

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

邓雄伟, 万治平, 胡和军

(南昌市洪都中医院, 江西 南昌 330038)

摘要 **目的:**探讨 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的临床疗效。**方法:**跟骨骨折患者 60 例, 随机分为 3D 打印组和常规术式组, 每组 30 例。2 组均采用经皮撬拨复位空心钉内固定手术治疗。3D 打印组, 术前采用 3D 打印技术打印患足 3D 模型, 详细了解骨折情况, 制定手术计划, 确定骨折复位的撬拨点和螺钉植入位置、方向、长度, 并按计划进行手术操作。常规术式组, 按经皮撬拨复位空心钉内固定常规术式进行手术操作。记录 2 组患者手术时间、术中 X 线透视次数及骨折愈合时间。分别于术前、术后即刻及术后 6 个月在 X 线片上测量患足 Böhler 角和 Gissane 角。术后 6 个月, 参照 Maryland 足功能评分标准评价疗效。**结果:**2 组患者均顺利完成手术, 3D 打印组与常规术式组相比, 手术时间短、术中透视次数少 [(50.30 ± 7.63) min, (61.47 ± 8.29) min, $t = -5.170, P = 0.000$; (7.03 ± 2.02) 次, (12.36 ± 3.15) 次, $t = -13.493, P = 0.000$]。2 组患者均获随访, 随访时间 6~12 个月, 中位数 10 个月;骨折均愈合, 3D 打印组骨折愈合时间较常规术式组短 [(11.5 ± 1.3) 周, (12.5 ± 1.5) 周, $t = -10.265, P = 0.000$]。2 组患者手术前后不同时间点患足 Böhler 角 (3D 打印组: 6.28° ± 2.40°, 29.50° ± 2.50°, 29.30° ± 2.65°; 常规术式组: 6.30° ± 2.38°, 28.60° ± 2.48°, 28.30° ± 2.30°)、Gissane 角 (3D 打印组: 96.30° ± 4.86°, 132.50° ± 4.68°, 132.44° ± 4.66°; 常规术式组: 96.50° ± 4.82°, 131.50° ± 4.60°, 131.90° ± 4.40°) 总体比较, 差异均有统计学意义, 即均存在时间效应 ($F = 94.404, P = 0.000$; $F = 55.860, P = 0.000$); 2 组患者患足 Böhler 角、Gissane 角组间总体比较, 差异均无统计意义, 即均不存在分组效应 ($F = 1.086, P = 0.302$; $F = 5.769, P = 0.068$); 时间因素和分组因素均无交互效应 ($F = 1.686, P = 0.190$; $F = 5.026, P = 0.072$)。术后 6 个月参照 Maryland 足功能评分标准评价疗效, 3D 打印组优 13 例、良 12 例、可 3 例、差 2 例, 常规术式组优 10 例、良 11 例、可 6 例、差 3 例; 2 组患者临床疗效的组间差异无统计学意义 ($Z = -1.101, P = 0.271$)。**结论:**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, 与经皮撬拨复位空心钉内固定常规术式相比, 在骨折复位和患足功能恢复方面疗效相当, 但术中 X 线透视次数少、手术时间短、骨折愈合快。

关键词 骨折; 跟骨; 骨折固定术, 内; 三维打印

Percutaneous leverage reduction and hollow screws internal fixation assisted by 3D printing technology for treatment of calcaneus fractures

DENG Xiongwei, WAN Zhiping, HU Hejun

Nanchang Hongdu Hospital of Traditional Chinese Medicine, Nanchang 330038, Jiangxi, China

ABSTRACT **Objective:** To explore the clinical curative effects of percutaneous leverage reduction and hollow screws internal fixation assisted by 3D printing technology for treatment of calcaneus fractures. **Methods:** Sixty patients with calcaneus fractures were enrolled in the study and were randomly divided into 3D printing group and conventional surgery group, 30 cases in each group. All patients in the 2 groups were treated with percutaneous leverage reduction and hollow screws internal fixation. For patients in 3D printing group, the 3D models of injured feet were printed by using 3D printing technology before the surgery for detailed understanding of fractures, making surgical plan and confirming the leverage point during fracture reduction and the position, direction and length of implanted screws, and then the surgeries were performed according to the designed surgical plan. The patients in conventional surgery group were merely treated with conventional percutaneous leverage reduction and hollow screws internal fixation. The operative time, intraoperative X-ray exposure and fracture healing time were recorded and compared between the 2 groups. The Böhler angle and Gissane angle of injured foot were measured on X-ray films before the surgery, immediately after the surgery and at 6 months after the surgery respectively. The clinical curative effects were evaluated according to Maryland foot function scoring standard at 6 months after the surgery. **Results:** The surgeries were finished successfully in all patients. The operative time was shorter and the intraoperative X-ray exposure was fewer in 3D printing group compared to conventional surgery group (50.30 ± 7.63 vs 61.47 ± 8.29 min, $t = -5.170, P = 0.000$; 7.03 ± 2.02 vs 12.36 ± 3.15 times, $t = -13.493,$

基金项目: 江西省卫生计生委科技计划项目 (20194016); 南昌市指导性科技计划项目 (洪科发计字 [2018] 39 号)

通讯作者: 胡和军 E-mail: 397870570@qq.com

$P=0.000$). All patients in the 2 groups were followed up for 6 – 12 months with a median of 10 months. All fractures healed in the 2 groups, and the fracture healing time was shorter in 3D printing group compared to conventional surgery group (11.5 ± 1.3 vs 12.5 ± 1.5 weeks, $t = -10.265$, $P = 0.000$). There was statistical difference in Böhler angle (3D printing group: 6.28 ± 2.40 , 29.50 ± 2.50 , 29.30 ± 2.65 degrees; conventional surgery group: 6.30 ± 2.38 , 28.60 ± 2.48 , 28.30 ± 2.30 degrees) and Gissane angle (3D printing group: 96.30 ± 4.86 , 132.50 ± 4.68 , 132.44 ± 4.66 degrees; conventional surgery group: 96.50 ± 4.82 , 131.50 ± 4.60 , 131.90 ± 4.40 degrees) of injured foot between different timepoints before and after the surgery, in other words, there was time effect ($F = 94.404$, $P = 0.000$; $F = 55.860$, $P = 0.000$). There was no statistical difference in Böhler angle and Gissane angle of injured foot between the 2 groups in general, in other words, there was no group effect ($F = 1.086$, $P = 0.302$; $F = 5.769$, $P = 0.068$). There was no interaction between time factor and group factor in Böhler angle and Gissane angle of injured foot ($F = 1.686$, $P = 0.190$; $F = 5.026$, $P = 0.072$). At 6 months after the surgery, the clinical curative effects were evaluated according to Maryland foot function scoring standard. Thirteen patients obtained an excellent result, 12 good, 3 fair and 2 poor in 3D printing group; while 10 patients obtained an excellent result, 11 good, 6 fair and 3 poor in conventional surgery group. There was no statistical difference in clinical curative effects between the 2 groups ($Z = -1.101$, $P = 0.271$). **Conclusion:** Percutaneous leverage reduction and hollow screws internal fixation assisted by 3D printing technology is similar to conventional percutaneous leverage reduction and hollow screws internal fixation in clinical curative effects on fracture reduction and injured foot function recovery in treatment of calcaneus fractures, while the former has such advantages as fewer intraoperative X-ray exposure, shorter operative time and faster fracture healing compared to the latter.

Keywords fractures; bone; calcaneus; fracture fixation; internal; 3D printing

跟骨骨折是临床常见的关节内骨折,多见于青壮年,处理不当会出现足部疼痛、行走困难等并发症^[1-2]。随着微创外科理念的发展,经皮撬拨复位空心钉内固定成为临床治疗跟骨骨折的主要方法。但该术式需在 X 线透视下用斯氏针多次撬拨复位骨折,对骨折复位情况的评估也主要依靠在 X 线透视下反复确认 Böhler 角和 Gissane 角的恢复情况^[3],这些操作均要求术者有较高的手术技巧,才能保障疗效、减少术后并发症^[4]。3D 打印技术是快速成形技术的一种^[5]。3D 打印技术辅助进行手术,可提高手术操作的精准度,在骨科领域已有较多应用^[6-7]。为探索更好的跟骨骨折手术治疗方法,2017 年 12 月至 2019 年 1 月,笔者采用 3D 打印技术辅助经皮撬拨复位空心钉内固定和常规经皮撬拨复位空心钉内固定 2 种方法治疗跟骨骨折患者 60 例,并对 2 种方法的临床疗效进行了比较,现报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料 跟骨骨折患者 60 例,均为南昌市洪都中医院住院患者。男 46 例,女 14 例;年龄 24 ~ 55 岁,中位数 41 岁;左侧 28 例,右侧 32 例。研究方案经医院医学伦理委员会审查通过。

1.2 诊断标准 采用《中医病证诊断疗效标准》中跟骨骨折诊断标准^[8]。

1.3 纳入标准 ①符合上述诊断标准;②年龄 > 18 岁;③新鲜闭合性骨折;④骨折分型为 Sanders II ~ IV 型;⑤对本研究知情同意,并签署知情同意书。

1.4 排除标准 ①病理性骨折者;②粉碎严重的 Sanders IV 型骨折者;③合并其他部位骨折者;④合并严重内科疾病者。

2 方法

2.1 分组方法 60 例患者,依据入组顺序采用随机数字表分为 3D 打印组和常规术式组,每组 30 例。

2.2 治疗方法

2.2.1 3D 打印组 术前完善相关检查,根据 CT 检查结果采用 3D 打印技术打印患足 3D 模型,详细了解骨折情况,制定手术计划,确定骨折复位的撬拨点和螺钉植入的位置、方向、长度。手术采用腰硬联合麻醉,患者侧卧位,患肢在上。按牵→摇→挤的顺序复位骨折。牵:跟骨结节牵引,一名助手握持患足足背使足跖屈,另一助手握持牵引针作对抗牵引。摇:维持牵引并屈伸、摇晃踝关节,通过牵摇恢复跟骨长度。挤:在牵引状态下医者双手掌用力挤压跟骨,恢复跟骨宽度和内外翻畸形。根据术前设计的撬拨点用自制撬拨工具撬拨复位塌陷的骨块。C 形臂 X 线机透视下见患足 Böhler 角、Gissane 角及跟骨高度和长度恢复,距下关节面基本平整后,在术前设计的螺钉植入点植入空心钉固定。X 线透视下确认骨折复位满意、螺钉长度合适后冲洗、全层缝合植钉切口,无菌敷料覆盖,弹力绷带加压包扎。术后抬高患肢,常规应用抗生素。术后 1 d,开始行足趾和踝关节主动屈伸功能锻炼;术后 8 ~ 12 周,根据骨折愈合情况开始负重活动。

2.2.2 常规术式组 术前完善相关检查。手术采用腰硬联合麻醉,患者侧卧位,患肢在上。按牵→摇→挤的顺序复位骨折,C形臂X线机透视下确定撬拨点,采用2枚直径3.5 mm的斯氏针撬拨复位塌陷的骨折块。X线机透视下确认骨折复位满意后,分别于撬拨点和撬拨点下约1.5 cm跟腱外侧缘处钻入空心钉固定。手术及术后其余处理同3D打印组。

2.3 疗效评价方法 记录2组患者手术时间、术中X线透视次数及骨折愈合时间。分别于术前、术后即刻及术后6个月在X线片上测量患足Böhler角和Gissane角。术后6个月,参照Maryland足功能评分标准^[9]评价疗效:90~100分为优,75~89分为良,50~74分为可,<50分为差。

2.4 数据统计方法 采用SPSS20.0统计软件处理数据。2组患者性别、致伤原因、骨折分型的组间比较采用 χ^2 检验,年龄、手术时间、术中透视次数、骨折愈合时间的组间比较采用 t 检验,手术前后不同时间点患足Böhler角、Gissane角的比较均采用重复测量资料的方差分析,临床疗效的比较采用秩和检验;检验水准 $\alpha=0.05$ 。

3 结果

3.1 分组结果 2组患者基线资料比较,差异无统计学意义,具有可比性(表1)。

3.2 疗效评价结果 2组患者均顺利完成手术,3D打印组与常规术式组相比,手术时间短、术中透视次数少[(50.30±7.63) min, (61.47±8.29) min, $t=-5.170$, $P=0.000$; (7.03±2.02) 次, (12.36±3.15) 次, $t=-13.493$, $P=0.000$]。2组患者均获随访,随访时间6~12个月,中位数10个月;骨折均愈合,3D打印组骨折愈合时间较常规术式组短[(11.5±1.3)周, (12.5±1.5)周, $t=-10.265$, $P=0.000$]。2组患者手术前后不同时间点患足Böhler角、Gissane角总体比较,差异均有统计学意义,即存在时间效应;2组患者患足Böhler角和Gissane角组间总体比较,差异均无统计意义,即不存在分组效应;时间因素和分组因素均无交互效应(表2、表3)。术后6个月,2组患者疗效评价,3D打印组优13例、良12例、可3例、差2例,常规术式组优10例、良11例、可6例、差3例;2组患者临床疗效的组间差异无统计学意义($Z=-1.101$, $P=0.271$)。典型病例图片见图1、图2。

表1 2组跟骨骨折患者基线资料

组别	样本量 (例)	性别(例)		年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	致伤原因(例)		Sanders分型(例)		
		男	女		交通事故	高处坠落	II型	III型	IV型
3D打印组	30	22	8	42.600±9.368	3	27	14	12	4
常规术式组	30	24	6	42.700±8.218	2	28	16	12	2
检验统计量		$\chi^2=0.373$		$t=0.044$	$\chi^2=0.218$		$\chi^2=0.800$		
P值		0.542		0.965	0.640		0.670		

表2 2组跟骨骨折患者手术前后不同时间点患足Böhler角

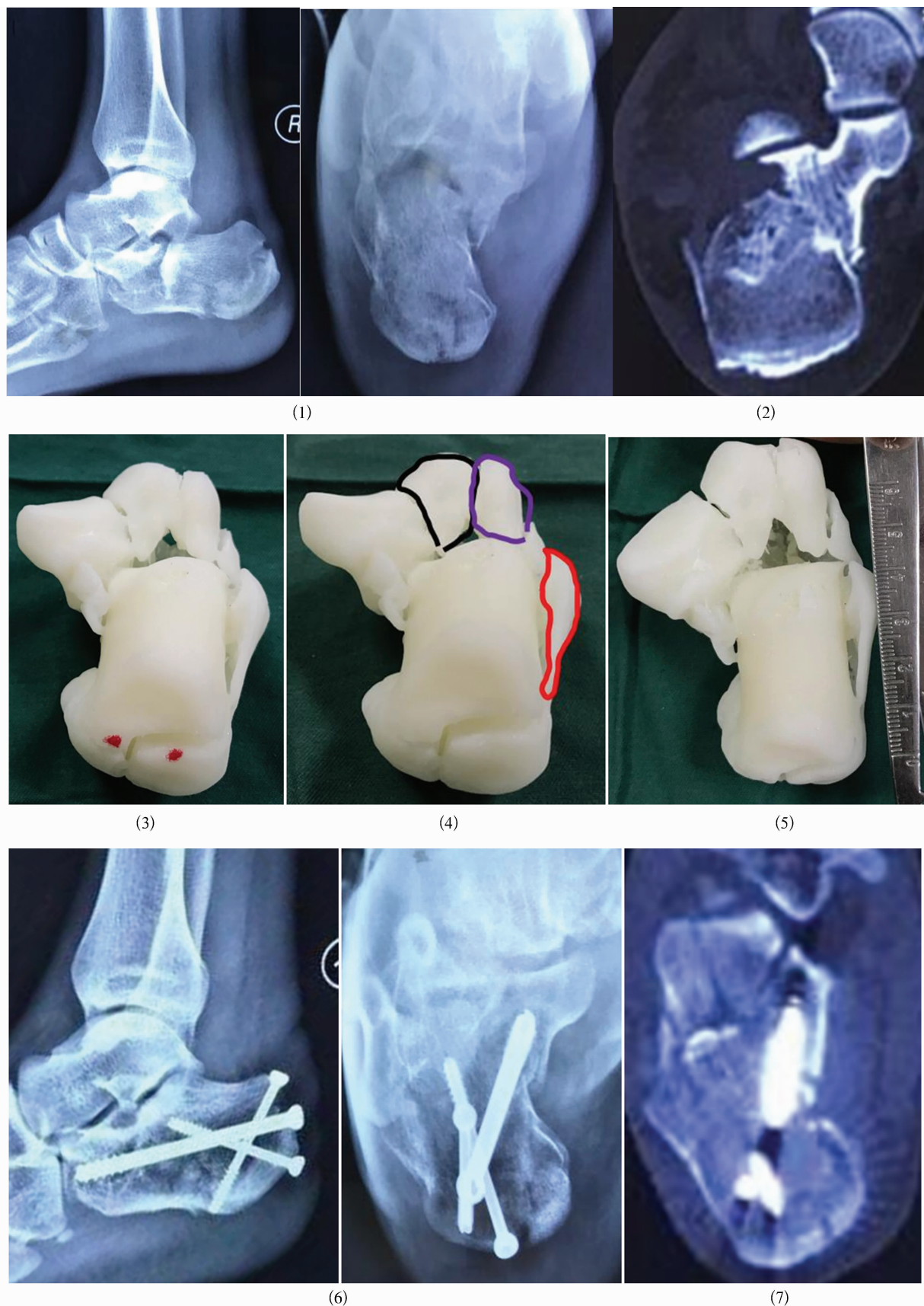
组别	样本量 (例)	患足Böhler角($\bar{x} \pm s$, °)				F值	P值
		术前	术后即刻	术后6个月	合计		
3D打印组	30	6.28±2.40	29.50±2.50	29.30±2.65	21.69±2.52	31.461	0.000
常规术式组	30	6.30±2.38	28.60±2.48	28.30±2.30	21.07±2.39	30.528	0.000
合计	60	6.29±2.39	29.05±2.49	28.80±2.48	21.38±2.45	94.404 ¹⁾	0.000 ¹⁾
检验统计量		0.338	0.182	0.091	1.086 ¹⁾	$F=1.686^{2)}$, $P=0.190^{2)}$	
P值		0.737	0.081	0.211	0.302 ¹⁾		

1)主效应的F值和P值;2)交互效应的F值和P值

表3 2组跟骨骨折患者手术前后不同时间点患足Gissane角

组别	样本量 (例)	患足Gissane角($\bar{x} \pm s$, °)				F值	P值
		术前	术后即刻	术后6个月	合计		
3D打印组	30	96.30±4.86	132.50±4.68	132.44±4.66	120.41±4.73	16.116	0.000
常规术式组	30	96.50±4.82	131.50±4.60	131.90±4.40	119.97±4.61	16.168	0.000
合计	60	96.40±4.84	132.00±4.64	132.17±4.53	120.19±4.67	55.860 ¹⁾	0.000 ¹⁾
检验统计量		0.150	2.825	2.965	5.769 ¹⁾	$F=5.026^{2)}$, $P=0.072^{2)}$	
P值		0.882	0.076	0.054	0.068 ¹⁾		

1)主效应的F值和P值;2)交互效应的F值和P值



(1)术前侧轴位 X 线片示,跟骨后关节面塌陷、高度丢失,骨折线累及载距突;(2)术前轴位 CT 片示跟骨后关节面移位明显;
(3)(4)(5)在 3D 打印模型上设计撬拨点、设计撬拨方案、预测螺钉长度;(6)术后 3 d 侧轴位 X 线片示,跟骨后关节面复位
好、高度恢复,螺钉位置和长度合适;(7)术后 3 d 轴位 CT 片示,跟骨后关节面复位,螺钉固定至载距突

图 1 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手术前后图片



(1) 术前侧轴位 X 线片示, 跟骨后关节面塌陷, 高度丢失, 骨折线累及载距突; (2) 术前轴位 CT 片示, 跟骨后关节面移位明显; (3) 术后 3 d 侧轴位 X 线片示, 跟骨复位较好、高度恢复, 螺钉位置和长度合适; (4) 术后 3 d 轴位 CT 片示, 跟骨后关节面复位, 螺钉未完全固定至载距突

图 2 经皮撬拨复位空心钉内固定治疗跟骨骨折手术前后图片

4 讨论

跟骨骨折约占全部跗骨骨折的 60%, 多由高处坠落伤所致, 约 75% 为涉及到关节内的骨折^[10]。对于移位的关节内跟骨骨折, 治疗不当, 可造成严重的并发症, 影响患者生活质量, 增加社会负担^[11-12]。手术治疗跟骨骨折可恢复跟骨解剖形态, 有利于患足功能恢复, 具有较好的疗效^[13-14]。但跟骨解剖形态复杂, 学者们对跟骨骨折手术方案的选择仍有分歧^[15-16]。因此, 跟骨骨折的治疗也一直是骨科领域受关注的问题^[17]。

微创手术治疗跟骨骨折具有手术时机的选择不

必等肿胀完全消退、切口小、疗效好等优点^[18-21], 已经成为跟骨骨折治疗的一种趋势。经皮撬拨复位空心钉内固定被认为是一种可有效治疗跟骨粉碎性骨折的微创手术方式, 但术中多次撬拨可导致骨块碎裂、复位不佳, 且术中需要多次进行 X 线透视。术前采用 3D 打印技术打印患足 3D 模型, 可详细了解骨折情况, 设计手术方案, 提高手术操作的精准度。而且 3D 打印模型可以帮助患者和家属更好地了解损伤情况, 有利于医患沟通。

本研究结果表明, 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, 与经皮撬拨复位空心

钉内固定常规术式相比,在骨折复位和患足功能恢复方面疗效相当,但术中 X 线透视次数少、手术时间短、骨折愈合快。

参考文献

- [1] 张弢,陈伟,俞光荣,等. 隧道撬顶植骨技术治疗关节面塌陷型跟骨骨折[J]. 河北医科大学学报, 2019, 40(12): 1477 - 1478.
- [2] CHU C H, CHEN Y Y, LIN K P, et al. Anatomic locking plate for displaced intraarticular calcaneal fracture: design and application [J]. J Foot Ankle Surg, 2017, 56(6): 1165 - 1169.
- [3] PEZZONI M, SALVI A E, TASSI M, et al. A minimally invasive reduction and synthesis method for calcaneal fractures: the "Brixianbridge" technique[J]. J Foot Ankle Surg, 2009, 48(1): 85 - 88.
- [4] PENG Y, LIU J, ZHANG G, et al. Reduction and functional outcome of open reduction plate fixation versus minimally invasivereduction with percutaneous screw fixation for displaced calcaneus fracture: a retrospective study[J]. J Orthop Surg Res, 2019, 14(1): 124.
- [5] DAWID J D, KRISTIAAN S. 3D printed tooling for vacuum-assisted resin transfer moulding[J]. Int J Adv Manuf Technol, 2013, 64: 755 - 767.
- [6] 王春鹏, 杨海娇, 张成, 等. 3D 打印技术在骨科领域的应用进展[J]. 医学综述, 2020, 26(1): 118 - 122.
- [7] 吴青松, 孙鹏, 李立, 等. 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[J]. 中医正骨, 2015, 27(12): 20 - 23.
- [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 - 174.
- [9] 恽晓平. 康复疗法评定学[M]. 北京: 华夏出版社, 2005: 150.
- [10] 张英泽, 吴文娟, 吴昊天. 临床创伤骨科流行病学[M]. 北京: 人民卫生出版社 2009: 455 - 460.
- [11] SANDERS R. Current concepts review - displaced intra -

articular fractures of the calcaneus [J]. J Bone Joint Surg Am, 2000, 82(2): 225 - 250.

- [12] MOLLOY A P, LIPSCOMBE S J. Hindfoot arthrodesis for management of bone loss following calcaneus fractures and nonunions[J]. Foot Ankle Clin, 2011, 16(1): 165 - 179.
- [13] JIANG N, LIN Q R, DIAO X C, et al. Surgical versus non-surgical treatment of displaced intra - articular calcaneal fracture: a meta - analysis of current evidence base[J]. Int Orthop, 2012, 36(8): 1615 - 1622.
- [14] BRUCE J, SUTHERLAND A. Surgical versus conservative interventions for displaced intra - articular calcaneal fractures [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2013, 31(1): CD008628.
- [15] 李文祥, 施忠民. 基于跟骨骨折影像学分析对跟骨矢状面分区的研究[J]. 国际骨科学杂志, 2019, 40(6): 364 - 368.
- [16] LANDSMAN A, MELICK G, PUNDU A. Intra - articular calcaneal fractures: a literature review of atraumatic incisional considerations [J]. Clin Podiatr Med Surg, 2019, 36(2): 185 - 195.
- [17] KIEWIET N J, SANGEORZAN B J. Calcaneal fracture management: extensile lateral approach versus small incision technique[J]. Foot Ankle Clin, 2017, 22(1): 77 - 91.
- [18] 陈先进, 张军, 张道平, 等. 撬拨复位双向空心螺钉内固定联合植骨治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折[J]. 中医正骨, 2016, 28(12): 61 - 64.
- [19] 谭新欢, 聂伟志, 朱育林, 等. 跟骨骨折微创治疗的研究进展[J]. 中医正骨, 2015, 27(5): 73 - 75.
- [20] 徐毅, 李海勋, 李智豪. 跗骨窦切口微创接骨板内固定治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折[J]. 中医正骨, 2016, 28(8): 41 - 43.
- [21] 董福, 陆春, 朱金荣, 等. 距下关节后侧入路关节镜辅助下微创治疗跟骨骨折[J]. 中国修复重建外科杂志, 2017, 31(1): 36 - 41.

(收稿日期: 2020 - 03 - 20 本文编辑: 杨雅)

(上接第 11 页)

- [16] 夏聪敏, 许波, 陈帅, 等. 膝骨关节炎六经辨治思路探讨[J]. 山东中医杂志, 2020, 39(2): 113 - 117.
- [17] 陈利军, 刘文刚, 高伟, 等. 不同中医证型的膝骨性关节炎的 X 线平片表现[J]. 广东医学, 2014, 35(8): 1255 - 1256.
- [18] 万蓉, 钟娜. 膝骨性关节炎的中医证型与超声声像图的相关性研究[J]. 广州中医药大学学报, 2020, 37(4): 622 - 626.

相关性研究[J]. 广州中医药大学学报, 2020, 37(4): 622 - 626.

- [19] 张栋, 王庆甫, 杨黎黎, 等. 膝骨性关节炎的超声表现特点及其相关性研究[J]. 中国骨伤, 2018, 31(12): 1108 - 1113.

(收稿日期: 2020 - 04 - 07 本文编辑: 郭毅曼)