

数字骨科技术辅助切开复位内固定术治疗跟骨骨折的临床研究

吴青松, 孙鹏, 李立, 韩明涛

(山东省文登整骨医院, 山东 文登 264400)

摘 要 **目的:**探讨数字骨科技术在跟骨骨折切开复位内固定术中的应用价值。**方法:**将 44 例符合要求的跟骨骨折患者随机分为数字技术组和传统手术组, 每组 22 例。数字技术组术前利用 Mimics 15.0 软件及跟骨 3D 打印模型进行模拟复位和手术, 确定钢板种类、位置及螺钉的位置和长度, 同时对钢板进行塑形, 术中按照根据模拟手术制定的手术方案进行切开复位内固定手术; 传统手术组按照传统方式进行切开复位内固定术。比较 2 组患者的切口长度、手术时间、出血量、术中 X 线透视次数、住院时间及骨折复位情况。**结果:**数字技术组的术中 X 线透视次数和手术时间均少于传统手术组[(7.4 ± 3.6) 次, (10.4 ± 2.6) 次, $t = 3.144, P = 0.003$; (51.0 ± 7.7) min, (57.8 ± 9.6) min, $t = 2.580, P = 0.013$], 2 组患者的出血量、切口长度、住院时间比较, 组间差异均无统计学意义[(25.4 ± 3.8) mL, (26.6 ± 4.3) mL, $t = 1.043, P = 0.303$; (12.4 ± 1.3) cm, (13.0 ± 1.2) cm, $t = 1.831, P = 0.074$; (10.5 ± 2.3) d, (10.4 ± 1.7) d, $t = 0.226, P = 0.823$]。按照 Burwell - Charnley 放射学评价标准, 数字技术组解剖复位 15 例、复位一般 3 例、复位差 4 例, 传统手术组解剖复位 12 例、复位一般 2 例、复位差 8 例; 2 组患者的复位情况比较, 差异无统计学意义($Z = -1.113, P = 0.266$)。**结论:**数字骨科技术辅助下行切开复位内固定术治疗跟骨骨折, 可获得较好的骨折复位, 而且能减少术中 X 线透视次数、缩短手术时间, 值得临床推广应用。

关键词 跟骨; 数字骨科; 3D 打印; 骨折固定术, 内; 治疗, 临床研究性

Clinical study on open reduction internal fixation assisted by digital orthopaedic technique in the treatment of calcaneal fractures

WU Qingsong, SUN Peng, LI Li, HAN Mingtao

Wendeng Osteopath Hospital, Wendeng 264400, Shandong, China

ABSTRACT **Objective:** To explore the applied value of digital orthopaedic technique in open reduction internal fixation (ORIF) for treatment of calcaneal fractures. **Methods:** Forty - four patients with calcaneal fracture enrolled in the study were randomly divided into digital technique group and conventional surgery group, 22 cases in each group. Simulated ORIF were performed on patients in digital technique group before the surgery by using Mimics 15.0 software and calcaneal 3D printing model to determine type and location of the steel plate and location and length of the screws, and the steel plates were reshaped. During the surgery ORIF were performed in digital technique group according to the operation plan which was formulated on the basis of simulated surgery, while conventional ORIF were performed in conventional surgery group. The incision length, operative time, blood loss, frequency of intraoperative X - ray exposure, hospital stays and fracture reduction results were compared between the 2 groups. **Results:** The frequency of intraoperative X - ray exposure and operative time were less in digital technique group compared to conventional surgery group (7.4 ± 3.6 vs 10.4 ± 2.6, $t = 3.144, P = 0.003$; 51.0 ± 7.7 vs 57.8 ± 9.6 min, $t = 2.580, P = 0.013$). There was no statistical difference in the blood loss, incision length and hospital stays between the 2 groups (25.4 ± 3.8 vs 26.6 ± 4.3 ml, $t = 1.043, P = 0.303$; 12.4 ± 1.3 vs 13.0 ± 1.2 cm, $t = 1.831, P = 0.074$; 10.5 ± 2.3 vs 10.4 ± 1.7 days, $t = 0.226, P = 0.823$). According to Burwell - Charnley radiological evaluation standard, 15 patients obtained anatomical reduction, 3 fair and 4 poor in digital technique group; while 12 patients obtained anatomical reduction, 2 fair and 8 poor in conventional surgery group. There was no statistical difference in the fracture reduction results between the 2 groups ($Z = -1.113, P = 0.266$). **Conclusion:** In the treatment of calcaneal fractures, ORIF assisted by digital orthopaedic technique leads to better fracture reduction results, less intraoperative X - ray exposure and shorter operative time, so it is worthy of popularizing in clinic.

Key words calcaneus; digital orthopedics; 3D printing; fracture fixation, internal; therapies, investigational

跟骨骨折多由高处坠落伤导致, 且多为关节内骨折^[1], 治疗的要点在于准确复位及恢复其解剖结构。

由于跟骨的特殊解剖结构, 加之现有影像检查的局限性, 不能对跟骨骨折的损伤程度做出全面、准确的判

断。为此,我们将数字骨科技术引入跟骨骨折切开复位内固定术中,并与传统切开复位内固定手术进行了比较,现总结报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料 纳入研究的患者共 44 例,均为 2013

年 5 月至 2014 年 11 月在山东省文登整骨医院住院治疗的跟骨骨折患者。采用随机数字表将其分为数字技术组和传统手术组,每组 22 例。试验方案经医院伦理委员会审核通过。2 组患者的基线资料比较,差异无统计学意义,有可比性(表 1)。

表 1 2 组跟骨骨折患者基线资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	病程($\bar{x} \pm s$, d)	Sanders 分型(例)	
		男	女			Ⅱ型	Ⅲ型
数字技术组	22	13	9	35.68 ± 11.32	11.2 ± 1.3	10	12
传统手术组	22	14	8	36.68 ± 11.26	11.3 ± 1.9	12	10
检验统计量		$\chi^2 = 0.095$		$t = 0.712$	$t = 0.801$	$\chi^2 = 0.091$	
P 值		0.756		0.476	0.425	0.753	

1.2 诊断标准 采用《中医病证诊断疗效标准》中跟骨骨折的诊断标准^[2]。

1.3 纳入标准 ①符合上述诊断标准;②年龄 > 18 岁;③闭合性骨折;④需要采用切开复位内固定术治疗;⑤同意参与本研究,签署知情同意书。

1.4 排除标准 ①病理性骨折者;②需急诊手术治疗者;③合并其他严重内科疾病者。

2 方法

2.1 治疗方法 入院后所有患者抬高患肢,应用甘露醇消除肿胀,并局部冷疗,行跟骨 CT 检查。数字技术组将 CT 扫描数据导入 Mimics 15.0 软件(瑞士玛仕特公司),建立跟骨 3D 数字模型,全方位了解骨折情况,并进行虚拟复位及固定,确定钢板位置和螺钉置入的方向、长度。制作与跟骨 1:1 的 3D 模型,在模型上直观了解骨折块的移位情况,进行模拟复位,根据骨折情况选择合适的钢板并进行预弯。传统手术组进行 CT 三维重建,根据 CT 图像和三维图像制定手术方案。

选择跟骨外侧切口,暴露骨折部位。数字技术组严格按照模拟复位方案进行复位,将预弯好的钢板放置在预定位置进行固定;传统手术组按照根据术前 CT 检查结果制定的手术方案,结合术中所见骨折真实情况进行复位,选择合适的钢板和螺钉进行固定。

2.2 对比方法 比较 2 组患者的切口长度、手术时间、出血量、术中 X 线透视次数、住院时间及骨折复位情况。骨折复位情况采用 Burwell - Charnley 放射学评价标准^[3]在术后第 2 天的踝关节 X 线片上从内外踝侧方移位程度、成角畸形、后踝移位程度、距骨是否移位等方面进行评价,将复位情况分为解剖复位、复位一般、复位差 3 个等级(表 2)。

表 2 Burwell - Charnley 放射学评价标准

等级	评定标准
解剖复位	内、外踝无侧方移位
	无成角畸形
	内、外踝纵向移位 < 1 mm
	大后侧碎片向近侧移位 < 2 mm
复位一般	无距骨移位
	内、外踝无侧方移位
	无成角畸形
	外踝向后移位 2 ~ 5 mm
复位差	大后侧碎片向近侧移位 2 ~ 5 mm
	无距骨移位
	有任意内、外踝侧方移位
	外踝向后移位 > 5 mm 或后踝移位 > 5 mm
	有任意距骨移位

2.3 统计学方法 采用 SPSS 16.0 软件对所得数据进行统计分析,2 组患者性别、骨折分型的组间比较采用 χ^2 检验,年龄、病程、切口长度、手术时间、出血量、术中 X 线透视次数、住院时间的组间比较采用 t 检验,骨折复位情况的组间比较采用秩和检验, $\alpha = 0.05$ 。

3 结果

2 组患者的复位情况比较,差异无统计学意义($Z = -1.113, P = 0.266$),见表 3。数字技术组的术中 X 线透视次数和手术时间均少于传统手术组,2 组患者的出血量、切口长度、住院时间比较,组间差异均无统计学意义,见表 4。典型病例影像资料见图 1。

表 3 2 组跟骨骨折复位情况比较 例

组别	例数	解剖复位	复位一般	复位差
数字技术组	22	15	3	4
传统手术组	22	12	2	8
合计	44	27	5	12

表 4 2 组跟骨骨折患者手术情况及住院时间比较 $\bar{x} \pm s$

组别	例数	切口长度 (cm)	手术时间 (min)	出血量 (mL)	术中 X 线透视 次数(次)	住院时间 (d)
数字技术组	22	12.4 ± 1.3	51.0 ± 7.7	25.4 ± 3.8	7.4 ± 3.6	10.5 ± 2.3
传统手术组	22	13.0 ± 1.2	57.8 ± 9.6	26.6 ± 4.3	10.4 ± 2.6	10.4 ± 1.7
t 值		1.831	2.580	1.043	3.144	0.226
P 值		0.074	0.013	0.303	0.003	0.823

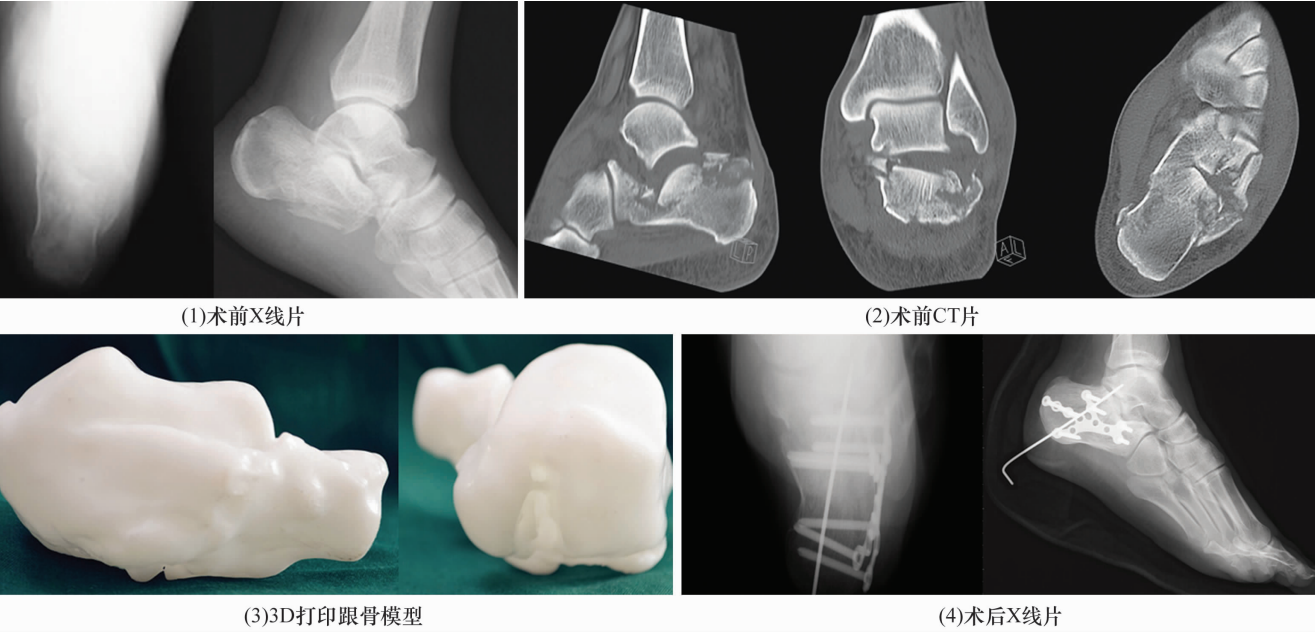


图 1 跟骨骨折患者影像资料

患者,男,37 岁,左侧跟骨骨折,采用数字骨科技术辅助下切开复位内固定术治疗

4 讨 论

跟骨骨折多由高处坠落伤引起,致伤暴力大、损伤严重,其中约 70% 为关节内骨折^[4]。由于跟骨形状不规则及周围解剖关系复杂,手术视野不能完全暴露损伤的关节面,而术中 X 线透视也会出现重叠覆盖现象,这些因素都会影响术中复位及固定^[5-7]。所以对于跟骨骨折尤其是复杂跟骨骨折,通过详细的术前检查,充分了解骨折情况,制定详细手术方案并进行模拟手术,将有助于复位及固定,并缩短手术时间、减少创伤^[8-9]。

以往制定手术方案时,主要以术前 X 线片和 CT 图像为依据,由术者借鉴权威骨科教材进行虚拟术前设计。这种方式存在很多不足之处:①对于 Sanders II、Ⅲ型跟骨骨折,由于周围骨质重叠覆盖,X 线片不能准确反映骨折情况。CT 虽然能从不同平面和角度成像,但提供的信息也非常有限,不能对骨折块进行三维定位,也不能显示骨折线的走向^[10]。CT 三维重建虽然能够立体展示骨折部位的三维图像,但其给出的是几个特定截面的三维图像完全不能满足术者的

需要。②与骨折的实际情况相比,教科书中所提及的骨折类型及固定方式均较为简略,不够具体。③这种虚拟手术设计方式很大程度上要依靠术者的临床经验来实现,而且很难与其他医生进行交流和分享。

Mimics 软件可利用 CT 扫描数据建立骨骼的三维模型,而且能利用软件的编辑功能去掉距骨、骰骨、舟骨,使跟骨关节面的塌陷情况及骨折块的移位方向更加清晰地显示出来。在 Mimics 软件的 3D 界面中,我们能够从任意角度对三维模型进行观察,全面了解骨折情况,为确定治疗方案提供依据。同时也可在计算机中虚拟复位,并在复位后的模型中确定钢板位置、螺钉走向及长度,减少了术中的 X 线透视次数。

通过 3D 打印技术制作的跟骨模型则能更加直观地展示骨折情况^[11-14],而且能根据复位后的模型选择钢板并进行预弯。在传统手术中,大多在骨折复位后选取钢板并塑形使其贴附骨面,受手术视野及骨折复位情况的影响,这一过程会耗费大量时间,而且钢板塑形的精确度较差^[15-16]。

本研究的结果提示,在数字骨科技术辅助下行切

开复位内固定术治疗跟骨骨折,可获得较好的骨折复位,而且能减少术中 X 线透视次数、缩短手术时间,值得临床推广应用。

5 参考文献

- [1] Beaupre GS. Effect of fracture gap on stability of compression plate fixation: a finite element study[J]. J Orthop Res, 2011, 29(1): 152.
- [2] 国家中医药管理局. 中医病证诊断疗效标准[M]. 南京: 南京大学出版社, 1994: 173.
- [3] Burwell HN, Charnley AD. The treatment of displaced fractures at the ankle by rigid internal fixation and early joint movement[J]. J Bone Joint Surg Br, 1965, 47(4): 634-660.
- [4] Bevill G, Keaveny TM. Trabecular bone strength predictions using finite element analysis of micro-scale images at limited spatial resolution[J]. Bone, 2009, 44(4): 579-584.
- [5] 潘朝晖, 王剑利, 蒋萍萍, 等. 三种不同骨瓣重建跟骨缺损的有限元及临床分析[J]. 中华创伤骨科杂志, 2005, 7(6): 529-532, 500.
- [6] Ochs BG, Gonser C, Shiozawa T, et al. Computer-assisted periacetabular screw placement: Comparison of different fluoroscopy-based navigation procedures with conventional technique[J]. Injury, 2010, 41(12): 1297-1305.
- [7] Amin S, Kopperdhal DL, Melton LJ, et al. Association of hip strength estimates by finite-element analysis with fractures in women and men[J]. J Bone Miner Res, 2011, 26(7): 1593-1600.
- [8] Bagaria V, Deshpande S, Rasalkar DD, et al. Use of rapid

prototyping and three-dimensional Reconstruction modeling in the management of complex fractures[J]. Eur J Radiol, 2011, 80(3): 814-820.

- [9] 郝东升, 尹芸生, 李栋, 等. 螺旋 CT 三维重建在跟骨骨折手术治疗中的价值[J]. 中国现代医学杂志, 2006, 16(23): 3611-3614.
- [10] 尹庆水, 章莹, 王成焘, 等. 临床数字骨科学——创新理论体系与临床应用[M]. 北京: 人民军医出版社, 2011: 191.
- [11] Yettram AL, Camilleri NN. The forces acting on the human calcaneus[J]. J Biomed Eng, 1993, 15(1): 46-50.
- [12] Rübberdt A, Hofbauer VR, Herbolt M, et al. 3D navigated osteosynthesis of calcaneal fractures. Open and minimally invasive techniques[J]. Unfallchirurg, 2009, 112(1): 15-22.
- [13] Kim KK, Heo YM, Won YY, et al. Navigation-assisted total knee arthroplasty for the knee retaining femoral intramedullary nail, and distal femoral plate and screws[J]. Clin Orthop Surg, 2011, 3(1): 77-80.
- [14] Hung SS, Lee MY. Functional assessment of a surgical robot for reduction of lower limb fractures[J]. Int J Med Robot, 2010, 6(4): 413-421.
- [15] Blumenfeld TJ, Bargar WL, et al. Surgical technique: a cup-in-cup technique to restore offset in severe protrusio acetabular defects[J]. Clin Orthop Relat Res, 2012, 470(2): 435-441.
- [16] 温建民. 跟骨骨折的治疗策略[J]. 中医正骨, 2013, 25(4): 3-6.

(2015-09-06 收稿 2015-10-29 修回)

(上接第 19 页)

- [8] 国家中医药管理局. 中医病证诊断疗效标准[M]. 南京: 南京大学出版社, 1994: 173.
- [9] 郑思化, 张龙, 曾林玉, 等. 撬拨复位空心钉内固定治疗跟骨骨折[J]. 临床骨科杂志, 2015, 18(3): 384.
- [10] Sanders R, Fortin P, DiPasquale T, et al. Operative treatment in 120 displaced intraarticular calcaneal fractures. Results using a prognostic computed tomography scan classification[J]. Clin Orthop Relat Res, 1993, (290): 87-95.
- [11] Stapleton JJ, Zgonis T. Surgical treatment of intra-articular calcaneal fractures. Clin Podiatr Med Surg, 2014, 31(4): 539-546.
- [12] 杨英果, 王晓民, 班兴平. 内外侧联合弧形切口切开复位内固定治疗复杂跟骨骨折[J]. 中医正骨, 2015, 27(6): 51-53.
- [13] Bibbo C, Ehrlich DA, Nguyen HM, et al. Low wound complication rates for the lateral extensile approach for calcaneal ORIF when the lateral calcaneal artery is patent[J]. Foot

Ankle Int, 2014, 35(7): 650-656.

- [14] 刘振新, 史增元, 许海平, 等. 经皮撬拨复位空心螺钉内固定治疗跟骨骨折[J]. 中医正骨, 2013, 25(9): 66-68.
- [15] 户小彬, 王大卫, 张津生. 微创手术治疗跟骨骨折的研究进展[J]. 微创医学, 2015, 10(1): 81-84.
- [16] 孙伟, 黄国伟, 韦山, 等. 经跗骨窦切口空心螺钉内固定治疗舌型跟骨骨折[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2015, 8(1): 81-83.
- [17] 黄高, 张军, 水小龙, 等. 经皮闭合复位内固定与外侧“L”形切口切开复位内固定治疗 Sanders II 型跟骨骨折的比较研究[J]. 中医正骨, 2013, 25(4): 18-22.
- [18] 沙良宽, 田家祥, 李敬祥, 等. 撬拨复位与切开复位内固定治疗 Sanders II 型跟骨骨折的比较[J]. 中国修复重建外科杂志, 2015, 29(5): 558-562.
- [19] 冉党红, 祝先锋, 刘玉春, 等. 微创八字形切口钢板内固定治疗跟骨骨折[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2014, 29(12): 1296-1297.

(2015-09-09 收稿 2015-09-24 修回)