

# 胫骨内侧开放楔形截骨术对膝内翻患者踝关节的影响

吴子光<sup>1</sup> 何君源<sup>2</sup> 唐剑邦<sup>2</sup> 彭键勇<sup>1</sup> 黄治华<sup>1</sup> 郑炜宏<sup>2△</sup>

**[摘要]** 目的:探究胫骨内侧开放楔形截骨术(Open-Weigh High Tibial Osteotomy, OWHTO)对膝内翻患者踝关节倾斜角度、关节对位及生物力学状态的影响。方法:选取2018年6月至2020年9月行OWHTO治疗膝骨性关节炎的37名内翻膝患者(43膝)进行随访,平均随访时间(9.4±2.6)个月,对所有患者术前、术后末次随访的站立位双下肢全长DR片上的胫骨近端内侧角(Medial Proximal Tibial Angle, MPTA)、髋膝角(Hip-Knee Angle, HKA)、踝关节线会聚角(Ankle Joint Line Convergence Angle, AJLCA)、胫骨平台倾斜角(Tibial Plafond Inclination Angle, TPIA)和踝关节线方向角(Ankle Joint Line Orientation Angle, AJLOA)进行测量,术后按下肢力线矫正角度大小将患者分为A组(5°~10°, 14膝)、B组(10°~15°, 15膝)、C组(>15°, 14膝)进行比较。结果:术后随着HKA的改变, MPTA、AJLCA、TPIA、AJLOA均产生代偿性变化;配对秩和检验显示,术后所有患者HKA、MPTA、AJLCA、TPIA、AJLOA相比术前明显增大,差异有统计学意义( $P<0.05$ );术后不同矫正角度组HKA、MPTA、AJLCA比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。结论:随着OWHTO矫正膝内翻畸形的下肢力线,踝关节倾斜角度、关节面对位及生物力学状态均产生了代偿性改变,提示OWHTO术前应对同侧踝关节进行仔细检查,避免术后出现踝关节并发症。

**[关键词]** 膝内翻畸形;胫骨内侧开放楔形截骨术;踝关节对位;踝关节力线;影像学改变

**[中图分类号]** R684.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2021)11-0018-06

## Efficacy of Open-Weigh High Tibial Osteotomy of Lateral Tibia on Ankle Joint of Patients with Genu Varum

WU Ziguang<sup>1</sup> HE Junyuan<sup>2</sup> TANG Jianbang<sup>2</sup> PENG Jianyong<sup>1</sup>  
HUANG Zhihua<sup>1</sup> ZHENG Weihong<sup>2△</sup>

<sup>1</sup>Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou 510405, China;

<sup>2</sup>Zhongshan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Zhongshan 528400, Guangdong China.

**Abstract Objective:** To investigate the effect of open-weigh high tibial osteotomy (OWHTO) on the force line, alignment and biomechanics of the ankle in patients with genu varum. **Methods:** A total of 37 patients (43 knees) with genu varum treated with OWHTO from June 2018 to September 2020 were selected for follow-up. The average follow-up time was (9.4±2.6) months. The medial proximal tibial angle (MPTA), hip-knee angle (HKA), ankle joint line convergence angle (AJLCA), tibial plafond inclination angle (TPIA) and ankle joint line orientation angle (AJLOA) of all patients' standing full-length DR films of both lower limbs were followed up at the preoperative time and the postoperative last time. Patients were divided into group A (5° to 10°, 14 knees), group B (10° to 15°, 15 knees) and group C (>15°, 14 knees) according to the correction angle of lower limb force line after operation. **Results:** With the change of HKA, the compensatory changes of MPTA, AJLCA, TPIA and AJLOA occurred. Paired rank sum test showed that postoperative HKA, MPTA, AJLCA, TPIA and AJLOA of all patients were significantly higher than those of preoperative time ( $P<0.05$ ). There were significant differences in the postoperative HKA, MPTA and AJLCA among different angle groups ( $P<0.05$ ).

**Conclusion:** As OWHTO corrects the force line of lower limbs of knee varus deformity, the inclination angle, the joint face position and the biomechanics condition of the ankle are changed compensatively, which suggests that OWHTO should examine the ipsilateral ankle before operation to avoid postoperative ankle complications.

基金项目:广东省中山市社会公益科技研究项目(2019B1003)

<sup>1</sup> 广州中医药大学研究生院(广州, 510405)

<sup>2</sup> 中山市中医院

△通信作者 E-mail:ddpdc@qq.com

**Keywords:** varus genu deformity; open-weigh high tibial osteotomy; ankle alignment; ankle force line; radiographic changes

膝关节炎(Knee Osteoarthritis, KOA)是最常见的慢性关节疾病,是老年人疼痛、功能障碍、下肢畸形的主要病因之一<sup>[1]</sup>。临床上以合并膝内翻畸形的 KOA 最为常见,而膝内翻畸形会加快内侧关节软骨的磨损速度,反过来加重内翻畸形<sup>[2]</sup>。胫骨内侧开放楔形截骨术(Open-Weigh High Tibial Osteotomy, OWHTO)是一种成熟有效的保膝术式,通过纠正下肢力线、调整膝关节力学状态从而阻止 KOA 的进展<sup>[3-4]</sup>;而下肢力线的矫正,会导致踝关节力线、关节对位产生代偿性变化<sup>[5-6]</sup>,然而这种代偿性变化的产生机制尚不清楚。本研究旨在通过对比 OWHTO 术前与术后膝、踝关节力线及角度的变化,探索 OWHTO 对膝内翻患者踝关节的影响。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

选取 2018 年 6 月至 2020 年 12 月确诊 KOA 并于我院骨关节科接受 OWHTO 治疗的 37 例膝内翻患者(43 膝)作为研究对象,所有患者在术前、术后末次随访时均接受了站立位双下肢全长 DR 片检查。

### 1.2 诊断标准

按中华医学会 2018 年发布的《骨关节炎诊疗指南》中 KOA 的西医诊断标准<sup>[7]</sup>:1)膝关节反复疼痛>1 个月;2)DR 片(站立位)上可见关节间隙变窄、软骨下骨硬化、囊性变、关节周围可见骨赘(外侧软骨及半月板功能正常);3)年龄 $\geq 40$  岁;4)晨僵 $\leq 30$  min;5)关节活动有骨摩擦感。符合以上 1)及 2)3)4)5)中任意 2 条即可诊断为膝骨关节炎。膝内翻诊断标准<sup>[8]</sup>:站立位双下肢全长 DR 片上发现患肢机械轴向内侧偏移,且机械轴偏离膝关节中心的距离 $>15$  mm,即可诊断为膝内翻。

### 1.3 纳入标准<sup>[9]</sup>

1)K-L 分级为Ⅱ级及以下且符合以上诊断标准;2)KOA 病变局限于内侧,外侧间室软骨、半月板、韧带等结构正常,膝关节稳定;3)年龄 $<65$  岁;4)膝关节活动度正常(屈膝 $>90^\circ$ ,屈曲挛缩 $<10^\circ$ );5)胫骨内翻畸形 $>5^\circ$ ,胫骨近端内侧角(Medial Proximal Tibial Angle, MPTA) $<85^\circ$ ;6)完成随访,资料完整。

### 1.4 排除标准

1)年龄 $\geq 65$  岁;2)K-L 分级为Ⅲ级及以上的 KOA、类风湿性关节炎、夏科氏关节炎等;3)合并有关节内畸形、外侧间室及髌股关节中重度骨性关节炎者;4)股骨端有内外翻畸形需行股骨端截骨矫形者;

5)膝关节有骨折、半月板、韧带损伤,膝关节不稳者;6)合并严重内科疾病、精神疾病者;7)术后出现膝关节僵硬、关节感染、骨不愈合等严重并发症;8)术前合并同侧踝关节不稳、疼痛等;9)随访资料不完整。

### 1.5 方法

**1.5.1 手术方法** 于术前影像学资料片上确定目标力线、截骨合页及截骨线,按照“Miniaci 法”确定术中截骨的矫正角度;所有患者采用仰卧位,腰硬联合麻醉,术前常规使用止血带;于鹅足前缘做 6~8 cm 切口止于胫骨平台后内侧;显露并剥离内侧副韧带浅层,于鹅足上缘、胫骨平台下约 3 cm 处向术前所规划合页位置置入两枚 2 mm 克氏针,外侧皮质保留 1 cm 为合页,确定两枚克氏针与胫骨平台后倾相平行;保留胫骨前缘约 1.5 cm 骨质,保护髌韧带附着点,用电凝刀沿两枚克氏针标记水平截骨线,参照水平截骨线呈  $110^\circ$  夹角方向标记出冠状位截骨线,沿着截骨线紧贴克氏针截骨。于截骨平面依次叠加打入 4~5 把骨刀,缓慢撬开截骨面至术前所规划矫正角度,注意保护合页。连接力线杆,透视下确定下肢力线经过 Fujisawa 点(胫骨平台外侧 62.5%),于胫骨平台前侧放置 TomoFix 钢板并依次打入螺钉;术后抗感染、消炎止痛治疗,术后第 2 天行功能锻炼,3 d 后部分负重行功能锻炼,6~8 周完全负重。

**1.5.2 测量方法** 于术前、末次随访的影像学资料上测量胫骨近端内侧角(Medial Proximal Tibial Angle, MPTA)、髌膝角(Hip-Knee Angle, HKA)、踝关节线会聚角(Ankle Joint Line Convergence Angle, AJLCA)、胫骨远端平台倾斜角(Tibial Plafond Inclination Angle, TPIA)和踝关节线方向角(Ankle Joint Line Orientation Angle, AJLOA),测量方法如下:股骨头中心用 MOSE CIRCLES 界定<sup>[10]</sup>,以股骨髁间切迹最高处为膝关节中点,以距骨上关节面中点为踝关节中心<sup>[11]</sup>;以股骨头中心到膝关节中心的连线为股骨机械轴,以胫骨平台中心到踝关节中心的连线为胫骨机械轴,以髌、膝和踝关节的中心皆分布在同一条机械轴连线上作为标准的下肢力线参照<sup>[12]</sup>。HKA 为股骨与胫骨机械轴的夹角;MPTA 为胫骨机械轴与胫骨平台关节面的内侧夹角;AJLCA 为胫骨远端关节面与距骨上关节面的夹角;AJLOA 为地面水平线与距骨上关节面的夹角;TPIA 为地面水平线与胫骨远端关节面的夹角。对于 TPIA、AJLCA、AJLOA,若其角度向外侧开放则测量结果为正值,向内侧开放为负值。

典型病例如图 1-图 3 所示, HKA 为 a 与 c 之间夹角; MPTA 为 b 和 c 之间夹角; AJLCA 为 e 和 f 之间夹角; TPIA 为 f 和 e 之间夹角; AJLOA 为 f 和 g 之间

夹角; a 为股骨机械轴; b 为胫骨平台的关节面; c 为胫骨机械轴; e 为胫骨远端关节面; f 为距骨上关节面; g 为地面平行线。



(a) 术前DR片测量HKA为172°、MPTA为82°; (b) 术前测量TPIA为-9°、AJLOA为-9°、AJLCA为0°, 可见胫骨远端关节面、距骨上关节面向外倾斜, 胫距关节面对位可; (c) 术后12个月DR片, 显示下肢力线已纠正, 胫骨端畸形已矫正, 测量HKA为180°、MPTA为90°; (d) 术后测量TPIA为-3°、AJLOA为-4°, 可见胫骨远端关节面、距骨上关节面向外侧倾斜角度稍减小; 测量AJLCA为1°, 可见胫距关节面向外侧轻微开口, 内侧间隙稍狭窄

图 1 A 组, 女, 64 岁, 手术前后影像, HKA 矫正角度为 8°



(a) 术前DR片测量HKA为168°、MPTA为82°; (b) 术前测量TPIA为-10°、AJLOA为-10°、AJLCA为0°, 可见胫骨远端关节面、距骨上关节面向外倾斜, 胫距关节面对位可; (c) 术后12个月DR片, 显示下肢力线、胫骨端畸形已矫正, 测量HKA为182°、MPTA为91°; (d) 术后测量TPIA为1°、AJLOA为-1° 可见胫骨远端关节面、距骨上关节面向外侧倾斜角度明显减小; 测量AJLCA为2°, 可见胫距关节面向外侧开口, 内侧间隙狭窄, 关节面对位异常

图 2 B 组, 女, 58 岁, 手术前后影像, HKA 矫正角度为 14°



(a) 术前DR片测量HKA为162°、MPTA为83°; (b) 术前测量TPIA为-8°、AJLOA为-8°、AJLCA为0°, 可见胫骨远端关节面、距骨上关节面向外倾斜, 胫距关节面对位可; (c) 术后12月DR片显示下肢力线、胫骨端畸形过度矫正, 测量HKA为185°、MPTA为94°; (d) 术后测量TPIA为7°、AJLOA为3°, 可见胫骨远端关节面、距骨上关节面变为向内倾斜, 踝关节倾斜角度明显改变; 测量AJLCA为4°, 胫距关节面向外侧开口, 内侧间隙狭窄, 对位关系明显异常

图 3 C 组, 女, 51 岁, 手术前后影像, HKA 矫正角度为 23°

**1.5.3 评价方法** 采用 HKA 角评估下肢力线畸形程度, MTPA 角评估胫骨侧内翻畸形程度, 采用 AJLCA 评估胫距关节的对位情况, AJLOA 评估距骨上关节面相对于地面间的倾斜程度, TPIA 评价胫骨远端关节面相对于地面间的倾斜程度。

**1.5.4 分组方法** 以 HKA 的变化反映下肢力线的矫正程度, 术后按 HKA 矫正角度(手术前后 HKA 改变值)将患者分为 3 组, A 组 HKA 矫正角度为  $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ , B 组 HKA 矫正角度为  $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ , C 组 HKA 矫正角度  $>15^{\circ}$ 。

**1.6 统计学方法**

采用 SPSS 23.0 软件进行统计分析, 计量资料以  $\bar{x}\pm s$  表示, 所有患者术前、术后的 HKA、MPTA、TPIA、AJLCA、AJLOA 比较采用配对 Wilcoxon 秩和检验分析; 不同矫正度数组术后 HKA、MPTA、TPIA、AJLCA、AJLOA 的组内比较采用 Kruskal-Wails 秩和检验分析, 组间比较采用 Bonferroni 检验分析,  $P<0.05$  差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 一般资料**

本研究共纳入 37 例膝内翻患者(43 膝)作为研究对象。37 例患者中, 女 25 例(31 膝, 左膝 16 例, 右膝

15 例), 男 12 例(12 膝, 左膝 7 例, 右膝 5 例); 年龄  $28\sim 64$  岁, 平均  $(54.2\pm 10.3)$  岁; 体质量  $(67.9\pm 5.9)$  kg; 身高  $(165.8\pm 5.9)$  cm; 所有患者病史  $1\sim 7$  年, 平均  $(4.3\pm 1.6)$  年。术后按不同 HKA 矫正角度将患者分为 3 组, A 组 14 膝(矫正角度为  $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ), B 组 15 膝(矫正角度为  $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ), C 组 14 膝(矫正角度  $>15^{\circ}$ )。3 组患者术前一般资料比较差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 存在可比性。随访时间  $6\sim 18$  个月, 平均随访时间  $(9.4\pm 2.6)$  个月, 所有患者随访时间均  $>6$  个月, 患者术后膝关节 VAS、HSS 评分均较术前好转。所有患者术后不同随访时间点复查 DR 片所测量的 HKA、MPTA、TPIA、AJLCA、AJLOA 均未见明显变化。

**2.2 所有患者术前与术后膝、踝关节测量指标总体均值的比较**

记录所有患者术前与术后末次随访的 HKA、MPTA、TPIA、AJLCA、AJLOA; 术后 HKA 大于术前, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ); 术后 MPTA 大于术前, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ); 术后 TPIA 大于术前, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ); 术后 AJLOA 大于术前, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ); 术后 AJLCA 大于术前, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ), 具体数据见表 1。

表 1 所有患者术前与术后 HKA、MPTA、TPIA、AJLCA、AJLOA 总体均值比较( $\bar{x}\pm s$ )

时间	膝数	HKA/( $^{\circ}$ )	MPTA/( $^{\circ}$ )	TPIA/( $^{\circ}$ )	AJLOA/( $^{\circ}$ )	AJLCA/( $^{\circ}$ )
术前	43	$168.88\pm 3.35$	$82.65\pm 2.25$	$-7.51\pm 6.81$	$-6.93\pm 7.68$	$-0.55\pm 1.29$
术后	43	$182.05\pm 2.57$	$93.07\pm 3.38$	$-1.09\pm 4.87$	$-2.26\pm 4.86$	$1.28\pm 1.49$
<i>Z</i>		-5.716	-5.721	-3.790	-3.233	-5.815
<i>P</i>		$<0.001$	$<0.001$	$<0.001$	$<0.001$	$<0.001$

**2.3 不同 HKA 矫正角度组术后膝、踝关节测量指标的比较**

不同组术后的 HKA、MPTA、AJLCA 比较存在明显差异, 术后 MPTA 随着 HKA 矫正角度的增加而增加, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ); 术后 AJLCA 随

着 HKA 矫正角度的增加而增加, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ); 术后不同组之间 TPIA、AJLOA 比较差异虽无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 但数据显示术后 TPIA、AJLOA 亦随着 HKA 矫正角度的增加而增加, 具体数据见表 2。

表 2 不同 HKA 矫正角度组术后 MPTA、TPIA、AJLCA、AJLOA 比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	膝数	HKA/( $^{\circ}$ )	MPTA/( $^{\circ}$ )	TPIA/( $^{\circ}$ )	AJLOA/( $^{\circ}$ )	AJLCA/( $^{\circ}$ )
A 组	14	$179.86\pm 1.75^{1)2)}$	$91.27\pm 2.67^{1)2)}$	$-1.93\pm 4.65$	$-2.43\pm 4.93$	$0.43\pm 0.94^{1)2)}$
B 组	15	$181.93\pm 1.75^{3)}$	$93.00\pm 2.80^{3)}$	$-1.33\pm 5.68$	$-2.27\pm 5.51$	$1.20\pm 1.52^{3)}$
C 组	14	$184.36\pm 2.02$	$94.93\pm 3.77$	$0.00\pm 4.26$	$-2.07\pm 4.38$	$2.21\pm 1.42$
<i>F</i>		20.910	4.797	0.565	0.018	6.402
<i>P</i>		$<0.001$	0.014	0.573	0.982	0.004

注: 1) A 组与 B 组比较,  $P<0.05$ ; 2) A 组与 C 组比较,  $P<0.05$ ; 3) B 组与 C 组比较,  $P<0.05$ 。

**3 讨论**

**3.1 OWHO 对踝关节倾斜角度的影响**

OWHTO 属于保膝手术的一种, 是膝关节阶梯治疗中重要的一环, 其原理是通过关节外截骨矫正下肢力线、转移关节内侧间室负荷, 来达到延长膝关节生存年限的目的, OWHO 疗效已得到广泛认可。由于

OWHTO 矫正了下肢力线, 为了适应矫正后的力线变化, 足踝关节的倾斜角度会不可避免地产生代偿性改变, 以维持冠状位下肢站立与行走的稳定性<sup>[5]</sup>。Kim 等报告<sup>[13]</sup>指出无论 OWHO 或全膝关节置换术 (Total Knee Arthroplasty, TKA), 术后踝关节的力线排列与倾斜角度均出现了代偿性变化。本研究发

后 TPIA、AJLOA 与术前相比明显增大( $P < 0.05$ ),说明 OWHTO 改变了胫骨远端关节面、距骨上关节面的倾斜角度,术后胫距关节和距下关节均出现了代偿性的倾斜变化。Choi 等报告<sup>[14]</sup>矫正下肢力线会迫使踝关节面与地面的对位关系发生改变,OWHTO 术后踝关节面会出现异常倾斜现象,且术前 HKA 越小、HKA 矫正角度越小,术后踝关节的倾斜角度变化越小。Shah 等研究<sup>[15]</sup>亦指出 OWHTO 术中矫正角度与术后 TPIA 大小呈正比,TPIA 改变 $>10^\circ$ 的患者后期更容易出现踝关节疼痛。

### 3.2 OWHTO 对踝关节面对位及生物力学状态的影响

BioJeong 等研究<sup>[16]</sup>发现胫距关节和距下关节均可产生代偿性变化,以适应下肢力线改变对踝关节所带来的影响,但距下关节对踝关节所起的代偿作用十分有限<sup>[17]</sup>。Wang 等<sup>[18]</sup>对 233 例患者踝关节的胫跟连线角进行评估,发现仅有 53% 的踝内翻畸形患者与 38.6% 的踝外翻畸形患者出现了距下关节的代偿变化。本研究发现与术前相比术后 AJLCA 发生显著改变( $P < 0.05$ ),说明术后胫距关节面出现了异常的对位情况,且不同矫正角度组的 AJLCA 相比亦不相同,术后 AJLCA 随着 HKA 矫正度数增大而增大,下肢力线的变化影响胫距关节面对位情况。笔者认为因距下关节对踝关节代偿作用过于薄弱,所以过度矫正下肢力线会使距下关节难以代偿,最终出现胫距关节面对位异常、甚至踝关节内翻的现象。

而胫距关节对位不良会引起下肢压力中心偏移,改变踝关节的生物力学状态。Kim 等<sup>[13]</sup>对 40 例合并膝内翻畸形的 KOA 患者的踝关节承重线比值(WBL)进行了长期研究,发现在接受 OWHTO 后患者的 WBL 相比于术前明显向外侧偏移,踝关节负荷分布发生了显著改变。Suero 等<sup>[19]</sup>对 7 具尸体实施了 OWHTO 手术并进行踝关节力学实验,发现术后胫距关节的接触面积随着矫正角度增大而减少,并指出踝关节的负重压力主要集中于踝关节内侧;矫正程度过大容易迫使踝关节出现内翻改变,当踝关节处于内翻位置时,压力中心的迁移比处于外翻位置时更为明显,距下关节活动受限者更容易出现压力集中的情况<sup>[20]</sup>。关节面对位不良使得下肢负荷无法均衡地分布于踝关节内外侧间室,这会加快软骨的磨损速度,最终出现关节疼痛等症状。

### 3.3 OWHTO 术后出现踝关节疼痛的原因分析

本研究随访发现术后有 4 例病例出现了不同程度的踝关节疼痛,其 HKA 矫正角度均 $>15^\circ$ ,术前 HKA 平均值为  $167.25^\circ$ ,MPTA 平均值为  $84.00^\circ$ ;术后 HKA 平均值为  $186.00^\circ$ ,MPTA 平均值为  $95.75^\circ$ ;术

前 AJLCA 平均值为  $0^\circ$ ,术后 AJLCA 平均值为  $3.00^\circ$ ;术前 TPIA 平均值为  $-9.50^\circ$ ,术后 TPIA 平均值为  $-1.75^\circ$ ;术前 AJLOA 平均值为  $-9.50^\circ$ ,术后 AJLOA 平均值为  $-1.25^\circ$ 。TKA 术后踝关节疼痛病例已有报告, Lee 等<sup>[21]</sup>对 142 例接受 TKA 的患者进行 3 年随访,发现 21.8% 的病例术后出现新发或进展性踝关节炎,并指出这是由于距骨过度倾斜所引起。Gursu 等<sup>[22]</sup>对接受 TKA 的 78 例膝内翻畸形患者术前、术后的踝关节进行了分析,发现 HKA 由术前  $163.4^\circ$  增大至  $176.4^\circ$ ,AJLOA 由术前  $-7.60^\circ$  增至  $0.04^\circ$ ;Gursu 等<sup>[22]</sup>同时指出,术中过度追求下肢对齐会破坏踝关节力线,是术后踝关节疼痛的主要原因。笔者认为术后出现踝关节疼痛的主要原因是:术前严重膝内翻畸形患者,其踝关节已产生相对适应的生物力学状态,过度矫正下肢力线后,胫骨远端关节面和距骨上关节面的倾斜角度产生了剧烈改变,而胫距关节及距下关节却难以产生同步的代偿性变化,导致胫距关节面出现对位不良、内侧间隙狭窄的情况,迫使压力中心向内侧迁移,增加内侧关节面的负荷力量而出现疼痛等症状;如果术前踝关节僵硬,术后关节面对位不良的情况会更加明显。亦有观点认为 OWHTO 术后出现的足踝关节症状,可能是由于下肢力线过度矫正引起腓肠肌功能性延长、挛缩而增加了跟腱和足底筋膜的张力所致<sup>[23]</sup>。

### 3.4 过度矫正下肢力线对踝关节的影响

踝关节对于下肢力线变化的代偿能力是有限的,完全或过度矫正下肢力线不一定适合所有患者。Graef 等<sup>[24]</sup>指出无论是 TKA 还是 OWHTO,过度矫正下肢力线均会降低术后膝、踝关节功能,大于  $14.5^\circ$  的矫正角度可使踝关节患病率增加 15.6 倍。此外,过度矫正会对侧方组织产生较大牵张力,增加膝关节外侧间隙负荷压力而引起疼痛<sup>[25]</sup>。Schuster 等<sup>[26]</sup>对 79 例接受 OWHTO 的患者进行 10 年随访,发现当术后 MPTA  $>95^\circ$  时,术后短期内虽可获得较好膝关节功能,但长期的功能效果不尽如人意。所以对于重度膝内翻患者,术前需对同侧踝关节进行评估,避免过度矫正下肢力线而出现踝关节的并发症。

当术前发现有踝关节僵硬、畸形时,可以考虑在术后通过改变足踝鞋垫或物理治疗的方式进行干预,以减少踝部的不适及疼痛。Braga 等<sup>[27]</sup>对 19 名踝内翻患者进行研究,发现特制楔形鞋垫可改变踝关节的运动和力矩模式,改善足踝关节的生物力学状态。这要求医生不仅需要在术中把握好矫正角度,术后也需对不同病人的膝、踝关节制定针对性的康复计划,因此术前对踝关节的关注尤为重要。

本研究仍存在局限性:首先,没有足够的 OWHTO

病例数;其次,随访时间相对较短,OWHTO 对踝关节的长期影响有待进一步探讨;第三,本研究只收录膝内翻畸形患者,未考虑膝外翻畸形患者,因为临床上膝外翻病例相对少见。因此,需要更深层的研究来阐明 OWHTO 对踝关节力线、关节对位及生物力学状态的影响。

综上所述,OWHTO 术后 TPIA、AJLOA、AJLCA 随着下肢力线的矫正发生了明显变化,且 AJLCA 与 HKA 矫正程度相关,说明 OWHTO 对踝关节倾斜角度、关节对位、生物力学状态有显著影响。目前大多数关节外科医生在 OWHTO 术前与术后均较少关注踝关节力线及对位的变化,笔者建议在 OWHTO 术前应对同侧踝关节进行仔细检查,术前存在踝关节僵硬者,应该考虑减少矫正角度,以减少术后踝关节并发症。

# 参考文献

- [1] GLYN-JONES S, PALMER A J, AGRICOLA R, et al. Osteoarthritis[J]. *Lancet*, 2015, 386(9991): 376-387.
- [2] NEOGI T, NEVITT M, NIU J, et al. Subchondral bone attrition may be a reflection of compartment-specific mechanical load: the MOST study [J]. *Ann Rheum Dis*, 2010, 69(5): 841-844.
- [3] 林晓东, 黄泽鑫, 汪鑫, 等. 胫骨高位截骨术后软骨再生 1 例并文献回顾[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2019, 27(10): 81-82.
- [4] 段亮, 范亚一, 徐洪海, 等. 胫骨高位开放楔形截骨联合锁定钢板固定治疗膝关节内侧间室骨关节炎 22 例[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2019, 27(11): 68-71.
- [5] BARTHOLOMEEUSEN S, VAN DEN BEMPT M, VAN BEEK N, et al. Changes in knee joint line orientation after high tibial osteotomy are the result of adaptation of the lower limb to the new alignment[J]. *Knee*, 2020, 27(3): 777-786.
- [6] GOLDRING M B, GOLDRING S R. Osteoarthritis[J]. *J Cell Physiol*, 2007, 213(3): 626-634.
- [7] 中华医学会骨科学分会关节外科学组. 骨关节炎诊疗指南(2018 年版)[J]. *中华骨科杂志*, 2018, 38(12): 705-715.
- [8] PALEY D, PFEIL J. Principles of deformity correction around the knee[J]. *Orthopade*, 2000, 29(1): 18-38.
- [9] KFURI M, LOBENHOFFER P. High tibial osteotomy for the correction of varus knee deformity[J]. *J Knee Surg*, 2017, 30(5): 409-420.
- [10] BARGREN J H, BLAHA J D, FREEMAN M A. Alignment in total knee arthroplasty. Correlated biomechanical and clinical observations[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1983, 173: 178-183.
- [11] JEFFERY R S, MORRIS R W, DENHAM R A. Coronal alignment after total knee replacement[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1991, 73(5): 709-714.
- [12] ZHAO Z, WANG W, WANG S, et al. Femoral rotation influences dynamic alignment of the lower extremity in total

- knee arthroplasty[J]. *Int Orthop*, 2015, 39(1): 55-60.
- [13] KIM J G, SUH D H, CHOI G W, et al. Change in the weight-bearing line ratio of the ankle joint and ankle joint line orientation after knee arthroplasty and high tibial osteotomy in patients with genu varum deformity[J]. *Int Orthop*, 2021, 45(1): 117-124.
- [14] CHOI G W, YANG J H, PARK J H, et al. Changes in coronal alignment of the ankle joint after high tibial osteotomy[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2017, 25(3): 838-845.
- [15] SHAH S M, ROBERTS J, PICARD F. Ankle and hind-foot symptoms after medial open wedge high tibial osteotomy[J]. *J Knee Surg*, 2019, 32(3): 269-273.
- [16] JEONG B O, KIM T Y, BAEK J H, et al. Following the correction of varus deformity of the knee through total knee arthroplasty, significant compensatory changes occur not only at the ankle and subtalar joint, but also at the foot[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26(11): 3230-3237.
- [17] 敖由, 吕松岑. 距下关节对下肢畸形的代偿作用[J]. *实用骨科杂志*, 2020, 26(8): 720-722.
- [18] WANG B, SALTZMAN C L, CHALAYON O, et al. Does the subtalar joint compensate for ankle malalignment in end-stage ankle arthritis? [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2015, 473(1): 318-325.
- [19] SUERO E M, SABBAGH Y, WESTPHAL R, et al. Effect of medial opening wedge high tibial osteotomy on intra-articular knee and ankle contact pressures [J]. *J Orthop Res*, 2015, 33(4): 598-604.
- [20] KRAUSE F, BARANDUN A, KLAMMER G, et al. Ankle joint pressure changes in high tibial and distal femoral osteotomies: a cadaver study[J]. *Bone Joint J*, 2017, 99-B(1): 59-65.
- [21] LEE J H, JEONG B O. Radiologic changes of ankle joint after total knee arthroplasty[J]. *Foot Ankle Int*, 2012, 33(12): 1087-1092.
- [22] GURSU S, SOFU H, VERDONK P, et al. Effects of total knee arthroplasty on ankle alignment in patients with varus gonarthrosis: do we sacrifice ankle to the knee? [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(8): 2470-2475.
- [23] SOLAN M C, CARNE A, DAVIES M S. Gastrocnemius shortening and heel pain[J]. *Foot Ankle Clin*, 2014, 19(4): 719-738.
- [24] GRAEF F, FALK R, TSITSILONIS S, et al. Correction of excessive intraarticular varus deformities in total knee arthroplasty is associated with deteriorated postoperative ankle function[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 28(12): 3758-3765.