

· 临床论著 ·

## 经皮三维空心钉与开放钢板固定跟骨骨折比较<sup>△</sup>

张洋, 孔德海, 赵永杰, 刘颖, 孙广超\*

(滨州医学院附属医院足踝外科, 山东滨州 256603)

**摘要:** [目的] 探讨经皮三维空心钉与开放钢板固定治疗 Sanders II 型及 III 型跟骨骨折的临床疗效。[方法] 回顾性分析 2019 年 12 月—2021 年 12 月本科手术治疗的 99 例 Sanders II 型和 III 型跟骨骨折患者。根据医患沟通结果, 51 例采用闭合复位埋头钉三维立体髓内固定治疗 (经皮组); 48 例采用切开复位钢板螺钉内固定治疗 (开放组)。比较两组患者围手术期、随访和影像资料。[结果] 经皮组手术时间 [(50.2±1.8) min vs (87.6±1.8) min,  $P<0.001$ ]、切口长度 [(3.1±0.5) cm vs (14.3±0.4) cm,  $P<0.001$ ]、术中出血量 [(15.0±1.8) mL vs (164.9±1.8) mL,  $P<0.001$ ]、住院时间 [(4.0±0.2) d vs (9.9±0.2) d,  $P<0.001$ ] 均显著少于开放组, 但经皮组术中透视次数 [(17.1±1.9) 次 vs (4.9±1.8) 次,  $P<0.001$ ] 显著多于开放组。经皮组术后下地行走时间和完全负重活动时间均显著早于开放组 ( $P<0.05$ )。随时间推移, 两组 VAS、AOFAS 评分和足内-外翻 ROM 均显著改善 ( $P<0.05$ ), 术后 3 d 和末次随访时, 经皮组 VAS [(2.9±0.8) vs (5.8±1.1),  $P<0.001$ ]; (0.9±1.0) vs (2.0±1.0),  $P<0.001$ ]、AOFAS 踝-后足评分 [(63.4±2.9) vs (60.6±2.6),  $P<0.001$ ]; (94.9±2.2) vs (91.1±2.5),  $P<0.001$ ] 和足内-外翻 ROM [(15.4±0.6)° vs (11.7±0.7)°,  $P<0.001$ ]; (54.6±1.8)° vs (51.5±1.6)°,  $P<0.001$ ] 均显著优于开放组。影像方面, 与术前相比, 末次随访时两组 Böhler 角、Gissane 角、软骨面塌陷、跟骨长度、跟骨宽度以及跟骨高度均显著改善 ( $P<0.05$ ), 末次随访时, 两组跟骨长度差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 但是, 经皮组其他影像指标均显著优于开放组 ( $P<0.05$ )。[结论] 经皮三维空心钉髓内固定为髓内多维固定, 根据跟骨应力分布设计置钉方向, 更加符合跟骨的生物力学特征, 可以有效固定术后跟骨的位置和正常形态, 安全性更高。

**关键词:** 跟骨骨折, 骨内固定, 经皮空心螺钉, 锁定钢板

**中图分类号:** R683.42      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2025) 04-0318-06

**Percutaneous three-dimensional cannulated screws versus open plate fixations for calcaneal fractures // ZHANG Yang, KONG De-hai, ZHAO Yong-jie, LIU Ying, SUN Guang-chao. Department of Foot and Ankle Surgery, Binzhou Medical University Hospital, Binzhou, Shandong 256603, China**

**Abstract: [Objective]** To compare the clinical outcome of closed reduction and percutaneous three-dimensional cannulated screw fixation (PTDCSF) versus open reduction and plate fixation (ORPF) in the treatment of Sanders type II and III calcaneal fractures. **[Methods]** A retrospective research was done on 99 patients who received surgical treatment for Sanders type II and III calcaneal fractures in our hospital from December 2019 to December 2021. According to the doctor-patient communication before surgery, 51 patients received PTDCSF, while other 48 patients had ORPF performed. The documents regarding to perioperative period, follow-up and imaging were compared between the two groups. **[Results]** The PTDCSF group was significantly superior to the ORPF group in terms of surgery time [(50.2±1.8) min vs (87.6±1.8) min,  $P<0.001$ ], incision length [(3.1±0.5) cm vs (14.3±0.4) cm,  $P<0.001$ ], blood loss [(15.0±1.8) mL vs (164.9±1.8) mL,  $P<0.001$ ], hospital stay [(4.0±0.2) days vs (9.9±0.2) days,  $P<0.001$ ]. However, the former had significantly greater intraoperative fluoroscopy times than the latter [(17.1±1.9) times vs (4.9±1.8) times,  $P<0.001$ ]. In addition, the PTDCSF group resumed postoperative ambulation and full weight-bearing activity significantly earlier than the ORPF group ( $P<0.05$ ). The VAS, AOFAS score and inversion-eversion range of motion (ROM) in both groups were significantly improved over time ( $P<0.05$ ). The PTDCSF group was also significantly better than the ORPF group regarding VAS score [(2.9±0.8) vs (5.8±1.1),  $P<0.001$ ]; (0.9±1.0) vs (2.0±1.0),  $P<0.001$ ], AOFAS ankle and hindfoot score [(63.4±2.9) vs (60.6±2.6),  $P<0.001$ ]; (94.9±2.2) vs (91.1±2.5),  $P<0.001$ ] and ROM [(15.4±0.6)° vs (11.7±0.7)°,  $P<0.001$ ]; (54.6±1.8)° vs (51.5±1.6)°,  $P<0.001$ ] 3 days after surgery and at the last follow-up. As for imaging, the Böhler angle, Gissane angle, cartilage surface collapse, calcaneus length, calcaneus width and calcaneus height were significantly improved in both groups at the last follow-up compared with those preop-

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.110076

<sup>△</sup>基金项目:山东省医药卫生科技发展计划项目(编号:202104070986)

作者简介:张洋,专业学位硕士研究生,研究方向:足踝创伤及矫形,(电子信箱)1916798653@qq.com

\*通信作者:孙广超,(电子信箱)sunguangchao1984@126.com

eratively ( $P<0.05$ ). Although there was no statistical significance in calcaneus length between the two groups at the last follow-up ( $P>0.05$ ), the remaining radiographic items in the PTDCSF group were also significantly better than those in the ORPF group at the latest follow-up ( $P<0.05$ ). [Conclusion] Percutaneous three-dimensional cannulated screw fixation is multidimensional intraosseous fixation, with orientation of the screws based on the stress distribution of calcaneus. Therefore it is more consistent with the biomechanical characteristics of calcaneus, and does effectively fix fracture, and maintain the position and shape of the bone, with higher safety.

**Key words:** calcaneal fracture, intraosseous fixation, percutaneous cannulated screw, locking plate

跟骨骨折是一种常见的跗骨骨折，大多由高能量暴力损伤导致<sup>[1]</sup>。跟骨是一块结构复杂的跗骨，通过手术完全复位的难度高，并且周围软组织较少，血液循环较差，若治疗不当，会造成创伤性关节炎、距下关节僵硬、皮瓣坏死等并发症，极大降低患者术后的生活水平<sup>[2]</sup>。目前临床上跟骨骨折的治疗多采用切开复位钢板螺钉内固定，可直视下进行跟骨复位，锁定钢板不易变形，且抗压能力和承受力强<sup>[3]</sup>，内固定牢固，但此种术式切口较大，不符合微创理念，对患者软组织破坏较大，并且锁定钢板属于偏心固定，固定效果与跟骨的生物力学不完全吻合，容易造成术后跟骨内翻<sup>[4]</sup>。王庆贤等<sup>[5]</sup>发现锁定钢板不能对距下关节面进行有效加压，造成距下关节面增宽，钢板放置后撞击腓骨长短肌肌腱，影响距下关节面的活动度，不利于患者预后，近年来，关于如何降低跟骨骨折的并发症，提高跟骨骨折术后功能，提供更加坚强有效的内固定一直是困扰临床治疗的难点问题<sup>[6, 7]</sup>。本研究回顾性分析滨州医学院附属医院接受牵引闭合复位埋头钉三维立体髓内固定和开放钢板螺钉内固定治疗的 Sanders II-III 型跟骨骨折 99 例患者的临床资料，探讨两种术式的临床治疗效果。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准：单侧闭合性骨折；Sanders II 型及 III 型跟骨骨折；未发现其他部位骨折；骨折前双下肢可正常行走。

排除标准：既往有重大手术史；开放性骨折；病理性或陈旧性骨折；足踝关节过往有骨折史；依从性差；因基础疾病耐受性差；患有骨质疏松症以及关节炎等疾病。

### 1.2 一般资料

回顾性分析 2019 年 12 月—2021 年 12 月滨州医学院附属医院收治的 Sanders II、III 型跟骨骨折患者的临床资料，共 99 例（99 足）符合上述标准，纳入本研究。根据术前医患沟通结果，51 例采用闭合复

位埋头钉三维立体髓内固定治疗（经皮组）；48 例采用切开复位钢板螺钉内固定治疗（开放组）。两组一般资料见表 1，两组年龄、性别、BMI、侧别、Sanders 分型等一般资料的比较差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )，但经皮组损伤至手术时间显著短于开放组 ( $P<0.05$ )。本研究经滨州医学院附属医院医学伦理委员会批准 [伦理编号：2024 伦审字 (KYLL-005) 号]，所有患者均知情同意。

表 1. 两组患者术前一般资料比较

Table 1. Comparison of preoperative general data between the two groups

指标	经皮组 (n=51)	开放组 (n=48)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	47.9±10.1	47.3±9.9	0.762
性别 (例, 男/女)	30/21	26/22	0.640
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ , $\bar{x} \pm s$ )	25.6±3.7	26.6±3.3	0.159
损伤至手术时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	2.2±0.1	3.4±0.0	<0.001
侧别 (例, 左/右)	28/23	29/19	0.579
Sanders 分型 (足, II/III)	31/20	26/22	0.506

### 1.3 手术方法

经皮组：在距骨颈及跟骨后结节分别置入 2 枚 2.5 mm 的克氏针，上牵引架。缓慢牵引恢复跟骨的宽度、长度和高度，纠正跟骨内翻。透视见复位满意后置入克氏针。置针顺序：首先在距下关节面下方打入 1~2 枚 1.2 mm 的克氏针固定距下关节面；自跟骨后结节跖侧沿跟骨的外侧壁和内侧壁向距下关节面的方向分别置入 2 枚 1.5 mm 的克氏针，维持跟骨的高度及纠正跟骨内翻；在 2 枚克氏针中间，自跟骨后结节后方，向跟骰关节方向上下打入 2 枚 1.5 mm 的克氏针，维持跟骨的长度。透视见位置满意后，距下关节面拧入 1~2 枚 3.5 mm 的埋头钉，其余拧入 5.0 mm 的埋头钉。如存在蛇形骨块等其他骨块，辅助 1~2 枚埋头钉固定；闭合复位后若距下关节面不平整，可在跗骨窦行 1~2 cm 的横行切口，以显露距下关节面，复位并打入螺钉。

开放组：于跟骨外侧足背与足底皮肤的交汇处行“L”形切口，切开全层皮肤，向上下方游离皮瓣至外踝下，解剖出腓骨长、短肌，向两侧牵拉，显露距下关节及跟骰关节，牵引恢复跟骨的宽度、长度和高度，使得跟骨内翻得以矫正，然后复位距下关节面，并打入克氏针临时固定，透视见位置满意后，使用锁定钢板螺钉加强固定。

#### 1.4 评价指标

记录患者的手术时间、切口长度、术中透视次数、术中失血量、住院时间、切口愈合情况。采用下地行走时间、完全负重活动时间、疼痛视觉模拟量表评分（visual analogue scale, VAS）、美国足踝矫形学会（American Orthopedic Foot and Ankle Society, AO-FAS）踝-后足评分、足内-外翻活动度（range of motion, ROM）评价临床效果。行影像学检查，测量 Böhler 角、Gissane 角、软骨面塌陷、跟骨长度、跟骨宽度、跟骨高度的变化。

#### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本  $t$  检验；组内时间点比较采用配对  $T$  检验；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。组内比较采用多个相关资料的 Friedman 检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 围手术期情况

两组患者均顺利完成手术，术中无血管、神经损伤等严重并发症。两组围手术期资料见表 2。经皮组手术时间、切口长度、术中出血量、住院时间均显著少于开放组（ $P < 0.05$ ），但经皮组透视次数显著多于开放组（ $P < 0.05$ ），两组切口愈合等级的差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。经皮组有 2 例、开放组有 3 例发生切口愈合不良，均经换药后愈合。

### 2.2 随访结果

99 例患者均获随访 12 个月以上。两组患者随访结果见表 3。经皮组术后下地行走时间和完全负重活动时间均显著早于开放组（ $P < 0.05$ ）。随时间推移，两组 VAS 评分显著减少（ $P < 0.05$ ），AOFAS 评分和足内-外翻 ROM 显著增加（ $P < 0.05$ ），术前两组上述指标的差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ），术后 3 d 和末次随访时，经皮组 VAS、AOFAS 踝-后足评分和足内-外翻 ROM 均显著优于开放组（ $P < 0.05$ ）。

表 2. 两组患者围手术期资料比较

Table 2. Comparison of peroperative data between the two groups

指标	经皮组 (n=51)	开放组 (n=48)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$ )	50.2±1.8	87.6±1.8	<0.001
切口长度 (cm, $\bar{x} \pm s$ )	3.1±0.5	14.3±0.4	<0.001
术中透视次数 (次, $\bar{x} \pm s$ )	17.1±1.9	4.9±1.8	<0.001
术中失血量 (mL, $\bar{x} \pm s$ )	15.0±1.8	164.9±1.8	<0.001
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	4.0±0.2	9.9±0.2	<0.001
切口愈合 (例, 甲/乙)	49/2	45/3	0.672

表 3. 两组患者随访资料 ( $\bar{x} \pm s$ ) 与比较

Table 3. Comparison of follow-up data between the two groups

指标	经皮组 (n=51)	开放组 (n=48)	P 值
下地行走时间 (d)	28.5±1.9	42.1±1.4	<0.001
完全负重活动时间 (d)	59.8±1.6	90.9±2.0	<0.001
VAS 评分 (分)			
术前	7.1±0.9	7.1±1.1	0.858
术后 3 d	2.9±0.8	5.8±1.1	<0.001
末次随访	0.9±1.0	2.0±1.0	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	
AOFAS 评分 (分)			
术前	56.6±2.5	57.0±3.0	0.484
术后 3 d	63.4±2.9	60.6±2.6	<0.001
末次随访	94.9±2.2	91.1±2.5	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	
足内-外翻 ROM (°)			
术前	5.7±0.3	5.7±0.4	0.751
术后 3 d	15.4±0.6	11.7±0.7	<0.001
末次随访	54.6±1.8	51.5±1.6	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	

### 2.3 影像评估

两组影像评估结果见表 4。与术前相比，末次随访时两组 Böhler 角、Gissane 角、软骨面塌陷、跟骨长度、跟骨宽度以及跟骨高度均显著改善（ $P < 0.05$ ），术前两组上述影像指标的差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ），末次随访时，两组跟骨长度差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ），其他影像指标经皮组均显著优于开放组（ $P < 0.05$ ）。

经皮组病例典型影像见图 1。





图 1. 患者男性, 46 岁。1a, 1b: 术前 X 线片示 Sanders II 型跟骨骨折, 距下关节面骨折块分离; 1c, 1d: 术后 X 线片示骨折复位满意, 所有螺钉位置良好。

Figure 1. A 46-year-old male. 1a, 1b: Preoperative radiographs showed Sanders type II calcaneal fractures with subtalar articular surface fracture fragment separation; 1c, 1d: Postoperative radiographs showed satisfactory fracture reduction with all screws in good position.

表 4. 两组患者影像资料 ( $\bar{x} \pm s$ ) 与比较

Table 4. Comparison of imaging data between the two groups

( $\bar{x} \pm s$ )			
指标	经皮组 (n=51)	开放组 (n=48)	P 值
Böhler 角 (°)			
术前	16.3±0.2	16.4±0.3	0.215
末次随访时	34.4±0.5	33.4±0.4	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	
Gissane 角 (°)			
术前	92.6±0.8	92.6±0.9	0.829
末次随访时	136.3±1.1	129.3±1.0	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	
软骨面塌陷 (mm)			
术前	4.6±0.4	4.5±0.3	0.077
末次随访时	0.9±0.2	1.2±0.3	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	
跟骨长度 (mm)			
术前	72.5±1.8	72.6±1.9	0.766
末次随访时	83.4±1.8	83.3±1.9	0.743
P 值	<0.001	<0.001	
跟骨宽度 (mm)			
术前	42.2±2.6	42.8±2.7	0.296
末次随访时	31.6±0.8	32.5±0.7	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	
跟骨高度 (mm)			
术前	32.1±2.8	31.1±2.7	0.082
末次随访时	41.5±2.1	38.4±2.8	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	

### 3 讨论

跟骨骨折是最常见的跗骨骨折, 多为高能量轴向损伤<sup>[8, 9]</sup>, 其中 Sanders II、III 型跟骨骨折最为常见<sup>[10]</sup>, 多采用手术治疗, 切开复位钢板螺钉内固定最为常用<sup>[11, 12]</sup>, 但其对跟骨外侧壁的软组织损伤较为严重, 易造成腓骨肌腱粘连、切口感染、腓肠神经损伤, 甚至皮瓣坏死等软组织并发症<sup>[13, 14]</sup>。另外钢板螺钉固定为偏心固定, 不完全符合跟骨的生物力学特点, 会造成跟骨外侧壁的应力增加<sup>[15]</sup>, 维持跟骨的高度及内翻的力量相对较弱, 术后早期负重时骨折块复位易丢失, 影响临床效果<sup>[16]</sup>。钢板放置到跟骨的外侧壁后, 不能对跟骨骨折块进行有效加压, 易造成跟骨宽度增大, 引起腓骨长短肌的撞击, 导致外踝下方的顽固性疼痛<sup>[17]</sup>。

微创手术可以明显减少软组织并发症<sup>[18]</sup>, 避免严重破坏骨折块的血运, 加速骨折的愈合<sup>[19]</sup>, 有利于患者预后。目前临床上常用的微创手术固定方式有克氏针、空心钉、钉中钉等<sup>[20, 21]</sup>。Eichinger 等<sup>[22]</sup>研究发现, 跟骨髓内钉内固定治疗跟骨骨折在最大失效载荷和强度上优于锁定钢板; Kato 等<sup>[23]</sup>研究发现, 跟骨骨折的髓内空心螺钉固定, 最符合跟骨的生物力学要求, 并发症最少。Bernasconi 等<sup>[24]</sup>发现, 髓内钉中钉内固定与跟骨的生物力学十分符合。在跟骨骨折的微创手术中, 外侧壁距下关节面塌陷骨块的复位和维持尤为重要, 其次跟骨的内翻畸形、跟骨高度及长度的维持也是影响手术效果的关键点, 因此有

学者根据跟骨负重的生物力学特点,提出了三点固定原则,将跟骨后结节、距下关节、跟骰关节3个部位进行坚强固定,使其成为一个整体,实现跟骨生物力学的传导<sup>[15]</sup>。

针对这些技术要点,本研究通过多枚埋头钉对跟骨骨折进行更为坚强、更加符合生物力学的三维立体固定:(1)通过牵引架及辅助器械闭合复位后,首先在距下关节面下方打入1~2枚3.5 mm的埋头钉,将距下关节面的2~3个骨块恢复为一个整体,恢复并维持跟骨的宽度;(2)自跟骨后结节跖侧,向距下关节面打入2枚5.0 mm的空心螺钉,2枚螺钉分别从跟骨后结节跖侧,沿跟骨外侧壁和内侧壁至距下关节面的软骨下骨,拧入螺钉时远端1 cm不使用空心钻,靠埋头钉自攻至软骨下骨,对距下关节面起支撑作用;同时内侧壁的埋头钉可以起到维持跟骨内翻的作用;(3)从跟骨后结节跟腱止点处向跟骰方向打入2枚5.0 mm的空心螺钉,螺钉位于向距下关节方向打入的2枚螺钉的中心,并成上下两排向跟骰关节方向打入,维持跟骨的长度;同时可以利用螺钉本身对距下关节面的骨块起到支撑和防止塌陷的效果。通过多枚螺钉对跟骨骨折块的三维髓内固定,实现跟骨的坚强固定。有研究发现,与钢板螺钉固定相比,空间编制固定拥有更良好的结构稳定性,极大提高了跟骨骨折固定的疗效<sup>[25]</sup>。末次随访经皮组的Böhler角、Gissane角、软骨面塌陷、跟骨宽度、跟骨高度均优于开放组( $P<0.05$ ),说明经皮组的髓内多维固定更加符合跟骨的生物力学,能提供更好的固定强度,维持跟骨术后形态。

综上所述,闭合复位埋头钉三维立体髓内固定治疗Sanders II、III型跟骨骨折,采用多枚螺钉髓内三维固定,更加符合跟骨的生物力学特征,能有效维持骨折后跟骨的正常形态和位置。闭合复位微创治疗,使患者能早期康复,更早地重返工作岗位,大大减少并发症的发生,提高了患者的主观满意度和客观疗效,值得在临床上推广应用。

**利益冲突声明** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 张洋:课题设计、实施和论文写作、采集分析和解释数据、解释分析;孔德海:酝酿和设计实验、统计分析、支持性贡献;赵永杰:实施研究、采集数据及支持性贡献;刘颖:提供行政及技术或材料支持、指导、统计分析;孙广超:酝酿和设计实验、起草文章及文章审阅

### 参考文献

[1] 金文,孙良业,高庆,等.地塞米松罗哌卡因预防跟骨骨折切口并发症[J].中国矫形外科杂志,2024,32(1):71-74. DOI:

10.3977/j.issn.1005-8478.2024.01.12.  
Jin W, Sun LY, Gao Q, et al. Dexamethasone and ropivacaine for prevention of incision complications of open reduction and internal fixation of calcaneal fractures [J]. Orthopedic Journal of China, 2024, 32 (1): 71-74. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2024.01.12.  
[2] 俞云飞,胡钢,严松鹤,等.两种切口开放复位内固定跟骨骨折的比较[J].中国矫形外科杂志,2022,30(12):1081-1086. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.12.05.  
Yu YF, Hu G, Yan SH, et al. Comparison of two incisions for open reduction and internal fixation of calcaneus fractures [J]. Orthopedic Journal of China, 2022, 30 (12): 1081-1086. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.12.05.  
[3] Sato K, Yorimitsu M, Uehara T, et al. Comparison of screw versus locking plate fixation via sinus tarsi approach for displaced intra-articular calcaneal fractures [J]. Foot Ankle Surg, 2023, 29 (1): 97-102. DOI: 10.1016/j.fas.2022.11.002.  
[4] Haggerty EK, Chen S, Thordarson DB. Review of calcaneal osteotomies fixed with a calcaneal slide plate [J]. Foot Ankle Int, 2020, 41 (2): 183-186. DOI: 10.1177/1071100719877148.  
[5] 王庆贤,陈伟,张英泽.25期跟骨骨折微创学习班核心内容概要[J].中华创伤杂志,2022,38(6):563-564. DOI: 10.3760/cma.j.cn501098-20220505-00354.  
Wang QX, Chen W, Zhang YZ. Summary of the core content of the 25th minimally invasive course on calcaneal fracture [J]. Chinese Journal of Trauma, 2022, 38 (6): 563-564. DOI: 10.3760/cma.j.cn501098-20220505-00354.  
[6] Day MA, Ho M, Dibbern K, et al. Correlation of 3D joint space width from weightbearing CT with outcomes after intra-articular calcaneal fracture [J]. Foot Ankle Int, 2020, 41 (9): 1106-1116. DOI: 10.1177/1071100720933891.  
[7] Rayes J, Sharplin P, Maalouf P, et al. A stepwise minimally invasive sinus tarsi approach to open reduction and internal fixation of displaced intra-articular calcaneal fractures: technique tip [J]. Foot Ankle Int, 2023, 44 (6): 565-573. DOI: 10.1177/10711007231165765.  
[8] 陈言智,杨志强,张元,等.两种入路开放复位内固定Sanders II-III跟骨骨折[J].中国矫形外科杂志,2023,31(8):694-699. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.08.05.  
Chen YZ, Yang ZQ, Zhang Y, et al. Two approaches for open reduction and internal fixation of Sanders II-III calcaneal fractures [J]. Orthopedic Journal of China, 2023, 31 (8): 694-699. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.08.05.  
[9] Yuan X, Tan K, Hu J, et al. Does robot-assisted percutaneous hollow screw placement combined with tarsal sinus incision reduction in the treatment of calcaneal fracture perform better at a minimum two year follow-up compared with traditional surgical reduction and fixation [J]. Int Orthop, 2023, 47 (6): 1575-1581. DOI: 10.1007/s00264-023-05752-7.  
[10] Vosoughi AR, Borazjani R, Ghasemi N, et al. Different types and epidemiological patterns of calcaneal fractures based on reviewing CT images of 957 fractures [J]. Foot Ankle Surg, 2022, 28 (1): 88-

92. DOI: 10.1016/j.fas.2021.02.002.
- [11] Guo C, Xu Y, Li C, et al. Comparing less invasive plate fixation versus screw fixation of displaced intra-articular calcaneus fracture via sinus tarsi approach [J]. *Int Orthop*, 2021, 45 (9) : 2231–2237. DOI: 10.1007/s00264-020-04867-5.
- [12] Wang Q, Zhang N, Guo W, et al. Cannulated screw fixation versus plate fixation in treating displaced intra-articular calcaneus fractures: a systematic review and meta-analysis [J]. *Int Orthop*, 2021, 45 (9) : 2411–2421. DOI: 10.1007/s00264-021-05141-y.
- [13] 彭红元, 李鹏, 刘亮, 等. 跟骨钉治疗跟骨骨折的现状 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (22) : 2055–2058. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.22.08.
- Peng HY, Li P, Liu L, et al. Current treatment of calcaneal® for calcaneal fracture [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (22) : 2055–2058. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.22.08.
- [14] Bremer AK, Kraller L, Frauchiger L, et al. Limited open reduction and internal fixation of calcaneal fractures [J]. *Foot Ankle Int*, 2020, 41(1) : 57–62. DOI: 10.1177/1071100719873273.
- [15] Lv ML, Ni M, Sun W, et al. Biomechanical analysis of a novel double-point fixation method for displaced intra-articular calcaneal fractures [J]. *Front Bioeng Biotechnol*, 2022, 10: 791554. DOI: 10.3389/fbioe.2022.791554.
- [16] Biz C, Refolo M, Zinnarello FD, et al. A historical review of calcaneal fractures: from the crucifixion of Jesus Christ and Don Juan injuries to the current plate osteosynthesis [J]. *Int Orthop*, 2022, 46 (6) : 1413–1422. DOI: 10.1007/s00264-022-05384-3.
- [17] Dickenson EJ, Parsons N, Griffin DR. Open reduction and internal fixation versus nonoperative treatment for closed, displaced, intra-articular fractures of the calcaneus: long-term follow-up from the HeFT randomized controlled trial [J]. *Bone Joint J*, 2021, 103-B (6) : 1040–1046. DOI: 10.1302/0301-620X.103B6.BJJ-2020-1962.R2.
- [18] Jianchuan W, Song Q, Tienan W, et al. Calcaneus traction compression with orthopaedic reduction forceps combined with percutaneous minimally invasive treatment of intra-articular calcaneal fractures: an analysis of efficacy [J]. *Biomed Pharmacother*, 2020, 128: 110295. DOI: 10.1016/j.biopha.2020.110295.
- [19] Eltabbaa AY, El-Rosasy MA, El-Tabbakh MR, et al. Minimally invasive K-wire fixation of displaced intraarticular calcaneal fractures through a minimal sinus tarsi approach [J]. *J Orthop Traumatol*, 2023, 24(1) : 4. DOI: 10.1186/s10195-022-00680-5.
- [20] 可雨奇, 赵鑫, 田欣雨, 等. 跟骨骨折临时外固定牵开闭合复位空心钉内固定 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (7) : 649–652. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.07.15.
- Ke YQ, Zhao Xin, Tian XY, et al. Closed reduction and percutaneous cannulated screw fixation under temporary distraction by external frames for calcaneal fractures [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (7) : 649–652. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.07.15.
- [21] 黄杰, 刘瑾, 张建伟. 经皮复位微创跟骨钉中钉固定治疗 Sanders II型及III型跟骨骨折 [J]. *中国骨伤*, 2023, 36 (4) : 313–319. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.04.004.
- Huang J, Liu J, Zhang JW. Treatment of Sanders type III to III calcaneal fractures with percutaneous reduction and minimally invasive calcaneal screw fixation [J]. *China Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 2023, 36 (4) : 313–319. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.04.004.
- [22] Eichinger M, Brunner A, Stofferin H, et al. Screw tip augmentation leads to improved primary stability the minimally invasive treatment of displaced intra-articular fractures of the calcaneus: a biomechanical study [J]. *Int Orthop*, 2019, 43 (9) : 2175–2181. DOI: 10.1007/s00264-018-4171-9.
- [23] Kato M, Takegami Y, Tokutake K, et al. Comparison of the outcomes of plating, screw fixation, and pinning in Sanders type II fractures: a multicenter (TRON) retrospective study [J]. *J Foot Ankle Surg*, 2024, 63 (2) : 171–175. DOI: 10.1053/j.jfas.2023.10.002.
- [24] Bernasconi A, Iorio P, Ghani Y, et al. Use of intramedullary locking nail for displaced intraarticular fractures of the calcaneus: what is the evidence [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2022, 142 (8) : 1911–1922. DOI: 10.1007/s00402-021-03944-7.
- [25] Zhang Y, Weng Q, Gu Y, et al. Calcaneal fractures: 3D-printing model to assist spatial weaving of percutaneous screws versus conventional open fixation—a retrospective cohort study [J]. *Int Orthop*, 2021, 45 (9) : 2337–2346. DOI: 10.1007/s00264-021-05094-2.

(收稿:2024-01-23 修回:2024-09-02)  
(同行评议专家:李健, 窦洪磊)  
(本文编辑:郭秀婷)