)	1.38(1.04,1.84)	1.36(1.08,1.75) <sup>+</sup>	12.399	0.002
同型半胱氨酸/ $(\text{mol}/\text{L})$	13.10(9.60,16.40)	12.50(9.85,16.00)	11.30(10.30,15.60)	0.447	0.800
游离脂肪酸/ $(\text{mol}/\text{L})$	45.00(32.00,55.40)	42.90(42.15,64.63)	50.40(40.20,59.00)	4.226	0.121
葡萄糖/ $(\text{mmol}/\text{L})$	4.97(4.71,5.49)	5.12(4.78,5.66)	5.08(4.67,5.66)	0.763	0.683
血尿素氮/ $(\text{mmol}/\text{L})$	5.70(4.90,6.20)	5.10(4.40,6.30)	5.20(4.50,6.80)	1.206	0.547
血肌酐/ $(\text{mol}/\text{L})$	61.00(56.00,70.00)	63.00(53.00,76.00)	60.00(56.00,71.00)	1.682	0.431
胱抑素 C/ $(\text{mg}/\text{L})$	0.97(0.84,1.04)	0.96(0.84,1.11)	1.01(0.88,1.15)	2.543	0.280
尿酸/ $(\text{mol}/\text{L})$	289.00(235.00,337.00)	294.50(252.00,354.75)	303.00(243.00,352.00)	0.990	0.610
缺血修饰白蛋白/ $(\text{ng}/\text{mL})$	73.49 $\pm$ 7.28	70.81 $\pm$ 7.05	72.21 $\pm$ 7.37	2.862 <sup>a</sup>	0.059
补体 Clq/ $(\text{mg}/\text{L})$	150.20(134.50,178.10)	148.65(131.55,179.00)	152.90(143.00,188.60)	2.546	0.280
肌酸激酶/ $(\text{U}/\text{L})$	72.00(52.00,112.00)	71.00(54.00,93.00)	66.00(49.00,81.00)	2.769	0.250
肌酸激酶同工酶/ $(\text{U}/\text{L})$	1.30(0.80,2.10)	1.20(0.90,1.90)	1.20(0.90,1.90)	0.153	0.926
肌钙蛋白 I/ $(\text{ng}/\text{mL})$	3.45(2.17,4.84)	3.57(2.40,5.72)	4.13(2.64,5.36)	0.971	0.615
乳酸脱氢酶/ $(\text{U}/\text{L})$	200.00(173.00,215.00)	203.00(184.25,231.75)	201.00(176.00,231.00)	2.939	0.230
钾离子浓度/ $(\text{mmol}/\text{L})$	4.08(3.97,4.22)	3.99(3.77,4.27)	4.08(4.00,4.37)	5.691	0.058
钠离子浓度/ $(\text{mmol}/\text{L})$	142.00(140.00,143.00)	142.00(141.00,144.00)	142.00(141.00,143.00)	4.789	0.091

续表

指标	衰弱组( <i>n</i> =45)	衰弱前期组( <i>n</i> =162)	无衰弱组( <i>n</i> =49)	<i>F</i> / $\chi^2$ / <i>H</i>	<i>P</i>
氯离子浓度/(mmol/L)	107.00(105.00,109.00)	107.00(105.00,109.00)	106.00(105.00,108.00)	2.679	0.262
二氧化碳结合力/(mmol/L)	24.3(23.30,25.50)	24(22.30,25.90)	23.90(22.20,26.20)	0.648	0.723
钙离子浓度/(mmol/L)	2.28(2.23,2.33)	2.30(2.22,2.35)	2.31(2.23,2.37)	1.359	0.507
磷离子浓度/(mmol/L)	1.26(1.08,1.37)	1.17(1.06,1.30)	1.24(1.14,1.33)	2.893 <sup>a</sup>	0.057
镁离子浓度/(mmol/L)	0.90(0.86,0.94)	0.89(0.85,0.94)	0.90(0.86,0.94)	0.456	0.796
疾病/ <i>n</i> (%)					
高血压	20(7.80)	77(30.10)	25(9.80)	2.046 <sup>b</sup>	0.360
糖尿病	6(2.30)	23(9.9)	6(2.30)	0.127 <sup>b</sup>	0.939
冠心病	1(0.40)	16(6.30)	5(2.00)	4.431 <sup>b</sup>	0.109
脑梗死	1(0.40)	15(5.90)	2(0.80)	4.197 <sup>b</sup>	0.123
ASA 分级/ <i>n</i> (%)				1.739 <sup>b</sup>	0.419
Ⅱ级	44(17.19)	159(62.11)	49(19.14)		
Ⅲ级	1(0.39)	3(1.17)	0(0)		
手术方式/ <i>n</i> (%)				8.169 <sup>b</sup>	0.086
单髁置换术	19(7.42)	74(28.91)	16(6.25)		
全膝关节置换术	19(7.42)	64(25.00)	14(5.47)		
全髌关节置换术	11(4.30)	24(9.38)	15(5.86)		
术前压疮风险/ <i>n</i> (%)				3.734	0.155
无风险	48(18.75)	158(61.72)	41(16.02)		
低风险	1(0.39)	3(1.17)	3(1.17)		
中风险	0(0)	1(0.39)	1(0.39)		

注:ASA,美国麻醉医师协会体力状态;<sup>a</sup>为*F*值,<sup>b</sup>为 $\chi^2$ 值。

## 2.2 无衰弱组、衰弱前期组和衰弱组的术后压力性损伤风险变化比较

无衰弱组、衰弱前期组和衰弱组患者在术后压力性损伤风险变化上均呈显著差异(训练集

$P=0.003$ ,验证集  $P<0.001$ )。与无衰弱组和衰弱前期组相比,衰弱组患者术后压力性损伤风险显著增加,见表2。

表2 无衰弱组、衰弱前期组和衰弱组的术后压力性损伤风险变化比较/*n*Table 2 Comparison of changes in postoperative pressure injury risk among non-frail, pre-frail, and frail groups/*n*

指标	无衰弱组	衰弱前期组	衰弱组	$\chi^2$	<i>P</i>
训练集术后压力性损伤风险变化				12.006	0.003
风险无变化	47	148	34		
风险升高	2	14	11		
验证集术后压力性损伤风险变化				18.349	<0.001
风险无变化	29	37	15		
风险升高	0	5	6		

## 2.3 术后压力性损伤风险变化预测模型的预测指标筛选

FRAIL 评分、白细胞计数、中性粒细胞、单核细胞、纤维蛋白原、缺血修饰白蛋白、钾离子浓度、钠离

子浓度与术后压力性损伤风险变化差异有统计学意义( $P<0.05$ ),其他 57 个变量与老年关节置换术患者术后压力性损伤风险变化差异无统计学意义( $P>0.05$ )。见表3。

表3 单因素 Logistic 回归评估各变量对术后压力性损伤风险变化的影响

Table 3 Univariate Logistic regression assessing the impact of each variable on changes in postoperative pressure injury risk

指标	$\beta$	Wald	OR	95%CI	P
FRAIL 评分	0.597	10.049	1.817	1.256~2.629	0.002
白细胞计数	0.169	4.955	1.184	1.020~1.374	0.026
中性粒细胞	0.197	2.298	1.218	1.029~1.440	0.022
单核细胞	2.267	5.281	9.651	1.094~85.158	0.041
纤维蛋白原	0.455	4.125	1.576	1.016~2.450	0.042
缺血修饰白蛋白	0.107	13.683	1.113	1.051~1.770	<0.001
钾离子浓度	1.339	5.415	3.816	1.235~11.791	0.012
钠离子浓度	-0.159	5.157	0.853	0.743~0.978	0.023

图1呈现了随着  $\lg\lambda$  的增加回归系数和二项偏差值的变化。本研究选取模型误差最小时所对应的 Lambda 值,即 Lambda.min,其值为 0.007 537 688。LASSO 回归在 Lambda.min 处共筛选出了 6 个重要指标: FRAIL 评分、中性粒细胞数、纤维蛋白原、缺

血修饰白蛋白、钾离子浓度及钠离子浓度。将上述变量纳入多因素 Logistic 回归,确定最终进入模型的预测因素包括 FRAIL 评分、中性粒细胞、缺血修饰白蛋白及钾离子浓度。见表4。

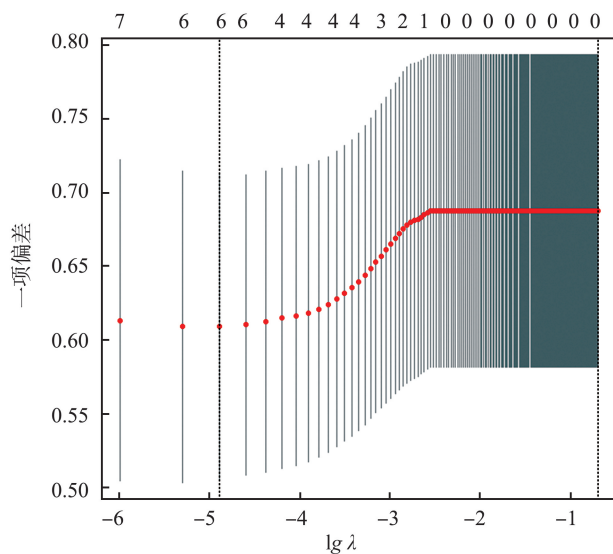
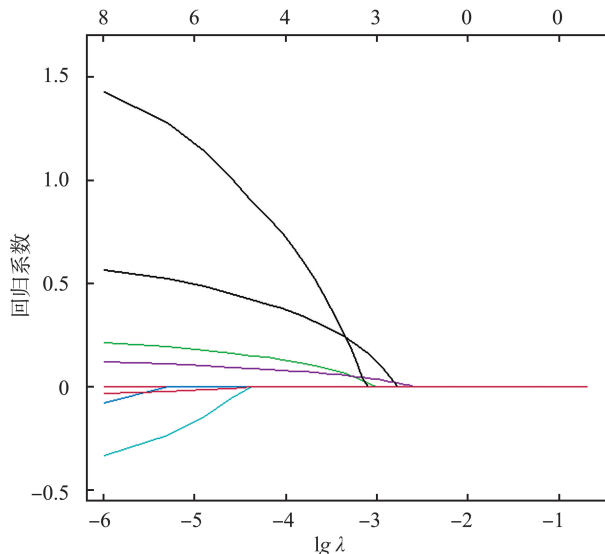


图1 LASSO 回归指标筛选

A:不同  $\lg\lambda$  对应的指标数量;B:LASSO 回归调谐参数选择的十折交叉验证。

Figure 1 LASSO regression indicator selection

A: The number of variables corresponding to different  $\lg\lambda$ ; B: Ten-fold cross-validation for tuning parameter selection in LASSO regression.

表4 多因素 Logistic 回归评估各变量对术后压力性损伤风险变化的独立影响

Table 4 Multivariate Logistic regression assessing the independent impact of each variable on changes in postoperative pressure injury risk

指标	$\beta$	Wald	OR	95%CI	P
FRAIL 评分	0.542	7.646	1.719	1.171~2.524	0.006
缺血修饰白蛋白	0.111	12.844	1.117	1.051~1.187	<0.001
钾离子浓度	1.348	4.382	3.848	1.090~13.589	0.036
中性粒细胞	0.200	5.189	1.222	1.028~1.451	0.023
常量	-17.535	20.982	0.001		<0.001

## 2.4 构建预测模型并检验拟合度

ROC 曲线结果显示,AUC 值为 0.825(95%CI: 0.734~0.915),模型敏感度为 0.889,特异度为

0.681,见图2。Hosmer-Lemeshow 检验为  $\chi^2 = 14.07, P=0.08$ 。

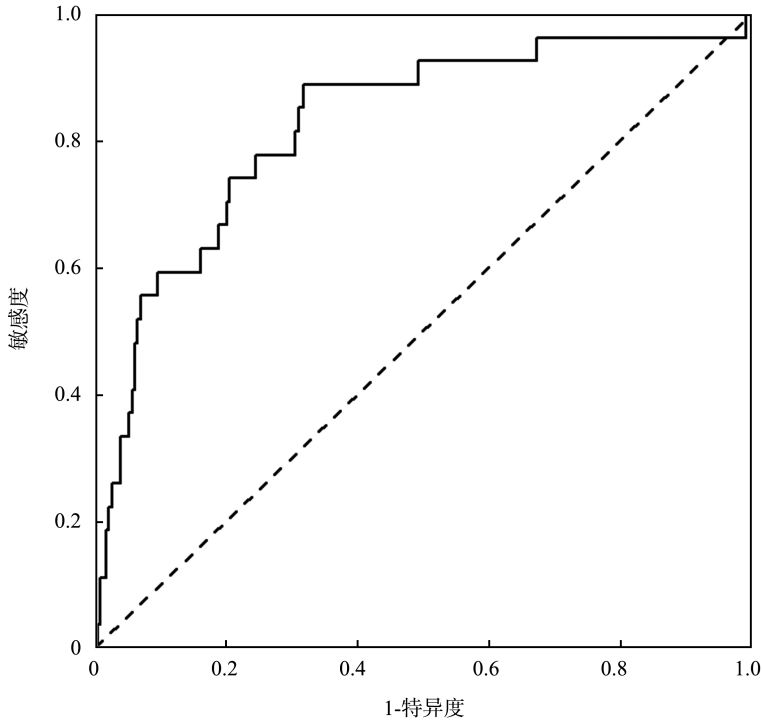


图2 术后压力性损伤风险变化预测模型的 ROC 曲线

Figure 2 ROC curve of the prediction model for changes in postoperative pressure injury risk

## 2.5 模型的内部与外部验证

Bootstrap 内部验证结果显示,AUC 值为 0.790。使用外部验证集对上述风险预测模型进行时间外部验证,结果显示,AUC 为 0.834 (95% CI: 0.748 ~

0.921),敏感度为 0.870,特异度为 0.681。此外,Hosmer-Lemeshow 检验结果显示  $\chi^2 = 12.98, P = 0.11$ 。见图 3。

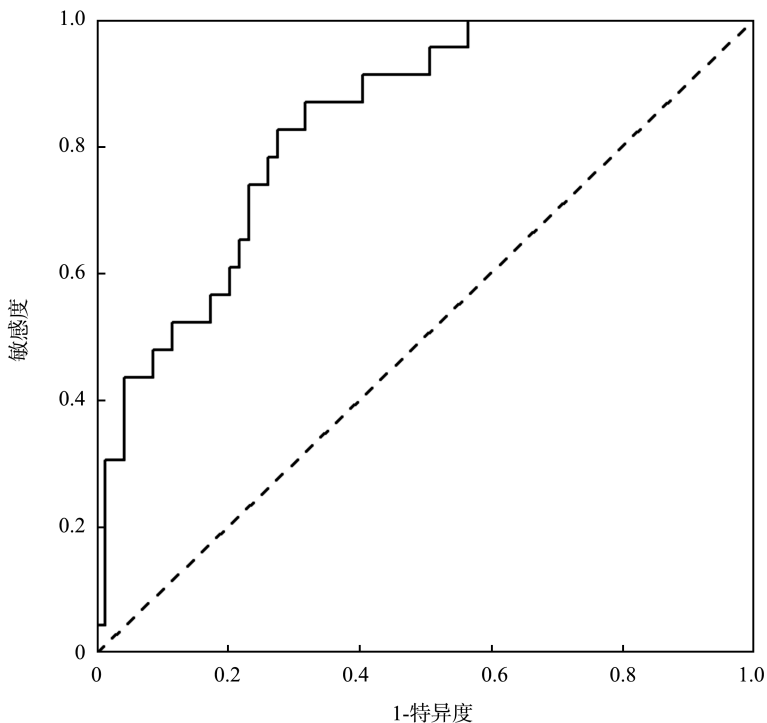


图3 外部验证集构建压力性损伤风险变化预测模型的 ROC 曲线

Figure 3 ROC curve for the prediction model of changes in pressure injury risk constructed using the external validation set

### 2.6 模型可视化—绘制 Nomogram

模型表现出良好的校准度,校准曲线的平均绝对误差为 0.016。见图 5。

本研究构建的 Nomogram 模型如图 4 所示。该

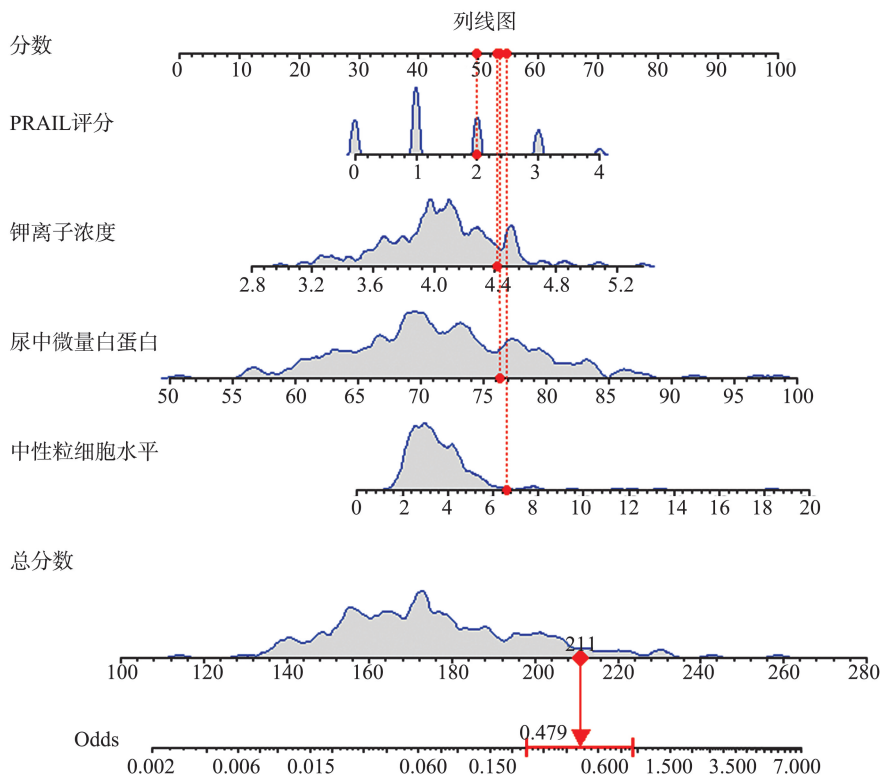


图 4 术后压力性损伤风险变化预测模型的列线图  
Figure 4 Nomogram of the prediction model for changes in postoperative pressure injury risk

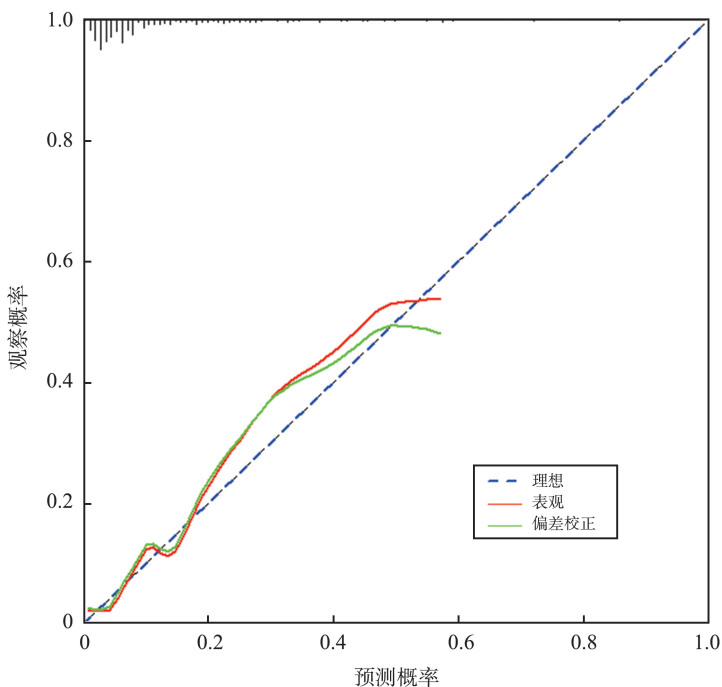


图 5 术后压力性损伤风险变化预测模型的列线图校正曲线  
Figure 5 Calibration curve of the nomogram for the prediction model of changes in postoperative pressure injury risk

### 2.7 模型的临床适用性

用模型的净获益高于不使用任何预测策略。见图 6。

决策曲线分析显示,当概率在 0.05~0.45 时,使

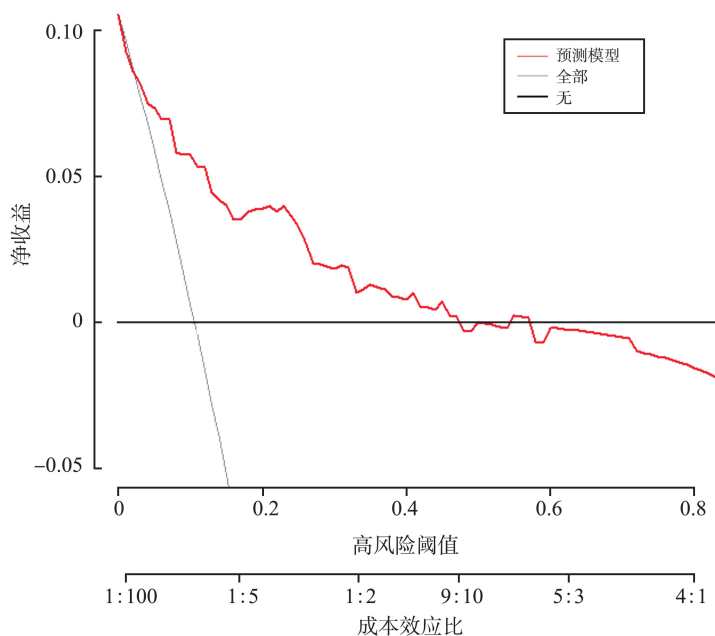


图6 术后压力性损伤风险变化预测模型的DCA曲线

Figure 6 DCA for the prediction model of changes in postoperative pressure injury risk

## 2.8 基于年龄和手术方式的亚组分析

在年龄亚组 FRAIL 评分分析中,60~70 岁组与术后压力性损伤风险呈显著相关性( $OR=3.17, 95\%CI: 1.16\sim 8.69, P=0.004$ ),在 $\geq 70$ 岁组中无显著相关性( $OR=2.67, 95\%CI: 0.78\sim 9.15, P=0.116$ )。手术方式的亚组分析显示,单髁置换术患者中 FRAIL 评分与术后压力性损伤风险呈显著相关性( $OR=5.68, 95\%CI: 1.58\sim 20.35, P=0.001$ ),全膝关节置换术和全髋关节置换术中无显著相关性(分别为  $OR=3.06, 95\%CI: 0.11\sim 12.83, P=0.315$ ;  $OR=1.48, 95\%CI: 0.49\sim 4.44, P=0.489$ )。

## 3 讨论

近年来,关于老年关节置换患者衰弱状态的研究逐渐增多,国内外学者普遍关注衰弱状态对手术预后和并发症的影响。现有研究多集中于衰弱状态的发生率及其与术后并发症的关系,然而不同研究使用的评估工具和研究对象存在差异,使得各研究结果不尽相同。吴京亮等<sup>[9]</sup>使用 FRAIL 量表评估初次全膝关节置换术老年患者的衰弱发生率为 18.0%,而 Wanaratna 等<sup>[19]</sup>使用 Fried 衰弱表型评估老年膝关节骨性关节炎患者的衰弱发生率为 12.9%。这些研究虽使用不同的评估工具和样本,但均表明衰弱在老年关节置换术患者中是一个普遍现象。本研究结果显示,老年关节置换术患者的衰弱发生率为 17.6%,衰弱发生率水平较高,与这些研究结果相符,进一步支持了 FRAIL 量表在评估老年

关节置换术患者术前衰弱状态中的有效性。此外,性别差异在衰弱患者中的分布也表现出一定的规律性。既往研究表明,女性老年患者由于激素水平的变化及生活方式的差异,更容易出现骨质疏松、肌肉减少等问题,从而导致功能退化和衰弱状态的加剧<sup>[20-21]</sup>。本研究结果显示,女性患者的衰弱发生率显著高于男性,与既往研究一致,表明女性患者在衰弱状态的进展上存在更高的风险。因此,在临床实践中,对女性患者应给予更多的关注和个性化干预,以减少术后并发症的发生,改善其预后。

衰弱状态已被广泛研究证明是老年患者术后并发症的主要危险因素,尤其是在心脏、肺部及其他器官功能恢复方面<sup>[22]</sup>。在关节置换术患者中,术后康复对患者的生理储备提出了更高的要求<sup>[23]</sup>,而衰弱患者由于生理储备功能不足,术后对应激反应更为迟缓,恢复时间显著延长。特别是在拟行关节置换术的老年患者中,衰弱状态不仅会导致术后恢复缓慢,还可能进一步限制患者的体力活动,增加术后长期卧床的风险<sup>[24]</sup>。这种活动受限会延长局部组织的受压时间,导致组织缺氧,从而显著增加压力性损伤的发生率。本研究结果显示,拟行关节置换术的衰弱患者术后压力性损伤风险显著高于无衰弱患者,表明衰弱状态在关节置换术后的恢复中起到一定的负面作用。

本研究结果显示,FRAIL 评分、中性粒细胞、缺血修饰白蛋白及钾离子浓度是预测老年关节置换术后压力性损伤风险的独立因素。FRAIL 评分作为评估衰弱状态的重要工具,已被广泛用于评估老年

患者的整体健康状况及术后恢复能力。衰弱状态已被多项研究证明与术后并发症的发生密切相关<sup>[25-26]</sup>。然而,有研究更多侧重于全身并发症的预测,而压力性损伤作为术后局部并发症,尚未得到足够的关注。本研究结果显示,FRAIL评分每增加一个单位,术后压力性损伤风险增加71.9%,提示衰弱状态不仅影响全身并发症,也显著影响术后局部并发症的发生风险。本研究强调了FRAIL评分在术后压力性损伤风险评估中的关键作用,并对术后局部并发症风险评估的不足进行了补充。

相比于既往仅基于衰弱评分的研究,本研究结合了生物标志物,如中性粒细胞、缺血修饰白蛋白和钾离子浓度,为术后并发症的预测提供了更全面的视角。中性粒细胞水平升高与术后早期的炎症反应密切相关<sup>[27]</sup>。已有研究表明,术后炎症反应不仅影响全身康复,还可能导致局部组织修复受损,增加压力性损伤的风险<sup>[28]</sup>。本研究结果显示,中性粒细胞水平每升高 $1 \times 10^9/L$ ,压力性损伤的风险增加22.2%,进一步支持了术后炎症反应与局部并发症之间的关联。由此提示,临床上不仅要关注术后全身炎症的控制,还应注意炎症反应对局部组织的潜在影响。

缺血修饰白蛋白作为缺血和氧化应激的标志物,其水平的升高反映了术后局部组织缺血和氧化应激的严重程度。有研究指出,氧化应激会显著延缓组织修复,增加术后并发症的发生风险<sup>[29]</sup>。然而,关于缺血修饰白蛋白与压力性损伤的关系研究较少。本研究发现,缺血修饰白蛋白每增加 $1 \text{ ng/mL}$ ,压力性损伤风险增加11.7%,表明氧化应激在压力性损伤的发生过程中起到了重要作用。此发现为未来研究提供了新的方向,即通过控制氧化应激水平或缺血状态,可能有助于减少术后压力性损伤的发生。

钾离子浓度的异常反映了电解质平衡失调,而电解质紊乱已被证明是多种术后并发症的危险因素<sup>[30]</sup>。本研究进一步发现,钾离子浓度的升高与术后压力性损伤的发生显著相关,提示电解质平衡管理在预防术后并发症中的重要性。与相关研究相比<sup>[31]</sup>,本研究将钾离子浓度与老年关节置换术患者术后压力性损伤风险联系起来,为临床实践提供了新的干预目标。

基于这些变量,本研究构建了预测老年关节置换术后压力性损伤风险的综合模型,模型的AUC值达到0.825,显示出良好的预测能力。与其他研究基于单一衰弱评分的预测模型相比具有显著优势。

通过将FRAIL评分与关键生物标志物结合,本研究的模型能够更全面地评估患者的术后风险。决策曲线分析进一步表明,该模型在临床应用中的效用较高,能够帮助临床医生做出具有个性化的护理决策,从而改善患者预后。

有研究指出,衰弱状态对较年轻老年患者的术后并发症具有显著影响<sup>[32]</sup>。本研究结果显示,在60~70岁患者中,术前衰弱状态对术后压力性损伤有预测作用,提示在这一年龄段,衰弱状态对术后恢复和并发症的发生具有更直接的作用。相比之下,对于 $\geq 70$ 岁患者,合并症的发生率显著增加,如慢性心血管疾病、糖尿病等,这些因素在术后恢复和并发症的发生中起到了更为主导的作用。因此,衰弱状态虽存在,但其对压力性损伤风险的直接影响可能在这一年龄段被其他显著风险因素所掩盖。由此可见,年龄较大的患者需要更多关注合并症的管理,而不仅仅局限于衰弱状态的评估。此外,本研究结果显示,术前衰弱状态在单髁置换术患者中对术后压力性损伤风险有预测作用。单髁置换术创伤相对较小,术后恢复主要依赖于患者自身的生理储备能力,与蒋亚等<sup>[33]</sup>研究一致,强调了衰弱状态在较小创伤手术中对并发症发生的关键影响。相比之下,全膝关节置换术和全髋关节置换术患者未表现出这种显著关联。有研究显示,这类复杂手术常需要综合的术后护理和康复措施,包括加强护理干预和物理治疗,可能在一定程度上缓解衰弱状态对术后并发症的直接影响<sup>[34]</sup>。由此提示,在复杂手术中,术后管理的复杂性和全面性可能削弱了术前衰弱状态对压力性损伤的预测作用。

本研究尚存在一定的局限性。首先,本研究数据仅来自山东大学齐鲁医院,属于单中心研究。不同地区和医疗机构的患者特征和治疗方案可能存在差异,可能影响研究结果的外部效度。未来研究应进行多中心研究,以验证本研究结果的普适性。其次,本研究的随访时间相对较短,仅涵盖术后早期阶段。术后压力性损伤的发生可能受长期因素的影响,未来研究应延长随访时间,以评估压力性损伤的发生率和影响因素。最后,本研究虽评估了多种实验室检查指标,但仍有一些潜在影响因素未被纳入分析,如患者的社会经济状况、生活习惯和心理状态等。这些因素可能对术后压力性损伤的发生有重要影响,未来研究应考虑这些因素,以全面评估影响因素。

综上所述,本研究通过构建基于FRAIL评分、中性粒细胞、缺血修饰白蛋白及钾离子浓度的术后

压力性损伤风险预测模型,提供了一种有效的临床工具,相较于那些变量复杂、计算繁琐的评分模型,本研究所构建的预测模型在临床中所需的变量信息较易获取,计算也更为简便。此外,该模型对医护人员的临床经验要求较低,不需要记忆病史或症状等因素。因此,该模型在保证良好预测性的同时,还具备较高的客观性和可行性,能够帮助医护人员早期识别高风险患者,制定个性化的护理计划,改善患者预后。未来研究应进一步验证该模型在不同人群中的适用性,探索更多可能的预测因子,以提高模型的预测能力和临床实用性。

老年关节置换术患者术前衰弱患病率较高,衰弱是术后压力性损伤和跌倒风险升高的独立危险因素。FRAIL 衰弱评分结合中性粒细胞、缺血修饰白蛋白及钾离子浓度构建的术后压力性损伤风险变化预测模型校准良好,预测能力较高,且在内部和外部验证中均具有良好的判别性。模型可视化后的列线图可应用于临床,为临床决策提供参考。

## 参考文献:

- [1] 崔俊富,郭素,张太乐. 中国人口老龄化研究综述与探索[J]. 江苏商论, 2024, 6: 83-87.  
CUI Junfu, GUO Su, ZHANG Taile. A review and exploration of research on population aging in China [J]. Jiangsu Commercial Forum, 2024, 6: 83-87.
- [2] GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990-2017; a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. Lancet, 2018, 392(10159): 1789-1858.
- [3] 鞠晓聪,王冰,王峰,等. 高龄膝骨关节炎患者人工单髁关节置换疗效分析[J]. 中国骨伤, 2022, 35(7): 637-643.  
JU Xiacong, WANG Bing, WANG Feng, et al. Effect of unicompartmental knee arthroplasty in patients over 75 years old with knee osteoarthritis [J]. China Journal of Orthopaedics and Traumatology, 2022, 35(7): 637-643.
- [4] Pulido L, Parvizi J, Macgibeny M, et al. In hospital complications after total joint arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2008, 23(6 Suppl 1): 139-145.
- [5] Hajhosseini B, Longaker MT, Gurtner GC. Pressure injury [J]. Ann Surg, 2020, 271(4): 671-679.
- [6] Markle-Reid M, Browne G. Conceptualizations of frailty in relation to older adults[J]. J Adv Nurs, 2003, 44(1): 58-68.
- [7] 刘盼,马丽娜. 老年衰弱综合征的综合管理[J]. 中国临床保健杂志, 2023, 26(1):35-40.  
LIU Pan, MA Lina. Comprehensive management of frailty geriatric syndrome [J]. Chinese Journal of Clinical Health Care, 2023, 26(1): 35-40.
- [8] Traven SA, Reeves RA, Sekar MG, et al. New 5-factor modified frailty index predicts morbidity and mortality in primary hip and knee arthroplasty [J]. J Arthroplasty, 2019, 34(1): 140-144.
- [9] 吴京亮,张丛笑,宋华伟,等. FRAIL 衰弱量表在初次行全膝关节置换术老年患者中的应用[J]. 实用骨科杂志, 2021, 27(6): 501-505.  
WU Jingliang, ZHANG Congxiao, SONG Huawei, et al. Clinical use of FRAIL scale in older patients of primary total knee arthroplasty [J]. Journal of Practical Orthopaedics, 2021, 27(6): 501-505.
- [10] 胡冰,翁艳秋,胡敏. 医院衰弱风险评分预测老年患者不良临床结局的 Meta 分析[J]. 军事护理, 2024, 41(3): 101-105.  
HU Bing, WENG Yanqiu, HU Min. A meta-analysis of hospital frailty risk scores predicting adverse clinical outcomes in elderly patients [J]. Military Nursing, 2024, 41(3): 101-105.
- [11] 陈木欣,梁好,赵怡迪,等. 不同衰弱评估工具在老年术前衰弱筛查中的应用效果比较研究[J]. 中国全科医学, 2024, 27(30): 3790-3796.  
CHEN Muxin, LIANG Hao, ZHAO Yidi, et al. Effectiveness comparison of different frailty assessment tools in preoperative frailty screening in the elderly [J]. Chinese General Practice, 2024, 27(30): 3790-3796.
- [12] Morley JE, Malmstrom TK, Miller DK. A simple frailty questionnaire (FRAIL) predicts outcomes in middle aged African Americans [J]. J Nutr Health Aging, 2012, 16(7): 601-608.
- [13] 初英虹. 基于衰弱评估的住院老年内科患者护理不良事件风险研究[D]. 济南: 山东大学, 2023.
- [14] 娄美芸,马瑛,栾晓嵘,等. 老年肺癌患者 AGILE 衰弱评估与跌倒及 VTE 风险的关系探究[J]. 齐鲁护理杂志, 2022, 28(23): 12-15.  
LOU Meiyun, MA Ying, LUAN Xiaorong, et al. Study on the relationship among AGILE breakdowns assessment, fall and the risk of VTE in elderly patients with lung cancer [J]. Journal of Qilu Nursing, 2022, 28(23): 12-15.
- [15] Bergstrom N, Braden BJ, Laguzza A, et al. The braden scale for predicting pressure sore risk [J]. Nurs Res, 1987, 36(4): 205-210.
- [16] Ng YX, Cheng LJ, Quek YY, et al. The measurement properties and feasibility of FRAIL scale in older adults: a systematic review and meta-analysis [J]. Ageing Res Rev, 2024, 95: 102243. doi: 10.1016/j. arr. 2024. 102243.

- [17] 蒋琪霞, 苗素琴, 陈文芳. 手术获得性压力性损伤流行特征和危险评估新进展[J]. 医学研究生学报, 2019, 32(8): 882-885.  
JIANG Qixia, MIAO Suqin, CHEN Wenfang. New progress of epidemic characteristics and risk assessment on intraoperatively acquired pressure injury[J]. Journal of Medical Postgraduates, 2019, 32(8): 882-885.
- [18] 梁耀斌, 田大为, 杨剑. 手术室舒适护理对骨关节置换术患者疗效及护理满意度的影响[J]. 湖北医药学院学报, 2021, 40(3): 307-309.  
LIANG Yaobin, TIAN Dawei, YANG Jian. Effect of comfortable nursing in operating room on the efficacy and nursing satisfaction of patients undergoing bone joint replacement [J]. Journal of Hubei University of Medicine, 2021, 40(3): 307-309.
- [19] Wanaratna K, Muangpaisan W, Kuptniratsaikul V, et al. Prevalence and factors associated with frailty and cognitive frailty among community-dwelling elderly with knee osteoarthritis[J]. J Community Health, 2019, 44(3): 587-595.
- [20] 罗湘杭, 周若琦. 骨质疏松的病因及发病机制研究进展[J]. 山东大学学报(医学版), 2021, 59(6): 10-15.  
LUO Xianghang, ZHOU Ruoyu. Advances on the etiology and pathogenesis of osteoporosis[J]. Journal of Shandong University (Health Sciences), 2021, 59(6): 10-15.
- [21] Janssen I, Heymsfield SB, Wang ZM, et al. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr[J]. J Appl Physiol (1985), 2000, 89(1): 81-88.
- [22] Robinson TN, Wu DS, Pointer L, et al. Simple frailty score predicts postoperative complications across surgical specialties[J]. Am J Surg, 2013, 206(4): 544-550.
- [23] 戴林慧. 老年股骨颈骨折关节置换术患者早期功能康复护理分析[J]. 安徽医学, 2022, 21(4): 57-59.  
DAI Linhui. Analysis of early functional rehabilitation nursing in elderly patients with femoral neck fracture and joint replacement[J]. Journal of Anhui Medical College, 2022, 21(4): 57-59.
- [24] 秦灵, 吴曦, 李子巍. 关节置换术病人合并衰弱的研究进展[J]. 全科护理, 2024, 22(3): 461-465.  
QIN Ling, WU Xi, LI Ziwei. Research progress of joint replacement patients with frailty [J]. Chinese General Practice Nursing, 2024, 22(3): 461-465.
- [25] Jaul E, Barron J, Rosenzweig JP, et al. An overview of co-morbidities and the development of pressure ulcers among older adults[J]. BMC Geriatr, 2018, 18(1): 305.
- [26] Hoogendijk EO, Afilalo J, Ensrud KE, et al. Frailty: implications for clinical practice and public health [J]. Lancet, 2019, 394(10206): 1365-1375.
- [27] Liew PX, Kubes P. The neutrophil's role during health and disease[J]. Physiol Rev, 2019, 99(2): 1223-1248.
- [28] Marzano AV, Ortega-Loayza AG, Heath M, et al. Mechanisms of inflammation in neutrophil-mediated skin diseases[J]. Front Immunol, 2019, 10: 1059. doi:10.3389/fimmu.2019.01059.
- [29] Ruilope LM, Ortiz A, Lucia A, et al. Prevention of cardiorenal damage: importance of albuminuria [J]. Eur Heart J, 2023, 44(13): 1112-1123.
- [30] Kovesdy CP. Updates in hyperkalemia: outcomes and therapeutic strategies[J]. Rev Endocr Metab Disord, 2017, 18(1): 41-47.
- [31] Montford JR, Linas S. How dangerous is hyperkalemia? [J]. J Am Soc Nephrol, 2017, 28(11): 3155-3165.
- [32] 孙超. 我国老年人群衰弱综合征影响因素和不良结局的调查[D]. 西安: 中国人民解放军空军军医大学, 2022.
- [33] 蒋亚, 周燕, 王艳敏. 术前衰弱对老年髌膝关节置换术后膝关节功能康复的影响[J]. 吉林医药学院学报, 2023, 44(5): 330-332.  
JIANG Ya, ZHOU Yan, WANG Yanmin. Effect of pre-operative weakness on knee function rehabilitation after hip and knee arthroplasty in the elderly[J]. Journal of Jilin Medical University, 2023, 44(5): 330-332.
- [34] Tay Swee Cheng R, Klainin-Yobas P, Hegney D, et al. Factors relating to perioperative experience of older persons undergoing joint replacement surgery: an integrative literature review[J]. Disabil Rehabil, 2015, 37(1): 9-24.

(编辑:徐苗蓁)