

开放楔形胫骨高位截骨术后膝关节的关节线收敛角影像学分析

柳明忠¹, 施建辉¹, 谢俊杰¹, 陈杰云²

1. 福建医科大学附属泉州第一医院骨科, 福建 泉州 362100; 2. 福建医科大学附属泉州第一医院影像科, 福建 泉州 362100

【摘要】目的:研究开放楔形胫骨高位截骨术前仰卧位关节线收敛角(JLCA)与术后站立位JLCA的关系。**方法:**选取接受开放楔形胫骨高位截骨术治疗的84名膝关节内侧骨性关节炎患者,根据术前JLCA $<4^{\circ}$ (低JLCA组)和 $\geq 4^{\circ}$ (高JLCA组)对患者进行分组。术前和术后1年分别测量膝关节活动度(ROM)、髌-膝-踝角(HKA)、负重线(WBL)比、美国膝关节协会(AKS)膝关节评分和功能评分、Lysholm膝关节评分、膝关节损伤骨性关节炎预后评分(KOOS)。**结果:**术前,高JLCA组的HKA、WBL比和潜在外侧松弛度明显小于低JLCA组($P<0.05$)。高JLCA组的Kellgren和Lawrence评分高于低JLCA组($P<0.05$)。两组之间在胫骨后倾斜度(TPS)、内侧近端胫骨角(MPTA)、总JLCA和关节线倾斜度(JLO)方面无明显差异($P>0.05$)。高JLCA组的仰卧位JLCA、 Δ JLCA、内翻JLCA、外翻JLCA和潜在内侧松弛度高于低JLCA组($P<0.05$)。低JLCA组的ROM相比高JLCA组的运动范围大($P<0.05$)。两组之间的任何临床评分均无明显差异(均 $P>0.05$)。术后,在HKA、矫正误差、WBL比、TPS、MPTA骨矫正、总JLCA或JLO之间未发现明显差异($P>0.05$)。但高JLCA组的矫正角和软组织矫正高于低JLCA组($P<0.05$)。高JLCA组的术后JLCA、 Δ JLCA、内翻JLCA和外翻JLCA高于低JLCA组($P<0.05$)。低JLCA组的术后ROM高于高JLCA组($P<0.05$)。两组之间的任何术后临床评分均无明显差异($P>0.05$)。术前仰卧位JLCA与术后站立位JLCA相关($r=0.696, P<0.001$)。**结论:**在控制术中JLCA时,术后冠状面排列不受JLCA改变和低JLCA组与高JLCA组软组织矫正差异的影响。然而,与目标冠状面排列相比,两组仍然存在过度矫正。

【关键词】开放楔形胫骨高位截骨术;关节线收敛角;膝关节活动度;膝关节评分

【中图分类号】R681.8

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2021)111-1381-06

Imaging analysis on the joint line convergence angle of the knee joint after open-wedge high tibial osteotomy

LIU Mingzhong¹, SHI Jianhui¹, XIE Junjie¹, CHEN Jieyun²

1. Department of Orthopedics, Quanzhou First Hospital Affiliated to Fujian Medical University, Quanzhou 362100, China; 2. Department of Imaging, Quanzhou First Hospital Affiliated to Fujian Medical University, Quanzhou 362100, China

Abstract: Objective To study the relationship between the joint line convergence angle (JLCA) in the supine position before open-wedge high tibial osteotomy and JLCA in the standing position after operation. **Methods** A total of 84 patients receiving open-wedge high tibial osteotomy for medial knee osteoarthritis were selected and divided into low JLCA group (preoperative JLCA $<4^{\circ}$) and high JLCA group (preoperative JLCA $\geq 4^{\circ}$). Knee joint range of motion (ROM), hip-knee-ankle angle (HKA), weight-bearing line (WBL) ratio, American Knee Society (AKS) knee joint score and function score, Lysholm knee score, and knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS) were measured before and 1 year after operation. **Results** Before operation, HKA, WBL ratio and potential lateral laxity in high JLCA group were significantly lower than those in low JLCA group ($P<0.05$), and the Kellgren and Lawrence scores of high JLCA group were higher than those of low JLCA group ($P<0.05$). There was no significant difference in TPS, MPTA, total JLCA or JLO between two groups ($P>0.05$). Compared with low JLCA group, high JLCA group had higher supine JLCA, Δ JLCA, inversion and eversion JLCA and potential medial laxity ($P<0.05$), and smaller ROM ($P<0.05$). No significant difference was found in any clinical scores between two groups (all $P>0.05$). After operation, the differences between two groups in HKA, correction error, WBL ratio, TPS, MPTA bone correction, total JLCA or JLO were trivial ($P>0.05$). However, the correction angle and soft tissue correction of high JLCA group were larger than those of low JLCA group ($P<0.05$); and the postoperative JLCA, Δ JLCA, inverted and everted JLCA in high JLCA group were higher than those in low JLCA group ($P<0.05$); and the postoperative

【收稿日期】2021-05-02

【基金项目】泉州市科技计划项目(2018Z081)

【作者简介】柳明忠, 硕士, 副主任医师, 研究方向: 创伤骨科及关节外科, E-mail: yongqiangliuyyq@163.com

ROM of low JLCA group was larger than that of high JLCA group ($P<0.05$). There was no significant difference in any postoperative clinical scores between two groups ($P>0.05$). JLCA in the supine position before operation was correlated with JLCA in the standing position after operation ($r=0.696$, $P<0.001$). **Conclusion** When controlling intraoperative JLCA, the postoperative coronal plane arrangement is not affected by the changes in JLCA and the difference in soft tissue correction between low and high JLCA groups. However, compared with the target coronal plane arrangement, overcorrection still exists in two groups.

Keywords: open-wedge high tibial osteotomy; joint line convergence angle; knee joint range of motion; knee joint score

前言

胫骨高位截骨术(HTO)是治疗症状性内翻畸形的有效方法,然而其缺点之一是倾向于降低髌骨高度和增加胫骨后倾斜,而增加的胫骨后倾斜可能会损害前十字韧带功能;另一方面,随着时间推移,下髌骨经常引起膝关节前部疼痛,可能会加速髌股关节退化^[1-2]。随着术前计划软件、术中导航系统和新型设备系统的发展,开放楔形胫骨高位截骨术(OWHTO)后冠状面排列的准确性有了很大提高^[3]。关节线收敛角(JLCA)被定义为股骨髁与胫骨平台之间的切线夹角,已被用于评估软组织矫正。正常膝关节股骨远端关节面与胫骨平台基本平行,JLCA为 $0^{\circ}\sim 2^{\circ}$ ^[4]。OWHTO术后冠状面矫正量取决于骨矫正和软组织矫正^[5]。最近有研究证实术前软组织问题和过度矫正之间的关系^[6],也有研究报道 $JLCA\geq 4^{\circ}$ 患者更有可能经历过度矫正,术前仰卧位JLCA与术后站立位JLCA相关^[7]。本研究比较术前 $JLCA\geq 4^{\circ}$ 和 $<4^{\circ}$ 两组患者手术前后的影像学 and 临床指标,以期研究冠状面排列是否受到JLCA变化的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2018年4月至2020年4月期间在福建医科大学附属泉州第一医院接受OWHTO治疗的84名膝关节内侧骨性关节炎患者。纳入标准:①年龄 <75 岁者;②关节内侧或前内侧疼痛者;③胫骨内翻畸形 $>5^{\circ}$,准站立位X线片示内侧胫股关节间隙变窄者;④手术计划时开口间隙 $\leq 15^{\circ}$ 和屈曲挛缩 $\leq 15^{\circ}$,外侧软骨和半月板功能正常者;⑤屈曲畸形 $<10^{\circ}$,膝关节活动度 $>100^{\circ}$ 者。排除标准:①外侧间室骨关节炎;②类风湿性关节炎;③髌股关节症状,前方或后交叉韧带关节功能不全;④侧方胫股关节间隙狭窄者;⑤患者依从性差、不能配合治疗者。患者对治疗及试验知晓,签署知情同意书。根据术前 $JLCA\geq 4^{\circ}$ 和 $<4^{\circ}$ 分为两组,术前 $JLCA<4^{\circ}$ 为低JLCA组43例(图1),术前 $JLCA\geq 4^{\circ}$ 为高JLCA组41例(图2)。术前计划和手术由同一位从事OWHTO超过25年的外科医生操作。



图1 低JLCA组右膝关节炎患者影像学表现

Fig.1 Imaging manifestations of patients with right knee osteoarthritis in low JLCA group

女性,62岁,右膝关节骨性关节炎患者。a:截骨前,全腿站立位JLCA和负重线(WBL)比分别为 5.9° 和49.5%;b:仰卧位JLCA为 2.9° ;c:术后,JLCA为 3.2° ,站立位WBL比为67.7%



图2 高JLCA组右膝关节炎患者影像学表现

Fig.2 Imaging manifestations of patients with right knee osteoarthritis in high JLCA group

女性,71岁,右膝骨关节炎患者。a:截骨前,全腿站立位JLCA和WBL比分别为 2.8° 和23.2%;b:仰卧位JLCA为 2.3° ;c:术后,JLCA为 2.4° ,站立位WBL比为67.8%

1.2 手术方法

冠状位对准的目标是在单腿站立位置的全腿X线片上预期负重线(WBL)比为62%,并且在每个胫骨平台上均进行术前标记(图3a)。此外,在术前仰卧位片上测量JLCA。经关节镜检查后,未应用大腿止血带。在胫骨前内侧进行4~5 cm纵向皮肤切口。从胫骨近端释放浅表内侧副韧带,不影响半腱肌和股薄肌腱。在荧光检查下,横向截骨平面由两条克氏针标记。使用骨锯从胫骨内侧平台远端35 mm到冠状平面内的安全区进行横向截骨,然后进行上行截骨。截骨间隙逐渐打开,使外侧皮质完好无损。根据截骨间隙的松紧度释放后部软组织,并使用扩张器保持后内侧间隙。在荧光透视下确认术中JLCA与术前使用放射线量角器的仰卧位JLCA相同,并且通过将患者脚推向外科医生腹部区域将对准杆从内侧边缘放置为WBL比为62%(图3b)。截骨并打开间隙后,将预先形成的四边形β-磷酸三钙作为骨替代物插入到开口的内侧间隙中。使用Tris板(Olympus Terumo Biomaterials, 日本东京)和8个锁定螺钉固定内侧截骨间隙。所有患者均接受低分子量肝素和静脉脉冲足泵形式的抗血栓预防。术后第2天开始进行主动和被动锻炼以及直腿锻炼。术后1周开始允许完全负重。

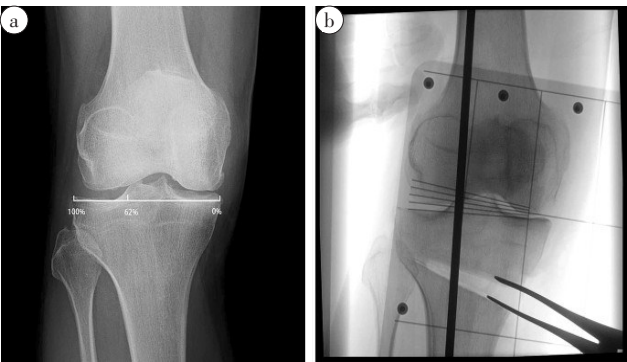


图3 术前和术中JLCA

Fig.3 JLCA before and during the operation

a: 术前在前后X线片上确定胫骨平台上62%负重线比的位置,在仰卧位X线片上术前JLCA为1.2°;b: 在荧光透视下使用对准杆和射线可透角度规确定与胫骨近端内侧边缘相距62%的位置以及术中仰卧位JLCA为1.2°

1.3 影像学指标

影像形态使用富士计算机射线照相系统(富士胶片株式会社,日本东京)获得,各种角度使用mediCAD数字计划软件(Hectec, Landshut, 德国)测量。患者以单腿站立的姿势获得双腿站立前后位片(AP)

和侧面全腿X线片,并且获得膝盖的天际线视图。应力射线照相在150 N内翻或外翻负荷下使用泰洛斯(Telos)关节压力计(Telos, Weiterstadt, 德国)完全伸展而拍摄。髌-膝-踝角(HKA)定义为AP全腿X线片上股骨和胫骨机械轴之间的较小角度。WBL比定义为胫骨平台内侧边缘与胫骨平台长度的交点之间的距离比。胫骨内侧边缘WBL比被认为是0%,胫骨外侧边缘WBL比被认为是100%。胫骨后倾斜度(TPS)为胫骨内侧平台的后倾斜度与外侧全腿X线片上垂直于胫骨干轴线的夹角。内侧近端胫骨角(MPTA)在AP全腿X线片上定义为胫骨解剖轴与胫骨平台之间的内侧角。在站立的腿,仰卧以及内翻和外翻应力膝关节X线片上测量JLCA。具有内翻的JLCA用“+”符号表示。ΔJLCA定义为术前站立位与仰卧位JLCA之差,总JLCA定义为内翻和外翻JLCA之和。通过从外翻JLCA中减去站立的JLCA计算潜在的内侧松弛度,通过从内翻JLCA中减去站立的JLCA计算潜在的外侧松弛度。关节线倾斜度(JLO)定义为平行于地面的直线与胫骨髁切线之间的夹角。通过从术后角度中减去术前角度计算TPS和MPTA的变化。通过从术前角度中减去术后角度计算JLCA的变化。

术后1年获得X线片。Kellgren-Lawrence评分用于对膝关节炎的严重程度进行分类。矫正角度定义为术前HKA减去术后HKA,过度矫正量(矫正误差)定义为预测目标对准减去术后HKA。通过从术后MPTA减去术前计算骨校正,通过从校正角度减去骨校正计算软组织校正。

1.4 预后评价指标

术前和术后1年分别测量膝关节活动度(ROM)。采用美国膝关节协会(AKS)膝关节评分和功能评分评定膝关节骨关节炎程度,采用Lysholm膝关节评分量表评定术前和术后1年膝关节韧带状况^[8-9]。对于每个测量,总分100分表示功能完整。采用膝关节损伤骨性关节炎预后评分(KOOS)评估术前和术后1年患者情况,KOOS有5个分量表:疼痛、症状、日常生活活动、运动和娱乐功能(运动/娱乐)以及与膝关节有关的生活质量^[10]。

1.5 统计学分析

采用SPSS 19.0软件对数据进行统计学分析,使用Shapiro-Wilk检验评估数据的正态性,计量资料用均数±标准差表示,使用t检验对具有正态分布的连续变量进行比较,Mann-Whitney检验对非正态分布的连续变量进行比较,计数资料使用Pearson卡方检验或Fisher精确概率。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 低和高 JLCA 组患者术前特征比较

两组患者术前影像学 and 临床数据见表1。两组患者在年龄、体质量指数(BMI)、性别、手术侧方面比较无显著差异($P>0.05$)。高 JLCA 组的 HKA、WBL 和潜在外侧松弛度均小于低 JLCA 组($P<0.05$)。两组患者在 TPS、MPTA、总 JLCA、JLO 方面无显著差异($P>0.05$)，高 JLCA 组的仰卧位 JLCA、 Δ JLCA、内翻 JLCA、外翻 JLCA 和潜在内侧松弛度均高于低 JLCA 组($P<0.05$)，低 JLCA 组的 ROM 比高 JLCA 组的运动范围大($P<0.05$)。两组之间的任何临床评分均无显著差异($P>0.05$)。

表1 低与高JLCA组患者术前特征比较
Tab.1 Comparison of preoperative characteristics between low and high JLCA groups

参数	低 JLCA 组 (<i>n</i> =44)	高 JLCA 组 (<i>n</i> =40)	<i>t</i> / χ^2 值	<i>P</i> 值
年龄/岁	63.52±7.63	65.34±6.56	1.166	0.246
体质量指数/kg·m ⁻²	25.52±3.34	25.25±3.21	0.376	0.707
性别(男/女)	24/20	24/16	0.254	0.613
膝(左/右)	23/21	20/20	0.043	0.835
HKA/°	-6.8±3.0	-9.0±2.9	3.410	0.001
WBL/%	19.0±13.6	12.9±14.1	2.017	0.046
TPS/°	11.9±3.5	10.8±3.9	1.362	0.176
MPTA/°	84.4±2.3	84.3±2.2	0.203	0.839
仰卧位 JLCA/°	1.4±1.8	3.4±1.6	5.360	0.000
Δ JLCA/°	1.6±1.7	2.7±1.7	2.961	0.004
内翻 JLCA/°	5.9±1.9	7.4±1.7	3.798	0.000
外翻 JLCA/°	-0.8±2.1	0.4±1.6	2.923	0.004
总 JLCA/°	6.8±2.4	7.0±2.2	0.396	0.692
潜在内侧松弛度/°	3.8±1.8	5.7±1.7	4.960	0.000
潜在外侧松弛度/°	2.9±1.7	1.3±1.6	4.430	0.000
JLO/°	0.2±3.0	1.2±2.4	1.676	0.097
ROM/°	129.5±11.2	124.3±12.0	2.054	0.043
AKS 膝评分	51.4±11.0	51.3±6.8	0.049	0.960
AKS 功能评分	74.4±10.5	76.3±8.7	0.897	0.371
Lysholm 评分	46.2±14.1	48.5±13.7	0.756	0.451
KOOS 评分				
疼痛	48.5±20.2	52.5±16.3	0.992	0.323
症状	57.2±20.5	54.2±20.1	0.676	0.500
ADL 评分	63.9±17.9	68.2±12.8	1.255	0.213
体育及娱乐功能	25.8±17.9	24.8±16.4	0.266	0.790
膝盖相关的生活质量	30.5±16.3	26.3±13.1	1.293	0.199

2.2 低和高 JLCA 组患者术后特征比较

两组患者术后影像学 and 临床数据见表2。两组患者在 HKA、校正误差、WBL、TPS、MPTA 骨校正、总 JLCA、JLO 方面比较无显著差异($P>0.05$)，但高 JLCA 组的矫正角和软组织矫正高于低 JLCA 组($P<0.05$)，高 JLCA 组的术后 JLCA、 Δ JLCA、内翻 JLCA、外翻 JLCA 高于低 JLCA 组($P<0.05$)，低 JLCA 组的术后 ROM 高于高 JLCA 组($P<0.05$)。两组之间的任何术后临床评分均无显著差异($P>0.05$)。

表2 低与高JLCA组患者术后特征比较
Tab.2 Comparison of postoperative characteristics between low and high JLCA groups

参数	低 JLCA 组 (<i>n</i> =44)	高 JLCA 组 (<i>n</i> =40)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
HKA/°	4.8±2.1	4.1±2.7	1.332	0.186
矫正角/°	11.5±3.7	13.3±4.2	2.088	0.039
校正误差/°	1.3±3.4	1.1±2.5	0.304	0.761
软组织校正/°	0.1±1.2	1.2±2.1	2.981	0.003
WBL/%	71.4±11.3	69.0±13.5	0.886	0.378
TPS/°	12.5±3.7	11.6±3.8	1.099	0.274
MPTA/°	95.6±3.1	96.4±3.7	1.077	0.284
术后 JLCA/°	2.8±1.5	4.5±1.6	5.025	0.000
Δ JLCA/°	0.3±1.1	1.7±1.2	5.579	0.000
内翻 JLCA/°	7.2±1.8	8.3±1.3	3.182	0.002
外翻 JLCA/°	-0.3±2.1	2.2±1.6	6.090	0.000
总 JLCA/°	7.5±2.5	6.8±2.3	1.331	0.186
JLO/°	4.7±3.2	5.2±2.5	0.792	0.430
ROM/°	132.4±10.5	127.3±11.4	2.134	0.035
AKS 膝评分	86.3±6.8	86.8±6.7	0.338	0.735
AKS 功能评分	98.7±3.6	98.2±4.2	0.587	0.558
Lysholm 评分	90.3±9.1	92.3±8.3	1.048	0.297
KOOS 评分				
疼痛	84.5±12.2	82.2±11.5	0.886	0.377
症状	84.3±12.8	80.6±11.3	1.398	0.165
ADL 评分	87.7±11.6	88.4±10.4	0.290	0.772
体育及娱乐功能	56.7±16.8	61.5±18.6	1.242	0.217
膝盖相关的生活质量	64.2±17.8	68.9±17.2	1.228	0.222

3 讨论

OWHTO 是一种纠正由于胫骨内翻畸形引起的下肢内翻对准的手术技术^[1,11]。本研究最重要的发现是术前 JLCA $\geq 4^\circ$ 的膝关节与术前 JLCA $< 4^\circ$ 的膝关节在冠状位对准方面没有区别。如果在手术中参照术

前仰卧位 JLCA 进行设置,两组术后冠状位对准均不受 JLCA 变化的影响。相对于冠状平面上的计划目标角度的实际矫正角度是成功进行 HTO 的最重要因素^[12]。相对于机械轴稍微外翻至 3°~5°对于令人满意的临床结果至关重要。然而,尽管有准确的术前计划和适当的术中技术,但过度矫正的程度可能是由于软组织矫正的差异而引起的^[13]。So 等^[14]报道在封闭楔形 HTO 中,术后站立位 JLCA 与术前仰卧位 JLCA 相似,可以使用术前仰卧位 JLCA 预测术后站立位 JLCA,并建议在术前计划中使用仰卧位 X 线片而不是站立位 X 线片。然而,站立位 X 线片通常用于评估膝骨 OA 的严重程度并在术前确定矫正角度。

本研究低 JLCA 组中 44 膝的矫正角、骨矫正和软组织矫正分别为 11.4°、11.3°和 0.1°,术前平均 HKA 为 -6.8°,JLCA 为 3.0°;高 JLCA 组中 40 膝的矫正角、骨矫正和软组织矫正分别为 13.1°、12.0°和 1.2°,术前平均 HKA 为 -9.0°,JLCA 为 6.1°。本研究中高 JLCA 组的软组织矫正高于低 JLCA 组。先前的接受者操作特征曲线分析表明术前 JLCA≥4°的膝盖是过度矫正的一个因素,术前 JLCA<4°时,膝盖的冠状位后对齐可能不受软组织矫正的影响^[15]。Koh 等^[16]报道 OWHTO 后平均 HKA 为 -9.6°的 50 个膝盖中,矫正角、骨矫正和软组织矫正分别为 12.8°、9.4°和 3.4°。本研究中术前 HKA 和软组织矫正分别在低 JLCA 组分别为 -6.8°和 0.1°,在高 JLCA 组分别为 -9.0°和 1.2°。因此本研究中软组织校正仍低于先前测量的 3.4°。这种差异可能与膝骨 OA 严重程度有关,因为本研究中测得的 HKA 低于先前研究中的 HKA,或者可能与本研究中未触及的臀大肌操作差异有关,但在先前的研究中伴有内侧副韧带升高。

在多变分析中,ΔJLCA 是冠状位校正差异的预测因素,且潜在的内侧松弛度反映内侧软组织松弛度和内收力矩^[17]。我们同意这个观点,即 ΔJLCA 和潜在内侧松弛度是冠状矫正差异的预测因素。本研究中截骨前高 JLCA 组的 ΔJLCA 和潜在内侧松弛度高于低 JLCA 组,然而两组之间在冠状排列方面没有发现显著差异,这可能意味着 JLCA 的改变在截骨术期间得到控制,并且两组术后 HKA 均不受 JLCA 改变的影响,JLCA 的变化与过度矫正有关。实际上,JLCA 的变化与矫正误差高度相关,并已显示出导致矫正误差。在本研究中高 JLCA 组 JLCA 的变化大于低 JLCA 组,但两组之间在冠状面排列方面无显著差异,这可能是因为术前仰卧 JLCA 设定了 HKA,能够将矫正误差降至最低。在截骨手术期间,导航系统的使用可能会辅助这种组合方法,但本研

究结果表明过度矫正的发生率很高。过度矫正的最可能原因是没有重现负重状态。然而,在外侧腔室和外侧胫骨皮质穿孔中更多的压缩可能倾向于过度矫正。本研究的局限性:首先,在进行截骨术之前,高 JLCA 组的膝关节比低 JLCA 组的膝关节表现出更大的内翻畸形和更严重的膝骨 OA,这是不可避免的,因为术前 JLCA 与内翻畸形相关。其次,本研究为回顾性分析,可能会引入潜在的选择偏见。第三,在 2D 全腿 X 线片上测量冠状对准和关节定向角,测量的准确性受膝盖位置的影响。然而,与 2D 相比,诸如 EOS 或承重 CT 的 3D 成像可能允许更精确地测量冠状面对准和关节的定向角度^[18]。

综上所述,比较术前 JLCA≥4°和<4°两组患者膝关节的影像学 and 临床结果,并根据术前仰卧位 JLCA 在术中设定 JLCA 的变化,这与术后站立位 JLCA 相似。当控制术中 JLCA 时,两组之间 JLCA 的变化和软组织矫正的差异不会影响术后冠状位的排列,但是两组矫正率均高于目标冠状位。

【参考文献】

- [1] 黄景星,王浩浩,张民. 膝关节 Rosenberg 位片上影像学分级与内侧开放楔形胫骨高位截骨术后临床疗效的关系探讨[J]. 实用骨科杂志, 2019, 25(10): 878.
HUANG J X, WANG H H, ZHANG M. Radiological grading of osteoarthritis on Rosenberg view has a significant correlation with clinical outcomes after medial open-wedge high-tibial osteotomy[J]. Journal of Practical Orthopaedics, 2019, 25(10): 878.
- [2] SCHRÖTER S, ELSON D W, ATESTRANG A, et al. Lower limb deformity analysis and the planning of an osteotomy[J]. J Knee Surg, 2017, 30(5): 393-408.
- [3] 朱兵,裴保安,高万里,等. 开放楔形胫骨高位截骨术后膝关节软骨修复的影响因素研究进展[J]. 山东医药, 2019, 59(3): 102-105.
ZHU B, PEI B A, GAO W L, et al. Research progress on factors affecting knee cartilage repair after open wedge-shaped high tibial osteotomy[J]. Shandong Medical Journal, 2019, 59(3): 102-105.
- [4] TSUJI M, AKAMATSU Y, KOBAYASHI H, et al. Joint line convergence angle predicts outliers of coronal alignment in navigated open-wedge high tibial osteotomy[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2020, 140(6): 707-715.
- [5] 黄梦全,李裕标,廖春来,等. 开放楔形胫骨高位截骨与单髁置换治疗膝关节内侧间室骨关节炎疗效的 Meta 分析[J]. 中国骨伤, 2019, 32(5): 428-433.
HUANG M Q, LI Y B, LIAO C L, et al. Open-wedge high tibial osteotomy and unicompartmental knee arthroplasty in treating medial compartment osteoarthritis of the knee: a Meta analysis[J]. China Journal of Orthopedics and Traumatology, 2019, 32(5): 428-433.
- [6] RIBEIRO C H, MOD M S, ISCH D, et al. A novel device for greater precision and safety in open-wedge high tibial osteotomy: cadaveric study[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2020, 140(2): 203-208.
- [7] 张宽宽,吴敏. 开放性楔形胫骨高位截骨术中并发外侧铰链断裂的研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2019, 33(1): 110-114.
ZHANG K K, WU M. Study on lateral hinge fracture during open wedge high tibial osteotomy[J]. Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery, 2019, 33(1): 110-114.
- [8] TEGNER Y, LYSHOLM J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries[J]. Clin Orthop Relat Res, 1985, 198(9): 43-49.
- [9] INSALL J N, DORR L D, SCOTT R D, et al. Rationale of the Knee Society clinical rating system[J]. Clin Orthop Relat Res, 1989, 248: 13-14.

- [10] ROOS E M, ROOS H P, LOHMANDER L S, et al. Knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS) -development of a self-administered outcome measure[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 1998, 28(2): 88-96.
- [11] 程静波, 李超, 冯明利. 开放式楔形胫骨高位截骨术对髌骨位置的影响[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2019, 34(4): 113-115.
CHENG J B, LI C, FENG M L. The effect of open wedge-shaped high tibial osteotomy on the position of the patella[J]. Chinese Journal of Bone and Joint Injury, 2019, 34(4): 113-115.
- [12] 林炯同, 杨伟毅, 潘建科, 等. 内侧开放楔形高位胫骨截骨术外侧合页骨折的处理[J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 468(10): 907-911.
LIN J T, YANG W Y, PAN J K, et al. Management of lateral hinge fracture in medial open wedge high tibial osteotomy[J]. Orthopaedic Journal of China, 2019, 468(10): 907-911.
- [13] 董锐, 项征, 陶日东, 等. 胫骨内侧高位开放楔形截骨术治疗膝内侧间室骨性关节炎的疗效[J]. 中国临床研究, 2019, 32(11): 72-75.
DONG R, XIANG Z, TAO R D, et al. The effect of high-position open wedge osteotomy on the medial tibia for osteoarthritis of the medial compartment of the knee[J]. Chinese Journal of Clinical Research, 2019, 32(11): 72-75.
- [14] SO S Y, LEE S S, JUNG E Y, et al. Difference in joint line convergence angle between the supine and standing positions is the most important predictive factor of coronal correction error after medial opening wedge high tibial osteotomy[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2020, 28(3): 1516-1525.
- [15] PARK J G, KIM J M, LEE B S, et al. Increased preoperative medial and lateral laxity is a predictor of overcorrection in open wedge high tibial osteotomy[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 28(1): 3164-3172.
- [16] KOH I J, KIM M S, SOHN S, et al. Predictive factors for satisfaction after contemporary unicompartmental knee arthroplasty and high tibial osteotomy in isolated medial femorotibial osteoarthritis[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2019, 105(1): 77-83.
- [17] 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性关节炎22例[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2019, 27(11): 68-71.
DUAN L, FAN Y Y, XU H H, et al. Treatment of 22 cases of osteoarthritis of the medial compartment of the knee with high open wedge osteotomy of tibia combined with locking plate fixation[J]. Chinese Journal of Traditional Medical Traumatology & Orthopedics, 2019, 27(11): 68-71.
- [18] BURSSSENS A B, BUEDTS K, BARG A, et al. Is Lower-limb alignment associated with hindfoot deformity in the coronal plane? a weight bearing CT analysis[J]. Clin Orthop Relat Res, 2019, 478(1): 154-168.

(编辑:黄开颜)