

3D 打印导板辅助下克氏针经皮撬拨复位内固定 治疗 Sanders II 型跟骨骨折

沈润斌¹, 林秀琛², 刘文东¹, 袁野¹, 陈康¹, 董中云¹, 夏洪乐¹, 张倩¹, 李国梁¹, 韩广普¹

(1. 河北省沧州中西医结合医院, 河北 沧州 061001;

2. 华北理工大学研究生院, 河北 唐山 063000)

摘要 目的:探讨 3D 打印导板辅助下克氏针经皮撬拨复位内固定治疗 Sanders II 型跟骨骨折的临床疗效和安全性。方法:2022 年 1—11 月,采用 3D 打印导板辅助下克氏针经皮撬拨复位内固定治疗 Sanders II 型跟骨骨折患者 30 例。男 26 例,女 4 例;年龄 28~60 岁,中位数 37 岁;均为高处坠落致闭合性骨折;左足 19 例,右足 11 例;受伤至手术时间 2~5 d,中位数 4 d。预先根据跟骨 CT 扫描数据建立跟骨骨折模型,并进行足部皮肤建模,根据足跟外形特点结合规划的克氏针路径,3D 打印进针导板。术中在 3D 打印导板辅助下,采用克氏针撬拨复位、固定骨折。记录手术时间和术中出血量。术后 24 h,采用疼痛视觉模拟量表 (visual analogue scale, VAS) 评分评价患足疼痛情况。观察针孔感染等并发症发生情况。随访观察骨折愈合及跟骨解剖结构恢复情况,采用 Creighton-Nebraska 跟骨骨折评分标准评价疗效。结果:本组 30 例患者,手术时间 30~50 min,中位数 42 min;术中出血量 5~15 mL,中位数 8 mL。术后 24 h,患足疼痛 VAS 评分 3~5 分,中位数 3.4 分。针孔均一期愈合,未出现软组织感染、坏死等并发症。30 例患者均获随访,随访时间 4~10 个月,中位数 6 个月;骨折均愈合,愈合时间 12~24 周,中位数 18 周。术后 3 个月,患足跟骨宽度、跟骨高度、跟骨长度、Gissane 角、Böhler 角均较术前改善[(38.76±6.34) mm, (37.24±6.01) mm, $t = -2.324$, $P = 0.011$; (32.12±5.11) mm, (42.18±7.03) mm, $t = 1.895$, $P = 0.027$; (62.41±9.87) mm, (73.17±10.41) mm, $t = 2.213$, $P = 0.032$; 95.21°±13.68°, 120.87°±16.54°, $t = 2.232$, $P = 0.041$; 13.26°±2.18°, 30.14°±4.23°, $t = 3.892$, $P = 0.007$]。末次随访时,本组患者 Creighton-Nebraska 跟骨骨折评分 87~95 分(中位数 92 分),优 28 例、良 2 例。结论:3D 打印导板辅助下克氏针经皮撬拨复位内固定治疗 Sanders II 型跟骨骨折,手术时间短,术中出血量少,术后疼痛轻,骨折愈合好,有利于患足功能恢复,且并发症少。

关键词 骨折;跟骨;骨折固定术,内;打印,三维

跟骨是足弓的重要组成部分,是足部最大的一块跗骨,其形态不规则,内部松质骨较多。跟骨骨折为足部常见损伤,多由高处坠落所致^[1]。因内部血运丰富,加之高能量暴力损伤,跟骨骨折后一旦出现明显的软组织肿胀,多有张力性水疱出现^[2-3]。因此,采用传统的“L”形切口切开复位钢板内固定手术治疗跟骨骨折,往往需等待 1 周以上,待软组织条件改善后才能进行手术,术后还易出现切口不愈合、感染等并发症。随着微创理念的推广,跟骨骨折的微创治疗越来越得到临床医生的认可^[4-6]。然而微创手术由于切口小,骨折显露不充分,解剖标志不清晰,术中往往需要反复进行 X 线透视以验证骨折复位情况,不仅延长手术时间,而且对术者和患者都存在放射损害。3D 打印技术在骨科领域的应用,为医生的手术操作和患者的个性化治疗提供了便利^[7-12]。为探索更好的跟骨骨折手术治疗方法,我们于 2022 年 1—11 月,采用 3D 打印导板辅助下克氏针经皮撬拨复位内固定治疗 Sanders II 型^[13]跟骨骨折患者 30 例,并对其临床

疗效和安全性进行了观察,现报告如下。

1 临床资料

跟骨骨折患者 30 例,均为河北省沧州中西医结合医院住院患者。男 26 例,女 4 例;年龄 28~60 岁,中位数 37 岁;骨折分型均为 Sanders II 型;均为高处坠落致闭合性骨折;左足 19 例,右足 11 例;受伤至手术时间 2~5 d,中位数 4 d。

2 方法

2.1 3D 打印导板制作方法 将患者的跟骨 CT 扫描数据导入 Mimics17.0 软件,建立跟骨骨折同比例模型,将各骨折块模拟复位后,对足部皮肤轮廓进行布尔算法运算,形成复位后的皮肤轮廓。依据足跟外形特点结合规划的克氏针路径,3D 打印进针导板。

2.2 手术方法 采用椎管内麻醉,患者侧卧位,患侧在上。常规消毒,铺无菌巾。将消毒好的 3D 打印导板放置于足跟上并扎紧束带。沿导板上预先设计的套筒,于跟骨结节垂直跟骨纵轴打入 1 枚直径 3.0 mm 的克氏针,于塌陷的跟距关节面下方打入 1 枚直径

2.5 mm 的克氏针。借助跟骨结节处的克氏针与助手一起沿跟骨纵轴向后方下方拔伸牵引,以恢复跟骨长度,纠正内翻畸形,解锁塌陷的骨块。在牵引的同时,术者另一手持跟距关节面下的克氏针撬拨复位塌陷的关节面。C 形臂 X 线机透视下见骨折复位满意后,经导板预设套筒由跟骨结节向距骨和骰骨各打入 2 枚直径 2.5 mm 的克氏针进行最终固定。拔除 2 枚辅助复位的克氏针,拆除 3D 打印导板。C 形臂 X 线机再次透视,确认骨折复位和克氏针位置满意后,剪断克氏针并将尾端埋于皮下,无菌敷料包扎针孔。

2.3 术后处理方法 术后短腿支具固定患足于中立位。术后第 2 天换药 1 次,根据针孔愈合情况决定后期是否再次换药。术后当天,即开始行直腿抬高、屈髋屈膝等功能锻炼,可扶双拐患足不负重下床活动。术后 4 周,拆除支具进行踝关节屈伸功能锻炼。术后 6 周,扶双拐前足部分负重行走。术后 3 个月,影像检查见骨折愈合后拔除克氏针,逐步过渡到足跟着地负重行走。

2.4 疗效和安全性评价方法 记录手术时间和术中出血量。术后 24 h,采用疼痛视觉模拟量表 (visual analogue scale, VAS)^[14] 评分评价患足疼痛情况。观察针孔感染等并发症发生情况。随访观察骨折愈合情况;在 X 线片上测量跟骨宽度、跟骨高度、跟骨长度、Gissane 角、Böhler 角,观察患足解剖结构恢复情况;采用 Creighton-Nebraska 跟骨骨折评分标准^[15] 评价疗效,90~100 分为优,80~89 分为良,65~79 分为可,<65 分为差。

3 结果

本组 30 例患者,手术时间 30~50 min,中位数 42 min;术中出血量 5~15 mL,中位数 8 mL。术后 24 h,患足疼痛 VAS 评分 3~5 分,中位数 3.4 分。针孔均一期愈合,未出现软组织感染、坏死等并发症。30 例患者均获随访,随访时间 4~10 个月,中位数

6 个月;骨折均愈合,愈合时间 12~24 周,中位数 18 周。术后 3 个月,患足跟骨宽度、跟骨高度、跟骨长度、Gissane 角、Böhler 角,均较术前改善(表 1)。末次随访时,本组患者 Creighton-Nebraska 跟骨骨折评分 87~95 分(中位数 92 分),优 28 例、良 2 例。典型病例图片见图 1、图 2。

4 讨论

跟骨骨折多为关节内骨折,其手术治疗的目的是对骨折解剖复位和坚强内固定,以利于术后早期功能锻炼,促进患足功能的恢复。传统的切开复位钢板内固定手术治疗跟骨骨折,为了骨折的解剖复位和坚强固定,往往需要广泛地剥离软组织和放置较厚的锁定钢板,术后易并发钢板激惹、跟腓韧带和腓肠神经损伤、切口不愈合、感染、钢板外露等并发症。因此,越来越多的跟骨骨折微创手术治疗方法开始在临床应用,如微型钢板内固定、经皮空心螺钉内固定、关节镜辅助下内固定及经皮球囊扩张复位骨水泥固定等^[16-19]。3D 打印技术因为有助于改善骨折手术的精准性和微创性,在骨科临床的应用越来越成熟。王建伟等^[20]将 3D 打印模型用于术前钢板预弯,发现手术时间明显缩短。而且应用 3D 打印模型可与患者在术前进行直观而充分的沟通,为患者提供精准的个性化手术方案,可增强患者对治疗的信心及依从性^[21-22]。3D 打印导板辅助下用克氏针经皮撬拨复位、固定跟骨骨折,术中沿 3D 打印导板上预先设计的套筒进针,避免了对进针点和进针方向的反复调整,可缩短手术时间,减少术中出血量,减小手术损伤。但该方法也有其不足之处,一是患足肿胀程度的变化和体位的差异,可能会导致 3D 打印导板的精准度出现偏差,术中需通过调整扎带或 X 线透视校验的方法进行“纠偏”;二是经皮撬拨复位塌陷的关节面,复位后关节面的平整度需 X 线透视验证。另外,术后长期支具固定可能会影响踝关节的活动,应注重术后功能锻炼。

表 1 30 例 Sanders II 型跟骨骨折患者手术前后患足 X 线片测量结果

测量时间点	样本量/ 例	跟骨宽度/ ($\bar{x} \pm s$, mm)	跟骨高度/ ($\bar{x} \pm s$, mm)	跟骨长度/ ($\bar{x} \pm s$, mm)	Gissane 角/ ($\bar{x} \pm s$, °)	Böhler 角/ ($\bar{x} \pm s$, °)
术前	30	38.76 ± 6.34	32.12 ± 5.11	62.41 ± 9.87	95.21 ± 13.68	13.26 ± 2.18
术后 3 个月	30	37.24 ± 6.01	42.18 ± 7.03	73.17 ± 10.41	120.87 ± 16.54	30.14 ± 4.23
t 值		-2.324	1.895	2.213	2.232	3.892
P 值		0.011	0.027	0.032	0.041	0.007

本组患者治疗结果表明,对于 Sanders II 型跟骨骨折,采用 3D 打印导板辅助下克氏针经皮撬拨复位

内固定治疗,手术时间短,术中出血量少,术后疼痛轻,骨折愈合好,有利于患足功能恢复,且并发症少。



图1 3D 打印导板辅助下克氏针经皮撬拨复位内固定治疗左侧 Sanders II 型跟骨骨折病例 1 手术前后图片

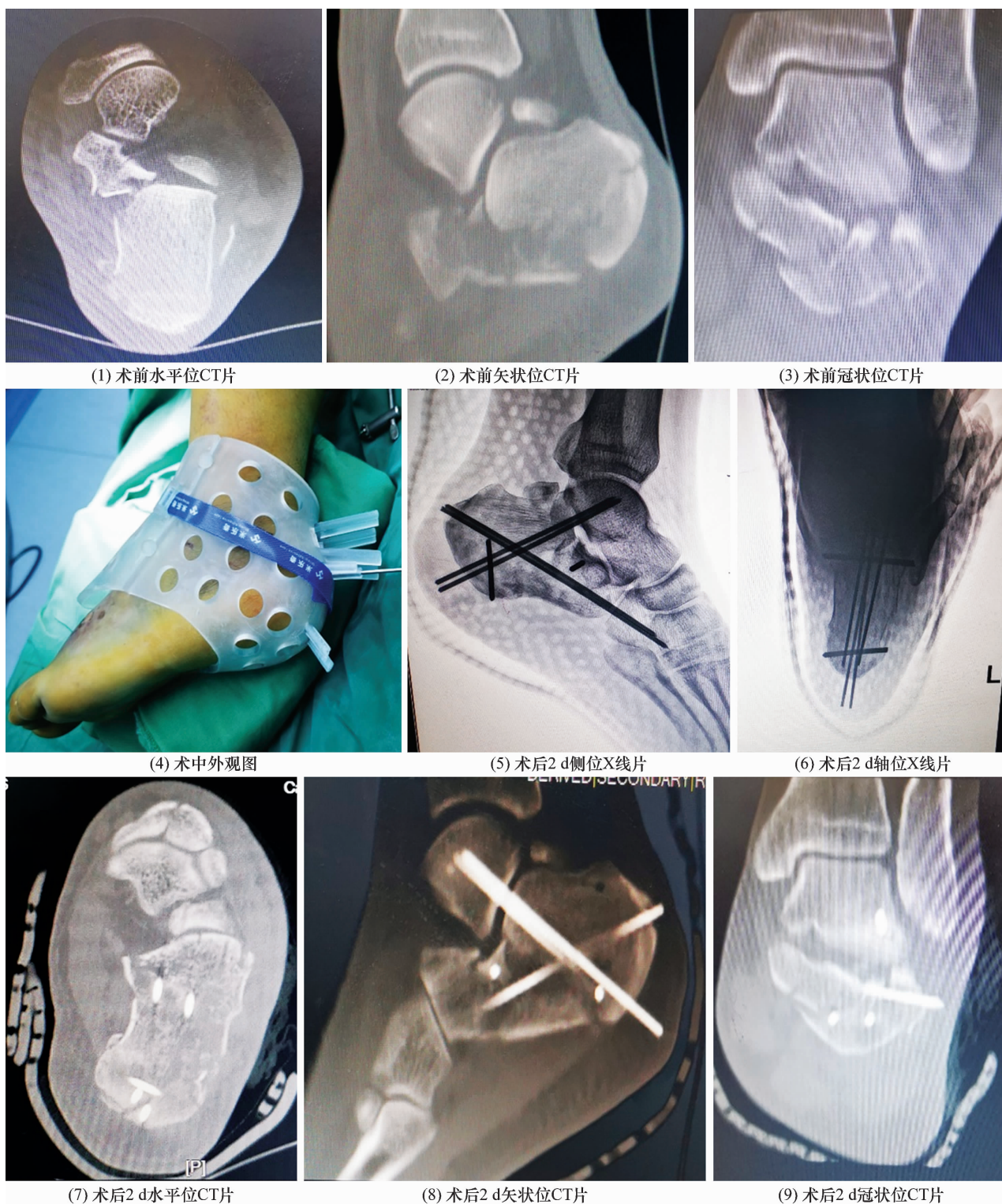


图 2 3D 打印导板辅助下克氏针经皮撬拨复位内固定治疗左侧 Sanders II 型跟骨骨折病例 2 手术前后图片

参考文献

[1] 李乔,薛剑,单战,等. 两种钢板经微创纵行入路治疗跟骨骨折的疗效比较[J]. 中国骨科临床与基础研究杂志, 2020,12(4):228-233.

[2] EMRE F, ÇAGLAR C, KAYA Ö. Open reduction internal fixation versus minimally invasive percutaneous fixation for calcaneus fractures: mid-term outcomes and social consequences[J]. Jt Dis Relat Surg, 2021, 32(2):428-436.

[3] SWORDS M, SHANK J, FRATICELLI N, et al. Late treatment of displaced intra-articular calcaneus fractures: successful management with anatomic reduction[J]. J Orthop Trauma, 2020, 34(Suppl 1):S21-S25.

[4] KLINE A J, ANDERSON R B, DAVIS W H, et al. Minimally invasive technique versus an extensile lateral approach for

- intra-articular calcaneal fractures[J]. *Foot Ankle Int*, 2013, 34(6): 773 - 780.
- [5] RODEMUND C, KRENN R, KIHM C, et al. Minimally invasive surgery for intra-articular calcaneus fractures: a 9-year, single-center, retrospective study of a standardized technique using a 2-point distractor[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1): 753.
- [6] WILKINSON B G, MARSH J L. Minimally invasive treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures[J]. *Orthop Clin North Am*, 2020, 51(3): 325 - 338.
- [7] 沈美华, 施凯兵, 张红, 等. 3D 打印技术在 Sanders III、IV 型跟骨骨折手术中的应用[J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26(14): 1259 - 1263.
- [8] 路磊, 李朋, 宋财. 3D 打印辅助螺钉内固定 Sanders II 和 III 型跟骨骨折[J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29(19): 1759 - 1763.
- [9] 邓雄伟, 万治平, 胡和军. 3D 打印技术辅助经皮撬拨复位空心钉内固定治疗跟骨骨折[J]. *中医正骨*, 2020, 32(9): 12 - 17.
- [10] DAI G, SHAO Z, WENG Q, et al. Percutaneous reduction, cannulated screw fixation and calcium sulfate cement grafting assisted by 3D printing technology in the treatment of calcaneal fractures[J]. *J Orthop Sci*, 2021, 26(4): 636 - 643.
- [11] 周涵薇, 陈涛, 杜伟斌, 等. 3D 打印技术在骨科领域的应用进展[J]. *中医正骨*, 2022, 34(12): 52 - 55.
- [12] 杨德勇, 程蓓蓓, 姜钧耀, 等. 3D 打印技术辅助传统手术方法治疗复杂跟骨骨折有效性和安全性的 Meta 分析[J]. *中医正骨*, 2022, 34(8): 36 - 45.
- [13] SANDERS R. Intra-articular fractures of the calcaneus: present state of the art[J]. *J Orthop Trauma*, 1992, 6(2): 252 - 265.
- [14] 蒋协远, 王大伟. 骨科临床疗效评价标准[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 123 - 124.
- [15] 张英泽. 跟骨骨折微创治疗[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2015: 294.
- [16] 周瑜博, 董振宇, 向文远, 等. 跗骨窦入路联合 Herbert 螺钉及微创型跟骨锁定钢板治疗 Sanders II 型及 III 型跟骨骨折[J]. *中国骨伤*, 2022, 35(11): 1026 - 1030.
- [17] 郝明, 张立新, 李双, 等. 跗骨窦切口牵引撬拨复位微型钢板联合松质骨螺钉内固定治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2023, 38(2): 206 - 208.
- [18] 彭亮, 刘双, 魏国华, 等. 距下关节镜辅助下经皮撬拨复位内固定治疗合并糖尿病的跟骨骨折[J]. *中医正骨*, 2021, 33(3): 64 - 67.
- [19] 彭红元, 尹龙斌, 谢宇, 等. 球囊扩张复位骨水泥固定跟骨骨折的研究进展[J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28(20): 1874 - 1878.
- [20] 王建伟, 吴晓峰, 姜兴华, 等. 3D 打印辅助 Sanders III 型跟骨骨折切开复位内固定[J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31(3): 199 - 204.
- [21] 夏铁男, 商冠宇. 3D 打印技术在骨科应用现状的研究进展[J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2020, 34(7): 742 - 744.
- [22] LADOR R, REGEV G, SALAME K, et al. Use of 3-dimensional printing technology in complex spine surgeries[J]. *World Neurosurg*, 2020, 133: e327 - e341.

(收稿日期: 2023-04-28 本文编辑: 杨雅)

(上接第 75 页)

- [19] 中华医学会运动医疗分会足踝专业委员会, 中国医师协会运动医学医师分会足踝学组. 慢性踝关节外侧不稳手术治疗专家共识[J]. *中华医学杂志*, 2021, 101(37): 2940 - 2946.
- [20] SONG Y, LI H, SUN C, et al. Clinical guidelines for the surgical management of chronic lateral ankle instability: a consensus reached by systematic review of the available data[J]. *Orthop J Sports Med*, 2019, 7(9): 2325967119873852.
- [21] LI H, HUA Y, LI H, et al. Activity level and function 2 years after anterior talofibular ligament repair: a comparison between arthroscopic repair and open repair procedures[J]. *Am J Sports Med*, 2017, 45(9): 2044 - 2051.
- [22] ATTIA A K, TAHA T, MAHMOUD K, et al. Outcomes of open versus arthroscopic Broström surgery for chronic lateral ankle instability: a systematic review and meta-analysis of comparative studies[J]. *Orthop J Sports Med*, 2021, 9(7): 23259671211015207.
- [23] PORTER M, SHADBOLT B, YE X, et al. Ankle lateral ligament augmentation versus the modified Broström-Gould procedure: a 5-year randomized controlled trial[J]. *Am J Sports Med*, 2019, 47(3): 659 - 666.
- [24] NEUSCHWANDER T B, INDRESANO A A, HUGHES T H, et al. Footprint of the lateral ligament complex of the ankle[J]. *Foot Ankle Int*, 2013, 34(4): 582 - 586.
- [25] VEGA J, DALMAU-PASTOR M. Ankle joint microinstability: you might have never seen it but it has definitely seen you[J]. *Foot Ankle Clin*, 2023, 28(2): 333 - 344.

(收稿日期: 2023-02-15 本文编辑: 吕宁)