

跟骨截骨矫形术治疗跟骨骨折畸形愈合的研究进展

张宇飞¹, 白玉², 张高伟¹, 张浩¹, 史炎鑫²

(1. 河南中医药大学骨伤学院, 河南 郑州 450002;

2. 郑州市骨科医院, 河南 郑州 450052)

摘要 跟骨骨折畸形愈合在临床上比较常见, 不同的骨折损伤机制导致其表现各异。跟骨截骨矫形术是治疗跟骨骨折畸形愈合的常用方法, 但目前临床上尚无统一的截骨术式, 手术方案的选择仍存争议。为进一步了解跟骨截骨矫形术治疗跟骨骨折畸形愈合的研究进展, 本文从跟骨骨折畸形愈合的分型、跟骨截骨矫形手术方法及跟骨截骨矫形术治疗跟骨骨折畸形愈合存在的问题 3 个方面进行了综述。

关键词 骨折; 跟骨; 骨折愈合; 截骨术; 综述

跟骨骨折是一种常见的后足骨折, 占跗骨骨折的 60% ~ 70%、所有骨折的 2%, 约 75% 的跟骨骨折是关节内骨折^[1-3]。移位的跟骨关节内骨折被认为是难治的骨折之一^[4], 延误治疗可导致骨折畸形愈合, 严重影响患者生活质量^[5-6]。跟骨骨折畸形愈合的手术治疗方法多样, 除传统的切开复位内固定、距下关节融合、丘部重建等手术方法外, 跟骨截骨矫形术也比较常用。但目前临床上针对跟骨骨折畸形愈合尚无统一的截骨术式, 手术方案的选择仍存争议。为进一步了解跟骨截骨矫形术治疗跟骨骨折畸形愈合的研究进展, 本文从跟骨骨折畸形愈合的分型、跟骨截骨矫形术的手术方法及跟骨截骨矫形术治疗跟骨骨折畸形愈合存在的问题 3 个方面进行了综述。

1 跟骨骨折畸形愈合的分型

跟骨骨折畸形愈合主要表现在以下方面^[7-11]: ①跟骨高度降低、Böhler 角减小。跟骨高度降低使腓肠肌-比目鱼肌复合体的杠杆力臂缩短, 跟腱的滑动效果丧失, 足部跖屈力量减弱, 影响行走功能; Böhler 角减小, 距骨倾斜角度减小, 距骨体较宽的前部可能会卡在踝榫上, 导致距骨颈在胫骨远端前部的撞击, 出现踝关节疼痛及活动受限。②足跟增宽。跟骨侧壁移位造成足跟增宽, 侵犯腓骨肌腱及腓肠神经, 出现腓骨撞击、腓骨肌腱炎、肌腱脱位甚至撕裂。③后足内翻畸形。跟骨结节骨折致后足内翻畸形, 会使踝关节偏心负荷、跗横关节交锁、中足活动度下降, 可加速足部关节的磨损。④跟骰关节撞击。48% 的跟骨

骨折涉及跟骰关节^[11], 延伸至该关节的继发性骨折线可能导致跟骨前外侧骨折, 如果前外侧移位的骨折块未复位, 可能造成跟骰关节撞击。⑤距下关节创伤性关节炎。移位的跟骨关节内骨折会改变距下关节的压力分配, 引起距下关节退变, 导致创伤性关节炎。

根据跟骨形态改变情况, 学者们对跟骨骨折畸形愈合进行了分型, 目前常用的分型有 Stephens 分型^[12]和 Rammelt - Zwipp 分型^[13]。具体分型见表 1、表 2。

表 1 跟骨骨折畸形愈合的 Stephens 分型

分型	跟骨骨折畸形愈合特征
I 型	外侧壁巨大膨出、无移位, 轻度或无距下关节炎
II 型	外侧壁巨大膨出, 广泛的距下关节炎, 跟骨内翻 $\leq 10^\circ$
III 型	外侧壁巨大膨出, 广泛的距下关节炎, 跟骨内翻 $> 10^\circ$

表 2 跟骨骨折畸形愈合的 Rammelt - Zwipp 分型

分型	跟骨骨折畸形愈合特征
0 型	不伴有距下关节炎
I 型	伴有距下关节炎、无畸形
II 型	距下关节炎伴内翻畸形
III 型	距下关节炎伴跟骨高度降低
IV 型	距下关节炎伴跟骨结节向外移位
V 型	距骨相对踝关节发生倾斜

2 跟骨截骨矫形手术方法

2.1 外侧壁截骨术 适用于跟骨外侧壁膨出畸形, 是跟骨骨折畸形愈合截骨矫形术中的一项基本操作。该方法可恢复跟骨宽度, 且有助于显露距下关节, 利于后续手术操作。

2.2 循原骨折线截骨术 该方法是将跟骨外侧膨出的骨质去除后, 显露距下关节, 找到原始的骨折线并循原骨折线截骨, 再按新鲜跟骨骨折进行处理, 主要

适用于骨折畸形愈合时间较短、无或鲜有负重史、畸形不严重、跟骨后关节面骨折块较大的 Rammelt - Zwipp I 型至 IV 型跟骨骨折畸形愈合^[14-16]。其优点是能将畸形愈合的跟骨骨折转变为新鲜骨折,以矫正畸形、恢复跟骨的解剖形态;缺点是对于受伤至矫形手术时间超过 4 个月,且有负重史的跟骨骨折畸形愈合患者,由于骨折线消失,失去参照目标,该方法不适用^[15]。

2.3 “V”形截骨术 该方法的第一截骨线是塌陷的跟距后关节面嵌插入跟骨体的界线,第二截骨线在跟骨丘部,跟骨丘部的斜形截骨与第一截骨线在跟骨跖侧“V”形相交,主要适用于 Sanders II 型、III 型跟骨骨折发生畸形愈合的患者。其优点是可将塌陷的后关节面完整取出并直视下进行解剖复位,有利于恢复跟骨高度、增强足部跖屈力量,且不会对关节软骨造成二次损害;缺点是其对手术医师的技术要求较高,如截骨不足可能造成截下的距下关节骨块太小而不能牢靠固定,且第一截骨线的截骨深度不好把握,过深可造成关节面新发骨折^[17-18]。

2.4 跟骨体斜形滑动截骨术 该方法是自跟骨结节跟腱附着部上缘与跟距后关节面后缘连线的中点,垂直跟骨外侧壁,与足底呈 45°角向跟骨跖侧截骨,主要适用于跟骨结节内翻并向外侧移位,跟骨长度缩短、高度降低的 Stephens II 型、III 型跟骨骨折畸形愈合^[19-22]。其优点是在关节外截骨矫形,可有效恢复跟骨的高度、长度、Pitch 角,纠正后足力线,改善足弓,恢复足的外观,且手术难度相对较小、手术时间短、无需植骨。其缺点有:①截下的跟骨结节骨块由于需要向后、向外、向下牵拉以恢复跟骨的长度、力线和高度,会造成皮肤和跟腱的张力增加,导致缝合困难及患足背伸不足,需要行减张缝合及跟腱延长术;②需将跟骨结节骨块完全分离,容易损伤足内侧的血管神经及足底外侧神经;③需联合关节内跟骨截骨矫形术或关节融合术^[20-21,23]。

2.5 跟骨体水平截骨术 该方法是沿后关节面骨折块的基底部,水平向后至距跟骨结节 3~5 mm 处、向内达跟骨内壁进行截骨,主要适用于跟骨舌形骨折后的畸形愈合、跟骨后关节突凹陷、距下关节与舌形骨折碎片向前旋转方向不一致的患者^[5]。其优点是可抬高凹陷的关节碎片,恢复跟骨高度、Böhler 角及距下关节的一致性。但该方法适用范围较小,临床应用

较少。

2.6 楔形截骨术 该方法是在跟骨腰部做上窄下宽、内窄外宽的楔形截骨,截骨角度为 40°减去畸形愈合后的 Böhler 角度^[24-25],主要适用于跟骨内翻或外翻畸形 > 15°、高度丢失明显的创伤性扁平足^[25-27]。其优点是可矫正跟骨的高度及内外翻畸形,且截除的楔形截骨块可用于距下关节的融合,无需另外取骨^[24,26]。其缺点有:①截骨面合拢后,跟腱张力增高,需行跟腱延长术;②跟骨短缩,足纵弓缩小,会继发足底韧带松弛,可能影响邻近关节的稳定性^[23,26]。

2.7 旋转移位截骨术 该方法是于跟骨腰部向跟骨跖侧用弧形半圆骨刀做弧形截骨,将截下的跟骨结节骨块向后上方旋转,使截骨面与距骨下关节面接触,代替距下关节^[28]。其主要适用于跟骨舌形骨折后的畸形愈合。该方法的优点是弧形截骨面与距骨下关节面接触面积大,形状吻合,结构稳定,周围血运良好,骨折愈合速度快,可有效恢复跟骨高度^[28-30];缺点是截下的跟骨结节骨块旋转的幅度较大,需在跟骨内侧做软组织松解,可能损伤周围的血管神经,且截骨旋转后可能造成跟骨短缩、足底韧带松弛。

2.8 其他截骨矫形术 近年来随着微创及加速康复理论的推广,微创技术如跗骨窦入路、外侧横切口双窗入路等手术小切口入路及关节镜技术等被广泛应用于跟骨骨折畸形愈合的治疗中。这些方法具有创伤小、恢复快及手术切口边缘皮肤坏死、软组织感染等并发症发生率低等优势,但不适用于需要进行骨移植的关节融合术和复杂的跟骨截骨矫形术^[11],且对术者的技术水平有更高的要求。3D 打印技术通过建立 3D 模型,可做好术前规划、选择最佳术式,并且可模拟手术过程、规划钢板螺钉的位置^[31]、缩短手术时间及减少术中出血量^[32]。3D 打印技术的应用可使跟骨骨折畸形愈合的治疗更加个体化、精细化,但也存在一些问题,如 3D 打印模型与真实情况之间的差距不确定及该技术的推广不足等。

3 跟骨截骨矫形术治疗跟骨骨折畸形愈合存在的问题

跟骨截骨术治疗跟骨骨折畸形愈合近年来有了很大进展,但也存在以下问题:①植骨材料的选择。跟骨截骨后有较大的骨缺损,且截骨平面不稳定,不利于骨愈合,临床中常用自体骨、异体骨或人工骨替代物进行填充。自体骨移植被认为是治疗骨缺损和

骨不连的金标准,但是在骨获取过程中会增加手术切口、延长手术时间、破坏供体部位的正常骨性结构,出现供区出血、疼痛、感染等并发症。异体骨具有和自体骨相似的物理结构,且来源广泛、易于加工和储存,但异体骨植入后易被吸收,可能发生免疫原反应导致骨修复失败。人工骨替代物如羟基磷灰石、磷酸三钙等,移植体内后可与体液相互作用,支持新骨形成,但有可能改变人体免疫功能引起免疫毒性,且其机械性能较差,临床应用有限^[33-34]。②距下关节处理方式的选择。距下关节对维持正常的足和踝关节功能至关重要。距下关节融合会导致足跗骨横向运动功能下降 50%、背伸和跖屈功能下降 56%、内翻外翻角度减少 70%,距舟关节活动明显受限^[5,35]。因此,如果至少 2/3 的距下关节面软骨表面正常,尤其是中央软骨表面,应选择重建手术^[36]。但目前缺乏客观检验标准来评价距下关节软骨是否具有活性。③截骨术式、截骨角度和范围没有量化标准,多是根据手术医生的临床经验及手术过程中具体情况而定。④手术学习曲线较长。

4 小 结

跟骨截骨矫形术治疗跟骨骨折畸形愈合,方法有很多,也取得了很大进展,但在截骨角度、截骨范围、植骨材料的选择及距下关节的处理上还没有统一的标准,截骨方案的选择尚存争议,微创技术及 3D 打印技术等新技术的应用还需进一步推广。

参考文献

- [1] RAMMELT S, ZWIPP H. Fractures of the calcaneus: current treatment strategies [J]. Acta Chir Orthop Traumatol Cech, 2014, 81(3): 177 - 196.
- [2] ELMAJEEI M, WILLIAMS T, BEN - NAFA W, et al. The effectiveness of surgical interventions in the management of malunited calcaneal fractures: a systematic review [J]. J Foot Ankle Surg, 2019, 58(1): 127 - 136.
- [3] HUMPHREY J A, WOODS A, ROBINSON A H N. The epidemiology and trends in the surgical management of calcaneal fractures in England between 2000 and 2017 [J]. Bone Joint J, 2019, 101 - B(2): 140 - 146.
- [4] CLARE M P, CRAWFORD W S. Managing complications of calcaneus fractures [J]. Foot Ankle Clin, 2017, 22(1): 105 - 116.
- [5] YU G R, ZHANG M Z, YANG Y F. Corrective osteotomies for malunited tongue - type calcaneal fractures [J]. Foot Ankle Clin, 2016, 21(1): 123 - 134.
- [6] ICEMAN K L, MAGNUS M K, ROUKIS T S. Salvaging the unsalvageable severe malunion deformity after displaced intra - articular calcaneal fractures: what options exist? [J]. Clin Podiatr Med Surg, 2019, 36(2): 339 - 347.
- [7] LEE H S, KIM W J, PARK E S, et al. Mid-term follow-up results of calcaneal reconstruction for calcaneal malunion [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2019, 20(1): 43.
- [8] RAMMELT S, GRASS R, ZAWADSKI T, et al. Foot function after subtalar distraction bone - block arthrodesis. A prospective study [J]. J Bone Joint Surg Br, 2004, 86(5): 659 - 668.
- [9] SANGEORZAN B J, WAGNER U A, HARRINGTON R M, et al. Contact characteristics of the subtalar joint: the effect of talar neck misalignment [J]. J Orthop Res, 1992, 10(4): 544 - 551.
- [10] SILHANEK A D, RAMDASS R, LOMBARDI C M. The effect of primary fracture line location on the pattern and severity of intraarticular calcaneal fractures: a retrospective radiographic study [J]. J Foot Ankle Surg, 2006, 45(4): 211 - 219.
- [11] 李博华, 黄富国, 刘雷. 陈旧性跟骨骨折的治疗进展 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2017, 31(10): 1273 - 1277.
- [12] STEPHENS H M, SANDERS R. Calcaneal malunions: results of a prognostic computed tomography classification system [J]. Foot Ankle Int, 1996, 17(7): 395 - 401.
- [13] RAMMELT S, ZWIPP H. Corrective arthrodeses and osteotomies for post - traumatic hindfoot malalignment: indications, techniques, results [J]. Int Orthop, 2013, 37(9): 1707 - 1717.
- [14] 辛景义, 张铁良, 王贵忻, 等. 循原骨折线截骨矫正跟骨骨折畸形愈合 [J]. 中华骨科杂志, 2009, 29(3): 198 - 201.
- [15] 张宏宇, 朱永展, 邹运璇, 等. 保留距下关节的跟骨截骨术治疗跟骨骨折畸形愈合 [J]. 实用骨科杂志, 2017, 23(11): 986 - 990.
- [16] 张世民. 跟骨骨折畸形愈合的手术矫正 [J]. 中国矫形外科杂志, 2010, 18(18): 1577 - 1580.
- [17] 李平, 张挥武, 张宇, 等. 四种手术方式行距下关节融合术治疗陈旧性跟骨骨折的疗效观察 [J]. 中国骨伤, 2019, 32(11): 1038 - 1043.
- [18] 李平, 张挥武, 张宇, 等. 保留距下关节的跟骨 V 形截骨矫形术治疗陈旧性跟骨骨折 [J]. 中国骨伤, 2019, 32(10): 947 - 951.
- [19] HUANG P J, FU Y C, CHENG Y M. Subtalar arthrodesis for late sequelae of calcaneal fractures: fusion in situ versus fu-

- sion with sliding corrective osteotomy[J]. *Foot Ankle Int*, 1999, 20(3):166-170.
- [20] 孟显举,陈秀林,邓存宁,等.三面矫正截骨和距下关节融合治疗跟骨畸形愈合[J]. *中医临床研究*, 2015, 7(27):110-112.
- [21] 杨锁平,侯晓进,孟泽祖,等.距下关节融合并跟骨关节外截骨矫形术治疗陈旧性跟骨关节内骨折[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2020, 35(8):808-811.
- [22] 俞光荣,李兵,杨云峰,等.跟骨骨折畸形愈合致平足症的手术治疗[J]. *中华医学杂志*, 2010, 90(33):2308-2312.
- [23] 杨茂清,毕宏政,黄明利.截骨矫形治疗跟骨畸形愈合[J]. *中医正骨*, 2004, 16(9):9-10.
- [24] 王次俭,丛杰,杨荣,等.陈旧性跟骨骨折的矫形治疗[J]. *中国矫形外科杂志*, 2002, 9(7):18-19.
- [25] 宁运乾,刘宇河,罗军.截骨矫形关节融合治疗Ⅲ型跟骨骨折畸形愈合[J]. *实用骨科杂志*, 2013, 19(11):1043-1045.
- [26] 李逸群,包杭生,吴峰,等.跟骨骨折畸形愈合治疗现状与展望[J]. *中国矫形外科杂志*, 2011, 19(8):643-645.
- [27] 薛剑锋,梅国华,邹剑,等.跟骨体楔形截骨结合距下关节融合术治疗跟骨骨折后反屈畸形[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2017, 19(12):1019-1023.
- [28] 李兴华,王爱国,王天旭.跟骨旋转截骨丘部重建距下关节融合治疗陈旧性跟骨骨折畸形愈合[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2011(12):1196-1198.
- [29] 马富强,王爱国,李兴华,等.两种手术方法治疗陈旧性跟骨骨折疗效分析[J]. *中国矫形外科杂志*, 2014, 22(2):115-120.
- [30] 朱梁豫,李兴华,王爱国.陈旧性跟骨骨折畸形愈合的手术治疗:五种手术方式的疗效分析[J]. *足踝外科电子杂志*, 2018, 5(3):15-21.
- [31] SINGH S P, VARGHESE K J, QURESHI F M. Commentary: meta-analysis of 3D printing applications in traumatic fractures[J/OL]. *Front Surg*, 2021, 8 [2021-8-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34859045>.
- [32] YANG S, LIN H, LUO C. Meta-analysis of 3D printing applications in traumatic fractures[J/OL]. *Front Surg*, 2021, 8 [2021-8-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34532337>.
- [33] ZOU W, LI X, LI N, et al. A comparative study of autogenous, allograft and artificial bone substitutes on bone regeneration and immunotoxicity in rat femur defect model[J]. *Regen Biomater*, 2020, 8(1):40.
- [34] EL-HAWARY A, KANDIL Y R, AHMED M, et al. Distraction subtalar arthrodesis for calcaneal malunion: comparison of local versus iliac bone graft[J]. *Bone Joint J*, 2019, 101-B(5):596-60-2.
- [35] SAVORY K M, WÜLKER N, STUKENBORG C, et al. Biomechanics of the hindfoot joints in response to degenerative hindfoot arthrodeses[J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 1998, 13(1):62-70.
- [36] YU G R, HU S J, YANG Y F, et al. Reconstruction of calcaneal fracture malunion with osteotomy and subtalar joint salvage: technique and outcomes[J]. *Foot Ankle Int*, 2013, 34(5):726-733.

(收稿日期:2021-08-19 本文编辑:杨雅)

(上接第 50 页)

- [50] 曹亮亮,徐建广,梅伟.三维有限元法分析腰骶区椎间融合联合置入棘突间动态内固定装置后腰椎的生物力学变化[J]. *中国组织工程研究*, 2020, 24(12):1905-1910.
- [51] HUANG Y P, DU C F, CHENG C K, et al. Preserving posterior complex can prevent adjacent segment disease following posterior lumbar interbody fusion surgeries: a finite element analysis[J]. *PLoS One*, 2016, 11(11):1-13.
- [52] 侯继春,曹杨.经椎间孔腰椎椎间融合结合不同椎弓根螺钉固定在单节段腰椎及邻近节段的生物力学特征[J]. *中国组织工程研究*, 2020, 24(27):4297-4304.
- [53] TAN Q C, LIU Z X, ZHAO Y, et al. Biomechanical comparison of four types of instrumentation constructs for revision surgery in lumbar adjacent segment disease: a finite element study[J/OL]. *Comput Biol Med*, 2021, 134 [2021-08-07]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34010793/>.
- [54] ZHANG C, SHI J, CHANG M, et al. Does osteoporosis affect the adjacent segments following anterior lumbar interbody fusion? A finite element study[J]. *World Neurosurg*, 2021, 146:e739-e746.
- [55] KUMARAN Y, SHAH A, KATRAGADDA A, et al. Iatrogenic muscle damage in transforaminal lumbar interbody fusion and adjacent segment degeneration: a comparative finite element analysis of open and minimally invasive surgeries[J]. *Eur Spine J*, 2021, 30(9):2622-2630.
- [56] 张钰,刘家明,周扬,等.椎弓根螺钉钉道对椎体强度影响的有限元分析[J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25(2):158-162.
- [57] 魏兵,许泽川,常山.有限元法分析腰椎椎弓根螺钉的生物力学特征[J]. *中国组织工程研究*, 2018, 22(19):3091-3096.

(收稿日期:2021-08-07 本文编辑:郭毅曼)