

· 技术创新 ·

# 计算机辅助单一斜形旋转截骨矫正股骨多平面畸形<sup>△</sup>

郭鹏年<sup>1</sup>, 高耀东<sup>2</sup>, 樊建军<sup>1</sup>, 王学辉<sup>1</sup>, 蔚磊<sup>1\*</sup>

(1. 内蒙古科技大学包头医学院第一附属医院关节与运动医学一科, 内蒙古包头 014010; 2. 内蒙古科技大学机械工程学院, 内蒙古包头 014010)

**摘要:** [目的] 介绍斜形单平面旋转截骨术矫正股骨多平面畸形的手术技术和初步临床效果。[方法] 对1例股骨骨折畸形愈合患者行上述手术治疗。进行术前设计, 确定截骨角度和旋转角度, 在Mimics软件上模拟手术, 3D打印制作截骨导板, 对该病例行斜形单平面旋转截骨手术治疗。取股骨外侧纵行切口, 显露畸形部位, 安放截骨导板, 按术前设计完成截骨、旋转, 截骨断端用髓内钉固定, 断端取髂骨植骨。[结果] 手术过程顺利, 术后无不良并发症, 术后6个月复查, 无跛行, 膝关节无疼痛, CT证实骨断端完全愈合。[结论] 斜形单平面旋转截骨术切实可行, 一次截骨同时矫正股骨在冠状面、矢状面和旋转畸形, 短期可取得满意的临床疗效。

**关键词:** 斜形单平面旋转截骨术, 骨折畸形愈合, 多平面畸形

中图分类号: R687 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2023) 07-0649-04

**Computer-assisted oblique single-cut rotation osteotomy for correction of multiplanar deformity of the femur // GUO Peng-nian<sup>1</sup>, GAO Yao-dong<sup>2</sup>, FAN Jian-jun<sup>1</sup>, WANG Xue-hui<sup>1</sup>, WEI Lei<sup>1</sup>. 1. Department of Joint Surgery and Sports Medicine, The First Affiliated Hospital, Baotou Medical College, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China; 2. School of Mechanical Engineering, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China**

**Abstract:** [Objective] To introduce the preoperative design, surgical technique and preliminary clinical outcome of oblique single-cut rotation osteotomy for correction of multiplanar deformity of the femoral shaft. [Methods] A patient received abovementioned surgical treatment for malunion of femoral shaft fracture. Preoperative design was conducted to determine the osteotomy angle and rotation angle by computer, and then the operation was simulated on Mimics software, and the osteotomy guider was made by 3D printing. A longitudinal incision was made on the lateral side of the femur to expose the malunion part of the femur. The osteotomy guider was placed, and the osteotomy and rotation of the bone ends were completed according to the preoperative design, subsequently, an interlocking intramedullary nail was used to fix the osteotomy in corrected alignment with bone autograft harvesting from the iliac create around the osteotomy site. [Results] The operation was performed smoothly without adverse reaction and complications. After 6 months of follow-up, the patient had no longer limping, and no pain in the knee. The CT images confirmed that the osteotomized site healed completely. [Conclusion] This oblique single-cut rotation osteotomy is feasible to correct the angulations in the coronal and sagittal planes and rotational deformities in transverse plane of the femur simultaneously, with satisfactory short-term clinical outcome.

**Key words:** oblique single-cut rotation osteotomy, fracture malunion, multiplanar deformity

长骨骨折畸形愈合可导致肢体外观异常, 慢性疼痛, 肢体短缩和骨关节炎等问题<sup>[1]</sup>。标准的手术治疗有开放楔形截骨术和闭合楔形截骨术<sup>[2]</sup>。开放楔形截骨术使骨断端间产生间隙, 如填充不带血供的植骨块, 可能导致骨移植吸收, 最终导致骨不愈合或畸形愈合<sup>[3, 4]</sup>; 而闭合楔形截骨术, 去除楔形骨块后又导致肢体的进一步短缩。对于长骨存在多平面畸形患

者, 往往在冠状面、矢状面和水平面均有畸形, 选择正确的截骨术以及截骨后如何复位和怎么固定都值得去研究。

斜形单平面旋转截骨术 (oblique single-cut rotation osteotomy, OSCRO) 前期经过数学模型的计算后, 以一定角度的倾斜平面截骨, 然后围绕一条垂直于截骨平面的旋转轴旋转远端骨段, 同时纠正冠

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.07.14

△基金项目: 包头医学院科学研究基金项目-秦文斌科技教育基金项目(自然科学类)(编号: BYJJ-QWB202009)

作者简介: 郭鹏年, 副主任医师, 研究方向: 关节外科、矫形骨科, (电话)18648601568, (电子信箱) chinagpn@163.com

\* 通信作者: 蔚磊, (电子信箱) weilei771108@126.com

状面、矢状面和水平面的畸形<sup>[5-7]</sup>。OSERO 有效的保持了骨面之间最大的接触面积，纠正了骨畸形且最大限度地保持了骨量，是较为理想的处理多平面畸形的截骨方法。为了做到准确的旋转角度，使远近端骨段达到准确复位，术前准确的测量计算和术中精确的截骨就显得尤为重要了，同样也是该研究的难点。

本文报告 1 例股骨骨折畸形愈合后存在多平面畸形的病例。使用 Mimics 软件进行三维成像，应用斜形单平面旋转截骨术进行术前设计，完成手术治疗，该方法提高了截骨的准确性，一次截骨纠正了冠状面、矢状面和水平面的畸形，减少了手术风险和并发症。

## 1 手术技术

### 1.1 术前准备

选择 1 例股骨骨折畸形愈合后存在内翻、屈曲和旋转畸形的病例（图 1a），术前常规行左股骨正侧位 X 线片、双下肢全长 X 线片（图 1b）及双侧股骨全长高分辨率 CT 检查（Philips Brilliance 64 CT，120 千伏，150 mAs，层厚 1 mm）。通过股骨正侧位 X 线片测量，左股骨冠状面存在内翻畸形 29°，矢状面向前成角 8°，通过 CT 水平面图测量左侧股骨颈前倾角较对侧增加 7°。将 CT 采集的 DICOM 数据导入 Mimics17.0 软件（Materialise，比利时）将双侧股骨行三维重建。将左股骨三维模型导出 STL 格式，输入至 3D 打印机打印三维模型用于术前手术模拟。

依据 Sangeorzan 等<sup>[6]</sup>提供的数学分析模型和 Gürke 等<sup>[8]</sup>提供的图形分析技术和手术方法，根据本例股骨畸形的情况，术前估算股骨实际畸形角度和截骨平面所需的倾斜角度。首先利用直角法估算实际畸形角度为 30°（图 1c），然后可根据 Sangeorzan 简图估计纠正畸形的单平面斜形截骨的角度为 77°，截骨远端旋转角度为 31°。

先在 Mimics 软件上模拟 OSERO 手术来矫正股骨畸形<sup>[6,7]</sup>。首先依据计算角度行斜行平面截骨，然后沿垂直于截骨平面的轴线旋转远端骨段（图 1c），旋转远端骨段即可纠正股骨矢状面、冠状面和水平面的多个平面的畸形。所需的旋转角度（31°）可通过将 2 根克氏针打入近端骨并平行于切割面来标记（标记为 A、B）（图 1d），将第 3 根克氏针（标记为 C）打入远端骨段（图 1e），使 C 与 B 平行。截骨后，将远端骨段沿垂直于切割平面的直线旋转，直至克氏针 C

与克氏针 A 平行（图 1h）。这样，OSERO 保证了截骨平面最大的骨接触，且没有骨丢失，保留了骨量。为了使术前计划在手术中准确实施，根据患者骨骼外形定制了个性化 3D 打印截骨导板<sup>[9]</sup>。在导板上预留截骨槽，导板固定孔和克氏针 A、B、C 固定孔（图 1g）。

本研究计划用股骨髓内钉完成远近骨段的固定，截骨完成后，从近端骨段髓腔逆行扩髓打通股骨粗隆处出口，再行远端骨段扩髓，旋转远端骨段后以股骨髓内钉完成固定。

### 1.2 麻醉与体位

患者均采用椎管内+神经阻滞麻醉，仰卧位，手术床无金属遮挡，保证患肢自髌前上棘至踝关节均可被 X 线透视。

### 1.3 手术操作

取股骨外侧入路，切口位于股骨外侧稍偏前（原手术切口），暴露股骨畸形最大处后，安放截骨导板，使其与患者股骨准确匹配，临时用 2.0 mm 克氏针固定。再将 2 枚克氏针（标记为 A 和 B）打入近端骨段并平行于截骨平面，2 枚克氏针间的夹角即为旋转角度，再取 1 枚克氏针（标记为 C）打入远端骨并平行于克氏针 B。在直视和持续冷却下使用摆锯进行截骨（锯片厚度为 1 mm）（图 1h），截骨完成后，拔除所有克氏针，取下截骨导板，从近端骨段髓腔逆行扩髓打通股骨粗隆处出口，再行远端骨段扩髓，按原孔道打入克氏针 A、B 和 C，将股骨远端骨段沿垂直于截骨平面的轴线旋转，直至使克氏针 C 与 A 平行，临时以持骨器固定，在髌前上棘，膝关节和踝关节安放下肢力线杆，C 形臂 X 线机透视确认下肢力线良好，插入 1 枚 11 mm×360 mm 股骨髓内钉（大博医疗股份有限公司，厦门），近端、远端各 2 枚钉锁定（图 1i），取对侧髌骨予以断端植骨，放置负压引流 1 根，冲洗后关闭切口，无菌敷料包扎。

### 1.4 术后处理

术后 24 h 内预防性应用抗生素；术后麻醉过后后即开始踝泵及股四头肌等长收缩训练，第 2 d 开始行直腿抬高训练，拔除切口引流，2 周伤口愈合后拆线，6 周内保持脚趾触地部分负重，术后 3 个月 X 线片证实骨愈合后完全负重。术后 4、12 周、6 个月门诊随访，随访复查时评价髌、膝关节功能，主要包括疼痛、活动度、肌力等方面，拍摄股骨正侧位 X 线片，观察是否存在截骨处骨折移位、有无骨吸收、感染、骨不连等并发症。

## 2 临床资料

### 2.1 一般资料

患者，男性，45岁，25年前因外伤致左股骨干骨折行接骨板螺钉内固定治疗。术后1年钢板、螺钉断裂，取出内固定后负重行走逐渐出现股骨内翻，未治疗。半年前出现左膝关节内侧疼痛和左踝关节外侧疼痛，故来诊。查体：左下肢短缩，内翻、旋转畸形，左下肢较右侧短缩约4 cm。左髌关节活动度正常，4字试验阳性。左膝关节内侧疼痛，活动度正常，过伸过屈痛阳性，左膝关节内、外翻应力试验阴

性，前后抽屉试验阴性。右踝关节外侧疼痛。X线片示左膝关节退变，股骨内侧和胫骨内侧骨赘形成，软骨下骨硬化。

### 2.2 初步结果

术后左下肢内翻畸形纠正，左下肢短缩约1.4 cm (图1j)，术后X线片示股骨畸形纠正，骨断端接触紧密，下肢力线好，内固定稳定。术后6周内保持脚趾触地部分负重。患者术后3个月X线片证实骨愈合后完全负重，无不适，无特殊并发症。术后6个月复查(图1i)，患者走路不再跛行，膝关节无疼痛，髌、膝关节活动度正常，CT证实骨断端完全愈合。

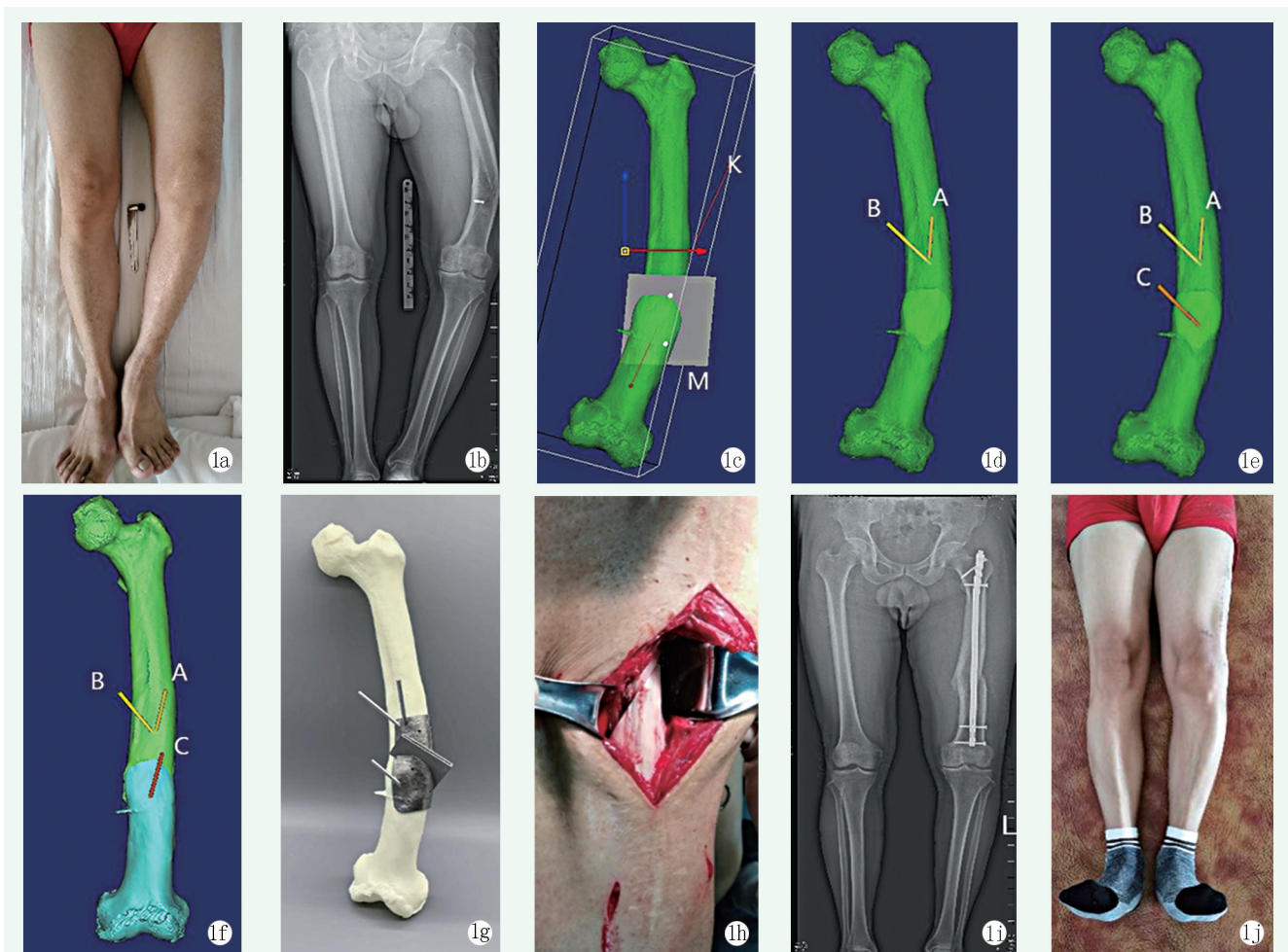


图1 患者，男，45岁，25年前股骨干骨折畸形愈合，因左膝关节疼痛入院 1a: 术前双下肢外观，左股骨明显内翻，短缩畸形 1b: 术前双下肢全长X线片，左股骨内翻畸形 1c: Mimics 三维重建模拟截骨，M为截骨平面，K为旋转轴 1d: 克氏针A和B平行于截骨面，克氏针夹角即为远端骨旋转角度 1e: 克氏针C平行克氏针B 1f: 旋转远端骨，使克氏针C平行于克氏针A 1g: 3D打印骨骼模型和截骨导板，导板预留截骨槽，固定孔 1h: 术中显露截骨断端，截骨后，髓内钉内固定，远近端螺钉锁定 1i: 术后双下肢全长X线片，下肢力线正常 1j: 术后双下肢外观，左股骨内翻、短缩畸形矫正满意

## 3 讨论

传统的手术计划是基于股骨前后位和侧位X线

片，测量冠状面和矢状面畸形角度<sup>[2]</sup>，但对于水平面旋转畸形角度的测量不准确，术前行CT检查进行三维重建、测量可解决这一问题。术前OSERO的三维规划提供了一种特有的截骨方法，可以达到最大面积

的骨接触，同时纠正多平面畸形。

病变侧股骨短缩一方面可能是由于骨成角畸形造成的，另一方面是由于在骨折和骨愈合过程中骨丢失造成的，骨的畸形可以通过手术矫正，而骨丢失不能通过 OSCRO 进行纠正。该病例在水平面上的旋转移位以及冠状面和矢状面上的成角移位通过手术得到了很好的纠正，残余的移位还可以通过髋关节的运动来代偿。

本研究中用切割导板来保证术前截骨计划准确的应用到患者的股骨上。术前根据骨骼形态特点制作截骨导板，术中截骨导板可以准确定位截骨方向和截骨平面，不但提高了手术的精确性而且无需使用更为复杂的导航系统<sup>[9, 12]</sup>。但使用截骨导板的主要缺点是术中需要足够的切口显露和骨软组织剥离来保证导板正确的放置。

骨断端的固定方法，可以选择钢板螺钉固定，可以断端加压，纠正力线，但需要显露较大的手术范围，骨膜剥离多，影响血运，增加骨不愈合的风险，且钢板为偏心固定，内固定失效的可能性大。如果是依从性较好的患者，还可以选择多维环形外固定架矫正畸形，畸形矫正能力强，可以牵张成骨改善短缩<sup>[10, 11]</sup>，但往往外架体积大，给患者带来不便，钉道易感染，多不作为首选。本研究中选择使用带锁髓内钉，主要考虑到解剖髓内钉符合生理解剖，对骨塑形提供便利，但也存在髓腔硬化闭塞等风险，所以手术前也将钢板螺钉作为备选方案。

传统的解决股骨畸形的常用手术方式为切开或闭合楔形截骨术，开放楔形截骨术的缺点是截骨所产生的间隙可能延长愈合时间，即使是进行间隙植骨，由于植骨块无血运，也可能增加骨不愈合和再手术的风险。而闭合楔形截骨术会导致肢体的进一步短缩。对于长骨多平面畸形选择正确的截骨术以及截骨后的复位和固定都极具难度。本研究采取斜形单平面旋转截骨术（OSCRO），通过术前详细计划，设计斜形单平面旋转截骨，可以用相对简单的方法矫正复杂的长骨多平面畸形，这使得大多数医院能够治疗复杂的长骨畸形。斜形单平面旋转截骨术（OSCRO）在国外文献有详细的报道和说明<sup>[13]</sup>，且 Gürke 等<sup>[8]</sup>提供的方法简单可行，使原本复杂的数学计算变得简单，有利

于该技术在各基层医院的广泛开展。

### 参考文献

- [1] Milner SA, Davis TRC, Muir KR, et al. Long-term outcome after tibial shaft fracture: is malunion important [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2002, 84-A (6): 971-980.
- [2] Paley D. Principles of deformity correction [M]. New York: Springer-Verlag, 2005.
- [3] Bili R, Kovjani J, Kolundzi R. Quantification of changes in graft dimension after corrective osteotomy of the distal end of the radius [J]. *Acta Chirurgiae Orthop Et Traumatol Cech*, 2005, 72 (6): 375-380.
- [4] Patton MW. Distal radius malunion [J]. *J Am Soc Surg Hand*, 2004, 4 (4): 266-274.
- [5] Merle d'Aubigné R, Descamps L. L'osteotomie plane oblique dans la correction des déformations des membres [J]. *Bull Mém Arch Chir*, 1952, 8: 271-276.
- [6] Sangeorzan BP, Judd RP, Sangeorzan BJ. Mathematical analysis of single-cut osteotomy for complex long bone deformity [J]. *J Biomech*, 1989, 22 (11-12): 1271-1278.
- [7] Dobbe JGG, du Pré KJ, Kloen P, et al. Computer-assisted and patient-specific 3-D planning and evaluation of a single-cut rotational osteotomy for complex long-bone deformities [J]. *Med Biol Eng Comput*, 2011, 49 (12): 1363-1370.
- [8] Gürke L, Strecker W, Martinoli S. Graphical analysis and operative technique of single-cut osteotomy for complex femur deformities [J]. *Der Unfallchirurg*, 1999, 102 (9): 684-690.
- [9] 李小兵, 郭新军, 冯立平, 等. 3D 打印辅助高位胫骨截骨治疗内侧室膝关节炎 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (21): 1950-1954.
- [10] 雷钧, 陈波, 魏勇, 等. Taylor 空间外固定架结合 Ilizarov 治疗左小腿畸形 1 例 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (15): 1439-1440.
- [11] 吴鸿飞, 郭保逢, 赵巍, 等. Ilizarov 骨延长术治疗尺桡骨短缩并腕关节畸形 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (17): 1618-1620.
- [12] Hafez MA, Chelule KL, Seedhom BB, et al. Computer-assisted total knee arthroplasty using patient-specific templating [J]. *Clin Orthop*, 2006, 444 (444): 184-192.
- [13] Dobbe J, Du Pré KJ, Blankevoort L, et al. Computer-assisted oblique single-cut rotation osteotomy to reduce a multidirectional tibia deformity: case report [J]. *Strategies Trauma Limb Reconstr*, 2017, 12 (2): 115-120.

(收稿:2022-03-05 修回:2022-10-08)  
(同行评议专家:江水华 朱跃良)  
(本文编辑:郭秀婷)