

3D 打印导板辅助下胫骨高位截骨治疗内翻型膝骨关节炎的疗效分析

雷淳安, 夏臣杰, 周珂, 李瑾

【摘要】目的 探讨 3D 打印导板辅助下胫骨高位截骨治疗内翻型膝骨关节炎的临床疗效。**方法** 回顾性分析 2021 年 3 月至 2023 年 11 月于宁波市医疗中心李惠利医院行 3D 打印导板辅助胫骨高位截骨治疗内翻型膝骨关节炎 19 例患者的临床资料。术前根据双下肢负重全长正位 X 线片选择个性化 3D 打印截骨导板, 术中利用 3D 打印导板进行辅助截骨。对比术前, 术后 6 个月时胫股角 (FTA)、胫骨近端内侧角 (MPTA)、胫骨平台后倾角 (PTSA)、下肢负重线比率 (WBL)、髌骨高度 Insall-Salvati 指数 (IS 指数)、末次随访时美国特种外科医院膝关节 (HSS) 评分和疼痛视觉模拟 (VAS) 评分。**结果** 19 例患者术后随访 7 ~ 40 个月, 平均 (21.5±9.7) 个月。患者术后 6 个月 FTA 低于术前, MPTA、WBL 均高于术前 (均 $P < 0.05$); PTSA、IS 指数与术前差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$); HSS 评分高于术前, VAS 评分低于术前 (均 $P < 0.05$)。末次随访时根据膝关节 HSS 评分标准评定优 18 膝, 良 1 膝。**结论** 3D 打印导板辅助胫骨高位截骨术治疗内翻型膝骨关节炎能够精准纠正力线, 减轻膝关节疼痛, 临床疗效确切。

【关键词】 3D 打印; 膝骨关节炎; 胫骨高位截骨术; 临床疗效

doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.03.009

【中图分类号】 R684.3 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1671-0800(2025)03-0254-03

胫骨高位截骨术 (high tibial osteotomy, HTO) 是治疗早期膝关节炎性骨关节炎的有效方法, 适应证包括内翻畸形、内侧间室膝骨关节炎等病变^[1]。HTO 手术通过对胫骨近端进行截骨, 将下肢的力线从受炎症和磨损影响的膝关节内侧间室转移到相对健康的外侧间室, 从而有效阻止内侧软骨的进一步磨损, 达到缓解关节炎症状并延长膝关节使用寿命的目的。但是以往的胫骨高位截骨术主要依赖于术中反复 X 线透视以调整矫正角度和下肢力线, 存在着手术时间长、患者放射暴露时间长及出血量多等不足^[2]。

3D 打印技术可根据患者个性化制定 3D 截骨导板用, 于辅助 HTO, 极大地提高了手术效率, 术后临床效果肯定^[3]。本文探讨 3D 打印导板辅助 HTO 治疗内翻型骨关节炎的安全性和准确性, 现报道如下。

基金项目: 宁波市医学重点学科 (2022-B01); 宁波市医疗卫生高端团队 (2022020102)

作者单位: 315040 宁波, 宁波市医疗中心李惠利医院

通信作者: 李瑾, Email: nblhlj@163.com

1 资料与方法

1.1 纳入及排除标准^[4] **纳入标准:** (1) 年龄 ≤ 68 岁; (2) 体质量指数 ≤ 30 kg/m²; (3) 膝关节内侧间室 Kellgren-Lawrence (K-L) 分级 ≤ III 级; (4) 内翻畸形 > 5°; (5) 膝关节屈伸活动度 ≥ 90°, 屈曲畸形 < 10°。**排除标准:** (1) 膝关节屈伸活动度 < 90°, 屈曲畸形 ≥ 15° 的患者; (2) 膝关节多间室退变、韧带损伤的患者; (3) 类风湿关节炎、强直性脊柱炎等其他疾病引起的膝关节损坏的患者。

1.2 一般资料 收集宁波市医疗中心李惠利医院 2021 年 3 月至 2023 年 11 月收治的内翻型膝骨关节炎患者 19 例 (19 膝), 其中男 13 例, 女 6 例; 年龄 43 ~ 67 岁, 平均 (56.9±6.7) 岁; 病程 1 ~ 40 个月, 平均 (13.5±13.4) 个月; 体质量指数 21.6 ~ 29.7 kg/m², 平均 (26.2±2.3) kg/m²。膝关节内侧间室 K-L 分级: II 级 8 膝, III 级 11 膝。本研究获得宁波市医疗中心李惠利医院医学伦理委员会批准 (KY2024SL227-01), 所有研究者均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

1.3 3D 打印导板准备 术前常规拍摄双下肢负重全长正位 X 线片, 将其导入爱派司膝关节截骨模拟软件(上海爱派司公司), 模拟目标下肢力线负重比率(WBL)落点, 使其在 62.5%(Fujisawa 点)^[5]以内, 使胫骨近端内侧角(MPTA)矫正角度在 92°以内, 同时保持正常的髌骨高度及胫骨平台后倾角(PTSA)。应用爱派司膝关节截骨模拟软件系统的计算匹配, 选择最适合患者的 3D 打印截骨导板。3D 打印截骨导板由聚酰胺制成, 术前消毒备用。

1.4 手术方法 患者麻醉后取平卧位, 于患肢大腿根部使用止血带止血。常规患肢消毒, 铺无菌巾。所有患者先行关节镜检查, 观察膝关节内侧半月板及软骨情况, 清理关节腔内的增生滑膜组织及游离的软骨组织, 对于半月板有撕裂的患者, 进行相应的处理。使用微骨折工具行微骨折术, 大量 0.9%氯化钠注射液冲洗关节腔后缝合切口。

于胫骨结节内侧作 5 cm 弧形切口, 切开皮肤、分离皮下组织, 向内剥离内侧副韧带深层, 向下剥离鹅足腱, 前后两把 Homan 拉钩保护前方的髌腱和后方的血管神经。装置 3D 截骨导板模型, 使 3D 截骨导板紧贴于胫骨表面, 随后用一枚 2.00 mm 克氏针定位, C 臂机透视见位置可, 固定 3D 截骨导板, 将骨撑开器打入合页处, 撑开至术前计划高度。按导板进行合页截骨, 截骨后再次撑开, C 臂机透视见合页位置可。放置艾派斯截骨钢板一块, 依次螺钉固定, 见图 1。C 臂机透视见钢板位置可, 冲洗切口后, 逐层缝合伤口, 无菌敷料加压包扎。

1.5 术后管理及康复锻炼 术后患者接受规范的抗凝、抗感染和止痛治疗。术后 1 d 卧床进行膝关节屈曲功能锻炼, 并进行膝关节正侧位 X 片检查。术后 2 d 在工具帮助下, 进行部分负重的行走训练。出院后, 患者需在术后 1、3 及 6 个月复查膝关节正侧位

X 片及双下肢负重全长正位片。术后 6 周, 患者可完成负重行走, 术后 6 个月时则可恢复正常的体育锻炼。

1.6 观察指标 于手术前后在膝关节正侧位片上测量胫骨 Insall-Salvatt 指数(IS 指数)、PTSA; 于手术前后在双下肢负重全长位片上测量 MPTA、WBL 及胫股角(FTA); 记录术前及末次随访时美国特种外科医院膝关节(HSS)评分、视觉疼痛模拟(VAS)评分。根据术后影像学 and 膝关节评分, 评估患肢膝关节活动情况及截骨区域恢复情况。

1.7 统计方法 采用 SPSS 27.0 统计学软件进行数据分析。计量资料以均数±标准差表示, 采用配对 *t* 检验。*P* < 0.05 表示差异有统计学意义。

2 结果

所有患者切口均一期愈合, 术后随访 7 ~ 40 个月, 平均(21.5±9.7)个月, 随访期间无感染、下肢深静脉血栓形成等近期并发症发生。

患者术后 6 个月 FTA 低于术前, MPTA、WBL 均高于术前(均 *P* < 0.05); PTSA、IS 指数与术前差异均无统计学意义(均 *P* > 0.05); HSS 评分高于术前, VAS 评分低于术前(均 *P* < 0.05), 见表 1。末次随访时根据膝关节 HSS 评分标准评定优 18 膝, 良 1 膝。

表 1 手术前后临床指标比较

指标	术前	术后 6 个月	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
FTA(°)	178.08±2.98	173.65±2.88	5.61	< 0.05
MPTA(°)	84.03±2.08	86.77±2.87	4.12	< 0.05
PTSA(°)	8.97±1.20	8.96±1.41	0.06	> 0.05
WBL(%)	27.88±7.24	48.21±5.46	10.59	< 0.05
IS 指数(分)	1.11±0.09	1.10±0.14	0.31	> 0.05
HSS(分)	70.32±6.68	89.42±2.61	13.03	< 0.05
VAS(分)	2.95±1.31	1.11±1.10	16.01	< 0.05

注: FTA 为胫股角, MPTA 为胫骨近端内侧角, PTSA 为胫骨平台后倾角, WBL 为下肢力线负重比率, IS 指数为 Insall-Salvatt 指数, HSS 为特种外科医院评分, VAS 为视觉疼痛模拟评分



注: A 为置入克氏针明确 3D 打印导板放置区域; B 为沿导板完成胫骨截骨及叠型骨刀撑开; C 为胫骨截骨区域撑开后, 置入钢板固定

图 1 3D 打印导板引导下进行胫骨高位截骨

3 讨论

随着手术技术的进步和固定系统的改进,HTO已经成为治疗早期内翻型膝骨性关节炎的重要方法之一^[6]。HTO是一项相对成熟的手术方式,分为外侧闭合楔形截骨术和内侧开放截骨术,但是对于手术经验不足的骨科医生来说,精确选择截骨角度和部位具有一定困难。不精确的操作可能会导致许多并发症的发生^[7]。Agarwala等^[8]报道最常见的并发症是合页骨折(29.4%)、内固定物的松动(10%)、手术部位感染(2%)、骨不连/延迟愈合(1.2%)和腓神经损伤(6%)。Miniaci等^[9]研究表明在接受HTO的患者中,只有50%的患者达到了预期的矫正范围。本研究结果显示3D打印技术应用于HTO中,能精准纠正下肢力线,提高手术效率,减少出血量,克服传统HTO的缺点,手术疗效良好^[10]。

本组患者通过3D打印导板准确截骨,术后随访影像学结果提示PTSA无显著变化。Kim等^[11]研究显示20例接受3D打印导板辅助进行内侧开放HTO的患者,术前与术前PTSA差异无统计学意义,与本研究结果相符。术后随访髌骨高度IS指数无显著变化,与国内一些学者所报道的3D打印辅助内侧开放HTO的结果一致^[12]。术后WBL、MPTA均与术前计划矫正目标一致,末次随访时患者膝关节疼痛明显减轻,膝关节活动度好,提示3D打印导板辅助HTO取得了预期的效果,达到了精确纠正下肢力线和缓解膝关节疼痛的目的^[13]。

本研究的不足:(1)本研究样本量偏少,随访时间较短,难以判断患者力线维持和膝关节功能改善的持续性,今后需要多中心研究、更大的样本量和更长时间的随访,充分验证3D打印导板在HTO中的普适性和长期效果;(2)本研究为单中心研究,并且缺乏对照组,不能有效说明与传统HTO治疗方式更有优势,存在一定偏倚。

综上所述,使用3D打印导板辅助进行胫骨高位截骨能够实现有效纠正下肢力线,精确截骨,展现出较高的准确性和安全性。3D打印辅助胫骨高位截骨在治疗内翻型膝骨性关节炎方面展现出良好的近期临床效果,值得在临床中推广应用。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 雷淳安、夏臣杰:实验操作、论文撰写;雷淳安、周珂:数据整理、统计学分析;李瑾、夏臣杰:研究指导、论文修改、经费支持

参 考 文 献

- [1] MURRAY R, WINKLER P W, SHAIKH H S, et al. High tibial osteotomy for Varus deformity of the knee[J]. JAAOS Glob Res Rev, 2021, 5(7): e21.00141.
- [2] 孙茂淋,何锐,郭林,等. 开放楔形胫骨高位截骨术的临床应用及研究现状[J]. 中国修复重建外科杂志,2019,33(5):640-643.
- [3] LEVESQUE J N, SHAH A, EKHTIARI S, et al. Three-dimensional printing in orthopaedic surgery: A scoping review[J]. EFORT Open Rev, 2020, 5(7): 430-441.
- [4] 中国医院协会临床新技术应用专业委员会,中华医学会骨科学分会关节外科学组,中国医师协会骨科医师分会骨关节炎学组. 中国膝关节周围截骨下肢力线矫正术治疗膝关节骨关节炎临床指南[J].中华骨科杂志,2021,41(23):1655-1672.
- [5] FUJISAWA Y, MASUHARA K, SHIOMI S. The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee an arthroscopic study of 54 knee joints[J]. Orthop Clin N Am, 1979, 10(3): 585-608.
- [6] YANG J C, CHEN C F, LUO C A, et al. Clinical experience using a 3D-printed patient-specific instrument for medial opening wedge high tibial osteotomy[J]. BioMed Res Int, 2018, 2018: 9246529.
- [7] CHERNCHUJIT B, THARAKULPHAN S, PRASETIA R, et al. Preoperative planning of medial opening wedge high tibial osteotomy using 3D computer-aided design weight-bearing simulated guidance: Technique and preliminary result[J]. J Orthop Surg (Hong Kong), 2019, 27(1): 2309499019831455.
- [8] AGARWALA S, SOBTI A, NAIK S, et al. Comparison of closing-wedge and opening-wedge high tibial osteotomies for medial compartment osteoarthritis of knee in Asian population: Mid-term follow-up[J]. J Clin Orthop Trauma, 2016, 7(4): 272-275.
- [9] MINIACI A, BALLMER F T, BALLMER P M, et al. Proximal tibial osteotomy. A new fixation device[J]. Clin Orthop Relat Res, 1989 (246): 250-259.
- [10] 赵兴文,马剑雄,王颖,等.3D打印个性化手术导板在骨科手术中的应用进展[J].中华创伤骨科杂志,2021,23(10):884-889.
- [11] KIM H J, PARK J, SHIN J Y, et al. More accurate correction can be obtained using a three-dimensional printed model in open-wedge high tibial osteotomy[J]. Knee Surg Phys Traumatol Arthrosc, 2018, 26(11): 3452-3458.
- [12] 邓婷,陈松,余先,等.组合3D打印导板辅助胫骨高位截骨在治疗膝内翻畸形骨性关节炎中的应用[J].中华创伤骨科杂志,2020,22(10): 887-892.
- [13] 刘云涛,张新安,王鹏,等.3D打印技术在胫骨高位截骨治疗膝内翻畸形骨性关节炎中的临床应用[J].中华创伤骨科杂志,2019,21(3): 247-253.

收稿日期:2024-10-28

(本文编辑:吴迪汉)