

# 开放式楔形胫骨高位截骨术后下肢深静脉血栓形成的危险因素分析及预测列线图的构建

宋碧萱<sup>1</sup> 郭海川<sup>2</sup> 韩子钰<sup>3</sup> 周瑞娟<sup>4</sup> 李承思<sup>2</sup> 姬晨妮<sup>2</sup>

**【摘要】** 目的 利用患者医疗数据探索开放式楔形胫骨高位截骨术(OWHTO)后发生下肢深静脉血栓形成(DVT)的危险因素,并构建预测列线图模型。方法 回顾性地收集2021年9月至2023年5月期间于河北医科大学第三医院骨科接受OWHTO治疗内侧间室膝关节炎伴内翻畸形的患者的临床数据。以术后是否存在DVT的发生将人群分为DVT组与非DVT组。通过单因素及多因素逻辑回归分析,确定与OWHTO术后发生DVT独立相关的危险因素,并根据结果构建预测列线图。采用受试者操作曲线下面积AUC, Brier评分, C指数, Bootstrap500次重复抽样验证,以及校准曲线和决策曲线分析进一步评估和验证模型的预测效能。结果 744例患者被纳入该研究。多因素逻辑回归表明撑开高度 $\geq 13$  mm、高水平的空腹血糖、低水平的ALB,以及D-二聚体 $> 1.07$  mg/L被确认为与OWHTO术后DVT发生的高风险独立相关。根据多因素分析结果构建的预测列线图表现良好,AUC为0.775,波尔分数为0.031,C指数为0.775,经Bootstrap500次重复抽样验证,校正后的Brier评分和C指数分别为0.033和0.747,此外校准曲线显示模型的预测概率和DVT发生的实际概率之间具有良好的一致性。决策曲线分析表明该列线图模型可以很好地指导临床实践。结论 撑开高度 $\geq 13$ mm、高水平的空腹血糖、低水平的ALB,以及D-二聚体 $> 1.07$  mg/L是OWHTO术后DVT的独立危险因素,并且据此构建的列线图模型具有良好的预测性能。

**【关键词】** 开放式楔形胫骨高位截骨术; 下肢深静脉血栓形成; 危险因素; 列线图

**Analysis of risk factors and construction of predictive nomogram for deep vein thrombosis in the lower extremity after open wedge high tibial osteotomy** Song Bixuan<sup>1</sup>, Guo Haichuan<sup>2</sup>, Han Ziyu<sup>3</sup>, Zhou Ruijuan<sup>4</sup>, Li Chengsi<sup>2</sup>, Ji Chenni<sup>2</sup>. <sup>1</sup>School of Medicine, Chinese University of Hong Kong, Hong Kong 999077, China; <sup>2</sup>Department of Orthopedics, the Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China; <sup>3</sup>School of Basic Medicine, Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China; <sup>4</sup>School of Education, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050010, China

Corresponding author: Ji Chenni, Email: jichenni709@163.com

**【Abstract】** **Objective** To explore the risk factors for developing lower extremity deep vein thrombosis (DVT) after open wedge high tibial osteotomy (OWHTO) using patient medical data and construct a predictive line graph model. **Methods** Clinical data were retrospectively collected from patients who underwent OWHTO for medial compartment knee osteoarthritis with inversion deformity at the Department of Orthopedics, 3rd Hospital of Hebei Medical University between May 2022 and May 2023. The population was divided into a DVT group and a non-DVT group by the presence or absence of DVT after surgery. Risk factors independently associated with the occurrence of DVT after OWHTO were identified by univariate and multifactorial logistic regression analysis, and predictive nomogram were constructed based on the results. The predictive efficacy of the model was further evaluated and validated using the area under the subject operating curve AUC, Poe's score, C index, Bootstrap 500 replicate sampling validation, and calibration curve and decision curve analysis. **Results** 372 patients were included in the study. Multifactorial logistic regres-

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2023.04.005

基金项目:河北省科技厅高水平人才团队建设专项(No. 225A7703D)

作者单位:999077 香港中文大学医学院<sup>1</sup>;050051 石家庄,河北医科大学第三医院骨科<sup>2</sup>;050011 石家庄,河北医科大学基础医学院<sup>3</sup>;050010 石家庄,河北师范大学教育学院<sup>4</sup>

通信作者:姬晨妮,Email:jichenni709@163.com

sion showed that a propped height  $\geq 13$  mm, high levels of fasting glucose, low levels of ALB, and D-dimer  $> 1.07$  mg/L were identified as independently associated with a high risk of developing DVT after OWHTO. The predictive nomogram constructed from the results of the multifactorial analysis performed well with an AUC of 0.775, a Brier score of 0.031, and a C-index of 0.775, which were validated by Bootstrap 500 replicate sampling with a corrected Brier score and C-index of 0.747 and 0.033, respectively, in addition to calibration curves showing that the model's predicted probability and the actual probability of DVT occurrence between with good agreement. The decision curve analysis showed that the nomogram model could guide clinical practice well. **Conclusion** The propped height  $\geq 13$  mm, high fasting glucose levels, low ALB levels, and D-dimer  $> 1.07$  mg/L were independent risk factors for postoperative DVT after OWHTO, and the nomogram model constructed accordingly had a good predictive performance.

**【Key words】** Open wedge high tibial osteotomy; Deep venous thrombosis; Risk factors; Nomogram

深静脉血栓形成 (deep vein thrombosis, DVT) 是开放性楔形胫骨高位截骨术 (opening wedge high tibial osteotomy, OWHTO) 后高发的医疗并发症 (2.4%~44.7%)<sup>[1-4]</sup>。如果不及时诊断和治疗,深静脉血栓会发展为血栓后综合征,可能导致肺栓塞 (pulmonary embolism, PE),甚至死亡<sup>[5]</sup>。其次,大多数深静脉血栓的症状 (75.2%~100%) 极为隐蔽,这给早期诊断带来了巨大挑战<sup>[6]</sup>。随着人口老龄化进展,以及膝关节骨性关节炎 (knee osteoarthritis, KOA) 发病率的增加,接受 OWHTO 患者的数量将急剧扩大<sup>[7]</sup>。因此,如何早期准确评估 OWHTO 后深静脉血栓形成的风险,以便及时进行有针对性的干预,是外科医生亟待解决的难题。

到目前为止,许多研究集中在 OWHTO 后的临床和放射学结果<sup>[8-12]</sup>,而只有少数文献关注了术后 DVT 事件。Onishi 等<sup>[13]</sup>在一项回顾性研究中报告了膝关节周围截骨术后 DVT 的发生率为 13.8%,然而该研究并非专门针对 OWHTO 来开展的。后来, Kim 等<sup>[14]</sup>根据 133 名 OWHTO 患者的临床数据进一步报道了 DVT 的发生率 (14.9%) 和分布位置,但遗憾的是并没有进一步探索相关的危险因素。一项包含 137 名受试者的前瞻性研究指出,术后单腿站立试验时间缩短是 OWHTO 术后发生 DVT 的独立预测因素<sup>[15]</sup>。然而,这项研究并没有排除术前深静脉血栓,因此所报告的风险可能被高估。此外,没有对实验室生物标志物进行统计分析,使得一些对 DVT 的诊断和预测具有高价值的因素被忽略。事实上,由于长期缺乏完整的研究以及 OWHTO 术后权威的 DVT 预防指南,使得临床实践中对高效决策工具的需求很大。

鉴于此,本研究旨在通过分析 OWHTO 患者住

院期间的临床资料,确定与术后 DVT 发生高风险相关的独立预测因素,并构建直观而简洁的预测列线图模型。

## 资料与方法

### 一、纳入及排除标准

纳入标准:连续性纳入河北医科大学第三医院 2021 年 9 月至 2023 年 5 月期间所有接受 OWHTO 治疗内侧间室膝关节骨性关节炎的患者。

排除标准:(1)数据不完整;(2)既往深静脉血栓史;(3)缺少超声检查或术前诊断为 DVT;(4)入院前 3 个月内接受抗凝或抗血小板治疗;(5)合并恶性肿瘤、膝关节外伤史或手术史。

### 二、资料收集

回顾性收集的数据包括人口统计学、内科合并症、放射学影像、手术相关变量和实验室生物标志物。人口统计学包括患者的性别、年龄、身体质量指数 (body mass index, BMI)。内科合并症包括高血压、糖尿病、心脏病、吸烟、饮酒、手术史和过敏史。采用 Kellgren-Lawrence (K-L) 分级系统评估膝关节炎的严重程度。手术相关变量包括手术侧别、美国麻醉医师协会 (American Society of Anesthesiologists, ASA) 分级、术中出血量、截骨间隙撑开高度、手术时长和切口长度。实验室生物标志物包括红细胞计数 (red blood cell count, RBC)、血红蛋白浓度 (hemoglobin concentration, HGB)、血小板计数 (platelet count, PLT)、血小板与血红蛋白比率 (platelet to hemoglobin ratio, PHR)、白细胞计数 (white blood cell count, WBC)、中性粒细胞计数 (neutrophil count, NEU)、淋巴细胞计数 (lymphocyte count,

LYM);单核细胞与淋巴细胞比率(monocyte to lymphocyte ratio, MLR)、中性粒细胞与淋巴细胞比率(neutrophil to lymphocyte ratio, NLR)、血小板计数与淋巴细胞比率(platelet to lymphocyte ratio, PLR);总蛋白(total protein, TP)、白蛋白(albumin, ALB)、空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)、超敏C反应蛋白(hypersensitive C-reactive protein, HCRP)、抗凝血酶Ⅲ(antithrombin Ⅲ, AT Ⅲ)、纤维蛋白原(fibrinogen, FIB)、D-二聚体水平、凝血酶原时间(prothrombin time, PT)、活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT)以及凝血酶时间(thrombin time, TT)。本研究获得了机构医学伦理委员会的批准,所有患者均知情同意并被匿名化处理。

### 三、手术方法及患者围术期处理

麻醉方式采用全身喉罩麻醉结合股神经阻滞,体位为仰卧位。术中在大腿根部使用气囊止血带,并将气压设置为280 mmHg。关节镜检查是常规操作,并在必要时进行关节内处理。然后,于胫骨近端内侧行纵向切口,在暴露过程中保留鹅足肌腱,并且松解内侧副韧带浅层。水平截骨平面建立在鹅足肌腱止点上方,并与胫骨平台的后倾方向平行。上部截骨与水平截骨平面成110°角。在双平面截骨完成后,慢慢撑开截骨间隙,根据内侧间隔关节软骨的退变情况,确定目标髌-膝-踝角(hip-knee-ankle angle, HKA)为180°~182°,用T型锁定加压钢板和螺钉固定。术后24 h内留置引流管,拔管后可行部分负重。

### 四、DVT的诊断和管理

下肢深静脉超声检查诊断DVT的标准是直接看到静脉内血栓,管腔梗阻或充盈缺损,静脉不可压缩,静脉扩张大于邻近动脉的直径,血流增强减弱或消失,以及缺乏自发血流<sup>[6]</sup>。由于小腿肌间静脉血栓的临床意义较小,故未被纳入统计分析。根据本院OWHTO术后管理方案,患者术后抬高患肢,并在24 h内开始对双下肢进行间歇性充气治疗。术后12 h起皮下注射预防性剂量的依诺肝素钠,剂量为4 000 AxaIU,每天一次。在术后第二天的清晨,静脉采集血样送检。通常于术后第三天,由工作经验5年以上的超声科医师对双下肢静脉进行多普勒超声(doppler ultrasound, DUS)检查,以诊断是否存在下肢深静脉血栓。DUS结果为阳性的患者接受了治疗剂量的抗凝药物治疗(依诺肝素钠注射液,

4 000 AxaIU,每天两次)。手术团队会建议术后患者多饮水,并指导他们每天做200次以上的直腿抬高运动和2 000次以上的踝泵运动,以防止DVT的形成。

### 五、统计分析

应用SPSS 26.0版(IBM,美国)进行数据分析。计量资料的正态性采用Kolmogorov-Smirnov检验来评估,符合正态分布的数据采用两独立样本 $t$ 检验,非正态分布的数据则采用Mann-Whitney秩和检验。对于正态分布资料,连续数据用平均值±标准差( $SD$ )表示,否则用中位数和四分位间距 $M(IQR)$ 表示。分类变量用数字和百分比(%)表示,并采用卡方检验或Fisher精确检验进行评估。血浆D-二聚体水平是诊断和预测DVT发生的一个极具价值的筛查指标,但其水平的升高也会受其他因素影响,如创伤,炎症等。因此,我们应用最大约登指数来重新确定D-二聚体的最佳截止点。将同样的方法应用于PHR、NLR、MLR、PLR及HCRP。将单因素分析中 $P<0.1$ 的潜在预测变量纳入最终的多变量分析,进行向后逐步回归,从而确定DVT的独立危险因素。运行R软件(4.1.3版,R统计计算基金会,维也纳,奥地利)并载入"rms"包来构建预测列线图。计算C-指数和Brier评分,绘制ROC曲线、校准曲线,以显示该预测模型的预测性能。C-指数和曲线下面积(AUC)反应了模型的区分度,其越接近于1,模型的判别能力越强。Brier评分为Hosmer-Lemeshow检验的延伸,越接近于0,模型的校准度越高。校准曲线用于展示模型的DVT预测概率与实际发生概率之间的一致性。决策曲线分析可以显示患者的净收益。采用Bootstrap方法进行内部验证,得到500次抽样重复后的校正C-指数和校正波尔分数。双侧 $P<0.05$ 被认为具有统计学意义。

## 结 果

### 一、人口统计学数据

根据纳入和排除标准,从876名接受OWHTO的患者中选出744名作为研究对象。在研究人群中,274人(37%)为男性,470人(63%)为女性;平均年龄为(57.1±5.6)岁。在排除了146个肌间静脉血栓后,最终确定有38名患者患有深静脉血栓,表明其发病率为5.1%(38/744)。深静脉血栓涉及股总静脉2例(5.3%, 2/38),腘窝静脉4例

(10.5%, 4/38), 胫骨前/后静脉 27 例 (71.1%, 27/38), 腓静脉 5 例 (13.2%, 5/38)。所有发生 DVT 的患者均无症状。

## 二、单变量和多变量分析结果

通过分析约登指数, 预测术后 DVT 的 D-二聚体的最佳截断值为 1.07 mg/L。相应地, PHR 为 1.82, PLR 为 142.38, NLR 为 2.07, MLR 为 0.31, HCRP 为 2.6 mg/L。经过单变量分析, 我们从所有变量中确

定了 10 个潜在的预测因素 (表 1)。在多变量分析中, 使用逐步向前回归法选择这些变量, 结果表明, 撑开高度  $\geq 13$  mm、高水平的空腹血糖、低水平的 ALB 和 D-二聚体  $> 1.07$  是 OWHTO 后发生 DVT 的独立危险因素 (表 2)。

## 三、OWHTO 后 DVT 预测列线图模型的建立和验证

基于多因素分析结果, 建立了预测列线图, 以便

表 1 DVT 组与非 DVT 组之间的单变量分析

变量	非 DVT 组 (n=706)	DVT 组 (n=38)	统计值 ( $\chi^2$ 或 $t$ )	P 值
性别 (女性)	474 (67.1%)	24 (63.2%)	0.258	0.611
年龄	56.7 $\pm$ 5.4	58.2 $\pm$ 6.1	2.020	0.152
BMI (kg/m <sup>2</sup> ) $\geq 28$	130 (18.4%)	10 (18.4%)	1.474	0.225
居住地 (农村)	496 (70.3%)	30 (78.9%)	1.315	0.251
高血压	228 (32.3%)	17 (44.7%)	2.527	0.112
糖尿病	84 (11.9%)	8 (21.1%)	2.789	0.095
心脏病	56 (7.9%)	5 (13.2%)	1.308	0.253
吸烟	98 (13.9%)	7 (18.4%)	0.613	0.434
饮酒	64 (9.1%)	5 (13.2%)	0.718	0.397
手术史	147 (20.8%)	12 (31.6%)	2.483	0.115
K-L 分级 (IV 级)	112 (15.9%)	11 (28.9%)	4.473	0.034
撑开高度 $\geq 13$ mm	104 (14.7%)	14 (36.8%)	10.519	0.001
植骨类型			0.098	0.862
无植骨	166 (23.5%)	8 (21.1%)		
自体骨	64 (9.1%)	4 (10.5%)		
异体骨	476 (67.4%)	26 (68.4%)		
ASA 分级 ( $\geq$ III 级)	116 (16.4%)	9 (23.7%)	1.357	0.244
术中出血量 (ml)	109.1 $\pm$ 53.7	114.5 $\pm$ 47.2	0.278	0.602
手术时长 (min)	113.1 $\pm$ 35.8	122.5 $\pm$ 41.4	1.365	0.218
止血带时间 (min)	93.3 $\pm$ 33.5	99.8 $\pm$ 36.7	2.013	0.192
红细胞计数 (< 下限)	106 (15.0%)	6 (15.8%)	0.017	0.896
红细胞比容 (< 下限)	114 (16.1%)	7 (18.4%)	0.137	0.711
血红蛋白浓度 (< 下限)	98 (13.9%)	6 (15.8%)	0.109	0.741
白细胞计数 (< 下限)	47 (6.7%)	5 (13.2%)	2.344	0.126
PHR ( $> 1.82$ )	185 (26.2%)	15 (39.5%)	3.230	0.072
PLR ( $> 142.38$ )	274 (38.8%)	20 (52.6%)	2.882	0.090
NLR ( $> 2.07$ )	381 (54.0%)	27 (71.1%)	4.251	0.039
MLR ( $> 0.31$ )	252 (35.7%)	17 (44.7%)	1.277	0.258
超敏 C 反应蛋白 ( $> 2.6$ mg/L)	289 (40.9%)	21 (55.3%)	3.046	0.081
总蛋白 (g/L)	66.7 $\pm$ 5.3	65.3 $\pm$ 5.1	0.147	0.783
白蛋白 (g/L)	43.2 $\pm$ 3.2	41.3 $\pm$ 3.9	6.186	0.012
D-二聚体 ( $> 1.07$ )	148 (21.0%)	17 (44.7%)	10.092	0.001
空腹血糖 (mmol/L)	5.2 $\pm$ 1.5	5.9 $\pm$ 1.5	4.928	0.036

表2 与术后DVT相关的独立风险因素的多变量分析结果

变量	P值	OR值	95% 置信区间
白蛋白(g/L)	0.002	0.79	0.67, 0.92
空腹血糖 mmol/L	0.043	1.34	1.01, 1.79
撑开高度(≥13 mm)	0.005	4.77	1.35, 16.85
D-二聚体(>1.07 mg/L)	0.028	3.52	1.01, 12.29

更直观、更简便地进行临床应用(图1)。AUC为0.775(95% CI: 0.646, 0.904)(图2),具有较高的敏感性和特异性(73.7%和75.4%),表明该模型具有良好的鉴别能力。C-index和Brier评分分别为0.775和0.031。经过内部Bootstrap验证(B=500次重复抽样),修正值分别为0.747和0.033,表明该模型总体表现令人满意。校正曲线(图3)说明了预测术后DVT的概率与OWHTO患者实际发生DVT的概率之间具有良好的 consistency。为了验证OWHTO患者的净获益,对预测模型进行了决策曲线分析。结果(图4)表明,当阈值概率在2%~65%之间时,该模型提高了“全部治疗”或“不治疗”情况下的净获益,这表明该模型能很好地指导临床实践。使用列线图模型

时,首先将空腹血糖的水平放在指定的变量轴上。然后沿该点的轴线上画线,以确定风险分数。对每个变量重复这一过程,并计算出总分。在“总分”轴上找到最终的总分,然后画一条垂直线与概率轴相交,以获得OWHTO患者发生DVT的概率。

## 讨 论

在本研究中,OWHTO后DVT的发生率为5.1%。高水平的空腹血糖、低水平的ALB、D-二聚体>1.07 mg/L和撑开高度≥13 mm被确认为与DVT发生的高风险独立相关。此外,这项研究基于多因素分析结果构建了预测OWHTO后DVT风险的列线图模型,其敏感性为73.7%,特异性为75.4%,AUC值为0.775(95% CI: 0.646, 0.904)。另外,经过Bootstrap 500次重复抽样验证,该列线图模型仍然显示出良好的预测性能。

### 一、危险因素与DVT之间的关系

据我们所知,本研究首次证实了术中截骨矫形后撑开高度≥13 mm是术后发生DVT的独立危险因

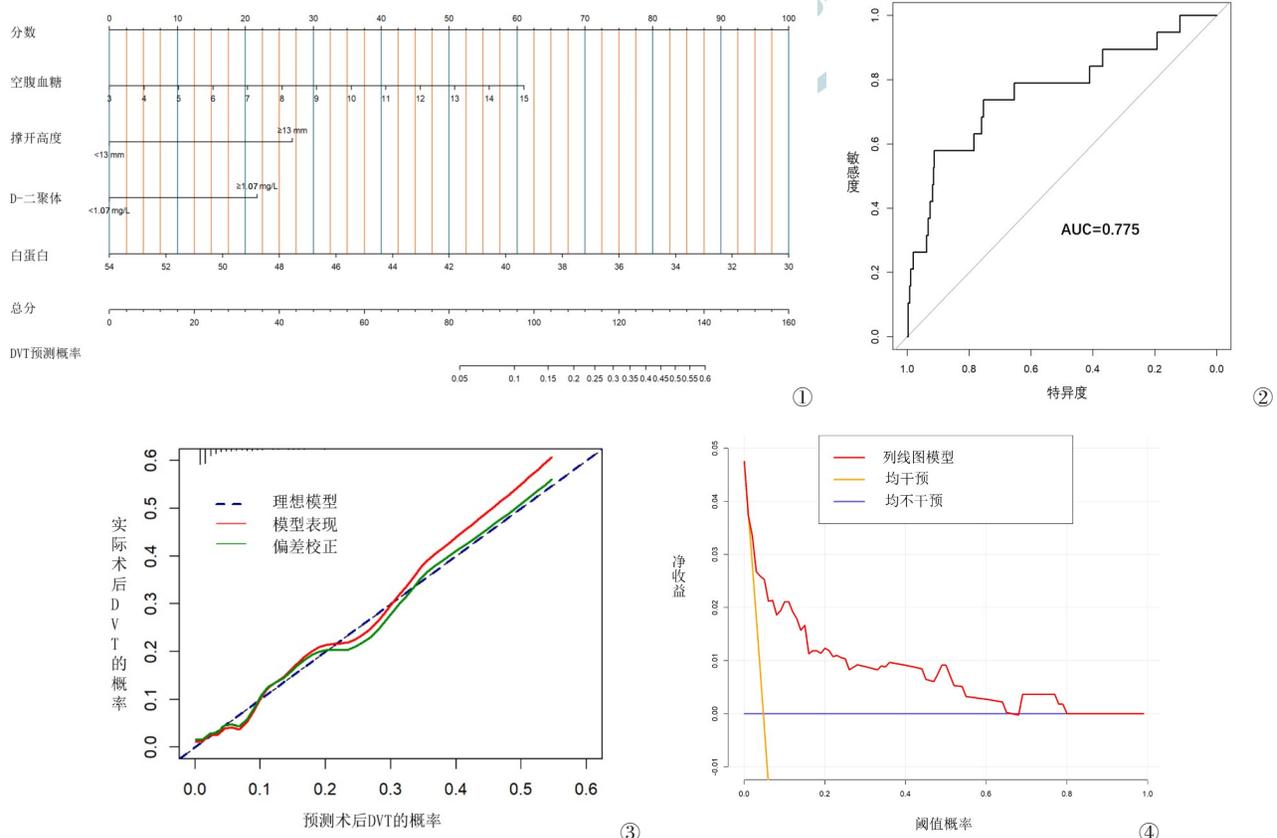


图1 OWHTO后DVT发生风险的预测列线图模型 图2 各项预测因素联合预测OWHTO术后发生DVT风险的ROC曲线 图3 列线图模型预测OWHTO患者术后发生DVT风险的校准曲线 图4 列线图模型的临床决策曲线

素。这可能是由于以下原因:首先,较大的撑开高度伴随着更大的术中创伤与出血,这意味着更严重的血管内皮细胞破坏和软组织损伤,从而为DVT的发生创造了先决条件<sup>[17]</sup>;其次,截骨矫形所导致的局部组织张力增高使得血液循环变差,血流减慢,这进一步促进了血栓的形成与进展<sup>[18]</sup>。因此,对于在截骨矫形过程中撑开高度 $\geq 13$  mm的患者,尤其是同时合并了其他相关风险因素时,术后应给予特别关注,根据患者的实际情况进行必要的药物干预,并积极进行超声检查以降低DVT的发生风险。

D-二聚体是交联纤维蛋白在纤维酶作用下所产生的一种特异性纤维蛋白降解产物。其主要来源于纤溶酶溶解的交联纤维蛋白凝块,是反映血栓形成与溶栓活性最重要的实验室生物标志物。作为最简单的纤维蛋白降解产物,其浓度可随血栓、创伤、手术和妊娠等众多因素变化,这意味着D-二聚体在诊断或预测DVT时的精准性较低<sup>[19]</sup>。鉴于此,本研究采用最大约登指数的方法重新定义D-二聚体的最佳截断值为1.07 mg/L,这与传统的阈值水平0.5 mg/L相比,诊断术后DVT的特异性将大大提高,这有利于区分DVT与非DVT的患者,从而改善预测的精准性。

高水平的空腹血糖以及低水平的ALB是外科患者术后发生DVT的公认危险因素<sup>[20-21]</sup>。高血糖会引起血管内皮细胞的损伤和炎症反应,对全身血管硬化有着广泛的影响,这些因素所带来的不良后果之一便是血栓形成。此外,高血糖还会促进血小板的活化,使得机体凝血活性增加。并且,长期高血糖也会导致大量糖化血红蛋白的形成,这会使红细胞的硬度增加,血液黏度从而也随明显增加<sup>[22]</sup>。而白蛋白水平降低会使血浆胶体渗透压降低,血管通透性增加,渗出液增多,血液血细胞比例增加,血液的黏滞度进一步增加。伴随着血细胞及抗凝血酶的血管外漏,血浆中抗凝血酶水平下降,进一步加剧了血栓形成的风险<sup>[23]</sup>。这些因素相互促进并影响,造成了DVT的发展。血糖和白蛋白作为可调节的营养或代谢指标,积极纠正这些指标对预防血栓形成和改善预后具有极大临床价值。

## 二、预测列线图模型的临床应用

本研究的优点在于利用列线图模型将各独立预测因素进行组合,并将最终预测结果可视化。列线图中的五个预测因子是从常规收集的临床数据中获

得的,在患者住院期间很容易获得。该预测列线图模型可以帮助临床医生迅速识别OWHTO后DVT风险较高的患者。在使用列线图时,只需根据不同预测因子的结果绘制垂直线,便可获得每个变量对应的风险评分,最后将分数总和即可得到相应的风险预测概率值。对于DVT高危患者,应在围手术期予以密切关注,并尽早进行双下肢深静脉超声扫描,以明确是否存在DVT的发生。必要时,则给予积极的药物治疗,防止血栓进一步发展。

## 三、研究的局限性

该研究仍然存在一些局限:第一,该研究是一项回顾性研究,因此对于纳入患者的选择偏差是不可避免的;第二,一些可能与DVT发生显著相关的变量未能被记录或未测量,如肢体固定时间等;第三,为了提高模型的预测准确性,我们排除了一些具有特殊情况的患者(如有膝关节手术史、合并恶性肿瘤等),这意味着该列线图模型可能只适用于这些情况之外的患者;第四,在本研究以及以往诸多研究中,小腿肌间静脉血栓往往因相对较小的临床意义而不被纳入最终的分析之中,这无疑可以使我们的研究重心定位于比肌间静脉血栓更具有临床意义的近端DVT上,使得模型预测精准性和临床实用性提高,然而也无疑造成对早期小腿肌间静脉血栓的忽视;第五,用于构建列线图的临床数据是单中心的,虽然有好的内部验证结果,但仍需要在多中心数据的前瞻性研究中来证实该模型的外部临床适用性。

总之,我们发现高水平的空腹血糖、低水平的ALB、D-二聚体 $> 1.07$  mg/L和撑开高度 $\geq 13$  mm是接受OWHTO的患者术后发生DVT的重要预测因素。我们将这个结果转换成一个预测列线图来预测术后DVT的风险。该模型具有较强的区分力和临床实用性。临床医生可利用该模型快速地对患者进行风险分层,对高危患者必要时进行早期干预,从而防止血栓进一步发展。

## 参 考 文 献

- 1 Kobayashi Hideo, Akamatsu Yasushi, Kumagai Ken et al. The use of factor Xa inhibitors following opening-wedge high tibial osteotomy for venous thromboembolism prophylaxis [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2017, 25: 2929-2935.
- 2 Miller Bruce S, Downie Brian, McDonough E Barry, et al. Complications after medial opening wedge high tibial osteotomy [J]. *Arthroscopy*, 2009, 25: 639-46.

- 3 Martin Robin, Birmingham Trevor B, Willits Kevin et al. Adverse event rates and classifications in medial opening wedge high tibial osteotomy [J]. *Am J Sports Med*, 2014, 42: 1118-26.
- 4 Park HJ, Kang SB, Park J, et al. Patterns and Distribution of Deep Vein Thrombosis and Its Effects on Clinical Outcomes After Opening-Wedge High Tibial Osteotomy [J]. *Orthop J Sports Med* 2021, 9 (10): 23259671211030883.
- 5 Benz Alexander P, Eikelboom John W, In DVT, oral DTIs and factor Xa inhibitors reduce major bleeding but not recurrent VTE vs. conventional anticoagulants [J]. *Ann Intern Med*, 2023, undefined: undefined.
- 6 Thompson Rachel, Cassidy Roslyn, Hill Janet et al. Are Patients With Morbid Obesity at Increased Risk of Pulmonary Embolism or Proximal Deep Vein Thrombosis After Lower Limb Arthroplasty? A Large-database Study [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2023, undefined: undefined.
- 7 An Jae-Sung, Mabrouk Ahmed, Khakha Raghbir et al. Assessment of return to sport and functional outcomes following distal femoral, double level and high tibial osteotomies for active patients with symptomatic varus malalignment [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2023, undefined: undefined.
- 8 Lee Sung-Sahn, Oh Juyong, Lee Dae-Hee, Change in Cartilage Status of Medial Compartment after Open-Wedge High Tibial Osteotomy without Cartilage Regeneration Procedure: Second Look Arthroscopic Assessment [J]. *Biomedicines*, 2023, 11: undefined.
- 9 Agostinone Piero, Lucidi Gian Andrea, Dal Fabbro Giacomo, et al. Satisfactory long-term outcomes for combined anterior cruciate ligament reconstruction and lateral closing wedge high tibial osteotomy [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2023, undefined: undefined.
- 10 Ekhtiari S, Haldane CE, de Sa D, et al. Return to work and sport following high tibial osteotomy: a systematic review [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2016, 98(18): 1568-1577.
- 11 Rupp MC, Lindner F, Winkler PW, et al. Clinical effect of isolated lateral closing wedge distal femoral osteotomy compared to medial opening wedge high tibial osteotomy for the correction of varus malalignment: a propensity Score-Matched analysis [J]. *Am J Sports Med*, 2023, 51(2): 437-445.
- 12 Schröter S, Ateschrang A, Löwe W, et al. Early full weight-bearing versus 6-week partial weight-bearing after open wedge high tibial osteotomy leads to earlier improvement of the clinical results: a prospective, randomised evaluation [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2017, 25(1): 325-332.
- 13 Onishi S, Iseki T, Kanto R, et al. Incidence of and risk factors for deep vein thrombosis in patients undergoing osteotomies around the knee: comparative analysis of different osteotomy types [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2021, 29(10): 3488-3494.
- 14 Kim KI, Kim GB, Lee MG, et al. Do we need chemoprophylaxis to prevent venous thromboembolism following medial Open-Wedge high tibial osteotomy? [J]. *J Knee Surg*, 2021, 34(9): 1007-1013.
- 15 Kubota M, Kim Y, Inui T, et al. Risk factor for venous thromboembolism after high tibial osteotomy - analysis of patient demographics, medical comorbidities, operative valuables, and clinical results [J]. *J Orthop*, 2021, 25): 124-128.
- 16 Zeng Guowei, Li Xu, Li Wencai, et al. A nomogram model based on the combination of the systemic immune-inflammation index, body mass index, and neutrophil/lymphocyte ratio to predict the risk of preoperative deep venous thrombosis in elderly patients with intertrochanteric femoral fracture: a retrospective cohort study [J]. *J Orthop Surg Res*, 2023, 18: 561.
- 17 Cheng Xinqun, Lei Xiang, Wu Haifeng et al. Development and validation of a predictive nomogram for preoperative deep vein thrombosis (DVT) in isolated calcaneal fracture [J]. *Sci Rep*, 2022, 12: 5923.
- 18 虞宵, 周晓强, 余远时, 等. 胫骨高位截骨术与单髁置换术治疗膝关节前内侧面室骨关节炎短期疗效及成本效益分析 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2022, 15(3): 183-189.
- 19 Philip S, Wells MD, David R, et al. Evaluation of d-Dimer in the Diagnosis of Suspected Deep-Vein Thrombosis [J]. *N Engl J Med*, 2013:1127-1235.
- 20 辛兵, 王永升, 牟传勇, 等. 止血带对应用氨甲环酸的胫骨高位截骨术围手术期结果的影响 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2020, 13(6): 487-491.
- 21 Lung BE, Kanjiya S, Bisogno M, et al. Risk factors for venous thromboembolism in total shoulder arthroplasty [J]. *JSES Open Access*, 2019, 3(3): 183-188.
- 22 Xiong Xiaojuan, Li Ting, Cheng Bo. Association between glycosylated hemoglobin, diabetes mellitus, and preoperative deep vein thrombosis in patients undergoing total joint arthroplasty: a retrospective study [J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17: 430.
- 23 Lung Brandon E, Kanjiya Shrey, Bisogno Michael et al. Risk factors for venous thromboembolism in total shoulder arthroplasty [J]. *JSES Open Access*, 2019, 3: 183-188.

(收稿日期:2023-01-02)

(本文编辑:吕红芝)

宋碧莹, 郭海川, 韩子钰, 等. 开放式楔形胫骨高位截骨术后下肢深静脉血栓形成的危险因素分析及预测列线图的构建 [J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2023, 9(4): 226-232.