

• 临床论著 •

## 胫骨高位截骨是否联合富血小板血浆的比较<sup>△</sup>

位长强, 刘宁宁, 王梦洁, 张寅啸, 于洪建\*

(山东第一医科大学附属滨州市人民医院, 山东滨州 256600)

**摘要:** [目的] 评价膝内侧骨关节炎 (medial knee osteoarthritis, KOA) 行内侧开放楔形胫骨高位截骨术 (open wedge high tibial osteotomy, OWHTO) 联合关节腔注射富血小板血浆 (platelet-rich plasma, PRP) 的临床疗效。[方法] 回顾性分析 2021 年 3 月—2022 年 5 月本院行 OWHTO 45 例膝骨关节炎患者的临床资料, 根据医患沟通结果, 21 例仅行 OWHTO, 未注射 PRP (non-PRP 组), 另外 24 例患者行 OWHTO 后关节内注射 3 次 PRP (PRP 组), 另外。比较两组围手术期、随访及影像结果。[结果] 所有患者均顺利完成手术, 两组手术时间、切口总长度、术中出血量、术后引流量、下地行走时间、主动屈曲 90° 时间、切口愈合等级、住院时间差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。non-PRP 组治疗费用显著少于 PRP 组 [(2.3±0.1) 万元 *vs* (3.0±1.2) 万元,  $P<0.001$ ]。两组患者随访时间均超过 24 个月, 随时间推移, 两组膝关节 NRS、KSS、HSS、Lysholm 评分以及膝屈-伸 ROM 均显著改善 ( $P<0.05$ ), 末次随访 non-PRP 组膝关节 KSS [(94.0±2.8) *vs* (95.8±2.0),  $P=0.020$ ]、Lysholm 评分 [(93.4±2.5) *vs* (95.8±2.5),  $P=0.002$ ] 以及膝屈-伸 ROM [(110.9±5.5)° *vs* (115.4±8.8)°,  $P=0.042$ ] 明显不及 PRP 组。影像方面, 末次随访时两组的胫骨后倾角 (posterior tibial slope, PTS)、胫骨股骨角 (femur tibia angle, FTA)、胫骨近端内侧角 (medial proximal tibial angle, MPTA) 以及髋膝踝角 (hip-knee-ankle angle, HKA) 均较术前显著改善 ( $P<0.05$ ), 但是, 相应时间点两组间上述影像指标的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。[结论] 关节内注射 PRP 可显著提升 OWHTO 的临床结果, 有利于患者功能恢复。

**关键词:** 膝内侧骨关节炎, 内侧楔形胫骨高位截骨术, 力线调整, 富血小板血浆

**中图分类号:** R687      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2025) 21-1928-07

**Open wedge high tibial osteotomy with or without intraarticular injection of platelet-rich plasma // WEI Chang-qiang, LIU Ning-ning, WANG Meng-jie, ZHANG Yin-xiao, YU Hong-jian\*. Binzhou People's Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Binzhou 256600, Shandong, China**

**Abstract: [Objective]** To evaluate clinical efficacy of open wedge high tibial osteotomy (OWHTO) combined with intraarticular injection of platelet-rich plasma (PRP) for medial knee osteoarthritis (MKOA). **[Methods]** A retrospective study was conducted on 45 patients who received OWHTO for MKOA in our hospital from March 2021 to May 2022. According to doctor-patient communication, 21 patients only underwent OWHTO without PRP injection (the non-PRP group), while other 24 patients received OWHTO combined with three times intra-articular injections of PRP after the OWHTO (the PRP group). The perioperative, follow-up and imaging data of the two groups were compared. **[Results]** All patients in both group had OWHTO performed successfully without statistically significant differences in terms of operation time, total incision length, intraoperative blood loss, postoperative drainage volume, walking time, active flexion of 90° time, incision healing grade, and hospital stay between the two groups ( $P>0.05$ ). However, the non-PRP group consumed significantly less hospitalization cost than the PRP group [(23 000±1 000) yuan *vs* (30 000±12 000) yuan,  $P<0.001$ ]. All of them were followed up for more than 24 months. The NRS, KSS, HSS and Lysholm scores, as well as knee flexion-extension range of motion (ROM) in both groups were significantly improved over time ( $P<0.05$ ). At the last follow-up, the non-PRP group proved significantly inferior to the PRP group in terms of KSS score [(94.0±2.8) *vs* (95.8±2.0),  $P=0.020$ ], Lysholm score [(93.4±2.5) *vs* (95.8±2.5),  $P=0.002$ ] and knee flexion-extension ROM [(110.9±5.5)° *vs* (115.4±8.8)°,  $P=0.042$ ]. Regarding imaging, the posterior tibial slope (PTS), femur tibia angle (FTA), and medial proximal tibial angle (MPTA) and hip-knee-ankle angle (HKA) in both groups were significantly improved at the latest follow-up compared with those before the operation ( $P<0.05$ ), whereas which were not statistically significant between the two groups at any corresponding time points ( $P>0.05$ ). **[Conclusion]** Intraarticular injection of PRP does significantly improve the clinical outcomes of OWHTO, and is beneficial for the functional re-

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.110668

<sup>△</sup>基金项目: 山东省自然科学基金项目 (编号: ZR2021MH084); 山东省医药卫生科技发展计划项目 (编号: 202204070588)

作者简介: 位长强, 在读研究生, 研究方向: 骨关节外科, (电子信箱) W2503614649@163.com

\* 通信作者: 于洪建, (电子信箱) yuhongjian2616@126.com

covery of patients.

**Key words:** medial knee osteoarthritis, open wedge high tibial osteotomy, alignment adjustment, platelet-rich plasma

膝骨关节炎 (osteoarthritis of the knee, KOA) 是中老年常见的慢性致残性疾病, 随着老龄化社会来临, 其发病率逐年上升, 有研究显示<sup>[1]</sup>, 中老年人群中 KOA 患病率达 1/3 以上, 近年来逐渐呈年轻化的趋势, 严重影响人们正常生活。KOA 的诊疗方案主要遵循阶梯化、个体化的原则, 基础治疗、药物治疗、修复性治疗和手术治疗, 即“金字塔”形治疗。其中关节置换适用于年龄较大及终末期 KOA 患者。对于较年轻或者对术后运动功能要求较高的患者, 开放楔形胫骨高位截骨术 (open wedge high tibial osteotomy, OWHTO) 则较为适合<sup>[2]</sup>。OWHTO 能调整下肢力线至平台偏外侧, 纠正膝内翻畸形, 减轻膝内侧负荷<sup>[3, 4]</sup>, 从而达到治疗 KOA 的目的。KOA 的发生与关节软骨、半月板、髌下脂肪垫等周围组织息息相关, 关节软骨和软骨下骨小梁结构会发生继发性改变<sup>[5]</sup>。对于一部分软骨重度损伤的患者, 单纯 OWHTO 术后仍有膝关节疼痛情况, 整体术后满意度不高, 分析可能与软骨损伤后修复缓慢等有关。既往研究提出, OWHTO 联合富血小板血浆 (platelet-rich plasma, PRP) 可以在纠正力线的同时, 加速软骨修复及减轻术后炎症反应等, 缓解术后疼痛, 提高临床满意度<sup>[6]</sup>。关节腔注射 PRP 在临床上广泛应用, PRP 是从自体血液提取的含有高浓度生长因子和生物活性因子的血小板浓缩液, 关节腔注射后, 能激活并释放生物活性因子, 促进软骨修复, 从而利于术后功能恢复<sup>[7]</sup>。虽然 OWHTO 对畸形的下肢力线做了调整, 一定程度上缓解了软骨的进一步退化, 但部分患者术后仍有残余疼痛, 同时软骨损伤仍然存在, 单靠软骨细胞自身修复是相当缓慢的<sup>[8]</sup>。鉴于以上因素, 本研究创新性应用 OWHTO 术后结合 PRP 治疗 KOA, 理论上可以更有效地改善膝关节疼痛, 促进损伤的软骨修复, 无论是对 OA 本身的治疗还是对于术后快速康复都是有利的。基于以上分析, 本研究选取行 OWHTO 的患者, 根据是否注射 PRP 分为两组, 探讨 PRP 治疗联合 OWHTO 对膝关节功能和疼痛的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 确诊为内侧间室膝骨关节炎; (2)

膝关节稳定, 存在内翻畸形, 外侧间室无明显退变、屈曲挛缩 $<5^{\circ}$ ; (3) 膝关节活动度未明显受限, 屈曲 $>100^{\circ}$ ; (4) 同意参加研究并签署知情同意书。

排除标准: (1) 患有严重基础疾病, 如恶性肿瘤等; (2) 髌股关节退变严重, 屈曲挛缩畸形 $>15^{\circ}$ ; (3) PRP 使用禁忌者, 如败血症、血友病等; (4) 有关节感染史或病变累及膝外侧间室。

### 1.2 一般资料

回顾性分析山东第一医科大学附属滨州市人民医院 2021 年 3 月—2022 年 5 月接受 OWHTO 的 45 例 KOA 患者的临床资料。根据术前医患沟通结果。21 例患者仅行 OWHTO (non-PRP 组), 24 例患者 OWHTO 术后接受 PRP 治疗 (PRP 组)。两组患者术前一般资料见表 1, 两组患者年龄、性别、BMI、病程、侧别以及 K-L 分级的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。本研究获医院伦理委员会审批备案 (编号: YXKYLL-20241007), 所有患者均知情同意。

表 1. 两组患者术前一般资料比较  
Table 1. Comparison of preoperative general data between the two groups

| 指标                                               | non-PRP 组<br>(n=21) | PRP 组<br>(n=24) | P 值   |
|--------------------------------------------------|---------------------|-----------------|-------|
| 年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )                         | 57.2 $\pm$ 4.8      | 58.5 $\pm$ 5.9  | 0.422 |
| 性别 (例, 男/女)                                      | 10/11               | 12/12           | 0.873 |
| BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ , $\bar{x} \pm s$ ) | 27.2 $\pm$ 2.6      | 28.7 $\pm$ 2.9  | 0.074 |
| 病程 (年, $\bar{x} \pm s$ )                         | 11.5 $\pm$ 6.9      | 13.7 $\pm$ 6.0  | 0.263 |
| 侧别 (例, 左/右)                                      | 11/10               | 9/15            | 0.493 |
| K-L 分级 (例, I/II/III)                             | 7/6/8               | 10/8/6          | 0.636 |

### 1.3 手术方法

non-PRP 组: 完善术前检查 (图 1a, 1b)。患者取平卧位, 椎管内麻醉成功后, 驱血并止血。在髌骨下髌韧带内外侧开口, 进入关节镜, 依次探查关节腔以及韧带连续性。刨削增生的滑膜和骨赘并打磨修整半月板, 探查内侧间隙的退变情况 (图 1c)。在胫骨平台下内侧约 4 cm 处开斜行切口, 显露鹅足, 分离内侧副韧带, 剥离胫骨骨膜至胫骨近端内侧面, 进而确定两条水平和上升截骨线。C 形臂 X 线透视下沿鹅足上缘平行打入克氏针, 沿克氏针锯断同平面后方胫骨皮质, 然后沿胫骨脊与第一截骨面呈  $110^{\circ}$  截骨, 撑开器撑开截骨面, 再次确定下肢力线 (图 1d), C 形臂 X 线机透视见机械轴经股骨头、胫骨髁

间棘外侧及踝关节中心（下肢力线经 Fujisawa 点）。截骨处钢板固定（图 1e），放入同种异体骨，缝合切口。术后 24 h 静脉应用抗生素预防感染，低分子肝素钙抗凝 1 周，患肢抬高消肿。术后第 1 d 开始在床上直腿抬高练习和踝泵练习，术后 1 个月开始部分下地活动，6 周后开始负重训练。

PRP 组：手术步骤同 non-PRP 组，术后第 7 d 在无菌操作下关节腔内注射 PRP，间隔 1 周，连续 3 次。PRP 制备过程：于肘静脉取全血 40 mL（图 1f），离心机第 1 次离心设置 1 600 r/min 离心 4 min，离心完成后，血液分为 3 层，最上层是贫血小板血浆（PPP）、中层为 PRP、下层为红细胞（图 1g）。用离心注射器抽取上、中两层进行二次离心，最下层弃用。第 2 次离心时设置 3 500 r/min 离心 10 min，离心完成后分为两层，上层血浆弃用，剩余为 PRP，注入关节腔。

1.4 评价指标

记录两组患者围手术期情况。包括手术时间、切口长度、术中失血量、术后引流量、下地行走时间、主动屈曲 90°时间、切口愈合等级、住院时间、治疗费用。采用数字评定量表（numeric rating scale, NRS）、美国膝关节协会评分（American Knee Society Knee Score, KSS）、美国特种外科医院评分（the hospital special surgery, HSS）、膝关节 Lysholm 评分、膝关节活动度（range of motion, ROM）评价膝关节疼痛和功能情况。行影像学检查，测量胫骨后倾角（posterior tibial slope, PTS）、胫骨股骨角（femur tibia angle, FTA）、胫骨近端内侧角（medial proximal tibial angle, MPTA）以及髌膝踝角（hip-knee-ankle angle, HKA）。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 *t* 检验；组内时间点单因素方差分析；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-whitney *U* 检验，组内比较采用多个相关资料的 Friedman 检验。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 围手术期资料

所有患者均顺利完成手术，均未发生严重并发

症。PRP 组患者术后完成 3 次 PRP 关节腔注射，两组围术期资料见表 2。两组手术时间、切口总长度、术中出血量、术后引流量、下地行走时间、主动屈曲 90°时间、切口愈合等级、住院时间差异均无统计学意义（*P*>0.05）。non-PRP 组治疗费用显著少于 PRP 组（*P*<0.05）。non-PRP 组出现 3 例下肢肌间静脉血栓形成，PRP 组出现 1 例下肢肌间静脉血栓形成，均经规范治疗治愈。

表 2. 两组患者围手术期资料比较  
Table 2. Comparison of perioperative data between the two groups

| 指标                               | non-PRP 组<br>( <i>n</i> =21) | PRP 组<br>( <i>n</i> =24) | <i>P</i> 值 |
|----------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------|
| 手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$ )     | 63.3±7.7                     | 63.2±8.2                 | 0.974      |
| 切口长度 (cm, $\bar{x} \pm s$ )      | 5.9±0.7                      | 6.2±0.8                  | 0.231      |
| 术中失血量 (mL, $\bar{x} \pm s$ )     | 54.5±10.7                    | 57.9±9.2                 | 0.257      |
| 术后引流量 (mL, $\bar{x} \pm s$ )     | 83.1±12.9                    | 85.0±11.9                | 0.625      |
| 下地行走时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )     | 4.3±1.1                      | 4.5±1.1                  | 0.678      |
| 主动屈曲 90°时间 (d, $\bar{x} \pm s$ ) | 3.7±1.1                      | 3.8±1.0                  | 0.627      |
| 切口愈合等级 (例, 甲/乙/丙)                | 21/0/0                       | 24/0/0                   | <i>ns</i>  |
| 住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )       | 8.9±1.1                      | 9.2±1.3                  | 0.473      |
| 治疗费用 (万元, $\bar{x} \pm s$ )      | 2.3±0.1                      | 3.0±1.2                  | <0.001     |

2.2 随访结果

两组患者随访时间均超过 24 个月，随访资料见表 3。随时间推移，两组膝关节 NRS、KSS、HSS、Lysholm 评分以及膝屈-伸 ROM 均显著改善（*P*<0.05），术前上述指标的差异均无统计学意义（*P*>0.05），术后 6 个月 non-PRP 组 NRS 评分、膝屈-伸 ROM 明显不及 PRP 组（*P*<0.05），两组 HSS、KSS、Lysholm 评分的差异均无统计学意义（*P*>0.05）。末次随访 non-PRP 组膝关节 KSS、Lysholm 评分以及膝屈-伸 ROM 明显不及 PRP 组（*P*<0.05），两组 NRS、HSS 评分的差异无统计学意义（*P*>0.05）。随访过程中，未有患者发生关节脱位、再次肿痛以及感染、翻修等情况发生。

2.3 影像评估

两组影像评估结果见表 4。与术前相比，末次随访时两组 FTA、HKA、MPTA、PTS 均显著改善（*P*<0.05），相同时间点，两组间上述影像指标的差异均无统计学意义（*P*>0.05）。随访期间，未见内固定钢板及螺钉断裂、失效或松动，截骨处均愈合良好。典型病例随访影像见图 1h。

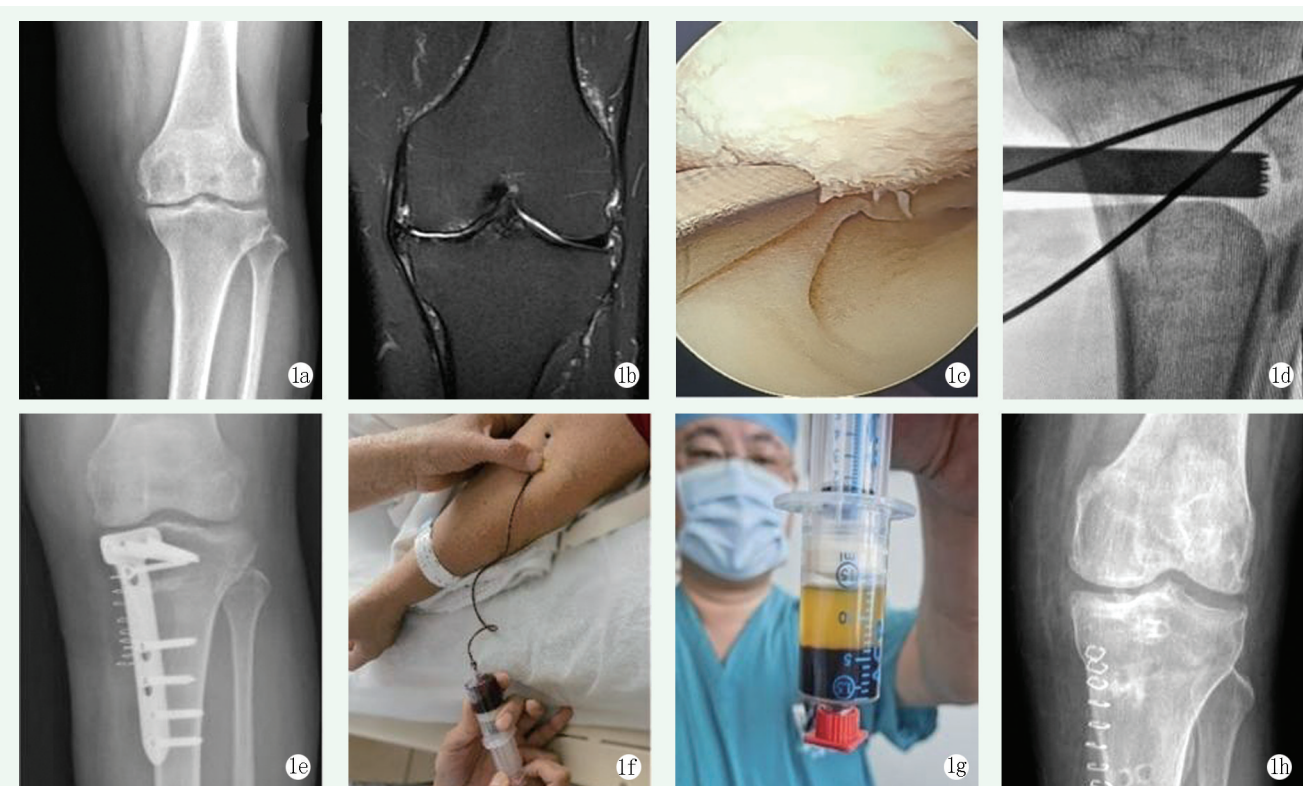


图 1. 患者女性, 56 岁。1a: 术前 X 线片显示左膝内侧间隙变窄伴退行性改变; 1b: 术前 MRI 显示关节软骨损伤伴少量积液; 1c: 术中关节镜检查显示股骨内侧软骨损伤退变; 1d: 透视下沿导骨针行截骨术, 然后张开截骨面, 调整力线; 1e: 术后 X 线片显示力线矫正良好; 1f: 用注射器从肘部静脉抽血 40 mL 进行离心; 1g: 经过两轮离心, 在下层得到富血小板血浆; 1h: 术后 1 年半取出假体后 X 线片显示胫骨截骨愈合良好, 内侧间隙较术前增大, 内翻畸形改善。

Figure 1. A 56-year-old female. 1a: Preoperative X-ray showed narrowed medial space of the left knee with degenerative changes; 1b: Preoperative MRI showed the articular cartilage injury with a small amount of effusion; 1c: Intraoperative arthroscopic exploration revealed fibrillation and degeneration of the medial femoral cartilage; 1d: Under fluoroscopy, osteotomy was conducted along the guide pins and then opening the osteotomy surface, and adjusting the alignment properly; 1e: Postoperative X-ray showed the alignment well corrected; 1f: Drawing 40 mL of blood from the elbow vein with a syringe for centrifugation; 1g: After two rounds of centrifugation, the platelet-rich plasma was obtained in the lower layer; 1h: X ray after implant removed one and a half years postoperatively demonstrated the tibial osteotomy healed well with increased medial space compared with that before, and varus deformity improved.

### 3 讨论

KOA 是引起膝关节疼痛及功能障碍的重要因素之一, 严重影响人们正常生活<sup>[9]</sup>。病理改变主要为软骨进行性退变、关节面软骨缺失、骨性磨损, 继而出现关节畸形及功能受限<sup>[10]</sup>。随着 KOA 年轻化, 阶梯疗法中的保膝手术再次成为热点, 通常有外侧闭合楔形截骨 (lateral closing wedge high tibial osteotomy, CWHO) 和 OWHO 两种术式。CWHO 过程繁琐, 腓总神经损伤风险高, 一般较少选择。OWHO 更易监测力线矫正情况, 神经损伤风险低, 临床上应用更广泛。生物力学研究显示, 膝关节内侧软骨承受负荷高于外侧, 内侧软骨退变更常见<sup>[11]</sup>, 随着内侧软骨退变加重, 膝关节出现内翻畸形, 内翻畸形又会增加内侧间室压力, 使膝关节疼

痛加重, 造成膝关节功能障碍<sup>[12]</sup>。OWHO 通过改善下肢力线, 减轻内侧间室负荷, 利于软骨修复, 同时结合关节镜探查清理, 减轻膝关节疼痛和内翻畸形<sup>[13]</sup>。

OWHO 可纠正下肢力线偏移、解除内侧间室负荷, 但不能直接修复软骨, 术后部分患者仍有疼痛存在, 解决术后残余症状对提高临床满意度和手术疗效很重要。PRP 近年来应用于外科领域, 能促进软骨修复和再生, 同时还有抗炎作用, 取得了良好的临床疗效<sup>[14]</sup>。关节腔注射 PRP 后产生多种生长因子, 辅助间充质干细胞 (mesenchymal stem cells, MSCs) 分化, 加速细胞更新, 尤其是对软骨细胞的表达更具优势, 利于软骨修复<sup>[15]</sup>。继而缩短住院时间, 更加符合加速康复外科 (enhanced recovery after surgery, ERAS) 理念。但尚没有更多的研究来分析 PRP 在保膝手术中的远期疗效, 有待进一步研究。

| 表 3. 两组患者随访资料 ( $\bar{x} \pm s$ ) 与比较                                            |            |                      |                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------|------------------|------------|
| Table 3. Comparison of follow-up data between the two groups ( $\bar{x} \pm s$ ) |            |                      |                  |            |
| 指标                                                                               | 时间点        | non-PRP 组 ( $n=21$ ) | PRP 组 ( $n=24$ ) | <i>P</i> 值 |
| NRS 评分 (分)                                                                       | 术前         | 5.5±1.6              | 5.2±1.4          | 0.472      |
|                                                                                  | 术后 6 个月    | 2.4±0.9              | 1.9±0.8          | 0.033      |
|                                                                                  | 末次随访       | 0.5±0.5              | 0.4±0.5          | 0.322      |
|                                                                                  | <i>P</i> 值 | <0.001               | <0.001           |            |
| KSS (分)                                                                          | 术前         | 62.0±4.1             | 63.0±4.5         | 0.481      |
|                                                                                  | 术后 6 个月    | 86.0±5.2             | 86.9±3.0         | 0.478      |
|                                                                                  | 末次随访       | 94.0±2.8             | 95.8±2.0         | 0.020      |
|                                                                                  | <i>P</i> 值 | <0.001               | <0.001           |            |
| HSS (分)                                                                          | 术前         | 62.5±5.1             | 61.8±5.4         | 0.647      |
|                                                                                  | 术后 6 个月    | 86.5±5.3             | 86.0±5.1         | 0.741      |
|                                                                                  | 末次随访       | 96.1±1.7             | 95.2±2.3         | 0.152      |
|                                                                                  | <i>P</i> 值 | <0.001               | <0.001           |            |
| Lysholm (分)                                                                      | 术前         | 64.3±3.7             | 64.9±3.8         | 0.631      |
|                                                                                  | 术后 6 个月    | 84.0±5.1             | 84.0±2.5         | 0.915      |
|                                                                                  | 末次随访       | 93.4±2.5             | 95.8±2.5         | 0.002      |
|                                                                                  | <i>P</i> 值 | <0.001               | <0.001           |            |
| 膝屈-伸 ROM (°)                                                                     | 术前         | 88.9±9.3             | 89.3±10.6        | 0.885      |
|                                                                                  | 术后 6 个月    | 99.3±5.2             | 104.6±9.6        | 0.026      |
|                                                                                  | 末次随访       | 110.9±5.5            | 115.4±8.8        | 0.042      |
|                                                                                  | <i>P</i> 值 | <0.001               | <0.001           |            |

| 表 4. 两组患者影像评估结果 ( $\bar{x} \pm s$ ) 与比较                                                      |            |                      |                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------|------------------|------------|
| Table 4. Comparison of auxiliary examination data between the two groups ( $\bar{x} \pm s$ ) |            |                      |                  |            |
| 指标                                                                                           | 时间点        | non-PRP 组 ( $n=21$ ) | PRP 组 ( $n=24$ ) | <i>P</i> 值 |
| FTA (°)                                                                                      | 术前         | 181.2±2.9            | 181.0±2.1        | 0.590      |
|                                                                                              | 末次随访       | 174.5±1.5            | 174.2±1.6        | 0.599      |
|                                                                                              | <i>P</i> 值 | <0.001               | <0.001           |            |
| HKA (°)                                                                                      | 术前         | 168.4±2.6            | 167.5±2.8        | 0.259      |
|                                                                                              | 末次随访       | 175.2±2.0            | 175.6±1.6        | 0.379      |
|                                                                                              | <i>P</i> 值 | <0.001               | <0.001           |            |
| MPTA (°)                                                                                     | 术前         | 85.0±0.8             | 85.0±1.0         | 0.929      |
|                                                                                              | 末次随访       | 88.2±1.4             | 88.4±1.6         | 0.507      |
|                                                                                              | <i>P</i> 值 | <0.001               | <0.001           |            |
| PTS (°)                                                                                      | 术前         | 8.6±1.0              | 8.6±1.0          | 0.800      |
|                                                                                              | 末次随访       | 11.7±1.1             | 11.3±1.1         | 0.246      |
|                                                                                              | <i>P</i> 值 | <0.001               | <0.001           |            |

Belk 等<sup>[16]</sup>荟萃分析指出, KOA 患者在接受 PRP 治疗后, 症状和功能明显改善。同样也有研究发现 PRP 治疗, 与对照组 (安慰剂、封闭治疗组) 相比, 临床疗效更优, 并发症少<sup>[17, 18]</sup>。Xu 等<sup>[19]</sup>指出, PRP 含有的炎症抑制剂能很好地抑制炎症产生。但也有研究得出, KOA 患者 PRP 治疗后 1 年膝

关节功能和影像学评估与安慰剂组差异不明显<sup>[20]</sup>。本研究术后 6 个月, 两组膝关节功能评分差异不明显, 分析与软骨修复不彻底相关, 尽管接受 PRP 治疗的软骨得到更快修复, 但修复尚未彻底完成, 屈伸膝关节还会产生磨损, 导致疼痛和功能受限。NRS 评分和膝屈-伸 ROM 术后 6 个月 PRP 组临床疗效更

优,分析与软骨及周围软组织修复相关,膝关节屈伸运动是在一个关节面上进行,修复较快的软骨面,即使未完成最终修复,也具有更好的膝屈-伸 ROM,在屈伸活动时疼痛减轻。

随时间推移,PRP组膝关节 KSS、lysholm 评分改善明显优于 non-PRP 组,这与关节腔炎症改善、软骨修复相关。PRP 含有生长因子,可促进软骨细胞生长、增殖和分化,加强局部血供、减轻局部炎症<sup>[21]</sup>。但要注意 PRP 注射浓度,高浓度 PRP 软骨修复能力减小<sup>[22]</sup>。末次随访 PRP 组 NRS 评分较 non-PRP 组没有优势,可能与软骨修复完成和术后残余疼痛消失相关。另有研究发现,OWHTO 联合 PRP 治疗,无论是功能评价还是关节镜探查,均得出 PRP 具有确切的临床疗效<sup>[23]</sup>。

对于膝关节影像学的分析,两组术后 PTS、MP-TA、FTA、HKA 参数均较术前明显改善,两组间并无明显差异。FTA 和 MPTA 的改善,提示调整膝关节内翻畸形有效,纠正 HKA 有效。两组术后 PTS 较术前明显增加,PTS 变大会造成胫骨平台受力不平衡,影响膝关节功能<sup>[24]</sup>,但本研究中并未观察到对术后膝关节的不利影响,这可能与术中改变较小有关,不至于引起结构改变后对功能产生影响。但由于 KOA 发生是多因素、慢过程的结果<sup>[25]</sup>,故下肢力学对 KOA 发病影响大小有待进一步研究。

本研究的不足:在透视下调整力线时,力线偏移是不可避免的,若借助计算机辅助导航技术可更精准调整目标力线。另外本研究的样本量少,且为回顾性研究,对 OWHTO 联合 PRP 治疗 KOA 的疗效仍需更大样本的前瞻性研究来进一步明确。

总之,本研究将改变下肢力学的 OWHTO 和具有再生功能的 PRP 联合,发现术后疗效优于单独手术治疗。OWHTO 联合 PRP 注射能显著改善膝关节功能,缓解症状和延缓关节炎进展,增强 OWHTO 的手术疗效。

**利益冲突声明** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 位长强:课题设计、实施和论文写作、采集分析和解释数据、统计分析、获取研究经费、行政及技术或材料支持、支持性贡献;刘宁宁:分析和解释数据、论文审阅、行政、技术或材料支持、支持性贡献;王梦洁:采集数据、行政及技术或材料支持;张寅啸:采集分析和解释数据、论文写作、统计分析;于洪建:采集数据、行政及技术或材料支持

## 参考文献

[1] 熊华章,斯海波,吴元刚,等.有限元分析在胫骨高位截骨治疗膝内侧间室骨关节炎的研究进展[J].中国矫形外科杂志,

2022, 30 (15): 1377-1380. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.15.07.

Xiong HZ, Si HB, Wu YG, et al. Progress of finite element analysis in the treatment of medial compartment osteoarthritis of the knee by high tibial osteotomy [J]. Orthopedic Journal of China, 2022, 30 (15): 1377-1380. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.15.07.

[2] Li J, Zhao F, Dong W, et al. Medial open-wedge high tibial osteotomy for the treatment of degenerative varus knee osteoarthritis in geriatric patients: a retrospective study [J]. Sci Rep, 2023, 13 (1): 16848. DOI: 10.1038/s41598-023-44051-4.

[3] Murray R, Winkler PW, Shaikh HS, et al. High tibial osteotomy for varus deformity of the knee [J]. J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev, 2021, 5(7): e21. 00141. DOI: 10.5435/JAAOSGlobal-D-21-00141.

[4] 付琨朋,张中斌,朱凯,等.两种截骨方法联合关节镜治疗内侧膝骨关节炎的早期疗效分析[J].实用骨科杂志,2022,28(10): 879-883. DOI: 10.13795/j.cnki.sgkz.2022.10.003.

Fu KP, Zhang ZB, Zhu K, et al. Early curative effect of two osteotomy methods combined with arthroscopy in the treatment of medial knee osteoarthritis [J]. Journal of Practical Orthopedics, 2022, 28 (10): 879-883. DOI: 10.13795/j.cnki.sgkz.2022.10.003.

[5] Goldring SR, Goldring MB. Changes in the osteochondral unit during osteoarthritis: structure, function and cartilage-bone crosstalk [J]. Nat Rev Rheumatol, 2016, 12 (11): 632-644. DOI: 10.1038/nrrheum.2016.148.

[6] 熊正罡,崔鹏举,赵洋洋,等.胫骨高位截骨富血小板血浆治疗膝内侧骨性关节炎[J].中国矫形外科杂志,2023,31(5): 385-390. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.05.01.

Xiong ZG, Cui PJ, Zhao YY, et al. Treatment of medial knee osteoarthritis with platelet-rich plasma ROM high tibial osteotomy [J]. Orthopedic Journal of China, 2019, 31 (5): 385-390. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.05.01.

[7] 卢庆峰,李琳琳,周祖忠,等.关节镜清理结合富血小板血浆注射治疗膝骨性关节炎疗效分析[J].检验医学与临床,2021,18(13): 1915-1918. DOI: 10.3969/j.issn.1672-9455.2021.13.023.

Lu QF, Li LL, Zhou ZZ, et al. Effect of arthroscopic debridement combined with platelet-rich plasma injection in the treatment of knee osteoarthritis [J]. Laboratory Medicine and Clinic, 2021, 18 (13): 1915-1918. DOI: 10.3969/j.issn.1672-9455.2021.13.023.

[8] Hong E, Reddi AH. MicroRNAs in chondrogenesis, articular cartilage, and osteoarthritis: implications for tissue engineering [J]. Tissue Eng Part B Rev, 2012, 18 (6): 445-453. DOI: 10.1089/ten.TEB.2012.0116.

[9] Bernetti A, Agostini F, Paoloni M, et al. Could hyaluronic acid be considered as a senomorphic agent in knee osteoarthritis? A systematic review [J]. Biomedicines, 2023, 11 (10): 2858. DOI: 10.3390/biomedicines11102858.

[10] 李奇尧,何晨畅,黄锐,等.机械性疼痛在膝骨关节炎中的研究进展[J].中华骨与关节外科杂志,2024,17(6): 573-580. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2024.06.12.

- Li QY, He CC, Huang R, et al. Research progress of mechanical pain in knee osteoarthritis [J]. Chinese Journal of Bone and Joint Surgery, 2019, 17 (6) : 573–580. DOI: 10.3969/j.issn.2095–9958.2024.06.12.
- [11] Selistre L, Mattiello SM, Nakagawa TH, et al. The relationship between external knee moments and muscle co-activation in subjects with medial knee osteoarthritis [J]. J Electromyogr Kinesiol, 2017, 33: 64–72. DOI: 10.1016/j.jelekin.2017.01.007.
- [12] Dainese P, Wyngaert KV, De Mits S, et al. Association between knee inflammation and knee pain in patients with knee osteoarthritis: a systematic review [J]. OsteoarthritisCartilage, 2022, 30 (4) : 516–534. DOI: 10.1016/j.joca.2021.12.003.
- [13] Ghasemi SA, Kolesnick E, Murray BC, et al. High tibial osteotomy combined with cartilage restoration: A systematic review of clinical outcomes and prognostic factors [J]. J Clin Orthop Trauma, 2024, 50: 102360. DOI: 10.1016/j.jcot.2024.102360.
- [14] Harrison TE, Bowler J, Cheng CI, et al. Optimizing platelet-rich plasma: spin time and sample source [J]. Bioengineering (Basel), 2023, 10 (11) : 1270. DOI: 10.3390/bioengineering1011127.
- [15] Xie Y, Chen M, Chen Y, et al. Effects of PRP and LyPRP on osteogenic differentiation of MSCs [J]. J Biomed Mater Res A, 2020, 108 (1) : 116–126. DOI: 10.1002/jbm.a.36797.
- [16] Belk JW, Lim JJ, Keeter C, et al. Patients with knee osteoarthritis who receive platelet-rich plasma or bone marrow aspirate concentrate injections have better outcomes than patients who receive hyaluronic acid: systematic review and meta-analysis [J]. Arthroscopy, 2023, 39 (7) : 1714–1734. DOI: 10.1016/j.arthro.2023.03.001.
- [17] Elksnišs Finogejevs A, Vidal L, Peredistijs A. Intra-articular platelet-rich plasma vs corticosteroids in the treatment of moderate knee osteoarthritis: A single-center prospective randomized controlled study with a 1-year follow up [J]. J Orthop Surg Res, 2020, 15 (1) : 257. DOI: 10.1186/s13018-020-01753-z.
- [18] Tschopp M, Pfirrmann CWA, Fucentese SF, et al. A randomized trial of intra-articular injection therapy for knee osteoarthritis [J]. Invest Radiol, 2023, 58 (5) : 355–362. DOI: 10.1097/RLI.0000000000000942.
- [19] Xu Z, He Z, Shu L, et al. Intra-articular platelet-rich plasma combined with hyaluronic acid injection for knee osteoarthritis is superior to platelet-rich plasma or hyaluronic acid alone in inhibiting inflammation and improving pain and function [J]. Arthroscopy, 2021, 37 (3) : 903–915. DOI: 10.1016/j.arthro.2020.10.013.
- [20] Bennell KL, Paterson KL, Metcalf BR, et al. Effect of intra-articular platelet-rich plasma vs placebo injection on pain and medial tibial cartilage volume in patients with knee osteoarthritis: The RE-STORE randomized clinical trial [J]. JAMA, 2021, 326 (20) : 2021–2030. DOI: 10.1001/jama.2021.19415.
- [21] 陈长松, 刘彧, 尹华东. 镜下清理富血小板血浆治疗轻中度膝骨关节炎 [J]. 中国矫形外科杂志, 2024, 32 (4) : 314–319. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2024.04.05.
- Chen CS, Liu Y, Yin HD. Endoscopic removal of platelet-rich plasma for treatment of mild to moderate knee osteoarthritis [J]. Orthopedic Journal of China, 2019, 32 (4) : 314–319. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2024.04.05.
- [22] Fleming BC, Proffen BL, Vavken P, et al. Increased platelet concentration does not improve functional graft healing in bio-enhanced ACL reconstruction [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2015, 23 (4) : 1161–1170. DOI: 10.1007/s00167-014-2932-6.
- [23] 房昕, 郭金铭, 刘品端. 不同浓度富血小板血浆修复兔膝关节炎软骨缺损的比较 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25 (35) : 5588–5593. DOI: 10.12307/2021.285.
- Fang X, Guo JM, Liu PD. Different concentrations of platelet rich plasma in the repair of cartilage defects in rabbits with knee osteoarthritis [J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2021, 25 (35) : 5588–5593. DOI: 10.12307/2021.285.
- [24] Murray DW, Fitzpatrick R, Rogers K, et al. The use of the Oxford hip and knee scores [J]. J Bone Joint Surg Br, 2007, 89 (8) : 1010–1014. DOI: 10.1302/0301-620X.89B8.19424.
- [25] 叶丙霖, 李盛华, 周明旺, 等. 膝骨性关节炎基因多态性研究进展 [J]. 中国矫形外科杂志, 2016, 24 (19) : 1787–1791. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2016.19.12.
- Ye BL, Li SH, Zhou MW, et al. Research progress of gene polymorphism in knee osteoarthritis [J]. Orthopedic Journal of China, 2016, 24 (19) : 1787–1791. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2016.19.12.
- (收稿:2024-09-12 修回:2025-07-17)  
(同行评议专家: 陶海荣, 朱晓东, 聂源欣, 任强)  
(本文编辑: 郭秀婷)