

· 系统综述 ·

# 跟骨钉治疗跟骨骨折的现状

彭红元, 李 鹏, 刘 亮, 向自力\*

(张家界市人民医院骨一科, 湖南张家界 427000)

**摘要:** 跟骨骨折是一种常见但复杂的骨折, 治疗不当将严重影响生活质量。跟骨外侧 L 切口切开复位内固定术一直被认为是跟骨骨折治疗的“金标准术式”, 但这种经典的手术方式可伴随严重的软组织并发症, 因而跟骨骨折的微创治疗是诸多学者的研究方向。跟骨钉 (Calcanail®) 是近来报道的一种用于跟骨骨折微创治疗的交锁钉, 取得了良好固定效果, 并可有效减少跟骨骨折的软组织并发症。本文就跟骨钉在跟骨骨折中的应用做一综述。

**关键词:** 跟骨钉, 交锁钉, 跟骨骨折, 微创治疗, 并发症

**中图分类号:** R683.42      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2022) 22-2055-04

**Current treatment of Calcanail® for calcaneal fracture** // PENG Hong-yuan, LI Peng, LIU Liang, XIANG Zi-li. The First Department of Orthopedics, The People's Hospital of Zhangjiajie City, Zhangjiajie 427000, China

**Abstract:** Calcaneal fracture is common but complex fracture, while improper treatment will significantly impact patients' quality of life. Although open reduction and internal fixation through the lateral L-shaped incision is considered the "gold standard" for surgical treatment for this fracture, the minimally invasive surgery is the research hotspot for many scholars because the classical surgical technique might be accompanied by serious soft tissue complications. Calcanail® was reported as a kind of interlocking nail for calcaneal fractures recently, which was used by minimally invasive surgery way for calcaneal fractures with good outcomes and less soft tissue complications. This paper reviewed the current application of Calcanail® for calcaneal fracture.

**Key words:** Calcanail®, interlocking nail, calcaneal fracture, minimally invasive surgery, complications

跟骨骨折常伴软组织损伤、肿胀, 外侧 L 切口切开复位内固定术虽能取得良好的长期疗效<sup>[1, 2]</sup>, 但其严重的软组织并发症严重影响治疗效果<sup>[3, 4]</sup>, 因而提高治疗效果并降低软组织并发症的微创治疗一直是诸多学者的研究目标<sup>[5]</sup>。交锁钉是一种置于长骨髓内的固定物, 常用来治疗股骨骨折、胫骨骨折以及肱骨骨折, 尤其在下肢负重长骨骨折中具有更好的承重及稳定性能<sup>[6, 7]</sup>。跟骨钉 (Calcanail®) 是一种用于治疗跟骨骨折的特殊交锁钉, 主体由 1 枚主钉及 2 枚锁钉构成, 2012 年首次被 Goldzak 等<sup>[8]</sup>报道, 明显降低了跟骨骨折的软组织并发症, 近年来用于治疗跟骨骨折的报道逐渐增多, 并取得良好治疗效果, 本文就 Calcanail®在跟骨骨折的应用做一综述。

## 1 文献检索结果

使用计算机检索 PubMed、中国知网数据库, 检索时间为建库到 2021 年 8 月 6 日, 英文检索式为

“calcanail AND calcaneal fracture”、“interlocking nail AND calcaneal fracture”、“intramedullary nail AND calcaneal fracture”、“locking nail AND calcaneal fracture”, 中文检索式为“交锁钉 AND 跟骨骨折”、“带锁钉 AND 跟骨骨折”、“髓内钉 AND 跟骨骨折”, 共检索到英文文献 158 篇, 中文文献 4 篇, 阅读标题、摘要、全文排除重复文献以及所述内容不是 Calcanail®治疗跟骨骨折的文献后, 共 14 篇文献纳入本研究, 其中临床研究文献 6 篇, 结果见表 1。

## 2 Calcanail®的适应证

Calcanail®是一种可用于不同微创手术的内固定, 既可用于跟骨骨折的骨折复位内固定术, 也可用于跟距关节融合术<sup>[8]</sup>。目前对于其用作跟骨骨折复位内固定的适应证尚未达成共识。不同学者在应用此技术时, 对患者采用不同分型方法, 并且, 即使分型方

法相同时，各学者对于适应证的观点也不相同。Falis 等<sup>[9]</sup>只采用了 Uthéza 分型方法，并将 Calcanail® 应用至垂直压缩骨折、横向往型 2、3 部分骨折以及混合型 2、3 部分骨折。而其他学者在其研究中采用了 Sanders 分型方法，多数学者认为可将 Calcanail® 应用至 Sanders II~IV 型跟骨骨折的骨折复位内固定术。但

Saß 等<sup>[10]</sup>认为 Sanders II、III 型跟骨骨折为适应证，Sanders IV 型跟骨骨折是应用 Calcanail® 行骨折复位内固定的禁忌证，并指出因合并糖尿病而存在跟骨外侧 L 切口切开复位内固定禁忌证的患者尤其适合该治疗方法。另外，其在研究中也指出累及跟骨结节的关节外骨折也是适应证之一。

表 1 跟骨钉治疗跟骨骨折的主要文献

时间	作者	病例数 (例)	随访时间 (月)	末次 AOFAS 评分 (分)
2015 年	Simon 等 <sup>[11]</sup>	67	12.3	86.5
2016 年	Falis <sup>[9]</sup>	18	12	82
2018 年	Fascione 等 <sup>[12]</sup>	15	18	85
2018 年	Saß 等 <sup>[10]</sup>	42	12	86
2019 年	Fourgeaux 等 <sup>[18]</sup>	26	34	79
2019 年	Herlyn 等 <sup>[19]</sup>	20	11.3	71.6

### 3 闭合复位 Calcanail® 固定治疗跟骨骨折的手术操作

使用 Calcanail® 治疗跟骨骨折时，有独特的复位方式，笔者将其称为跟骨结节隧道推压复位，复位过程不需要暴露跟距后关节面，极大减少了软组织损伤<sup>[7-9, 11, 12]</sup>。当为单足损伤时，常采用侧卧位，而为双足骨折时，则多使用俯卧位。首先自跟骨结节攻入 1 枚克氏针，朝向跟距后关节面。再使用 2 枚粗针以垂直矢状面方向分别钻入跟骨以及距骨外侧面中心部位，套上卡斯帕牵引器纠正跟骨内翻并持续牵引以增大跟距关节面间隙。以克氏针为导丝，使用铰刀钻出骨通道至后关节面骨折碎块，保存好铰刀内骨质。再以骨夯实器通过通道推压骨折碎块进行复位，随后再进行植骨并置入 Calcanail® 固定骨折<sup>[7]</sup>。根据骨折情况决定是否需要使用导向器置入指向距面的螺钉，若跟骨体内的骨空洞明显，注射可吸收磷酸钙骨水泥促进愈合<sup>[13]</sup>。值得注意的是，当跟骨骨折类型为舌形骨折时，复位方式并不相同。2 枚粗针不再钻入距骨，而是分别自跟骨外侧面钻入跟骨体部以及舌形骨折块，使用牵引器并结合骨夯实器将骨折块推压复位，而 Calcanail® 的置入方向也应尽量垂直骨折线<sup>[14]</sup>。

### 4 生物力学分析

作为一种新型内固定，良好的稳定性是其应用的

基础，目前生物力学分析是评估稳定性的重要手段。在 Goldzak 等<sup>[15]</sup>的一项生物力学研究中，7 具尸体的酶腐蚀跟骨（14 例）被电动摆锯造成 Sanders IIB 型骨折并分成两组，分别用 Calcanail® 以及 AO 锁定接骨板进行固定，对其相应的距骨施加压力并监测载荷变形图以及断裂单元在加载过程中的相对运动，结果提示使用 Calcanail® 的跟骨距下关节碎片的位移明显低于接骨板组，且其固定后的刚度和失效载荷明显高于接骨板组，故作者认为 Calcanail® 更适用于跟骨骨折的复位内固定治疗。Reinhardt 等<sup>[16]</sup> 研究中，新鲜尸体的跟骨（21 例）被造成 Sanders IIB 型骨折，并采用锁定板、Calcanail® 及 C-Nail 进行固定并进行生物力学分析，结果提示 Calcanail® 与锁定接骨板在失效负荷、动态失败序列次数、内固定刚度、Böhler 角变化幅度、骨折碎块的运动均无明显差异，故认为 Calcanail® 初始稳定性并不差于锁定接骨板。而在 Ni 等<sup>[17]</sup> 的研究中，Calcanail® 结合螺钉被用于 Sanders IIIAB 型跟骨骨折并对比锁定接骨板，结果提示 Calcanail® 结合螺钉具有最高的结构刚度、最小的移动和最低的冯米斯应力。尽管生物力学研究对内固定稳定性的研究受骨折类型的影响，临床中的骨折类型难以逐一模拟，且研究中的样本量较小，但就研究中的骨折类型而言，Calcanail® 的稳定性似乎是可靠的。

### 5 临床疗效分析

Calcanail® 是一种新型内固定，且其应用至跟骨骨折复位内固定时，需要使用一种新的闭合复位方

法, 因而其临床疗效仍是诸多学者关注的重点。Simon 等<sup>[11]</sup>将此技术应用至 Sanders II~IV 型跟骨骨折中, 随访 12.3 个月, 57 例患者中仅有 3 例需要二期行距下关节融合术, 且 54 例患者美国足踝外科协会(The American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS) 踝-后足评分为 86.5 分, 其中 Sanders II、III、IV 患者评分分别为 87 分、84 分、80 分。Fascione 等<sup>[12]</sup>和 Fourgeaux 等<sup>[18]</sup>也将该技术应用至 Sanders II~IV 型跟骨骨折, 并取得相近疗效, 两种 AOFAS 评分分别为 85 分、79 分。尽管在 Herlyn 等<sup>[19]</sup>一项对比研究中, Calcanail®应用至 Sanders II~IV 跟骨骨折中, 患者 AOFAS 评分仅为 71.6 分, 相对其他学者研究中的结果较低, 但在其研究中, 外侧 L 切口切开复位内固定组患者的 AOFAS 评分也仅有 69.1 分, 使用 Calcanail®能取得与外侧 L 切口切开复位内固定疗效相当的疗效。Saß 等<sup>[10]</sup>认为 Sanders IV 型跟骨骨折是闭合复位 Calcanail®固定的禁忌证, 故其研究对象为 Sanders II、III 跟骨骨折, 随访 12 个月, 42 例患者的 AOFAS 评分为 86 分。另外, Falis 等<sup>[9]</sup>将 Calcanail®应用至 Uthéza 分型中部分类型跟骨骨折患者, 随访 12 个月, AOFAS 评分为 82 分。就目前文献报道, Calcanail®应用至跟骨骨折复位内固定术均取得了良好的疗效, 但目前文献数量以及文献中病例数量相对较少, 文献中的随访时间也相对较短, 需要进行进一步的随访来确定其长期疗效。

Calcanail®被应用于固定跟骨骨折时, 也具有独特的优势, 其复位常采用闭合复位, 仅在铰刀钻入跟骨时切开跟骨结节处软组织, 因而对于术前的软组织要求较低, 即使是跟骨周围软组织损伤达到 Tschme 3 级也可早期手术治疗, 明显缩短术前准备时间<sup>[9]</sup>。由于术中手术创伤小, 软组织并发症发生率极低, 在 Falis 等<sup>[9]</sup>、Simon 等<sup>[11]</sup>、Fascione 等<sup>[12]</sup>以及 Herlyn 等<sup>[19]</sup>研究中均无软组织坏死及感染病例。Fourgeaux 等<sup>[18]</sup>的研究中, 26 位患者出现了 1 例感染以及 1 例伤口愈合不良, 但相对跟骨外侧 L 切口切开复位内固定术的软组织并发症的高发生率而言, 其软组织感染率仍是较低。

## 6 并发症与不足

尽管 Calcanail®被用于跟骨骨折复位内固定总体获得良好的短期临床疗效, 但其应用时采用闭合复位方式, 复位过程中也有可能存在复位不佳的情况。不同于撬拨复位以及球囊扩张复位, 应用 Calcanail®

时, 需要空心铰刀创造骨通道, 使用骨夯实器通过骨通道将关节面碎块复位。因此, 创建正确的骨通道是复位的基础。但在正确的骨通道的情况下仍复位困难, 可结合跗骨窦切开复位或关节镜进行辅助复位。对于复位不佳而后足功能较差的患者, 二期跟距关节融合术是解决这一并发症的主要措施, 目前的多数临床病例研究中有因复位不佳导致足部功能较差并需要二期距下关节融合术的报道, 但此类患者比例较少, 也反映了闭合复位 Calcanail®固定治疗跟骨骨折的有效性。

Calcanail®主钉顶端位于跟骨关节面下方能直接承担患者体重, 但其结构相对简单, 对于跟骨前部的骨折块无法固定, 当跟骨前部骨折块需要固定时, 则需结合其他内置入物进行固定。

选择 Calcanail®进行固定时需选择合适的规格, Simon 等<sup>[11]</sup>的研究中, 5 例患者因内固定过长而导致疼痛, 其中 1 例主钉过长, 4 例锁钉过长, 最终需要移除内固定以缓解症状。

## 7 Calcanail®在跟距融合术中的应用

对于跟距后关节面不可修复的跟骨骨折以及跟距后关节面复位不佳导致足功能较差的患者, 跟距关节融合术是最终治疗手术, 而大规格的 Calcanail®也可用于跟距关节融合术中。手术可采用跗骨窦入路, 但当跟骨增宽伴有肌腱撞击综合征, 需要进行跟骨截骨矫形、软组织松解术时, 以后外侧入路为佳<sup>[20]</sup>。在 Simon 等<sup>[11]</sup>研究中, 将 Calcanail®应用至一期跟距关节融合术共 6 例, AOFAS 评分为 75.6 分。另外, Saß 等<sup>[10]</sup>研究中, 也有 6 例取得良好效果。但目前临床研究及手术经验报道较少, 需要高质量研究进一步验证疗效。

综上所述, Calcanail®是一种拥有多个规格的跟骨内置物, 既可用于跟骨骨折复位内固定术, 也可用于跟距关节融合术。目前临床文献表明其用于跟骨骨折复位内固定可取得良好疗效, 但由于相关文献较少, 其用作跟骨骨折内固定的适应证尚未达成统一意见。与此同时, 该内置物应用时采取独特的复位技术, 其复位效果是否优于撬拨复位、球囊扩张复位、跗骨窦切开复位等微创技术以及外侧 L 切口切开复位尚不确定, 需要更进一步的高质量对比研究。另外, 对于跟距后关节面不可修复以及治疗效果不佳的跟骨骨折, Calcanail®可用于一期或二期跟距关节融合术。总之, Calcanail®是一种潜力较大的跟骨内置

物, 但需要进行更多的临床实践来进一步明确其疗效。

#### 参考文献

- [1] 王攀峰, 夏琰, 章云童, 等. 两种切口开放复位内固定治疗跟骨骨折比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (2) : 170-173.
- [2] 李坚强, 陈坤峰, 赵志坚. 两种切口开放复位内固定跟骨骨折比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (24) : 2284-2286.
- [3] Jin C, Weng D, Yang W, et al. Minimally invasive percutaneous osteosynthesis versus ORIF for Sanders type II and III calcaneal fractures: a prospective, randomized intervention trial [J]. J Orthop Surg Res, 2017, 12 (1) : 10.
- [4] Khurana A, Dhillon MS, Prabhakar S, et al. Outcome evaluation of minimally invasive surgery versus extensile lateral approach in management of displaced intra-articular calcaneal fractures: a randomized control trial [J]. Foot (Edinb), 2017, 31: 23-30.
- [5] 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.
- [6] 陈洪强, 刘炯, 陈德斌, 等. 顺行髓内钉与钢板固定股骨远端关节外骨折比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (4) : 303-306.
- [7] 王觅格, 孙哲思, 王卫明, 等. 两种方式治疗胫骨中下段骨折的疗效比较 [J]. 临床骨科杂志, 2021, 24 (1) : 124-127.
- [8] Goldzak M, Mittlmeier T, Simon P. Locked nailing for the treatment of displaced articular fractures of the calcaneus: description of a new procedure with calcanail® [J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2012, 22 (4) : 345-349.
- [9] Falis M, Pyszel K. Treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures by intramedullary nail. Preliminary report [J]. Ortop Traumatol Rehabil, 2016, 18 (2) : 141-147.
- [10] Saß M, Rotter R, Mittlmeier T. Minimally invasive internal fixation of calcaneal fractures or subtalar joint arthrodesis using the Calcanail® [J]. Oper Orthop Traumatol, 2019, 31 (2) : 149-164.
- [11] Simon P, Goldzak M, Eschler A, et al. Reduction and internal fixation of displaced intra-articular calcaneal fractures with a locking nail: a prospective study of sixty nine cases [J]. Int Orthop, 2015, 39 (10) : 2061-2067.
- [12] Fascione F, Di Mauro M, Guelfi M, et al. Surgical treatment of displaced intraarticular calcaneal fractures by a minimally invasive technique using a locking nail: a preliminary study [J]. Foot Ankle Surg, 2019, 25 (5) : 679-683.
- [13] Roukis TS. Joint-sparing surgical management of Sanders IV displaced intra-articular calcaneal fractures [J]. Clin Podiatr Med Surg, 2019, 36 (2) : 251-268.
- [14] Roukis TS. Closed manipulation, intraosseous reduction, and rigid internal fixation for displaced intra-articular calcaneal fractures [J]. Clin Podiatr Med Surg, 2019, 36 (2) : 197-210.
- [15] Goldzak M, Simon P, Mittlmeier T, et al. Primary stability of an intramedullary calcaneal nail and an angular stable calcaneal plate in a biomechanical testing model of intraarticular calcaneal fracture [J]. Injury, 2014, 45 (Suppl. 1) : S49-S53.
- [16] Reinhardt S, Martin H, Ulmar B, et al. Interlocking nailing versus interlocking plating in intra-articular calcaneal fractures: a biomechanical study [J]. Foot Ankle Int, 2016, 37 (8) : 891-897.
- [17] Ni M, Wong DW, Niu W, et al. Biomechanical comparison of modified Calcanail system with plating fixation in intra-articular calcaneal fracture: a finite element analysis [J]. Med Eng Phys, 2019, 70 (1) : 55-61.
- [18] Fourceaux A, Estens J, Fabre T, et al. Three-dimensional computed tomography analysis and functional results of calcaneal fractures treated by an intramedullary nail [J]. Int Orthop, 2019, 43 (12) : 2839-2847.
- [19] Herlyn A, Brakelmann A, Herlyn PK, et al. Calcaneal fracture fixation using a new interlocking nail reduces complications compared to standard locking plates - Preliminary results after 1. 6 years [J]. Injury, 2019, 50 (Supl. 3) : 63-68.
- [20] Fuentes-Viejo D, Cellarier G, Lauer P, et al. Primary or secondary subtalar arthrodesis and revision of calcaneal nonunion with minimally invasive rigid internal nail fixation for treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures [J]. Clin Podiatr Med Surg, 2019, 36 (2) : 295-306.

(收稿:2021-10-27 修回:2022-06-29)

(同行评议专家: 王丙刚)

(本文编辑: 宁 桦)