

全膝关节置换术后切口愈合不良预测模型的建立与验证

周德威^{1*}, 李梁涛^{2#}

¹济宁医学院临床医学院, 山东 济宁

²济宁医学院附属医院关节与运动医学科, 山东 济宁

收稿日期: 2025年5月11日; 录用日期: 2025年6月5日; 发布日期: 2025年6月13日

摘要

目的: 分析全膝关节置换(Total knee arthroplasty, TKA)患者术后发生切口愈合不良(Poor wound healing, PWH)的危险因素, 建立并验证列线图预测模型。方法: 回顾性分析2022年6月至2024年6月于济宁医学院附属医院关节与运动医学科接受TKA治疗的1055例患者的病历资料, 按照7: 3随机分为实验组($n = 738$, 其中PWH患者38例, 正常患者700例)与验证组($n = 317$, 其中PWH患者17例, 正常患者300例)。收集实验组与验证组患者围手术期的一般资料, 对TKA患者术后PWH进行单因素及多因素分析, 建立并验证TKA患者术后PWH列线图预测模型。结果: 实验组单因素分析结果表明, PWH患者合并2型糖尿病占比、合并高脂血症占比、合并类风湿性关节炎占比、手术时间、术中出血量 ≥ 100 ml占比、引流管放置时间 ≥ 48 h占比、住院时间 ≥ 10 天占比高于正常患者, 术前血红蛋白水平、术前白蛋白水平低于正常患者, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 多因素分析结果表明, 手术时间延长以及合并2型糖尿病、合并高脂血症为增加TKA术后PWH的危险因素, 术前高水平血红蛋白以及白蛋白为减少TKA术后PWH的保护因素($P < 0.05$)。实验组ROC结果显示: AUC为0.885 (95%CI: 0.805~0.911); 验证组ROC结果显示: AUC为0.907 (95%CI: 0.857~0.871)。实验组与验证组校准曲线均显示与参考曲线走行一致性良好。经决策曲线评估, 实验组与验证组均有较好的临床收益。结论: 经分析, 合并2型糖尿病、合并高脂血症、手术时间延长为增加PWH发生的危险因素, 术前血红蛋白高水平、术前白蛋白高水平为减少PWH发生的保护因素。基于以上危险因素及保护因素构建的列线图预测模型能够有效地评估TKA患者术后发生PWH的风险, 且经决策曲线评估有较好的临床收益。

关键词

切口愈合不良, 并发症, 列线图预测模型, 危险因素, 全膝关节置换术, 骨性关节炎

Establishment and Validation of a Model for Predicting Poor Wound Healing after Total Knee Arthroplasty

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 周德威, 李梁涛. 全膝关节置换术后切口愈合不良预测模型的建立与验证[J]. 临床个性化医学, 2025, 4(3): 520-533. DOI: 10.12677/jcpm.2025.43377

Dewei Zhou^{1*}, Liangtao Li^{2#}¹School of Clinical Medicine, Jining Medical College, Jining Shandong²Department of Joint and Sports Medicine, Affiliated Hospital of Jining Medical College, Jining ShandongReceived: May 11th, 2025; accepted: Jun. 5th, 2025; published: Jun. 13th, 2025

Abstract

Objective: To analyze the risk factors for poor incision healing in patients after total knee arthroplasty and to establish and validate a nomogram prediction model. **Methods:** We retrospectively reviewed the medical records of 1055 patients undergoing TKA procedures in the Department of Joint and Sports Medicine, Jining Medical University Affiliated Hospital from June 2022 to June 2024, these patients were randomly divided into the experimental group (n = 738, including 38 PWH patients and 700 normal patients) and the validation group (n = 317, including 17 PWH patients and 300 normal patients) in a 7:3 ratio. Collect the general data of patients in the experimental group and the validation group during the perioperative period. Conduct univariate and multivariate analyses on the poor wound healing after total knee arthroplasty. Establish and validate the nomogram prediction model for poor wound healing after total knee arthroplasty in patients. **Results:** The results of univariate analysis in the experimental group indicated that the proportions of PWH patients with type 2 diabetes, hyperlipidemia, rheumatoid arthritis, operation time, intraoperative blood loss ≥ 100 ml, drainage tube placement time ≥ 48 h, and hospital stay ≥ 10 days were higher than those of normal patients, while the preoperative hemoglobin level and preoperative albumin level were lower than those of normal patients, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). The results of multivariate analysis indicated that prolonged operation time and the coexistence of type 2 diabetes and hyperlipidemia were risk factors for poor wound healing after total knee arthroplasty, while preoperative high levels of hemoglobin and albumin were protective factors ($P < 0.05$). The ROC results of the experimental group showed that the AUC was 0.885 (95%CI: 0.805~0.911); the ROC results of the validation group showed that the AUC was 0.907 (95%CI: 0.857~0.871). The calibration curves of the experimental group and the validation group both showed good consistency with the reference curve. Based on the evaluation by the decision curve, both the experimental group and the validation group showed good clinical benefits. **Conclusion:** For total knee arthroplasty, the predictors of PWH are prolonged surgical duration, Type 2 diabetes mellitus and hyperlipidemia. Preoperatively high-level hemoglobin and albumin levels can be used to predict the protective effects of PWH in total knee arthroplasty. The nomogram prediction model constructed based on the above risk factors and protective factors can effectively assess the risk of PWH in patients undergoing TKA, and it has been evaluated by the decision curve and shown to have relatively good clinical benefits.

Keywords

Poor Wound Healing, Complications, Nomogram Prediction Model, Risk Factors, Total Knee Arthroplasty, Osteoarthritis

Copyright © 2025 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

全膝关节置换术(Total knee arthroplasty, TKA)是目前治疗各类晚期膝关节疾病最常用的治疗手段[1]。

TKA 可有效改善患者膝关节疼痛、活动受限、关节畸形等临床症状,恢复下肢力线,提升患者运动功能及生活质量[2]。但由于常规 TKA 手术切口较长,膝关节前方软组织较少,且 TKA 术后患者需早期行康复训练来恢复膝关节功能,导致活动中膝关节切口部位张力较大,因此切口愈合不良(Poor wound healing, PWH)成为临床较常见的 TKA 术后并发症之一[3],且 PWH 后期极易出现切口感染化脓甚至蔓延至关节腔内导致假体周围感染(Periprosthetic joint infection, PJI) [4]。相对于如何治疗 PWH,预防其发生更是重中之重。因此,正确地识别了解 TKA 术后 PWH 发生的危险因素是预防 PWH 的关键所在。基于此,本研究旨在重点探讨 TKA 术后可能导致 PWH 发生的危险因素,并依据所分析出的相关危险因素构建列线图预测模型,以期预防 TKA 术后 PWH 提供相应理论依据,方便指导后续临床工作。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

纳入标准:(1) 患者入院就诊及治疗经过等病历资料保存完整;(2) 患者初次行全膝关节置换术;(3) 主要诊断为骨性关节炎或类风湿性关节炎;(4) 既往无膝关节及全身感染性病史;(5) 1 年内无同侧膝关节注射史;(6) 既往无同侧膝关节手术史;(7) 术前 6 个月内无严重心脑血管疾病发生;(8) 手术由我科主任医师及经验丰富的副主任医师完成。排除标准:(1) 病例资料不完整者;(2) 既往有膝关节及全身感染性病史者;(3) 合并骨肿瘤者;(4) 合并多器官功能不全及存在严重并发症者。

根据上述纳入标准及排除标准,将 2022 年 6 月至 2024 年 6 月济宁医学院附属医院关节与运动医学科收治并行 TKA 的 1055 例患者纳入本研究,其中男性 316 例,女性 739 例,平均年龄(65.52 ± 7.97)岁。运用 R (R4.1.3)软件按照 7:3 随机分为实验组($n = 738$, 其中 PWH 患者 38 例,正常患者 700 例)与验证组($n = 317$, 其中 PWH 患者 17 例,正常患者 300 例)。

本研究通过济宁医学院临床医学院伦理委员会审批(JNMC-YX-2025-053),所有患者术前均已经签署手术知情同意书。

2.2. 判定标准

根据国内外相关研究[5]-[7],全膝关节置换术后切口愈合不良诊断标准如下:(1) 术后第 3 天或更长时间仍有渗液,且渗液持续时间至少为 3 天;(2) 渗出液颜色为微黄色或微红色,色泽清澈,无脓性分泌物;(3) 通过细菌培养证实渗出液中无细菌生长(回复审稿意见:本科室对于患者术后切口渗出情况主张常规行渗出液细菌培养检查以确保有备无患);(4) 切口敷料的穿透面积不小于 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$;(5) 包括切口开裂、皮下血肿形成、脂肪液化、切口皮肤边缘坏死、窦道形成、切口延迟愈合等情况,但不包括切口浅表部位感染、切口深部感染以及假体周围感染等情况。

2.3. 临床资料收集

按照设计的研究方案,在医院电子病历中采集病人相关临床资料,如性别、年龄、BMI、既往基础疾病史(高血压病、2 型糖尿病、冠心病、高脂血症)、是否有不良习惯(吸烟、饮酒)、是否合并类风湿性关节炎、术前血红蛋白指标、白蛋白指标、手术时间、术中麻醉方式、术中出血量、是否输注异体血液、引流管放置时间和住院时间。其中吸烟为每天 5 支以上,连续 6 个月以上;饮酒为每天饮酒 50 mL 以上,连续 6 个月以上;高血压病参照《2024 年中国高血压防治指南》诊断[8],收缩压 $\geq 140\text{ mmHg}$ 和或舒张压 $\geq 90\text{ mmHg}$ 。2 型糖尿病参照《2022 年中国老年 2 型糖尿病防治指南》[9],空腹血糖 $\geq 7.0\text{ mmol/L}$,负荷后 2 小时血糖 $\geq 11.1\text{ mmol/L}$,或随机血糖 $\geq 11.1\text{ mmol/L}$,具备上述任意一项即诊断 2 型糖尿病。高脂血症参照《2016 年中国成人血脂异常防治指南》诊断[10],总胆固醇 $\geq 6.2\text{ mmol/L}$ (高胆固醇血症)、

甘油三酯 ≥ 2.3 mmol/L(高甘油三酯血症)、低密度脂蛋白 ≥ 4.1 mmol/L 和或高密度脂蛋白 ≤ 1.0 mmol/L (低高密度脂蛋白血症), ≥ 2 项者为混合型高脂血症。

2.4. 统计学方法

采用 SPSS27.0 软件对数据进行统计学分析, 计量资料经 Shapiro-wilk 正态性检验, 均符合正态分布, 以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间数据比较采用独立样本 t 检验; 计数资料以[例(%)]表示, 组间数据比较采用 χ^2 检验, 存在期望计数 < 5 时则采用 Fisher 精确检验。对实验组进行全膝关节置换术后切口愈合不良(提交审稿时人为输入错误, 现改正)单因素分析, 然后将单因素分析结果中差异有统计学意义的变量纳入二元 logistic 线性回归分析, 得出多因素分析结果。以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

根据实验组多因素 logistic 回归分析结果得出最佳的变量组合, 采用 R (R4.1.3) 软件的预编译代码 rms、survival、ggDCA 程序包建立全膝关节置换术后切口愈合不良(提交审稿时人为输入错误, 现改正)的列线图预测模型, 然后分别绘制实验组与验证组的受试者操作特征曲线(Receiver operating characteristic curve, ROC)、校准曲线、以及决策曲线(Decision curve, DC)进行内部验证模型。

3. 结果

3.1. 实验组与验证组数据对比结果

两组性别($P = 0.714$)、年龄($P = 0.920$)、BMI($P = 0.520$)、高血压病($P = 0.418$)、2 型糖尿病($P = 0.643$)、冠心病($P = 0.292$)、高脂血症($P = 0.176$)、类风湿性关节炎($P = 1$)、抽烟($P = 0.686$)、喝酒($P = 0.891$)、术前血红蛋白($P = 0.521$)、术前白蛋白($P = 0.428$)、麻醉方式($P = 0.141$)、手术时间($P = 0.491$)、术中出血量($P = 0.740$)、引流管放置时间($P = 0.642$)、是否输注异体血($P = 1$)、住院时间($P = 0.513$)差异均无统计学意义。以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。详见表 1。

Table 1. Comparative results of data between experimental group and verification group

表 1. 实验组与验证组数据对比结果

	实验组(n = 738)	验证组(n = 317)	P 值
性别(例) [例(%)]			
男	224 (30.4%)	92 (29.0%)	0.714
女	514 (69.6%)	225 (71.0%)	
年龄(岁) [例(%)]			
平均值(SD)	65.41 (7.95)	65.78 (8.01)	0.920
中位数[最大值, 最小值]	68 [46, 84]	68 [46, 81]	
BMI (kg/m²)			
平均值(SD)	26.54 (3.84)	26.70 (4.04)	0.520
中位数[最大值, 最小值]	26.44 [15.15, 44.08]	26.81 [16.65, 40.40]	
高血压病[例(%)]			
无	400 (54.2%)	181 (57.1%)	0.418
有	338 (45.8%)	136 (42.9%)	
2 型糖尿病[例(%)]			
无	626 (84.8%)	265 (83.6%)	0.643
有	112 (15.2%)	52 (16.4%)	

续表

冠心病[例(%)]			
无	600 (81.3%)	267 (84.2%)	0.292
有	138 (18.7%)	50 (15.8%)	
高脂血症[例(%)]			
无	712 (96.5%)	300 (94.6%)	0.176
有	26 (3.5%)	17 (5.4%)	
类风湿性关节炎[例(%)]			
无	708 (95.9%)	304 (95.9%)	1
有	30 (4.1%)	13 (4.1%)	
抽烟[例(%)]			
否	647 (87.7%)	275 (86.8%)	0.686
是	91 (12.3%)	42 (13.2%)	
喝酒[例(%)]			
否	690 (93.5%)	298 (94.0%)	0.891
是	48 (6.5%)	19 (6.0%)	
术前血红蛋白(g/L)			
平均值(SD)	137.25 (13.97)	136.26 (14.42)	0.521
中位数[最大值, 最小值]	137 [88, 184]	137 [77, 176]	
术前白蛋白(g/L)			
平均值(SD)	44.45 (4.00)	44.83 (3.86)	0.428
中位数[最大值, 最小值]	45.1 [24.7, 53.8]	45.6 [31.6, 55.2]	
麻醉方式[例(%)]			
全麻复合神经阻滞麻醉	631 (85.5%)	282 (89.0%)	0.141
腰硬联合麻醉	107 (14.5%)	35 (11.0%)	
手术时间(min)			
平均值(SD)	59.84 (14.81)	59.16 (13.83)	0.491
中位数[最大值, 最小值]	57 [35, 140]	58 [35, 125]	
术中出血量(ml) [例(%)]			
<100 ml	705 (95.5%)	305 (96.2%)	0.740
≥100 ml	33 (4.5%)	12 (3.8%)	
引流管放置时间(h) [例(%)]			
无/放置 < 48 h	729 (98.8%)	312 (98.4%)	0.642
放置 ≥ 48 h	9 (1.2%)	5 (1.6%)	
输注异体血[例(%)]			
否	721 (97.7%)	310 (97.8%)	1
是	17 (2.3%)	7 (2.2%)	
住院时间(d) [例(%)]			
<10 d	624 (84.6%)	273 (86.1%)	0.513
≥10 d	114 (15.4%)	44 (13.9%)	

3.2. 实验组 PWH 患者与正常患者单因素分析结果

两组性别(P = 0.847)、年龄(P = 0.329)、BMI(P = 0.903)、高血压病(P = 0.385)、冠心病(P = 0.368)、抽烟(P = 0.241)、喝酒(P = 0.0.750)、麻醉方式(P = 0.475)、是否输注异体血(P = 0.890)差异无统计学意义；2 型糖尿病(P = 0.004)、高脂血症(P = 0.016)、类风湿性关节炎(P < 0.001)、术前血红蛋白(P < 0.001)、术前白蛋白(P < 0.001)、手术时间(P < 0.001)、术中出血量(P = 0.008)、引流管放置时间(P = 0.020)、住院时间(P < 0.001)差异有统计学意义。以 P < 0.05 表示差异有统计学意义。详见表 2。

Table 2. Results of univariate analysis of PWH patients and normal patients in experimental group
表 2. 实验组 PWH 患者与正常患者单因素分析结果

	PWH 患者(n = 38)	正常患者(n = 700)	检验值(t/χ²)	P 值
性别(例) [例(%)]				
男	11 (28.9%)	213 (30.4%)	0.037	0.847
女	27 (71.1%)	487 (69.6%)		
年龄(岁) ($\bar{x} \pm s$)	64.18 ± 8.10	65.48 ± 7.95	-0.976	0.329
BMI (kg/m²) ($\bar{x} \pm s$)	26.63 ± 4.49	26.54 ± 3.81	0.123	0.903
高血压病[例(%)]				
无	18 (47.4%)	382 (54.6%)	0.753	0.385
有	20 (52.6%)	318 (45.4%)		
2 型糖尿病[例(%)]				
无	26 (68.4%)	600 (85.7%)	8.373	0.004
有	12 (31.6%)	100 (14.3%)		
冠心病[例(%)]				
无	33 (86.8%)	567 (81.0%)	0.809	0.368
有	5 (13.2%)	133 (19.0%)		
高脂血症[例(%)]				
无	34 (89.5%)	678 (96.9%)	5.781	0.016
有	4 (10.5%)	22 (3.1%)		
类风湿性关节炎[例(%)]				
无	30 (78.9%)	678 (96.9%)	29.646	<0.001
有	8 (21.1%)	22 (3.1%)		
抽烟[例(%)]				
否	31 (81.6%)	616 (88.0%)	1.375	0.241
是	7 (18.4%)	84 (12.0%)		
喝酒[例(%)]				
否	36 (94.7%)	654 (93.4%)	0.101	0.750
是	2 (5.3%)	46 (6.6%)		
术前血红蛋白(g/L) ($\bar{x} \pm s$)	127.87 ± 13.90	137.76 ± 13.80	-4.299	<0.001
术前白蛋白(g/L) ($\bar{x} \pm s$)	40.30 ± 3.67	44.66 ± 3.91	-6.707	<0.001

续表

麻醉方式[例(%)]				
全麻复合神经阻滞麻醉	34 (89.5%)	597 (85.3%)	0.510	0.475
腰硬联合麻醉	4 (10.5%)	103 (14.7%)		
手术时间(min) ($\bar{x} \pm s$)				
	75.18 $\pm$ 21.65	59.01 $\pm$ 13.89	4.555	<0.001
术中出血量(ml) [例(%)]				
<100 ml	33 (86.8%)	672 (96.0%)	7.077	0.008
≥ 100 ml	5 (13.2%)	28 (4.0%)		
引流管放置时间(h) [例(%)]				
无/放置 < 48 h	36 (94.7%)	693 (99.0%)	5.438	0.020
放置 ≥ 48 h	2 (5.3%)	7 (1.0%)		
输注异体血[例(%)]				
否	37 (97.4%)	684 (97.7%)	0.019	0.890
是	1 (2.6%)	16 (2.3%)		
住院时间(d) [例(%)]				
<10 d	21 (55.3%)	603 (86.1%)	26.314	<0.001
≥ 10 d	17 (44.7%)	97 (13.9%)		

3.3. 实验组 PWH 患者与正常患者多因素分析结果

将单因素分析中差异有统计学意义的变量进行多因素分析, 分析结果显示合并 2 型糖尿病($OR > 1, P = 0.010$)、合并高脂血症($OR > 1, P = 0.018$)、手术时间增加($OR > 1, P < 0.001$)为增加 PWH 发病的危险因素, 术前高水平血红蛋白水平($OR < 1, P = 0.039$)、术前高水平白蛋白水平($OR < 1, P < 0.001$)为减少 PWH 发病的保护因素。详见表 3。

Table 3. Results of multivariate analysis of PWH patients and normal patients in the experimental group
表 3. 实验组 PWH 患者与正常患者多因素分析结果

	β 值	S.E.值	Wald χ^2 值	P 值	OR 值	95%CI
合并 2 型糖尿病	1.169	0.455	6.607	0.010	3.220	1.320~7.855
合并高脂血症	1.705	0.718	5.635	0.018	5.501	1.346~22.476
合并类风湿性关节炎	0.943	0.596	2.500	0.114	2.568	0.798~8.266
术前血红蛋白	-0.026	0.013	4.255	0.039	0.974	0.950~0.999
术前白蛋白	-0.180	0.048	14.242	<0.001	0.835	0.760~0.917
手术时间	0.037	0.009	15.670	<0.001	1.038	1.019~1.057
术中出血量 ≥ 100 ml	0.743	0.665	1.249	0.264	2.103	0.571~7.746
引流管放置放置 ≥ 48 h	0.443	1.152	0.148	0.701	1.557	0.163~14.885
住院时间 ≥ 10 d	0.685	0.425	2.596	0.107	1.984	0.862~4.563

3.4. 列线图预测模型的建立与验证

基于多因素分析筛选出的有统计学意义的变量建立全膝关节置换术后切口愈合不良的列线图预测模型。详见图 1。

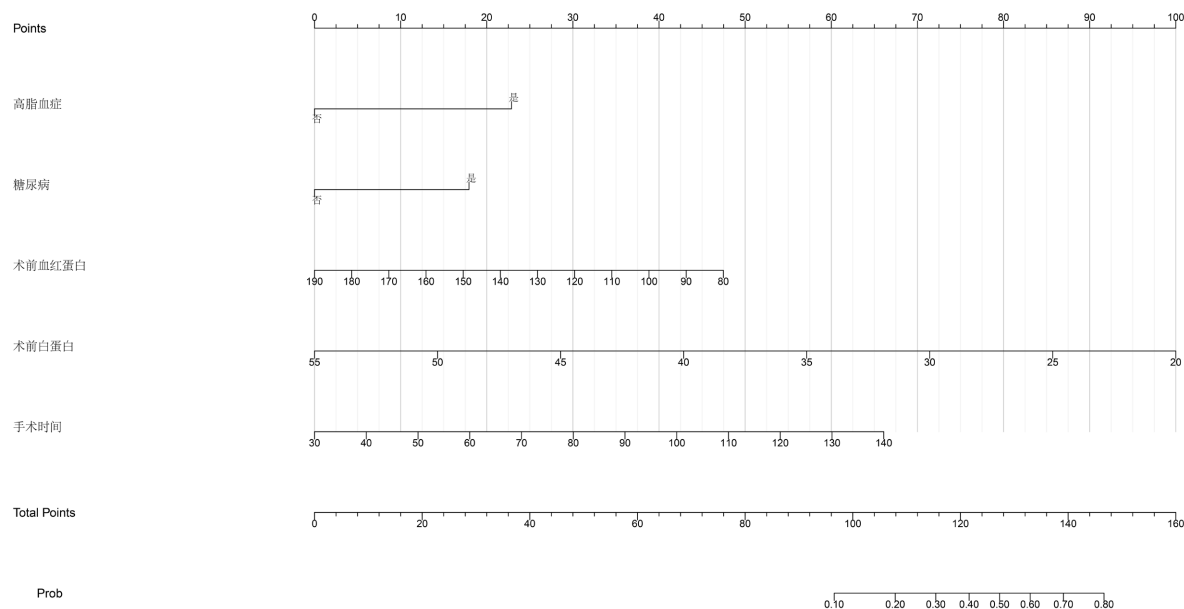


Figure 1. A nomogram prediction model for poor wound healing after total knee arthroplasty

图 1. 全膝关节置换术后切口愈合不良的列线图预测模型

绘制 ROC，横坐标为特异度，纵坐标为敏感度。实验组 ROC 结果显示：AUC 为 0.885 (95%CI: 0.805~0.911)，表示实验组预测模型具有中等的预测价值；验证组 ROC 结果显示：AUC 为 0.907 (95%CI: 0.857~0.871)，表示验证组预测模型有较好的预测价值。实验组与验证组 ROC 结果无明显差异。详见图 2、图 3。

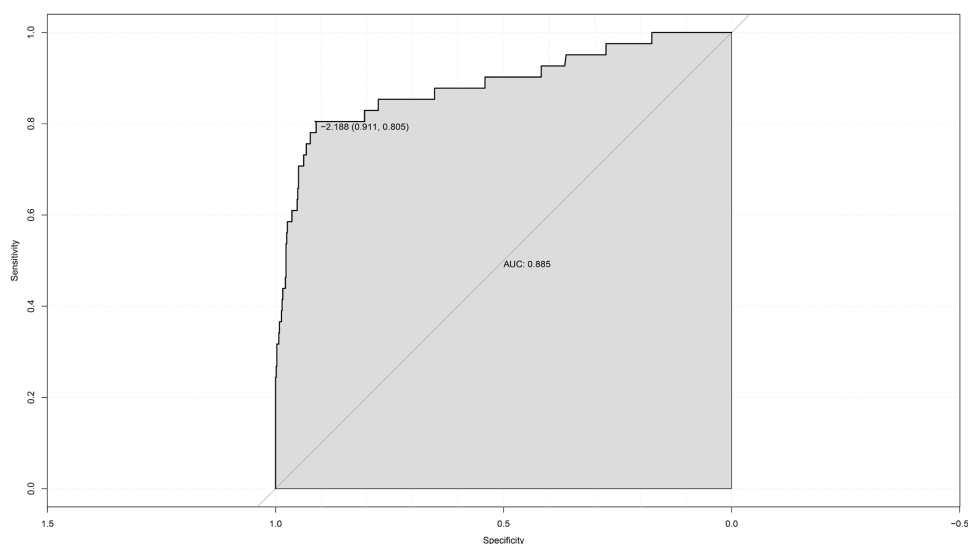


Figure 2. ROC of the experimental group

图 2. 实验组 ROC

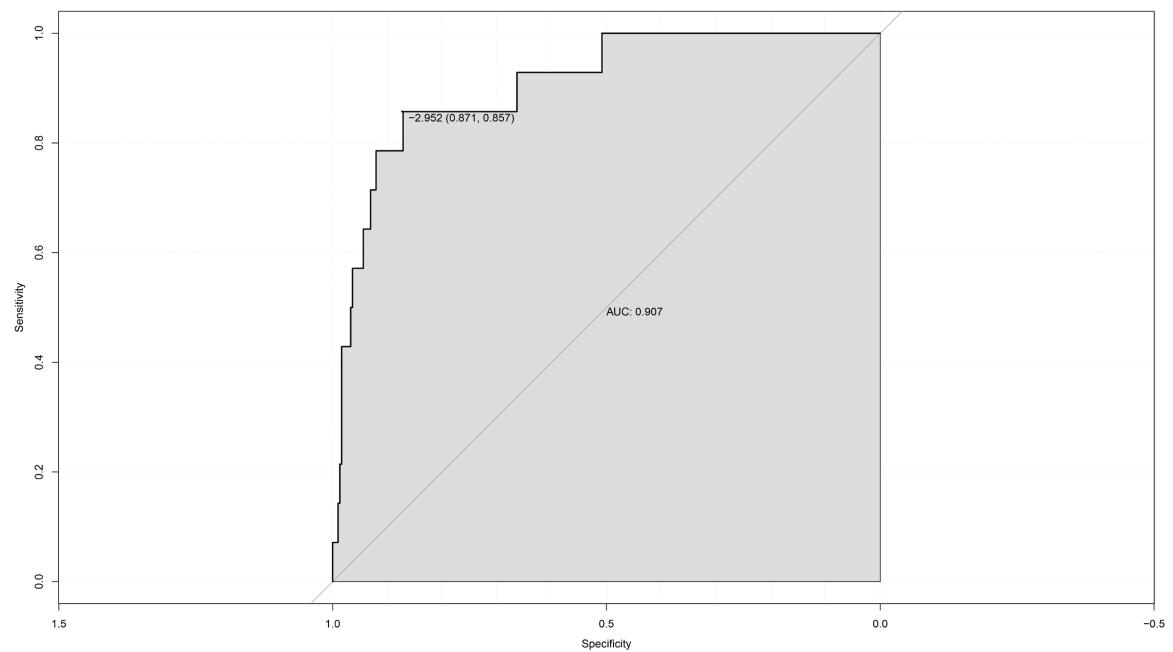


Figure 3. ROC of the validation group
图 3. 验证组 ROC

绘制校准曲线，横轴表示预测的发病概率，而纵轴则代表实际的发病概率。**Ideal** 代表参考曲线(理想曲线)，参考曲线上预测发病率 = 实际发病率；**Apparent** 代表预测发病概率与实际发病概率的拟合情况；**Bias-corrected** 代表校正后预测发病概率与实际发病概率的拟合情况。实验组、验证组校准曲线结果均显示 **Apparent**、**Bias-corrected** 与 **Ideal** 走行一致性良好。详见图 4、图 5。

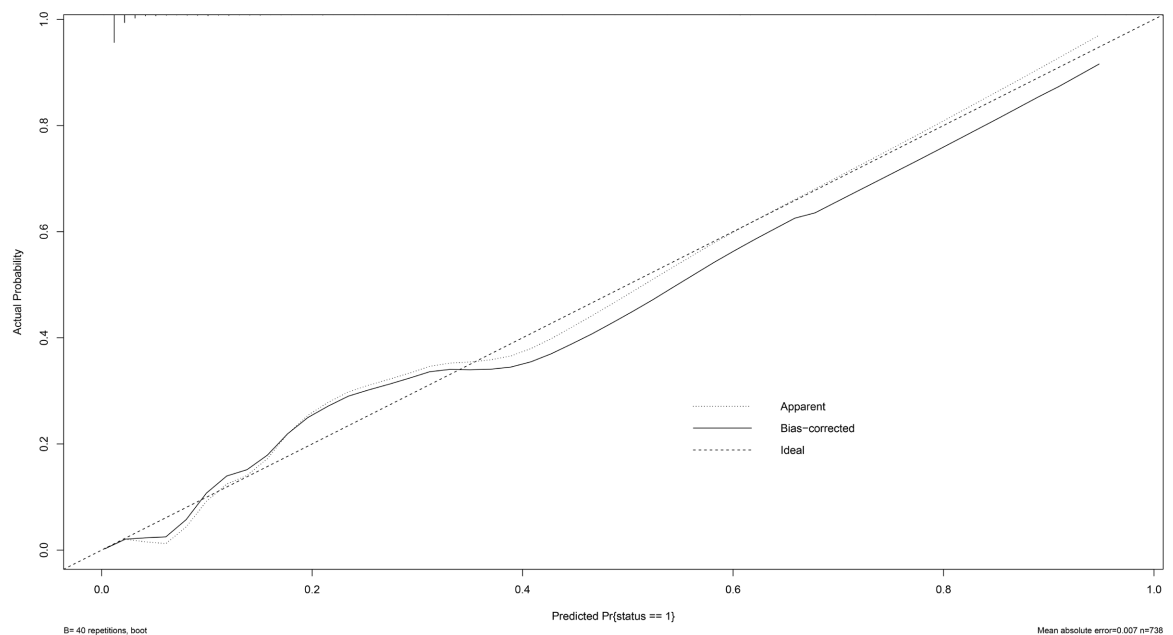


Figure 4. Calibration curve of the experimental group
图 4. 实验组校准曲线

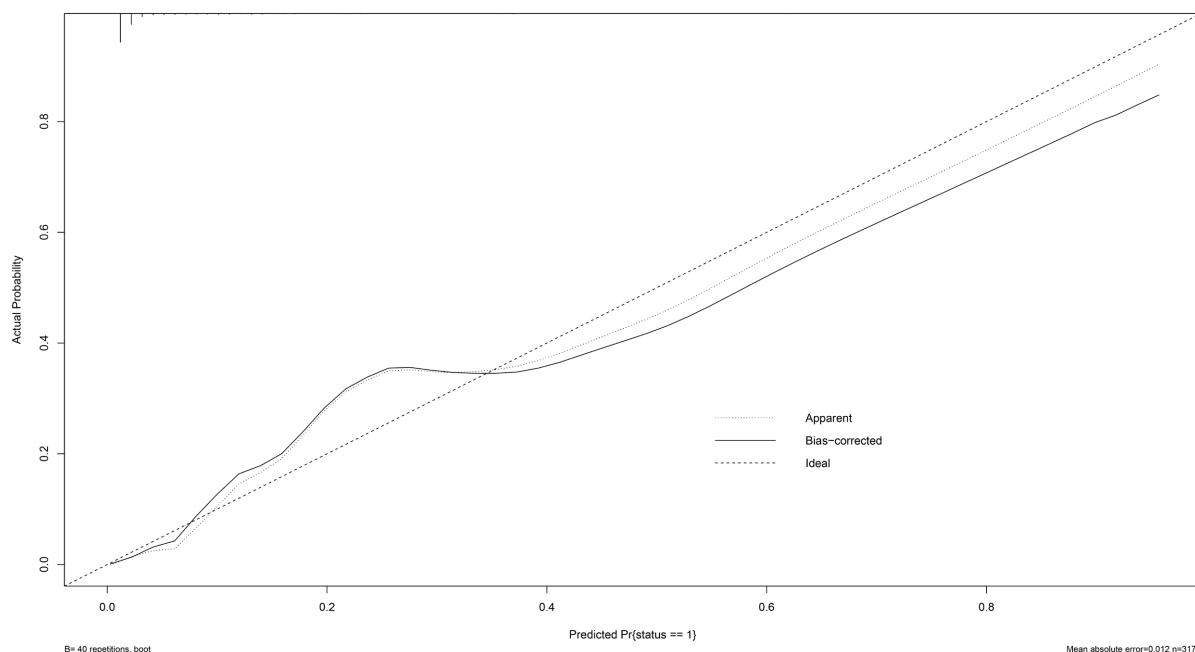


Figure 5. Calibration curve of the verification group

图 5. 验证组校准曲线

绘制 DC，横坐标为风险阈值，纵坐标为净收益。None 代表所有患者均不接受治疗时的净收益；All 代表所有患者均接受治疗时的净收益；train 和 test 分别代表实验组和验证组的预测模型在不同风险阈值下估算的风险概率所对应的净收益。实验组与验证组 DC 结果无明显差异，且预测评估均有良好的临床收益。详见图 6。

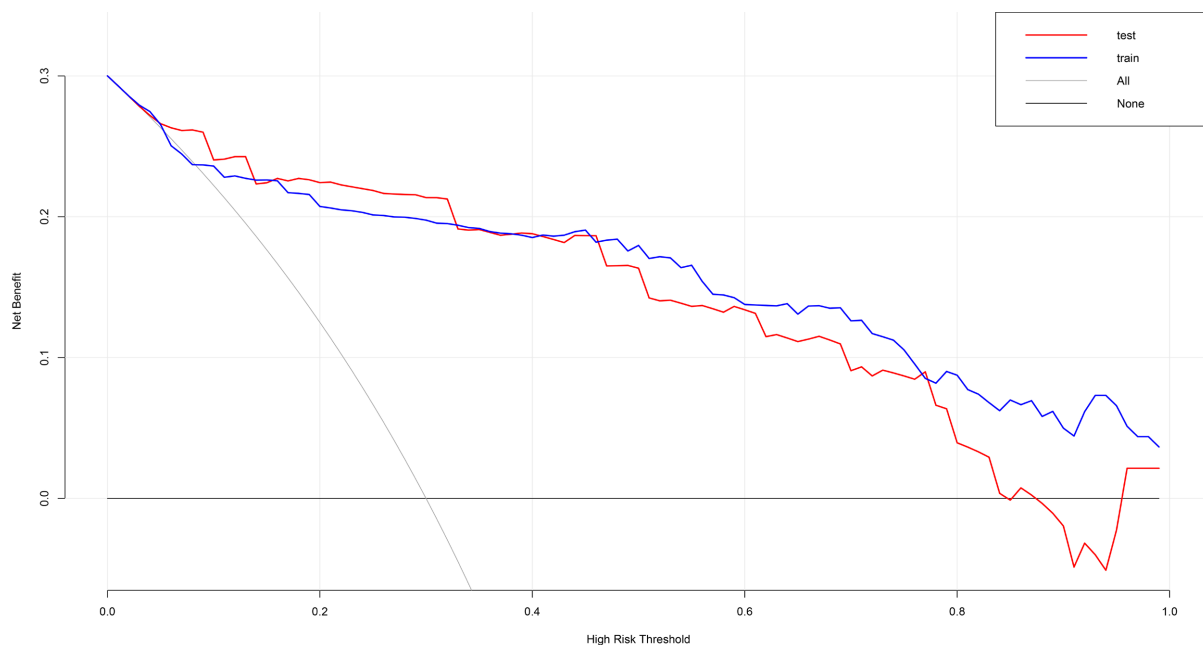


Figure 6. Decision curve

图 6. 决策曲线

4. 讨论

4.1. 合并基础疾病

本研究结果显示合并 2 型糖尿病为增加 TKA 术后 PWH 发生的独立危险因素。2 型糖尿病是常见慢性代谢性疾病,除生活饮食外,主要发病原因还与其遗传因素有关[9]。合并 2 型糖尿病的患者 TKA 术后切口愈合不良的原因主要与其高血糖状态以及相关合并症有关。一方面,长期存在的糖类、脂类、蛋白质代谢异常可诱发全身性血管功能障碍,累及大血管及微循环系统,进而形成多器官受累的病理基础,这种系统性损害将显著削弱组织修复能力[11];另一方面,特征性的周围神经病变伴随微血管内皮功能损伤,加之高血糖状态导致的白细胞趋化能力降低以及血小板活化异常,共同构成了抑制组织修复的免疫微环境,影响切口正常愈合[12];此外,2 型糖尿病患者普遍存在营养状态欠佳情况,其与组织低灌注状态形成恶性循环,导致创面氧分压下降及代谢废物蓄积,导致胶原合成障碍,直接延缓上皮化进程[13];最后,值得注意的是,多数 2 型糖尿病患者同时合并高血压病、高脂血症等其他基础疾病,此类代谢紊乱的叠加效应可加速下肢动脉粥样硬化进程,通过减少切口局部血供间接影响切口愈合[14]。然而,不同学者相关研究结果并不一致,国外部分学者研究表明[15],糖尿病对于术后切口愈合并无明显影响,分析原因为部分糖尿病患者因即时血糖正常而未得到明确诊断。因此,作者认为,我们在临床工作中,不仅要管理糖尿病患者严格控制血糖,还建议重点监测能反映长期血糖水平的指标(如糖化血红蛋白等)来更好地管理患者血糖,避免因漏诊而影响患者预后。

本研究结果显示合并高脂血症也为增加 TKA 术后 PWH 发生的独立危险因素。随着人们生活水平的提升,高脂血症也因越来越年轻化而进入到大众的视野。首先,高脂血症可诱导脂肪组织分泌促炎因子(如 $\text{TNF-}\alpha$ 、 IL-6 等)及抑制抗炎因子(如脂联素等),逐渐形成一种慢性低度炎症状态,影响切口愈合[16];其次,高脂血症可通过增强糖酵解及抑制氧化磷酸化等途径改变免疫细胞代谢,损害巨噬细胞、中性粒细胞等免疫功能,有研究报道[17],高胆固醇血症可抑制巨噬细胞吞噬能力及病原菌清除效率,不仅增加术后 PWH 发病率,且增加感染风险;此外,高脂血症可通过诱导氧化应激损伤血管内皮细胞,降低局部血供及组织修复能力,有研究报道[18],高水平 LDL-C 可显著增加微血管内皮细胞通透性,导致切口渗液增加,影响切口愈合。目前国内外有关高血脂对 TKA 术后切口愈合影响情况的报道相对较少,作者认为可能是因为临床工作者主要关注术前术后患者的血压、血糖等硬性手术指标,对于患者血脂情况关注较少,本研究结果显示血脂异常对 TKA 术后切口愈合存在一定影响,因此建议后续可在此方向深入研究。

4.2. 患者自身营养状态

本研究结果显示术前高水平血红蛋白以及高水平白蛋白为减少 TKA 术后发生 PWH 的保护因素。术前的血红蛋白水平、白蛋白水平对于评估患者术前营养状态来说十分重要,血红蛋白以及白蛋白水平低一定程度上意味着患者营养状态不佳,将影响术后切口愈合[19]。血红蛋白的主要功能是运输 O_2 及 CO_2 ,维持细胞新陈代谢,一方面,血红蛋白低水平则会导致手术部位处于缺氧状态,减缓切口周围细胞新陈代谢,影响切口愈合[20];另一方面,相关研究表示,血红蛋白低水平可能削弱免疫功能,增加患者感染易感性,不仅影响切口愈合,甚至可能导致感染的发生[21]。血浆白蛋白作为血浆胶体渗透压的主要组成部分,白蛋白水平低时,会导致血浆胶体渗透压降低,导致 TKA 术后肿胀以及渗液增加,严重影响切口愈合[22];此外,白蛋白水平低可能阻碍成纤维细胞增殖,导致胶原合成障碍,减缓切口愈合速度[23];最后,白蛋白水平低会导致机体免疫力下降,增加术后感染风险[24]。目前国内外对于此方面研究报道较多,本研究结果与多数学者研究结果基本相符。有部分学者认为,白蛋白半衰期较长,选用转铁蛋白、

清蛋白等指标更能反应患者近期营养状态[25][26]。也有部分学者认为,应用营养学方程式来评估患者营养状态对术后并发症的影响更具准确性[27][28]。关于此方面的不同意见,目前尚未达成统一,值得进一步研究。总而言之,国内外学者均一致认为患者自身营养状态对术后并发症存在不小的影响,然而据相关报道[29],约有 27%行 TKA 的患者存在不同程度的血红蛋白或白蛋白低下。因此,临床工作者在工作过程中不应过于着急早日手术,应对血红蛋白及白蛋白水平低的患者采取肠内或肠外等途径来改善营养状况,避免因操之过急而导致患者术后发生 PWH 风险增高。

4.3. 医源性因素

本研究结果显示手术时间延长为增加 TKA 术后 PWH 发生的医源性独立危险因素。具体原因如下,一方面,TKA 手术时间越长,手术部位暴露时间也就越长,尽管现在手术室环境条件随着层流技术的发展越来越好,但总归做不到空气中绝对无菌,再加上手术部位周围的毛囊、汗腺内的细菌易迁移至手术部位,不仅影响术后患者切口愈合,还会增加术后感染的风险[30];另一方面,手术时间越长,不仅意味着止血带使用时间也相应增长,而且为了暴露视野,切口皮肤边缘将更长时间处于高度张力状态,一定程度上影响手术部位血液循环,不利于术后切口愈合。此外,手术时间越长,手术部位丧失热量就越多,可能导致切口局部细胞代谢紊乱,影响术后切口愈合[31]。本研究结果与其他国内外研究结果基本一致,大家对于手术时间延长会影响术后切口愈合这一观点无很大争议。因此,手术医师应在术前做好充分的准备,保证患者安全以及手术质量的同时,尽可能缩短手术时间,降低术后感染的风险。

当然,本研究工作仍然存在一些不足。首先,本研究术后切口愈合不良患者样本数量较少,可能导致本研究抽样误差增大;其次,本研究中患者的手术并不是由同一位医师完成,由于不同的医师有不同的经验以及手术操作习惯,可能对本实验结果产生不确定的影响;最后,本研究在模型验证中仅进行了内部验证,外部验证暂无数据支持。上述问题是本研究需要改进的地方,希望以后可以开发出更严谨的预测模型。

利益冲突

所有作者均声明不存在利益冲突 该病例报道已获得病人的知情同意。

参考文献

- [1] Bokhari, A.F., Alwafi, L., Alrimy, A.A., *et al.* (2024) Association between Preoperative Radiological Findings and Outcomes after Total Knee Arthroplasty. *Cureus*, **16**, e75697.
- [2] Wild, L., Dimitriou, D., Radzanowski, S., Grabherr, M., Fösel, A. and Helmy, N. (2022) Surgical Outcomes and Analysis of Quality of Life Following Knee Arthroplasty in Very Elderly Patients. *The Journal of Knee Surgery*, **36**, 933-940. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1747946>
- [3] Agarwala, S. and Vijayvargiya, M. (2019) Concealed Cosmetic Closure in Total Knee Replacement Surgery—A Prospective Audit Assessing Appearance and Patient Satisfaction. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, **10**, 111-116. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2017.11.002>
- [4] Helito, C.P., Sobrado, M.F., Giglio, P.N., *et al.* (2020) The Use of Negative-Pressure Wound Therapy after Total Knee Arthroplasty Is Effective for Reducing Complications and the Need for Reintervention. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **21**, Article No. 490.
- [5] Dennis, D.A. (2002) Wound Complications in TKA. *Orthopedics*, **25**, 973-974. <https://doi.org/10.3928/0147-7447-20020901-36>
- [6] 游戊己, 林晓毅, 袁华澄. 全膝关节置换术后切口愈合不良的临床研究[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2014, 29(4): 391-392.
- [7] Zhu, J., Shen, J., Xia, T., *et al.* (2025) Analysis of the Causes of Poor Incision Healing after Hip and Knee Surgery and Review of the Literature. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **26**, Article No. 166.
- [8] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中国医疗保健国际交流促进会高血压病学分会, 等. 中国

- 高血压防治指南(2024 年修订版) [J]. 中华高血压杂志(中英文), 2024, 32(7): 603-700.
- [9] 中国老年 2 型糖尿病防治临床指南(2022 年版) [J]. 中国糖尿病杂志, 2022, 30(1): 2-51.
- [10] 诸骏仁, 高润霖, 赵水平, 等. 中国成人血脂异常防治指南(2016 年修订版) [J]. 中国循环杂志, 2016, 31(10): 937-953.
- [11] Burns and Trauma Branch of Chinese Geriatrics Society, Chinese Burn Association and Wound Repair Professional Committee of Chinese Medical Doctor Association (2024) [National expert Consensus on the Diagnosis and Surgical Treatment of Diabetic Foot Ulcers Complicated with Lower Extremity Vasculopathy (2024 Version)]. *Chinese Journal of Burns and Wounds*, 40, 206-220.
- [12] Dhanraj, P., Boodhoo, K. and van de Vyver, M. (2025) Delayed Immune Response Upon Injury in Diabetic Wounds Impedes Healing. *Immunity, Inflammation and Disease*, 13, e70142. <https://doi.org/10.1002/iid3.70142>
- [13] Li, Z., Chen, R., Hao, Z., E, Y., Guo, Q., Li, J., et al. (2025) Hydrogel Inspired by “Adobe” with Antibacterial and Antioxidant Properties for Diabetic Wound Healing. *Materials Today Bio*, 31, Article ID: 101477. <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2025.101477>
- [14] 杨兵, 瞿荣兰, 罗意, 等. 人工膝关节置换术后切口愈合不良影响因素研究进展[J]. 检验医学与临床, 2019, 16(20): 3070-3072.
- [15] Capozzi, J.D., Lepkowsky, E.R., Callari, M.M., Jordan, E.T., Koenig, J.A. and Sirounian, G.H. (2017) The Prevalence of Diabetes Mellitus and Routine Hemoglobin A1c Screening in Elective Total Joint Arthroplasty Patients. *The Journal of Arthroplasty*, 32, 304-308. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2016.06.025>
- [16] 陈万卓, 李涛, 张海宁. 术前血脂和血糖对原发性膝关节炎全膝关节置换术患者术后恢复的影响[J]. 精准医学杂志, 2023, 38(5): 431-435.
- [17] Mahmoudian, A., Lohmander, L.S., Mobasheri, A., Englund, M. and Luyten, F.P. (2021) Early-Stage Symptomatic Osteoarthritis of the Knee—Time for Action. *Nature Reviews Rheumatology*, 17, 621-632. <https://doi.org/10.1038/s41584-021-00673-4>
- [18] Canovas, F. and Dagneaux, L. (2018) Quality of Life after Total Knee Arthroplasty. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 104, S41-S46. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2017.04.017>
- [19] Kushwaha, N.S., Rana, D.B., Singh, A., et al. (2023) Assessment of Nutrition Status and Its Effect on Outcomes in Patients with Limb Injuries Using the Subjective Global Assessment as a Screening Tool. *Cureus*, 15, e44953.
- [20] Cross, M.B., Yi, P.H., Thomas, C.F., Garcia, J. and Della Valle, C.J. (2014) Evaluation of Malnutrition in Orthopaedic Surgery. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 22, 193-199. <https://doi.org/10.5435/jaaos-22-03-193>
- [21] 陈宏丹, 梁荣珍, 林德文, 等. 老年 2 型糖尿病患者血清 Hb、NLR 与 BMD、骨代谢及骨质疏松的相关性[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(5): 1043-1045.
- [22] Gaskin, A., Willacy, R., Burgess, R., Caldwell, K., Olufajo, O.A. and McKenzie, S. (2023) The Role of Body Mass Index and Hypoalbuminemia on Postoperative Outcomes in Patients Undergoing Total Knee Arthroplasty. *Journal of Surgical Orthopaedic Advances*, 32, 114-117. <https://doi.org/10.3113/jsoa.2023.0114>
- [23] Skórka, M., Bazaliński, D., Więch, P., Kłęk, S., Koziół, D. and Sierżantowicz, R. (2024) Nutritional Status in a Group of Patients with Wounds Due to Diabetic Foot Disease and Chronic Venous Insufficiency. *Journal of Clinical Medicine*, 14, Article 43. <https://doi.org/10.3390/jcm14010043>
- [24] Scarcella, N.R., Mills, F.B., Seidelman, J.L. and Jiranek, W.A. (2024) The Effect of Nutritional Status in the Treatment of Periprosthetic Joint Infections in Total Hip Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, 39, S225-S228. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2024.06.040>
- [25] Sun, J., Yang, G. and Yang, C. (2024) Influence of Postoperative Hypoalbuminemia and Human Serum Albumin Supplementation on Incision Healing Following Total Knee Arthroplasty for Knee Osteoarthritis: A Retrospective Study. *Scientific Reports*, 14, Article No. 17354.
- [26] Cabrerizo, S., Cuadras, D., Gomez-Busto, F., Artaza-Artabe, I., Marín-Ciancas, F. and Malafarina, V. (2015) Serum Albumin and Health in Older People: Review and Meta Analysis. *Maturitas*, 81, 17-27. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2015.02.009>
- [27] Maimaiti, Z., Xu, C., Fu, J., et al. (2021) A Novel Biomarker to Screen for Malnutrition: Albumin/Fibrinogen Ratio Predicts Septic Failure and Acute Infection in Patients Who Underwent Revision Total Joint Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, 36, 3282-3288.
- [28] Rodriguez-Merchan, E.C. and Delgado-Martinez, A.D. (2022) Risk Factors for Periprosthetic Joint Infection after Primary Total Knee Arthroplasty. *Journal of Clinical Medicine*, 11, Article 6128. <https://doi.org/10.3390/jcm11206128>
- [29] 杨璐, 侯晓玲, 曹国瑞, 等. 初次全髋关节置换围手术期的新型营养管理模式[J]. 中国矫形外科杂志, 2019,

27(11): 1005-1009.

- [30] 王攀. 影响初次全膝关节置换术手术时间及深层感染翻修风险因素分析[J]. 蚌埠医学院学报, 2022, 47(11): 1563-1566.
- [31] 白海燕, 周建玲, 张莹, 等. 儿童术中低体温对凝血功能、炎症反应和术后感染发生的影响及术中低体温危险因素分析[J]. 临床和实验医学杂志, 2022, 21(24): 2650-2654.