

3D打印辅助下跗骨窦切口治疗Sanders II、III型跟骨骨折

李飞*, 李超

新疆医科大学第六附属医院骨病矫形(足踝)外科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年2月7日; 录用日期: 2024年2月29日; 发布日期: 2024年3月7日

摘要

目的: 观察3D打印辅助下采用跗骨窦切口微创治疗Sanders II、III型跟骨骨折的临床疗效; 方法: 前瞻性选取2017年1月至2022年12月在新疆医科大学第六附属医院就诊的Sanders II、III型跟骨骨折30例, 所有患者均为闭合性骨折, 术前采用薄层CT扫描, 采用数字化软件Mimics 21.0进行三维重建骨折模型, 3D打印机打印出骨折模型, 根据骨折形态及类型选用和预制个体化锁定钢板进行虚拟固定。所有患者采用跗骨窦切口行手术治疗, 术后定期随访跟骨宽度、跟骨高度、跟骨Böhler角、跟骨Gissane角及足踝协会踝-后足评分(AOFAS)。结果: 30例均获得随访, 随访时间平均15.2 (12~24)个月。随访期间所有患者未出现骨折不愈合, 内固定松动、骨折畸形愈合等并发症, 1例患者切口愈合不良, 换药后愈合良好。1例患者出现腓肠神经症状, 术后1年取出内固定后恢复正常。末次随访时踝与后足功能AOFAS评分: 优25例, 良3例, 可2例, 优良率93.3%。结论: 通过3D打印技术辅助下经跗骨窦微创切口手术入路治疗Sanders II、III型跟骨骨折具有切口小, 手术时间短, 临床疗效满意。

关键词

跟骨骨折, 微创, 3D打印, 跗骨窦

Treatment of Sanders II and III Calcaneal Fractures with 3D Printing Assisted Incision of Tarsal Sinus

Fei Li*, Chao Li

Orthopedics (Foot and Ankle) Department of the Sixth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Feb. 7th, 2024; accepted: Feb. 29th, 2024; published: Mar. 7th, 2024

*第一作者。

#通讯作者。

Abstract

Objective: To observe the clinical effect of minimally invasive treatment of Sanders II and III calcaneal fractures with the assistance of 3D printing and tarsal sinus incision. **Method:** Thirty cases of Sanders II and III calcaneal fractures admitted to the Sixth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University from January 2017 to December 2022 were prospectively selected. All patients had closed fractures. Thin-slice CT scan was performed before surgery, 3D fracture model was reconstructed by digital software Mimics21.0, and fracture model was printed by 3D printer. According to the shape and type of fracture, prefabricated and personalized locking plates were selected for virtual fixation. All patients were treated with tarsal sinus incision. Calcaneal width, calcaneal height, calcaneal Bohler Angle, calcaneal Gissane Angle, and foot ankle-posterior foot score (AOFAS) were followed up regularly after surgery. **Results:** All 30 cases were followed up for an average of 15.2 (12~24) months. During the follow-up period, there were no complications such as fracture nonunion, loose internal fixation, and malunion of fractures, etc. 1 patient had poor incision healing, and the healing was good after dressing change. One patient developed sural nerve symptoms, which returned to normal 1 year after removal of internal fixation. At the last follow-up, the AOFAS scores of ankle and hind foot function were excellent in 25 cases, good in 3 cases, and fair in 2 cases, with an excellent and good rate of 93.3%. **Conclusion:** With the assistance of 3D printing technology, the minimally invasive surgical approach through tarsal sinus for the treatment of Sanders II and III calcaneal fractures has small incision, short operation time and satisfactory clinical efficacy.

Keywords

Calcaneal Fracture, Minimally Invasive, 3D Printing, Tarsal Sinus

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

跟骨骨折是一种十分常见的骨折类型, 约占全身骨折的 2%。常常由于高处坠落的纵向暴力所致, 给病人和社会带来了沉重的经济负担[1]。跟骨骨折常见并发症为距下关节塌陷或畸形愈合导致关节炎或距下关节僵硬, 患者行走时疼痛跛行等[2]。Sanders II、III 型跟骨骨折保守治疗临床效果较差, 常见的治疗方式为切开复位内固定术[3]。手术入路常见有外侧 L 形、跗骨窦、八字切口等, 由于跟骨外侧特殊的解剖结构, 外侧 L 形切口有切口皮瓣坏死、延迟愈合、感染等并发症[4]。大量文献表明, 跗骨窦切口具有创伤小、手术时间短、术后感染率较低等优点[5] [6] [7] [8], 是一种在治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折时常用的手术入路。3D 打印技术在骨科中的应用已非常成熟, 术前打印出骨折 3D 模型有利于术者对跟骨骨折类型特点及术中内植物的放置进一步详细的了解, 从而减少术中操作时间, 并且有利于术前和患者及家属直观的沟通[9] [10]。本文结合 3D 打印技术使用跗骨窦切口治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折, 取得了满意的临床疗效, 现报道如下。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

本研究对象为 2017 年 1 月至 2022 年 12 月在新疆医科大学第六附属医院就诊的 Sanders II、III 型跟

骨骨折 30 例, 均为闭合性骨折; 其中左侧 12 例, 右侧 18 例; 28 例为高处坠落, 2 例车祸; 男性 19 例, 女性 11 例; Sanders II 型 10 例, Sanders III 型 20 例; 年龄 18~60 岁, 平均为(39.21 ± 1.05)岁; 本研究通过新疆医科大学第六附属医院伦理委员会评审同意实施。

2.2. 纳入标准

1) 闭合性骨折; 2) 年龄在 18~60 岁; 3) 根据术前 CT 扫面结果符合 Sanders II 型、III 型跟骨骨折; 4) 签署知情同意书。

2.3. 排除标准

1) 开放性骨折; 2) 合并内科疾病不能耐受手术; 3) 随访资料不完整; 4) 跟骨手术史。

2.4. 术前准备

所有符合纳入标准的患者收住院后, 给予抬高患肢, 弹力绷带加压包扎减轻水肿。所有符合纳入标准的患者术前均行薄层 CT 扫描, 将扫描结果输入至 Mimics 21.0, 重建出跟骨骨折模型, 分析骨折类型情况, 3D 打印机打印出跟骨骨折三维模型, 大体上复位骨折后选取适合跟骨微创接骨板, 利用模型向患者及家属直观地讲解骨折部位及相关手术风险, 有利于医患进一步沟通。

2.5. 手术方法

麻醉生效后, 取侧卧位, 患肢驱血带驱血后止血带控制, 常规消毒铺巾, 取患肢外踝下 1 cm 至第四跖骨基底横行切口长约 5 cm, 注意保护神经血管的同时, 逐层切开皮肤、皮下组织, 显露腓骨肌腱鞘, 保护好腓骨肌腱鞘的同时, 将其牵向足底后, 进一步显露距下关节, 探查可见跟骨后关节面塌陷明显, 跟骨增宽, 用骨膜剥离器抬高塌陷的骨折块后, 恢复距下关节平整, 克氏针临时固定, C 臂透视见跟骨长、宽、高、Bohlers 及 Gissanes 角恢复可后, 取术前利用 3D 打印骨折模型跟骨微创钛板固定, 再次 C 臂透视见骨折复位可, 内植物在位, 大量生理盐水冲洗创面, 留置引流管, 逐层缝合包扎。

2.6. 术后处理

术后给予可拆卸支具固定患肢, 定期换药、镇痛、冰敷对症处理, 术后 48 小时内拔除引流管, 麻醉过后即嘱患者定期行足趾屈伸功能及踝泵功能锻炼, 术后第一天复查 X 片再次确认骨折复位及内植物在位情况。出院后定期随访复查, 术后 8~10 周复查 X 线片, 患肢穿保护支具部分负重行走。

2.7. 复查与评价

术后详细记录切口并发症情况, 定期复查跟骨侧、轴位 X 线片, 测量术前、术后 6 个月、术后 12 个月跟骨 Böhler 角、Gissane 角、跟骨宽度及高度; 末次随访时采用 AOFAS 踝-后足评分系统评价疗效。

2.8. 统计处理

本研究数据采用 SPSS 21.0 统计学软件进行处理。计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示, 行 t 检验; 计数资料采用例(百分率)表示, 行 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

3. 结果

本组受伤至手术天数 1~4 d, 手术时间 62~110 min, 术中失血量 20~50 mL, 住院天数 5~12 d。所有患者均获得随访, 随访时间 15.2 (12~24)个月。X 线检查显示, 所有骨折均在术后 8~10 周愈合。术前、

术后6个月、术后12个月患者跟骨宽度、跟骨高度、跟骨 Böhler 角及 Gissane 角差异有统计学意义($P < 0.05$)见表1。

Table 1. Comparison of imaging indicators before and after surgery [n = 30, min~max ($\bar{x} \pm s$)]

表 1. 手术前后影像学指标比较[n = 30, min~max ($\bar{x} \pm s$)]

时间	跟骨宽度(mm)	跟骨高度(mm)	跟骨 Böhler 角(°)	Gissane 角(°)
术前	31~42 (36.1 ± 3.2)	24~36 (31.2 ± 3.5)	11~26 (17.7 ± 6.4)	90~120 (103.1 ± 13.2)
术后6个月	26~35 (31.2 ± 3.1)*	33~41 (35.2 ± 1.4)*	18~39 (29.5 ± 6.1)*	110~130 (118.2 ± 5.1)*
术后12个月	26~34 (32.0 ± 2.9)*	33~40 (35.4 ± 1.6)*	24~39 (28.3 ± 6.3)*	110~130 (118.1 ± 5.0)*

注: 与术前相比较* $P < 0.05$ 。

随访期间所有患者未出现骨折不愈合, 内固定松动、骨折畸形愈合等并发症, 住院期间1例患者切口愈合不良, 换药后愈合良好。1例患者出现腓肠神经症状, 术后6月恢复正常。末次随访时踝与后足功能 AOFAS 评分: 优25例, 良3例, 可2例, 优良率93.3%。

4. 讨论

对于 Sanders II、III 型移位的跟骨骨折, 手术治疗主要包括闭合复位经皮内固定、跗骨窦切口有限复位及扩大 L 形切口等, 每一种方法各有优缺点, 目前尚未形成明确的共识[11]。近年来随着数字骨科学、3D 打印及建模技术的快速发展, 术前能更加直观地观察到跟骨骨折线的走形及跟骨畸形形态, 术中结合跗骨窦微创切口显露, 使跟骨骨折的治疗更加的精细化、个性化、精确化, 跟骨骨折的并发症大大减少[12]。由于跟骨特殊的解剖结构形态, 内侧载距突较外侧壁坚强, 因此对于 Sanders II、III 型移位的跟骨骨折, 移位塌陷的往往是跟骨外侧壁及后关节面的外侧, 跗骨窦切口能很好地显露距下关节及外侧塌陷的骨折块。

跗骨窦切口显露距下关节及跟骨外侧壁时, 由于腓肠神经不能得到很好地保护或者过度牵拉易致神经损伤, 从而出现术后足部外侧麻木不适或者感觉减退。本研究纳入的30例患者中, 其中1例术后随访中出现足部外侧感觉不适, 术后待骨折愈合后可去除内植物后症状缓解, 考虑为内植物刺激所致, 因此在复位骨折后行钛板固定时, 建议选用锁定螺钉固定减少钛板突起, 降低对腓肠神经的激惹。对于术中腓肠神经的保护笔者根据腓肠神经的走行, 显露跟骨外侧壁时注意保护腓骨肌腱鞘, 将腓骨肌腱鞘同腓肠神经轻柔一起牵向足底, 最大程度地保护腓肠神经。术前使用3D打印技术, 详细的术前规划能简化手术操作流程及最大程度减少软组织的剥离, 降低腓肠神经损伤的几率。Hao 等[13]对比分析了采用3D打印技术辅助下跗骨窦切口和 L 形切口的疗效, 结论认为采用3D打印技术辅助下跗骨窦切口较 L 形切口在手术时间及术后并发症等方面均取得了良好的临床疗效。对于移位的跟骨关节内骨折, 非手术治疗、术中复位或固定不当往往导致疼痛的畸形愈合或骨不连并伴有严重的功能障碍[14][15], 本研究采用跗骨窦切口结合3D打印技术治疗的30例跟骨骨折的患者, 术后随访跟骨长宽高均恢复到正常水平, 且无跟骨畸形愈合、创伤性距下关节炎等并发症。通过对3D打印技术在骨折手术中的个性化、准确的应用, 可以有效减少跟骨骨折畸形愈合的发生[16]。

虽然3D打印技术在术前手术方法的制定和指导方面的应用方面有许多优势, 但仍有一些局限性需要克服。首先, 我们使用的3D打印辅助技术仅基于CT骨骼模型, 相邻软组织和血管的信息表达效果不好。此外, CT扫描的骨折数据, 数字骨科软件制作的模型有一定的时间滞后, 对于需要急诊手术处理的病例缺乏一定的及时性。我们还没有将3D打印技术应用于术后康复, 因此对术后康复和功能运动的研究

究有待进一步探索。

综上所述, 对于 Sanders II、III 型移位的跟骨骨折, 采用跗骨窦切口结合 3D 打印的手术治疗方法能缩短手术时间, 大大降低术后并发症, 取得较为满意的临床疗效。本研究纳入的病例较少, 后期需要多中心多中心的进一步研究。

基金资助

新疆医科大学第六附属医科研专项基金(LFYKYZX2021009)。

参考文献

- [1] Cotton, F.J. and Henderson, F.F. (1916) Results of Fracture of the Os calcis. *Journal of Bone and Joint Surgery*, **2**, 290-298.
- [2] Palmer, I. (1948) The Mechanism and Treatment of Fractures of the Calcaneus. *Journal of Bone and Joint Surgery*, **30**, 2-8. <https://doi.org/10.2106/00004623-194830010-00002>
- [3] Meng, Q., Wang, Q., Wu, X., Peng, A. and Yan, J.J.M. (2018) Clinical Application of the Sinus Tarsi Approach in the Treatment of Intra-Articular Calcaneal Fracture. *Medicine*, **97**, e0175. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000010175>
- [4] Essex-Lopresti, P. (1952) The Mechanism, Reduction Technique, and Results in Fractures of the OS Calcis. *British Journal of Surgery*, **39**, 395-419. <https://doi.org/10.1002/bjs.18003915704>
- [5] 于健, 施玲玲, 申屠刚, 等. 跗骨窦切口海马钢板微创内固定治疗后关节面塌陷跟骨骨折疗效观察[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2022, 37(2): 213-215.
- [6] 段晓东, 王保云, 蔡长马. 跗骨窦切口空心钉与外侧 L 形切口钢板内固定治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折的比较[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2021, 36(6): 639-641.
- [7] 范鑫斌, 张波, 吴亮, 等. 微创跗骨窦切口联合经皮空心螺钉内固定治疗 Sanders II 和 III 型跟骨骨折的临床疗效[J]. 国际骨科学杂志, 2021, 42(4): 252-257.
- [8] 赵永杰, 美国锋, 尹刚, 等. 跗骨窦切口微创锁定接骨板治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折的疗效分析[J]. 中华创伤骨科杂志, 2023, 25(7): 635-639.
- [9] Day, M.A., Ho, M., Dibbern, K., et al. (2020) Correlation of 3D Joint Space Width from Weightbearing CT with Outcomes after Intra-Articular Calcaneal Fracture. *Foot & Ankle International*, **41**, 1106-1116. <https://doi.org/10.1177/1071100720933891>
- [10] N. A. Giovinco, S. P. Dunn, L. Dowling et al. (2012) A Novel Combination of Printed 3-Dimensional Anatomic Templates and Computer-Assisted Surgical Simulation for Virtual Preoperative Planning in Charcot Foot Reconstruction. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, **51**, 387-393. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2012.01.014>
- [11] Wang, Z., Wang, X.H., Li, S.L., et al. (2016) Navigated 2-Level Posterior Lumbar Fusion: A 5-cm-Incision Procedure. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **11**, Article No. 1. <https://doi.org/10.1186/s13018-015-0338-x>
- [12] Illert, T., Rammelt, S., Drewes, T., Grass, R. and Zwipp, H. (2011) Stability of Locking and Non-Locking Plates in an Osteoporotic Calcaneal Fracture Model. *Foot & Ankle International*, **32**, 307-313. <https://doi.org/10.3113/FAI.2011.0307>
- [13] Du, H., Li, S., Tu, S., Wang, K. and Fang, Z. (2022) The Comparison of Clinical Efficacy of Minimally Invasive Tarsal Sinus Approach and L-Type Incision Approach Combined with 3D Printing Technology in Calcaneal Fracture. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, **2022**, Article ID: 5706341. <https://doi.org/10.1155/2022/5706341>
- [14] El-Desouky, I.I. and Senna, W.A.J.I. (2017) The Outcome of Supercutaneous Locked Plate Fixation with Percutaneous Reduction of Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures. *Injury*, **48**, 525-530. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.01.014>
- [15] Kostretzis, L., Zigras, F., Bampis, I., et al., (2022) Radial Neck Fracture Nonunion: A Case Report and Novel Fixation Technique. *Orthopedic Reviews*, **14**, 32375. <https://doi.org/10.52965/001c.32375>
- [16] 林永培, 廖乐明, 刘群铎, 等. 3D 打印辅助下跗骨窦微创切口治疗跟骨骨折疗效[J]. 浙江创伤外科, 2021, 26(1): 106-107.