

膝关节骨性关节炎行开放楔形胫骨高位截骨术后膝关节僵硬的预测因素

韩月宁¹ 李承思² 邢欣² 于腾波³ 赵阔⁴ 杨政伟⁵ 刘明辉⁶ 耿倩⁷

【摘要】 目的 开放楔形胫骨高位截骨术(OW-HTO)后膝关节僵硬,会显著影响手术治疗效果。然而,目前关于OW-HTO术后膝关节僵硬预测因素的研究仍较为缺乏。方法 采用回顾性队列研究设计,纳入2023年至2024年间首次接受OW-HTO治疗的患者,收集患者的人口统计学资料、Kellgren-Lawrence分级、髌-膝-踝(HKA)角、胫骨内侧平台沉降值、内固定物尺寸、植骨类型以及西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数(WOMAC)。研究的结局是以术后1年WOMAC僵硬评分变差以及随访评估僵硬症状共同定义的“术后膝关节僵硬”。通过单因素分析和多因素Logistic回归分析探究术后僵硬的独立预测因素。结果 本研究共纳入527例患者,其中男性193例、女性334例,平均年龄为(59.5±6.7)岁。术后1年随访结果显示,91例(17.3%)患者出现膝关节术后僵硬。单因素分析表明,性别、体重指数(BMI)、糖尿病病史、术前HKA角、术前胫骨内侧平台沉降值、术前WOMAC僵硬评分、内固定物尺寸及植骨类型,均与术后僵硬存在关联。将上述变量纳入多因素Logistic回归分析,经向后逐步回归法筛选后发现: BMI($OR=1.23, 95\% CI: 1.14, 1.32, P<0.001$)、胫骨内侧平台沉降值($OR=1.23, 95\% CI: 1.12, 1.35, P<0.001$)、内固定物尺寸($OR=1.02, 95\% CI: 1.01, 1.03, P<0.001$)及推进骨瓣植骨($OR=0.24, 95\% CI: 0.13, 0.41, P<0.001$),是术后膝关节僵硬的独立预测因素。结论 对于接受OW-HTO的患者,高BMI与较大的胫骨内侧平台沉降值是术后膝关节僵硬的危险因素;而选择小尺寸内固定物及采用推进骨瓣植骨方式,可降低术后僵硬发生风险。临床中,应对高风险人群加强围术期管理,并在手术方式选择与内固定物选型方面优化策略。

【关键词】 膝关节骨性关节炎; 胫骨高位截骨术; 僵硬; 预测因素

Predictive factors for knee stiffness after open-wedge high tibial osteotomy in patients with knee osteoarthritis Han Yuening¹, Li Chengsi², Xing Xin², Yu Tengbo³, Zhao Kuo⁴, Yang Zhengwei⁵, Liu Minghui⁶, Geng Qian⁷. ¹Department of Medical Management, Institute of Economic and Social Development, Nankai University, Tianjin 300071, China; ²Hebei Institute of Orthopedics, The Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China; ³Department of orthopedics, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266003, China; ⁴Trauma Emergency Center, The Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China; ⁵Department of orthopedics, Dazu District Hospital of Traditional Chinese Medicine, Chongqing 402360, China; ⁶Department of orthopedics, Tianjin People's Hospital, Tianjin 300121, China; ⁷Nursing Department, The Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China

Corresponding Author: Geng Qian, Email: gq18533112612@163.com

【Abstract】 **Objective** Postoperative knee stiffness following open-wedge high tibial osteotomy (OW-HTO) can significantly compromise surgical outcomes. However, there is a paucity of research investigating the predictive factors for knee stiffness after OW-HTO. **Methods** This was a retrospective cohort study involving patients who underwent primary OW-HTO between 2023 and 2024. Demographic data, Kell-

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2025.05.003

基金项目: 河北省省级科技计划资助(225A7703D)

作者单位: 300071 天津,南开大学经济与社会发展研究院医学管理系¹; 050051 石家庄,河北医科大学第三医院,河北省骨科研究所²; 266003 青岛大学附属医院骨科³; 050051 石家庄,河北医科大学第三医院创伤急救中心⁴; 402360 重庆市大足区中医院骨科⁵; 300121 天津市人民医院骨科⁶; 050051 石家庄,河北医科大学第三医院护理部⁷

通信作者: 耿倩, Email: gq18533112612@163.com

gren-Lawrence grade, hip-knee-ankle (HKA) angle, medial tibial plateau settlement value, size of internal fixation, type of bone graft, and the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) were collected. The primary outcome was "postoperative knee stiffness," defined as a worsening of the WOMAC stiffness score at 1 year postoperatively combined with the presence of stiffness symptoms during follow-up evaluations. Univariate analysis and multivariate logistic regression analysis were used to identify independent predictive factors for postoperative stiffness. **Results** A total of 527 patients were included, with 193 males and 334 females, and a mean age of 59.5 years. At 1 year postoperatively, 91 (17.3%) patients developed postoperative knee stiffness. Univariate analysis showed that sex, body mass index (BMI), history of diabetes mellitus, preoperative HKA angle, preoperative medial tibial plateau settlement value, preoperative WOMAC stiffness score, size of internal fixation, and type of bone graft were associated with postoperative stiffness. After including variables in the multivariate logistic regression and applying backward stepwise regression for selection, BMI ($OR=1.23$, 95% CI : 1.14, 1.32, $P<0.001$), medial tibial plateau settlement value ($OR=1.23$, 95% CI : 1.12, 1.35, $P<0.001$), size of internal fixation ($OR=1.02$, 95% CI : 1.01, 1.03, $P<0.001$), and advancement bone flap grafting ($OR=0.24$, 95% CI : 0.13, 0.41, $P<0.001$) were identified as independent predictive factors for postoperative stiffness. **Conclusions** In patients undergoing OW-HTO, higher BMI and a larger medial tibial plateau settlement value are risk factors for postoperative knee stiffness, while using smaller-sized internal fixations and advancement bone flap grafting can reduce the risk of postoperative stiffness. Strengthening perioperative management in high-risk populations and optimizing surgical techniques and internal fixation selection may reduce the progression of stiffness and improve functional outcomes.

【Key words】 Knee osteoarthritis; High tibial osteotomy; Stiffness; Predictive factors

膝关节骨性关节炎 (knee osteoarthritis, KOA) 是中老年人致残的主要原因之一, 全球受累人群超 5 亿^[1]。其以关节软骨退变、疼痛和功能障碍为特征。开放楔形胫骨高位截骨术 (medial opening-wedge high tibial osteotomy, OW-HTO) 作为主流保膝手术, 通过矫正下肢力线转移负重, 有效缓解疼痛并保留关节结构, 患者满意度达 88.6%, 尤其适用于年轻、活动量大的患者^[2-3]。

然而, 术后膝关节僵硬仍是制约其疗效的关键因素, 发生率为 1.2%~17.7%, 主要表现为关节活动受限, 严重影响日常活动甚至导致终身残疾, 显著降低手术获益^[4-5]。现有研究表明, 其危险因素包括患者个体差异、手术技术、骨关节炎分级、患者期望以及康复过程等, 但具体机制尚未完全明确^[6]。值得关注的是, 植入物尺寸与术后僵硬的关联逐渐引发重视。理论上, 大尺寸植入物需更大手术切口, 导致软组织剥离更广泛、手术时间延长, 增加组织缺血缺氧风险, 可能诱发纤维组织增生, 最终加剧僵硬。医生可以通过改进手术技术或为患者制定康复方案来降低膝关节僵硬的发生率。我们团队于 2014 年首次提出, 基于骨质疏松的胫骨平台不均匀沉降是导致膝关节内翻的决定因素, 并于 2018 年提出采用双三角锁定接骨板固定截骨间隙^[7]。该内固定物尺寸更小, 手术切口仅 4 cm, 可减少组织损伤, 且固定牢

固, 但相关临床证据仍较缺乏。

目前, 针对 OW-HTO 术后 1 年出现的“僵硬症状加重”, 其成因尚未明确。本研究旨在探索这一术后并发症的独立预测因素, 尤其是植入物尺寸等可控因素, 为制定个体化干预策略 (如优化植入物选择、强化康复方案) 提供依据, 从而降低术后僵硬风险, 改善患者预后。

材料与方法

一、一般资料

本研究为回顾性研究, 纳入了 2023 年至 2024 年间在我院接受 OW-HTO 的患者。共 643 例接受单侧 OW-HTO 的患者被要求在术前完成问卷调查。研究期间共 527 例接受 OW-HTO 手术且术前和术后资料完整的患者符合纳入标准 (图 1)。其中男性患者 193 例, 女性患者 334 例, 平均年龄为 (59.5±6.7) 岁。共有 91 例患者 (17.3%) 在 OW-HTO 术后 1 年出现僵硬症状加重, 其中 68 例使用 T 型锁定接骨板, 23 例使用双三角锁定接骨板。

二、纳入排除标准

纳入标准: (1) 年龄在 40 至 70 岁之间; (2) 病变局限于膝关节内侧间室, 外侧间室正常; (3) 根据 (Kellgren-Lawrence, K-L) 分级, 骨关节炎为 3 级^[8];

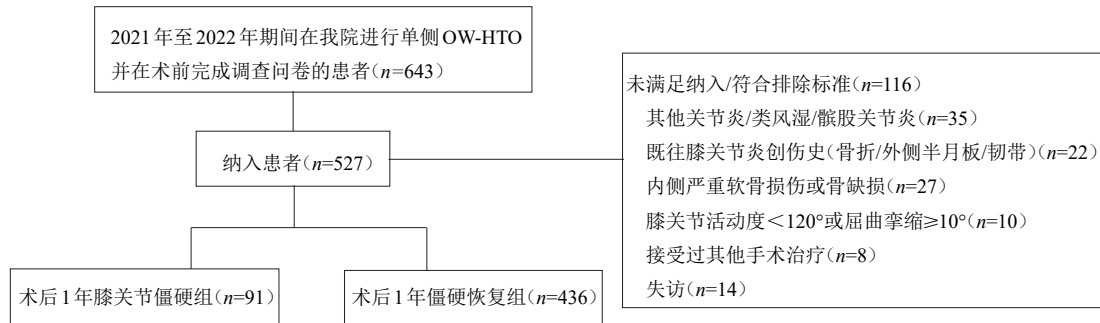


图1 数据处理流程图,OW-HTO,开放楔形胫骨高位截骨术

(4)伴有内翻畸形(5°至14°)的膝关节内侧间室骨关节炎;(5)膝关节活动度 $\geq 120^\circ$,膝关节屈曲挛缩 $< 10^\circ$;(6)无认知障碍的患者。排除标准如下:(1)患有其他关节炎的患者,如进行性髌股关节炎、创伤性关节炎或类风湿性关节炎等;(2)有膝关节创伤史的患者,包括骨折、外侧半月板损伤和韧带损伤;(3)根据影像学资料诊断为内侧间室严重软骨损伤或骨缺损的患者;(4)接受过其他手术治疗的患者;(5)膝关节活动度受限的患者;(6)膝关节严重不稳的患者;(7)资料不全或一年内失访的患者。

该研究已通过本院伦理委员会及全部患者的知情同意(科2024-087-1)。

三、手术步骤

术前获取双下肢站立位全长X线片、膝关节正侧位X线片以及膝关节CT图像,以确定KOA的分级和截骨矫正角度^[9]。在双下肢全长X线片上确定截骨铰链的位置,连接股骨头中点与胫骨平台外侧髁作为截骨线;以铰链为旋转中心,以踝关节中心到铰链的距离为旋转半径,直至与截骨线相交,旋转角度即为需要矫正的角度。所有手术均由同一手术团队完成,采用全身麻醉的方式进行麻醉。术中在髌部使用气囊止血带。常规进行关节镜检查,并根据需要进行处理。然后,通过胫骨近端内侧纵切口进行截骨,暴露时保留鹅足腱,完全松解内侧副韧带浅

层。水平截骨面位于腘绳肌腱止点上方,与胫骨平台后倾角平行,保留至少1.5 cm的外侧皮质。截骨后,用多个不同厚度的试模撑开截骨间隙,施加所需的矫正角度以形成轻微的外翻角度(机械外翻角度在 $6^\circ \sim 8^\circ$ 范围内),即下肢承重线向侧方移至Fujisawa点(胫骨内侧至外侧宽度最大位置的62.5%)^[10](图2)。随后,使用不同的内固定物固定截骨间隙。

纳入的共有两种尺寸的内固定物(图3),分别是双三角锁定接骨板(板材绝对长度为60 mm)和T型锁定接骨板(板材绝对长度为120~150 mm),所有植入物均从关节线水平到鹅足止点在胫骨内侧做纵切口。T型锁定接骨板的切口长度约6 cm,双三角锁定接骨板的切口长度约为4 cm。之后,在截骨间隙采用自体骨移植或者推进骨瓣移植。推进骨瓣移植,使用1.0 mm直径克氏针,于钢板下方截骨间隙上缘胫骨处进行U型截骨,截骨面积约 $0.5 \text{ cm}^* 1.0 \text{ cm}$,然后使用6 mm宽的骨刀进行截骨并将骨瓣向截骨间隙推移。内固定物以及植骨方式的选择取决于患者的偏好。此外,患者的身体状况,如全身情况、KOA的严重程度以及周围软组织的状况,也可能影响选择。手术结束时,沿髌前上棘至踝关节中点的连线确定下肢力线的矫正程度,通过术中屈曲评估胫骨近端的稳定性,并在术后重新拍摄X线片测量患侧肢体的内翻角度。

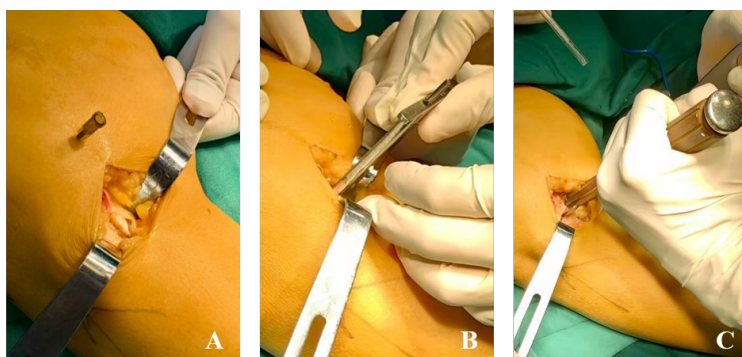


图2 图A 通过胫骨近端内侧纵切口进行截骨,暴露时保留鹅足腱,完全松解内侧副韧带浅层;图B 水平截骨面位于腘绳肌腱止点上方,与胫骨平台后倾角平行,保留至少1.5cm的外侧皮质;图C 截骨后,用多个不同厚度的试模撑开截骨间隙,施加所需的矫正角度以形成轻微的外翻角度

四、围术期处理

所有患者均接受相同的术后康复训练。从术后第2天开始,在确保无明显不良反应(生命体征异常、头晕、恶心等)后,允许患者进行膝关节活动度训练。患者平躺在床上,双手握住膝盖,进行膝关节屈伸练习。活动度练习力求每次都能提高活动角度。同时,可以进行股四头肌等长收缩练习,并可借助拐杖部分负重行走。术后1个月,患者可以完全负重行走。术前和术后均进行下肢深静脉超声检查,以排查深静脉血栓,所有患者从术后第2天开始每天皮下注射低分子肝素一次,以预防下肢深静脉血栓。对于术后出现下肢深静脉血栓的患者,将低分子肝素的皮下注射改为每天两次,直至血栓消失。

五、随访

所有纳入研究的患者均在术前、术后1个月、6个月和12个月进行随访。随访时要求患者完成问卷调查,若患者在3周内未回复,则通过电话联系。收集患者围术期信息,包括年龄、性别、体重指数(body mass index, BMI)、慢性合并症(包括心血管疾病、脑血管疾病、肺部疾病、肝脏疾病、肾脏疾病、糖尿病、癌症以及贫血)、临床指标[包括髌-膝-踝角(hip-knee-angle, HKA)、胫骨内侧平台沉降值、西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数(Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index, WOMAC)、手术时间、术中出血量、内固定物尺寸、切口长度、植骨类型]。

WOMAC指数常用于评估膝关节骨关节炎的严重程度和治疗效果,分为疼痛、僵硬和功能三个部分^[11]。本研究中使用WOMAC指数包含24个问题,采用五级Likert量表(无、轻度、中度、重度和极

重度)进行回答。WOMAC疼痛量表包含5个问题,每个问题的评分范围为0到4分,总分区间从0分(无痛)到20分(极度疼痛)。功能量表包含17个问题,同样采用0~4分制,得分范围从0分(最佳功能状态)到68分(最差功能状态)。而僵硬量表包含2个问题,评分范围为0分(无僵硬)到8分(完全僵硬)。所有评分均转换为百分比形式,其中0%代表最佳状态,100%则表示最差状态^[12]。临床结局依据WOMAC僵硬评分和临床症状共同评估:对于WOMAC僵硬评分在术后1年好转,且门诊随访膝关节活动度良好的患者,将其定义为“僵硬恢复”组;而对于WOMAC僵硬评分在术后1年恶化,且在门诊随访出现膝关节功能受限或丧失,可见僵硬于屈曲、屈曲外旋、外翻位,或处于完全伸直位的患者,将其定义为“术后僵硬”组。

六、统计分析

本研究的所有统计分析均使用和R语言5.4.1版(R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)进行。连续变量先通过Shapiro-Wilk检验判断是否符合正态分布,符合者以均值±标准差表示,不符合者以中位数[Q1 - Q3]表示;分类变量以例(%)表示。“术后僵硬”组和“僵硬恢复”组间特征差异分析中,符合正态分布的连续变量采用独立样本t检验,不符合者采用Mann-Whitney检验;分类变量采用 χ^2 检验,当理论频数<5时改用Fisher确切概率法。采用单因素分析确定潜在预测因素,随后将潜在预测因素纳入多因素Logistic回归模型,采用向后逐步回归法筛选出术后1年膝关节僵硬的独立预测因素。所有统计检验均为双侧检验, $P < 0.05$ 被认为具有统计学显著性。

结 果

一、单因素分析

单因素分析确定了围术期可预测术后1年膝关节僵硬的潜在因素(表1)。其中,性别、BMI、糖尿病病史、术前HKA角、术前胫骨内侧平台沉降值、术前WOMAC僵硬评分、内固定物尺寸及植骨类型在“术后僵硬”组和“僵硬恢复”组间的差异具有统计学意义($P < 0.10$)。

二、多因素分析

将以上变量纳入多因素Logistic回归分析,筛选变量后显示,BMI($OR=1.23, 95\% CI: 1.14, 1.32,$

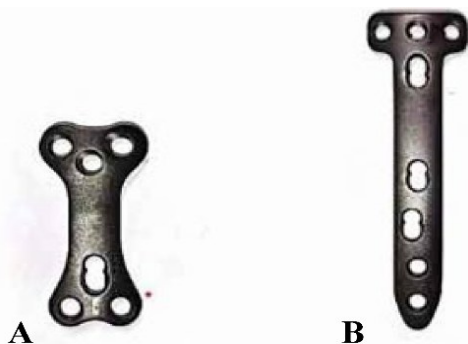


图3 图A 双三角锁定接骨板,板材由钛合金制成,板材绝对长度为60 mm;图B T型锁定接骨板,板材由钛合金制成,板材绝对长度为120-150 mm,在其近三分之一处,该板块呈T形

$P < 0.001$)、胫骨内侧平台沉降值 ($OR = 1.23$, 95% CI : 1.12, 1.35, $P < 0.001$)、内固定物尺寸 ($OR = 1.02$, 95% CI : 1.01, 1.03, $P < 0.001$)及采用推进骨瓣植骨 ($OR = 0.24$, 95% CI : 0.13, 0.41, $P < 0.001$)是术后膝关节僵硬的独立预测因素(表2)。

讨 论

一、主要研究结果与膝关节僵硬的临床意义

本研究的主要发现是,有17.3%的KOA患者在接受OW-HTO术后1年膝关节僵硬,在围术期变量中,高BMI、术前胫骨内侧平台沉降值过大是膝关节僵硬的危险因素,而术中使用小尺寸内固定物和采用推进骨瓣植骨有保护作用。膝关节僵硬是影响患者术后生活质量和满意度的重要因素,可被视为术

后疗效的一个独立组成部分,这一点已由Wolfe等^[13]指出。多项研究表明,术后膝关节僵硬的原因可能与膝关节纤维化有关,膝关节纤维化指的是膝关节内及周围纤维组织的异常增生,可能导致膝关节屈伸功能受限^[14]。术后膝关节纤维化可能与术后膝关节活动减少、膝关节损伤程度、韧带损伤或其他继发性因素相关。

二、高BMI对OW-HTO术后膝关节僵硬的影响及机制

我们发现高BMI与术后1年膝关节僵硬独立相关。机制上,一方面,体重增加与内侧间室负荷升高呈量效关系,即使进行力线校正,长期的高载荷可使关节囊与内侧副韧带形成应力适应,术后更易出现张力失衡与挛缩倾向;多项生物力学研究显示,体重越高,膝关节内侧接触力与内收力矩增加,并伴随步

表1 527例KOA患者术后发生膝关节僵硬的围术期特征对比

变量	总例数(527例)	僵硬恢复组(436例)	术后僵硬组(91例)	t/U/ χ^2 值	P值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	59.52±6.73	59.53±6.69	59.51±6.97	19 745.5	0.944
性别[例(%)]				7.341	0.007*
男	193(36.6)	171(39.2)	22(24.2)		
女	334(63.4)	265(60.8)	69(75.8)		
BMI(kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	26.54±3.76	26.14±3.71	28.45±3.42	-5.464	<0.001*
慢性合并症[例(%)]					
心血管疾病	50(9.5)	43(9.9)	7(7.7)	0.413	0.521
脑血管疾病	43(8.2)	37(8.5)	6(6.6)	0.360	0.549
肺部疾病	42(8.0)	37(8.5)	5(5.5)	0.919	0.338
肝脏疾病	54(10.2)	43(9.9)	11(12.1)	0.405	0.524
肾脏疾病	39(7.4)	35(8.0)	4(4.4)	1.449	0.229
糖尿病	49(9.3)	36(8.3)	13(14.3)	3.245	0.072*
癌症	61(11.6)	50(11.5)	11(12.1)	0.028	0.866
贫血	63(12.0)	52(11.9)	11(12.1)	0.002	0.966
HKA角($^\circ$, $\bar{x} \pm s$)	171.88±2.97	172.02±2.88	171.20±3.28	2 2741.5	0.027*
沉降值(mm, $\bar{x} \pm s$)	8.56±2.80	8.31±2.63	9.80±3.24	15 336.0	<0.001*
WOMAC指数($\bar{x} \pm s$)	63.01±12.28	62.71±12.14	64.45±12.86	-1.228	0.220
疼痛	72.73±9.37	72.57±9.41	73.48±9.19	18 018.5	0.169
僵硬	73.36±17.51	72.61±17.62	76.96±16.55	17 013.5	0.033*
功能	63.51±9.13	63.19±8.83	65.04±10.35	18 041.0	0.174
手术时间(min, $\bar{x} \pm s$)	105.00±35.22	105.28±35.73	103.66±32.82	20 260.5	0.749
术中出血量(mL, $\bar{x} \pm s$)	90.74±36.12	90.88±36.50	90.08±34.45	0.193	0.988
内固定物尺寸(mm, $\bar{x} \pm s$)	120[60,130]	60[60,130]	130[60,140]	14 131.0	<0.001*
切口长度(cm, $\bar{x} \pm s$)	5.78±1.51	5.73±1.50	6.02±1.56	17 735.0	0.111
植骨类型[例(%)]				23.202	<0.001*
异体骨	267(50.7)	200(45.9)	67(73.6)		
推进骨瓣	260(49.3)	236(54.1)	24(26.4)		

注: BMI: 体重指数; HKA: 髌膝踝角度; WOMAC: 安大略西部及麦克马斯特大学骨关节炎指数; KOA 表示膝关节骨性关节炎

表2 KOA患者术后发生膝关节僵硬的多因素 Logistic 回归分析

变量	β (log-OR)	SE	Z值	OR	95% CI	P值
BMI(kg/m ²)	0.203	0.037	5.54	1.23	1.14, 1.32	<0.001
沉降值(mm)	0.207	0.049	4.23	1.23	1.12, 1.35	<0.001
内固定物尺寸(mm)	0.019	0.0037	5.12	1.02	1.01, 1.03	<0.001
植骨类型(推进骨瓣)	-1.448	0.285	-5.08	0.24	0.13, 0.41	<0.001

注:SE(标准误);OR(比值比);CI(置信区间);BMI(体重指数)

态期膝屈曲角度降低与伸直模式增强,这些改变都会限制早期关节活动度与功能训练,从而放大“僵硬”的主观体验^[15-17]。另一方面,肥胖相关的低度慢性炎症可通过脂肪因子(如 leptin、resistin 等)及促纤维化通路(TGF- β /SMAD 等)驱动滑膜—髌上囊—髌下脂肪垫轴的炎症与纤维化,进而增加关节腔瘢痕化与滑动受限的风险;最新综述与转化研究均提示滑膜—髌上囊—髌下脂肪垫轴的炎症与纤维化程度与KOA严重度相关,并可作为促纤维化因子的来源^[18-19]。据此,在围手术期将体重管理纳入标准路径具有生物力学与生物学的双重合理性;既往干预研究亦表明,减重可显著降低膝关节载荷与内收力矩,为改善术后僵硬与康复依从性提供了可操作的目标^[20]。

三、术前胫骨内侧平台沉降值与术后膝关节僵硬的关联分析

此外,我们发现术前胫骨内侧平台沉降值与术后膝关节僵硬呈显著相关,提示“沉降”不仅是结构性退变的表征,更可能构成术后僵硬的生物力学前提。影像学上,沉降值越大提示内侧骨性支撑丢失与关节线不均衡更突出,并与下肢力线、最小关节间隙及髌—平台角呈不利相关,这些量化指标共同反映内侧负荷集中与结构退变的程度。同时,不均匀沉降可伴随冠状位股胫半脱位与内侧半月板挤出,进一步加剧内侧负荷与力线内移,形成“沉降—内移—再沉降”的恶性循环;上述征象在中重度内侧间室KOA中已被系统描述^[21]。在此力学背景下,为恢复力线与关节线平衡,术中往往需要更大的开口楔度与更广泛的软组织处理,这一过程可能提高术后早期疼痛与微动的风险、限制关节活动度训练并促发瘢痕化通路,从而为膝关节僵硬提供了生物力学前提。值得注意的是,削弱外侧腓骨—软组织复合体的支撑可使载荷外移、内侧应力下降并改善疼痛与功能,提示“纠偏载荷—恢复关节线平衡”的策略具备一定的可逆性与临床可行性,这与不均匀沉降理论的生物力学逻辑一致。因此,建议将沉降的定量

评估纳入围术期风险分层与矫形规划,既作为影像学严重度与力线异常的指标,也作为预测术后膝关节僵硬风险的可操作信号,以指导楔度设计、软组织处理与术后康复节奏的个体化优化^[22-23]。

四、手术相关因素(内固定物尺寸、植骨类型)对术后膝关节僵硬的影响

在术中策略层面,我们的结果提示两点:其一,在满足稳定性的前提下尽量降低植入体体积与轮廓。本研究中,较大尺寸内固定物与术后僵硬呈正相关。我们所用的两类内固定物中,双三角锁定接骨板的绝对长度约60 mm, T型锁定接骨板约120~150 mm(图2),提示在相同力学需求下,选择更短、低轮廓、贴骨性更好的板型,有望减少软组织刺激与切口相关不适,从而有利于术后早期活动。Yu等报道,与体积更大的Tomofix相比,双三角锁定接骨板需要更小切口(约4~5 cm vs 6 cm),并与更低的术后僵硬发生率相关,这与我们的研究结果相符^[24]。其二,在开口楔度较大或伴明显沉降时优先采用推进骨瓣以充分填充截骨间隙,推进骨瓣较自体骨移植更具保护效应。推进骨瓣作为结构性填充手段,可将应力有效传导至松质骨面、促进早期骨性连接并减少微动与延迟愈合,从生物力学链条上降低“疼痛—限制活动—纤维化—僵硬”的发生;该技术的临床初步应用显示了良好的可行性与愈合趋势,为在“大开口/显著沉降”情境下的采用提供了依据^[25]。据此,在风险较高病例中建议:优先选择低轮廓小体积板型(如双三角锁定接骨板),并在需要时联合推进骨瓣充分填充间隙,在保证稳定性的同时,最大限度降低术后僵硬的概率。

五、本研究的局限性

本研究的主要局限性如下:第一,研究为单中心回顾性设计,难以建立因果关系,亦易受选择偏倚与残余混杂(如疾病严重度、康复依从性等未完全记录)影响。第二,内植物型号/尺寸及植骨方式由术者基于个体情况决定,存在“指征偏倚”。第三,未进行前瞻性、预设的亚组研究以进一步剖析“膝关节僵

硬”人群;若能结合客观关节活动度、影像学纤维化指标及康复相关变量进行分层,将更有助于从机制与可干预环节上阐明僵硬的发生学。

对于接受OW-HTO的患者,高BMI与较大的胫骨内侧平台沉降值是术后膝关节僵硬的危险因素;而选择小尺寸内固定物及采用推进骨瓣植骨方式,可降低术后僵硬发生风险。临床实践中,应对高风险人群加强围术期管理,并在手术方式选择与内固定物选型方面优化策略,以减少术后僵硬进展,改善患者功能结局。

参 考 文 献

- 1 Safiri S, Kolahi AA, Smith E, et al. Global, regional and National burden of osteoarthritis 1990-2017: a systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2017 [J]. *Ann Rheum Dis*, 2020, 79(6): 819-828.
- 2 Amendola A, Bonasia DE. Results of high tibial osteotomy: review of the literature [J]. *Int Orthop*, 2010, 34(2): 155-160.
- 3 Goshima K, Sawaguchi TKH, Shigemoto K, et al. Factors associated with patient satisfaction after Opening-Wedge high tibial osteotomy [J]. *Orthop J Sports Med*, 2020, 8(11): 2325967120967964.
- 4 Seo SS, Kim OG, Seo JH, et al. Complications and Short-Term outcomes of medial opening wedge high tibial osteotomy using a locking plate for medial osteoarthritis of the knee [J]. *Knee Surg Relat Res*, 2016, 28(4): 289-296.
- 5 Martin R, Birmingham TB, Willits K, et al. Adverse event rates and classifications in medial opening wedge high tibial osteotomy [J]. *Am J Sports Med*, 2014, 42(5): 1118-1126.
- 6 Vaish A, Vaishya R, Bhasin VB. Etiopathology and management of stiff knees: a current concept review [J]. *Indian J Orthop*, 2021, 55(2): 276-284.
- 7 Yu J, Wu P, Guo H, et al. Proximal tibial osteotomy with absorbable spacer combined with fibular osteotomy has similar clinical outcomes to high tibial osteotomy in the treatment of knee osteoarthritis [J]. *Int Orthop*, 2023, 47(11): 2699-2708.
- 8 Galli M, De Santis V, Tafuro L. Reliability of the ahlbäck classification of knee osteoarthritis [J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2003, 11(8): 580-584.
- 9 Lee YS, Lee BK, Lee SH, et al. Effect of foot rotation on the mechanical axis and correlation between knee and whole leg radiographs [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2013, 21(11): 2542-2547.
- 10 Dugdale TW, Noyes FR, Styer D. Preoperative planning for high tibial osteotomy. The effect of lateral tibiofemoral separation and tibiofemoral length [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1992 (274): 248-264.
- 11 Walker LC, Clement ND, Bardgett M, et al. The WOMAC score can be reliably used to classify patient satisfaction after total knee arthroplasty [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26(11): 3333-3341.
- 12 Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, et al. Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee [J]. *J Rheumatol*, 1988, 15(12): 1833-1840.
- 13 Wolfe F. Determinants of WOMAC function, pain and stiffness scores: evidence for the role of low back pain, symptom counts, fatigue and depression in osteoarthritis, rheumatoid arthritis and fibromyalgia [J]. *Rheumatology (Oxford)*, 1999, 38(4): 355-361.
- 14 Kalsou NS, Borthwick LA, Mann DA, et al. International consensus on the definition and classification of fibrosis of the knee joint [J]. *Bone Joint J*, 2016, 98-B(11): 1479-1488.
- 15 Adouni M, Aydelik H, Faisal TR, et al. The effect of body weight on the knee joint biomechanics based on subject-specific finite element-musculoskeletal approach [J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 13777.
- 16 Capodaglio P, Gobbi M, Donno L, et al. Effect of obesity on knee and ankle biomechanics during walking [J]. *Sensors (Basel)*, 2021, 21(21): 7114.
- 17 Segal NA, Yack HJ, Khole P. Weight, rather than obesity distribution, explains peak external knee adduction moment during level gait [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2009, 88(3): 180-8.
- 18 Henriques J, Berenbaum F, Mobasheri A. Obesity-induced fibrosis in osteoarthritis: Pathogenesis, Consequences and novel therapeutic opportunities [J]. *Osteoarthr Cartil Open*, 2024, 6(4): 100511.
- 19 Wang MG, Seale P, Furman D. The infrapatellar fat pad in inflammation, knee joint health, and osteoarthritis [J]. *npj Aging*, 2024, 10(1): 34.
- 20 Aaboe J, Bliddal H, Messier SP, et al. Effects of an intensive weight loss program on knee joint loading in obese adults with knee osteoarthritis [J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2011, 19(7): 822-828.
- 21 Dong TH, Chen W, Zhang F, et al. Radiographic measures of settlement phenomenon in patients with medial compartment knee osteoarthritis [J]. *Clin Rheumatol*, 2016, 35(6): 1573-1578.
- 22 董天华, 李石伦, 于沂阳, 等. 不均匀沉降理论新进展 [J]. *河北医科大学学报*, 2016, 37(11): 1354.
- 23 Yang ZY, Chen W, Li CX, et al. Medial compartment decompression by fibular osteotomy to treat medial compartment knee osteoarthritis: a pilot study [J]. *Orthopedics*, 2015, 38(12): e1110-e1114.
- 24 Yu JH, Song BX, Zhu YB, et al. Increased symptoms of stiffness after opening-wedge high tibial osteotomy are associated with worse postoperative knee function outcomes and lower patient satisfaction rate [J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2024, 32(1): 10225536241241890.
- 25 朱燕宾, 赵阔, 张奇, 等. 推进骨瓣技术在胫骨高位截骨术治疗膝关节骨性关节炎中的初步研究 [J]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2021, 07(3): 129-131.

(收稿日期: 2025-08-18)

(本文编辑: 吕红芝)

韩月宁, 李承思, 邢欣, 等. 膝关节骨性关节炎行开放楔形胫骨高位截骨术后膝关节僵硬的预测因素 [J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2025, 11(5): 280-286.