

·外固定肢体重建·

微创截骨单臂架骨延长术治疗先天性跖骨短小症

顾建明¹ 杜辉¹ 崔雅南² 何啸天² 石航² 周一新¹

【摘要】 目的 探讨微创截骨单臂架骨延长术治疗先天性跖骨短小症的临床效果。方法 回顾性分析 2016 年 9 月至 2020 年 7 月在北京积水潭医院矫形骨科应用外固定架治疗的 9 例跖骨短小症病人的临床资料,其中男 1 例,女 8 例,年龄为(24.5±4.2)岁(18~31 岁),共 14 足,均为第四趾短小,其中 4 例为单侧,5 例为双侧受累。使用背侧入路安装 Orthofix 外固定 mini 轨道支架,临时固定第四跖趾关节,微创截骨后进行骨延长。记录病人手术前后美国足踝外科医师协会(American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS)评分、跖骨长度和并发症发生情况。**结果** 病人均获得随访,随访时间为(25.1±16.6)个月(6~53 个月)。病人术前第四跖骨长度为(47.9±4.9) mm,跖骨短缩(15.6±2.4) mm(12~20 mm),术后延长(16.5±3.5) mm(12~23 mm),延长比例为 34.9%±8.3%。延长骨痂在术后 3~4 个月完全骨化,带外固定架时间为(3.5±0.5)个月。病人对足部外观满意,AOFAS 评分从术前(86.2±3.9)分恢复到术后(93.4±3.9)分,差异有统计学意义($t=-7.126, P<0.001$)。1 例病人因外伤后皮肤裂伤,跖趾关节半脱位,行外固定架拆除、清创缝合、关节复位、克氏针固定。1 例病人因跖趾关节屈曲挛缩,行关节松解复位、克氏针固定术。6 例病人有针道感染,经换药以及抗生素治疗后控制,无深部感染发生。所有病人无骨不连,足趾坏死,以及足趾感觉障碍的情况。**结论** 微创截骨单臂架骨延长术手术创伤小,可以获得满意的疗效,尤其适用于治疗短缩超过 15 mm 的先天性跖骨短小症病人。

【关键词】 外固定架;伊利扎罗夫技术;跖骨短小;跖骨延长;微创;截骨

Bone lengthening with monolateral external fixation by minimally invasive osteotomy in the treatment of congenital brachymetatarsia. GU Jian-ming¹, DU Hui¹, CUI Ya-nan², HE Xiao-tian², SHI Hang², ZHOU Yi-xin¹. ¹Department of Orthopaedics, Beijing Jishuitan Hospital, Beijing 100005, China; ²Department of Orthopaedics, Beijing Chaoyang Emergency Rescue Center, Beijing 100122, China

Corresponding author: ZHOU Yi-xin, E-mail: orthoyixin@yahoo.com

【Abstract】 Objective To investigate the effect of bone lengthening with monolateral external fixation by minimally invasive osteotomy in the treatment of congenital brachymetatarsia. **Methods** A retrospective study was conducted on patients with congenital brachymetatarsia treated by metatarsal lengthening in Beijing Jishuitan Hospital from September 2016 to July 2020. There were 9 patients with 14 shorted fourth metatarsals, including 8 females and 1 male, with age of (24.5±4.2) years (18-31 years). Four patients were bilaterally involved. Orthofix external fixator mini track was installed through dorsal approach and the fourth metatarsal-phalangeal joints were temporarily fixed by Kirschner wire. Bone lengthening was performed after a minimally invasive osteotomy at the proximal metatarsals. American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) scores, metatarsal length, complications were recorded. **Results** Patients were followed up for (25.1±16.6) months. The mean length of the 4th metatarsal bone was (47.9±4.9) mm preoperatively. The mean metatarsal shortage was (15.6±2.4) mm (12-20 mm). The mean lengthening achieved was (16.5±3.5) mm (12-23 mm), with a lengthening ratio of 34.9%±8.3%. The lengthened callus ossified completely at 3-4 months after operation. All patients were satisfied with the results of lengthening. The AOFAS scores were improved significantly from 86.2±3.9 preoperatively to 93.4±3.9 postoperatively ($t=-7.126, P<0.001$). One patient with traumatic metatarsophalangeal joint subluxation was treated by joint reduction and Kirschner wire fixation. One patient had metatarsophalangeal joint release and Kirschner wire fixation due to flexion contracture. Pin tract infections were controlled by wound care and antibiotics in 6 patients. All patients had no nonunion, necrosis of toes, and sensory disturbance of toes. **Conclusion** Metatarsal lengthening by minimally invasive osteotomy with monolateral external fixator had satisfactory results in the treatment of congenital brachymetatarsia.

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2021.03.002

作者单位: 1. 北京积水潭医院矫形骨科, 北京 100005; 2. 北京朝阳急诊抢救中心矫形骨科, 北京 100122

通信作者: 周一新, E-mail: orthoyixin@yahoo.com

【Key words】 External fixation; Ilizarov technique; Congenital brachymetatarsia; Metatarsal lengthening; Minimally invasive operation; Osteotomy

足踝部最常见骨延长的部位是跖骨^[1-7],常用于治疗先天性跖骨短小症。先天性跖骨短小症是一种罕见畸形,发病率为0.02%~0.05%^[8],具有一定的遗传倾向,女性多发^[4,6,9],单侧或双侧均可受累。Córdoba-Fernández等^[10]的综述中统计了407例病人行跖骨延长的既往发表资料,共计690足,47%的病人为双侧受累,女性和男性比例为10.5:1。跖骨短小症多累及第四跖骨,其次为第一跖骨,常见原因为跖骨骨骺自发性早闭,畸形在出生后就可能出现,随着发育而逐渐明显,并出现短趾的偏斜、跖痛症、外观缺陷等表现,周围足趾会合并偏斜或局部肥大来填补受累跖骨短小而空出的空间。大多数年轻病人的就医原因是外观缺陷,也有因为跖痛症、穿鞋困难等需要手术治疗的情况^[1-7]。手术方法主要包括直接延长术和应用Ilizarov技术的牵张成骨术。直接延长术需要配合植骨和内固定,由于皮肤以及软组织张力限制,常用于短缩较少的情况^[11-13]。应用Ilizarov技术的牵张成骨术是截骨后使用外固定架进行有节律的可控性延长,利用缓慢牵张来刺激软组织以及骨质生长,不用植骨就可获得延长骨段的骨化愈合。跖骨延长后能够改善前足负重,缓解跖痛症,对外观改善明显,满足病人的穿鞋要求,但是该方案带外固定架时间长,生活不便,也是其限制所在。本研究旨在报道北京积水潭医院矫形骨科自2016年9月至2020年7月期间应用微创截骨单臂架延长来治疗跖骨短小症病例的临床效果。

资料与方法

一、纳入标准与排除标准

纳入标准:①跖骨短缩大于10 mm;②局部皮肤正常、无既往手术史;③应用外固定架行手术治疗。

排除标准:①创伤或感染后遗症;②合并马蹄高弓足等其他足部畸形;③合并小儿麻痹后遗症以及其他神经肌肉疾患的病人。

二、一般资料

共纳入9例病人(14足),其中男1例,女8例,年龄为(24.5±4.2)岁(18~31岁),4例为单侧,5例为双侧跖骨短小。手术适应证主要是外观要求和穿鞋障碍,1例合并周围跖骨的转移性跖痛症。

三、手术方法

术前向病人进行宣教,包括跖骨短小的病因、治

疗方案、术后预期效果、外观及功能改善情况。告知预计带架时间和可能的并发症,进行待延长部位的皮肤以及跖趾关节的牵拉训练,同时教会病人以及家属针道护理的操作。拍摄足部负重正侧位X线片,按照跖骨头抛物线形态测量确认跖骨短缩的长度,为(15.6±2.4) mm(12~20 mm)。手术采用平卧位,麻醉成功后消毒铺单。在患足背侧入路安装Orthofix外固定支架mini轨道支架,根据术前设计的延长量以及跖骨的长度,选择合适的外架长度和固定针构型,而后将直径2.0 mm克氏针临时安装在外固定架上,并经透视确认安装位置。先将1枚固定钉固定在跖骨颈近端处,另外1枚近端固定针固定在跖骨基底或骰骨上,注意避开关节位置,而后连接外固定架后完成其余固定针的固定。再于跖骨近端行微创电钻、骨刀截骨,截骨操作位置注意避开第五趾的伸肌腱^[8],通过扭转截骨端两侧固定针确定骨质完全断开。外固定架安装完毕后使用1枚1.2 mm克氏针逆行贯穿固定趾间和跖趾关节,针尖不超过截骨线。术后次日在疼痛耐受下穿前足减压鞋下地行走,术后7~10 d开始延长,延长结构为螺纹杆结构,转动1圈360°为延长1 mm。每6 h转动90°,延长0.25 mm,1 d共计延长1 mm。定期拍摄X线片,当跖骨头恢复抛物线序列后结合足部外观情况停止延长,拔去关节固定针,手法按摩跖趾和趾间关节,增加其活动度。而后每4周拍摄X线片评估延长骨痂骨化情况,完全骨化后去除外固定支架,继续行走,进行跖趾关节及趾间关节活动度的康复锻炼。

四、观察指标及评价标准

观察骨性愈合时间,测量延长距离。按美国足踝外科医师协会(American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS)评分系统评价病人足踝功能,收集病人对足外形及功能满意度情况,同时观察相关并发症发生情况。

五、统计学分析

统计和检验使用SPSS 22.0软件(IBM公司,美国)计算。连续变量资料用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,手术前后AOFAS评分的比较使用配对 t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

病人均获得随访,随访时间为(25.1±16.6)个月

(6~53个月)。术前第四跖骨的长度为(47.9±4.9) mm, 跖骨短缩(15.6±2.4) mm(12~20 mm), 术后跖骨延长(16.5±3.5) mm(12~23 mm), 延长比例为 34.9%±8.3%。延长骨痂在术后3~4个月完全骨化, 病人带外固定架时间为(3.5±0.5)个月。足趾延长后足背遗留固定针直径3 mm 癍痕的4~5个, 延长部位约1~2 cm 的线性癍痕, 病人对足部外观满意, 无转移性跖骨痛发生, 但残留跖趾关节和趾间关节活动度僵硬(图1)。AOFAS 评分从术前(86.2±3.9)分恢复到术后(93.4±3.9)分, 差异有统计学意义($t=-7.126$, $P<0.001$)。1例病人术后第12周带外架期间滑倒致外架周围皮肤裂伤, 跖趾关节脱位, 行外固定架拆除、清创缝合、关节复位、克氏针内固定术, 4周后拔针锻炼跖趾关节, 骨质愈合未受影响。2例病人将跖骨过度延长5 mm, 其中1例拔除跖趾关节固定针后出现跖趾关节屈曲挛缩, 背伸困难, 行关节松解复位、克氏针固定术。6例病人有针道感染, 经针道护理以及抗生素治疗后控制, 无深部感染发生。1例病人难以耐受冬季出门不便和针道刺激而在术后第10周拆除外架, 同时将第四跖骨远近骨端和第五跖骨通过克氏针固定。所有病人无骨不连、足趾坏死, 以及足趾感觉障碍的情况。

讨 论

一、跖骨短小症及其治疗方法

超过5 mm 的跖骨短缩可以诊断为跖骨短小症^[14]。Jones 等^[15]系统回顾报道了457例跖骨短小症的手术病人, 99.3%的原因为先天性, 平均年龄为21.7岁, 女性占93.2%, 44.5%为双侧受累。本组病

人均先天性跖骨短小症, 平均年龄为24.5岁, 女性病人占88.9%, 双侧病例占55.6%。虽然文献报道跖骨短小症可合并有其他系统性的综合征, 如并指、多指和其他内分泌疾患^[16-17], 本组病人中并无类似合并情况。本研究中病人术前AOFAS评分为(86.2±3.9)分, 寻求治疗的主要原因在于外观缺陷和穿鞋障碍, 1例合并转移性跖痛症。陈汇浩等^[18]的研究中报道了短缩超过20 mm 的跖骨短缩的病例, 病人术前AOFAS评分平均为34.4分, 这可能与过度短缩的跖骨牵拉跖骨间韧带, 导致更多的转移性跖骨痛有关。

本研究中病人跖骨平均延长了16.5 mm, 对于跖骨短缩来说, 可以把短缩的跖骨一次性拉长或者分期手术^[19]。1969年, McGlamry 等^[20]最早报道了急性拉长后再植入自体骨的方法。这些跖骨急性延长的术式还有跖骨梯形截骨, 延长端使用自体骨、人工骨等材料填充, 辅以内固定固定等方法^[9, 12, 20-23]。Giannini 等^[23]报道41例跖骨短缩行跖骨一期延长术、异体骨填充的病例, 平均延长13 mm, 病人跖骨可恢复到正常抛物线序列。一次手术的优势在于病人依从性好, 无需长期佩戴外固定支架, 但是对于延长超过15 mm 的跖骨来说, 一次性延长的困难较大, 尤其是血管神经等软组织的张力过大会增加手术难度和术后并发症。虽然有研究同时将周围其他跖骨进行短缩来减少延长量^[24-26], 但手术更为复杂, 使用Ilizarov 技术治疗较长距离的短缩更为合适。Kim 等^[27]对比了第一和第四跖骨进行延长的病例结果, 发现41.3%的延长比例是发生并发症的临界值。Masada 等^[28]和Takakura 等^[29]均认为延长距离小于

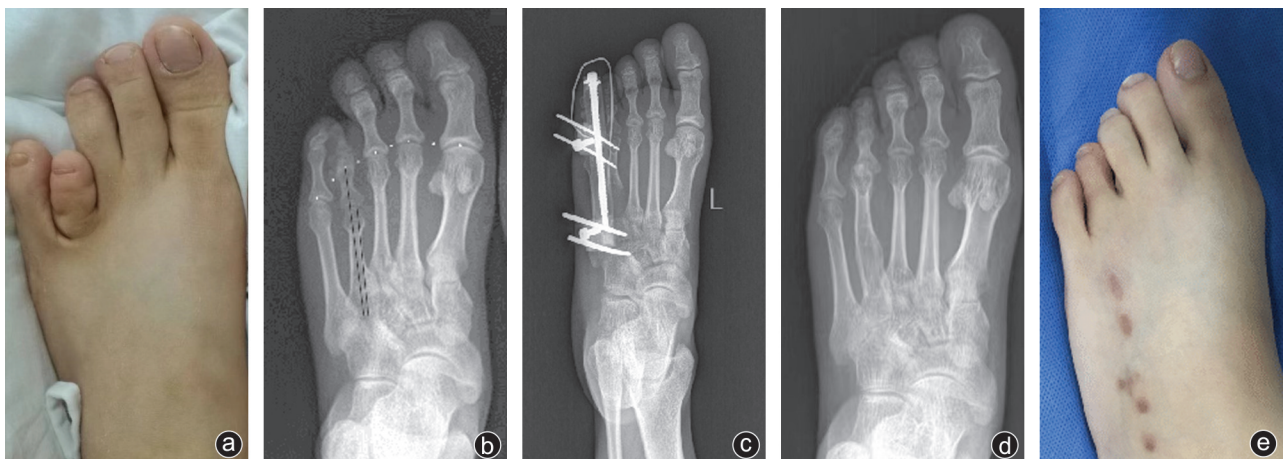


图1 病人,女,24岁,第四跖骨短缩 a: 术前外观照可见左足第四趾短缩, 足趾上翘; b: 术前X线片提示第四跖骨短缩12.5 mm; c: 术后X线片显示安装外架截骨术后, 跖骨延长至合适长度, 停止延长准备拔针; d: 术后4个月X线片显示延长骨愈合良好, 第四跖骨少量过度延长; e: 术后外观照, 可见4个固定针癍痕和中间的截骨处癍痕

原跖骨的40%是相对安全的。本研究中病人延长比例为 $34.9\% \pm 8.3\%$,病人均未出现足趾麻木、供血受限、伤口不愈合,同时手术切口较为分散,外观上更易接受。即使如此,牵张成骨术也是有所限制的。本组中1例过度延长5 mm的病人发生了跖趾关节屈曲挛缩,需要二次手术处理。Jones等^[15]的系统回顾中发现牵张成骨组(388个跖骨)的并发症更多,需要手术处理的重大并发症为12.6%。本研究14足中有2足需额外手术处理,占14.3%。Fuiano^[30]等报道的13例病人平均延长了16.8 mm,延长超过20 mm的病人会有较多的并发症发生,作者不建议为无症状病人进行超过20 mm的延长。

二、跖骨延长的手术技术和并发症

Shim等^[8]提出第一跖骨延长应当沿着水平线方向延长,避免增加内侧纵弓高度,而第四跖骨短小的畸形只是长度丢失,在矢状面、冠状面方向上没有偏斜,而且跖骰关节活动度较大,所以单边架的朝向和跖骨干平行即可。外架的安放中需要注意固定针垂直于跖骨干,以及4个固定针之间的互相平行,这样能够保证延长过程中矢状面和水平面的精准对位。第1枚固定针的安放角度最为重要,建议在跖骨颈的近端垂直于骨干方向打入,该处骨面呈圆弧形,皮质较硬,垂直骨干也是最容易进针的方向。在跖骨近端置入第2枚针以后,延长的方向就已经确认了,要注意将第2枚针与第1枚针平行,在正位上要同跖骨干一致来保证延长后的跖骨头不会偏向第三或第五跖骨。本研究使用了每天1 mm的速度,而Giannini等^[23]、Lamm等^[31]学者认为跖骨牵张成骨延长速度不超过0.5 mm/d为安全界限,Shim等^[8]采用的是0.5~0.75 mm/d的速度。过快的速度可能发生关节压力增高和屈伸肌力量的不平衡而脱位^[32-34]。本组病人在延长过程中的速度可以根据病人的软组织紧张程度作适当调整,如果局部张力过高,就适当减缓延长速度来改善症状,在长度合适后尽早拔去固定针进行关节功能的训练,降低关节僵硬的发生。本组病人术后AOFAS评分丢失主要在于跖趾关节以及趾间关节活动度下降。跖趾关节僵硬和半脱位是跖骨延长术最常见的并发症,延长距离、速度、术后康复都可能对此产生影响^[15]。本组病人的实际延长距离要比术前X线片规划的多约1 mm,延长越多,越容易发生关节僵硬和脱位,延长过程中病人往往会以外观满意为停止延长的时机,可能发生过度延长。1例过度延长5 mm的病人就出现了跖趾关节半脱位需要手术松解处理。Kim等^[27]报道的第四

跖骨延长病例中的主要并发症也是针道感染和成角畸形。Lamm等^[31]的报道中使用外架对趾骨进行了固定,而且采用在跖趾关节处撑开后进行延长的方法,既避免了脱位,也降低了僵硬的风险,但是增加了手术难度,其疗效仍然需要更大样本量的数据支持。

延长后的骨化期一般为3~5个月,会受到多种因素的影响,包括病人的年龄、内科疾病的情况、截骨的部位、是否吸烟、延长的速度以及延长量等。最关键的是在跖骨截骨时要采用低能量截骨,本研究是在低速钻眼后窄骨刀截断骨质,近端固定针越是靠近端固定则越容易在松质骨部位截骨,必要时可以将固定针置于骰骨上。足部带外固定架有穿鞋不便和针道刺激的问题,本研究中有1例病人在带外架期间发生了摔倒而导致皮肤裂伤和跖趾关节脱位,行手术治疗处理。因而有研究在延长完成后就拆除外固定架进行植骨和内固定手术。陈汇浩等^[18]报道了跖骨短小超过2 cm的病例,应用外固定架快速延长平均22.5 mm,延长百分比平均为39.5%,而后二期取髂骨植骨、内固定手术,优势在于缩短了带外架时间,但是存在需对足部二次切开手术和取骨区并发症的不足,在Jones等^[15]的报道中这种组合术式的重大并发症风险更高,为33.3%,虽然有报道案例较少的因素在内,也应当同病人充分沟通后谨慎选择使用。本组病人中有1例病人难以耐受针道刺激和冬季穿鞋出门不便而在术后10周将第四跖骨远近端骨质和第五跖骨通过克氏针固定,再拆除外架,从而缩短了带架时间。Lamm等^[31]也使用了克氏针固定的方法来处理跖骨延长后发生的延迟愈合,他们使用克氏针将第四跖骨与第二、三、五跖骨固定来获得稳定性,并从远端向近端置入1枚固定针以刺激延长部分成骨,治疗后平均44 d获得了骨性愈合,没有并发症发生。该方法对于缩短带架时间是一种借鉴,但是具体的手术时机需要结合新生骨密度以及病人负重情况综合判断确定,有待进一步研究数据。

综上所述,微创截骨跖骨延长术是时间换空间的治疗方法,该技术手术创伤小,延长长度可控,在合适的技术控制下可以获得满意的疗效,尤其适用于治疗短缩超过15 mm的先天性跖骨短小症病人。

本研究存在以下不足之处:首先这是一项回顾性研究,跨越时间较长,会不可避免地带来很多的混杂因素。其次纳入的样本量较小,因而难以获得不同治疗方法之间的比较。最后这是一个单中心的研究,可以联合多中心进行进一步的合作研究。

参 考 文 献

- [1] Lamm BM, Gourdine-Shaw MC. Problems, obstacles, and complications of metatarsal lengthening for the treatment of brachymetatarsia[J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2010, 27(4): 561-582.
- [2] Davidson RS. Metatarsal lengthening[J]. *Foot Ankle Clin*, 2001, 6(3): 499-518.
- [3] Hwang SM, Song JK, Kim HT. Metatarsal lengthening by callotaxis in adults with first brachymetatarsia [J]. *Foot Ankle Int*, 2012, 33(12): 1103-1107.
- [4] Lamm BM. Percutaneous distraction osteogenesis for treatment of brachymetatarsia[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2010, 49(2): 197-204.
- [5] Magnan B, Bragantini A, Regis D, et al. Metatarsal lengthening by callotaxis during the growth phase[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1995, 77(4): 602-607.
- [6] Lee KB, Park HW, Chung JY, et al. Comparison of the outcomes of distraction osteogenesis for first and fourth brachymetatarsia [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2010, 92(16): 2709-2718.
- [7] Lamm BM, Gottlieb HD, Paley D. A two-stage percutaneous approach to charcot diabetic foot reconstruction [J]. *J Foot Ankle Surg*, 2010, 49(6): 517-522.
- [8] Shim JS, Park SJ. Treatment of brachymetatarsia by distraction osteogenesis[J]. *J Pediatr Orthop*, 2006, 26(2): 250-254.
- [9] Mah KK, Beegle TR, Falknor DW. A correction for short fourth metatarsal[J]. *J Am Podiatry Assoc*, 1983, 73(4): 196-200.
- [10] Córdoba - Fernández A, Vera - Gómez ML. Literature review on brachymetatarsia[J]. *Orthop Nurs*, 2018, 37(5): 292-302.
- [11] Alter SA, Feinman B, Rosen RG. Chevron bone graft procedure for the correction of brachymetatarsia[J]. *J Foot Ankle Surg*, 1995, 34(2): 200-205.
- [12] Handelman RB, Perlman MD, Coleman WB. Brachymetatarsia. A review of the literature and case report[J]. *J Am Podiatr Med Assoc*, 1986, 76(7): 413-416.
- [13] Choi IH, Chung MS, Baek GH, et al. Metatarsal lengthening in congenital brachymetatarsia: one-stage lengthening versus lengthening by callotaxis[J]. *J Pediatr Orthop*, 1999, 19(5): 660-664.
- [14] Schimizzi A, Brage M. Brachymetatarsia [J]. *Foot Ankle Clin*, 2004, 9(3): 555-570.
- [15] Jones MD, Pinegar DM, Rincker SA. Callus distraction versus single-stage lengthening with bone graft for treatment of brachymetatarsia: a systematic review[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2015, 54(5): 927-931.
- [16] Munuera Martínez PV, Lafuente Sotillos G, Domínguez Maldonado G, et al. Morphofunctional study of brachymetatarsia of the fourth metatarsal[J]. *J Am Podiatr Med Assoc*, 2004, 94(4): 347-352.
- [17] Kim JS, Baek GH, Chung MS, et al. Multiple congenital brachymetatarsia. A one-stage combined shortening and lengthening procedure without iliac bone graft [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2004, 86(7): 1013-1015.
- [18] 陈汇浩, 赵良瑜, 郭兴峰, 等. 跖骨缓慢延长植骨治疗严重跖骨短小畸形[J]. *中国骨与关节杂志*, 2014, 3(7): 536-539.
- [19] Shecaira AP, Fernandes RMP. Brachymetatarsia: one-stage versus two-stage procedures[J]. *Foot Ankle Clin*, 2019, 24(4): 677-687.
- [20] McGlamry ED, Cooper CT. Brachymetatarsia: a surgical treatment [J]. *J Am Podiatry Assoc*, 1969, 59(7): 259-264.
- [21] Choudhury SN, Kitaoka HB, Peterson HA. Metatarsal lengthening: case report and review of literature [J]. *Foot Ankle Int*, 1997, 18(11): 739-745.
- [22] Page JC, Dockery GL, Vance CE. Brachymetatarsia with brachymesodactyly[J]. *J Foot Surg*, 1983, 22(2): 104-107.
- [23] Giannini S, Faldini C, Pagkrati S, et al. One - stage metatarsal lengthening by allograft interposition: a novel approach for congenital brachymetatarsia [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2010, 468(7): 1933-1942.
- [24] Kim HT, Lee SH, Yoo CI, et al. The management of brachymetatarsia[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2003, 85(5): 683-690.
- [25] Kaplan EG, Kaplan GS. Metatarsal lengthening by use of autogenous bone graft and internal wire compression fixation: a preliminary report[J]. *J Foot Surg*, 1978, 17(2): 60-66.
- [26] Biggs EW, Brahm TB, Efron BL. Surgical correction of congenital hypoplastic metatarsals[J]. *J Am Podiatry Assoc*, 1979, 69(4): 241-244.
- [27] Kim HS, Lee YS, Jung JH, et al. Complications of distraction osteogenesis in brachymetatarsia: comparison between the first and fourth brachymetatarsia [J]. *Foot Ankle Surg*, 2019, 25(2): 113-118.
- [28] Masada K, Fujita S, Fujii T, et al. Complications following metatarsal lengthening by callus distraction for brachymetatarsia [J]. *J Pediatr Orthop*, 1999, 19(3): 394-397.
- [29] Takakura Y, Tanaka Y, Fujii T, et al. Lengthening of short great toes by callus distraction [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1997, 79(6): 955-958.
- [30] Fuiano M, Mosca M, Caravelli S, et al. Callus distraction with external fixator for the treatment of congenital brachymetatarsia of the fourth ray[J]. *Foot Ankle Surg*, 2020, 26(6): 693-698.
- [31] Lamm BM, Moore KR, Knight JM, et al. Intramedullary metatarsal fixation for treatment of delayed regenerate bone in lengthening of brachymetatarsia[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2018, 57(5): 987-994.
- [32] Erdem M, Sen C, Eralp L, et al. Lengthening of short bones by distraction osteogenesis—results and complications [J]. *Int Orthop*, 2009, 33(3): 807-813.
- [33] Baek GH, Chung MS. The treatment of congenital brachymetatarsia by one-stage lengthening[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1998, 80(6): 1040-1044.
- [34] Kawashima T, Yamada A, Ueda K, et al. Treatment of brachymetatarsia by callus distraction (callotaxis) [J]. *Ann Plast Surg*, 1994, 32(2): 191-199.

(收稿日期: 2021-02-23)

(本文编辑: 龚哲妮)

引用格式

顾建明, 杜辉, 崔雅南, 等. 微创截骨单臂架骨延长术治疗先天性跖骨短小症[J]. *骨科*, 2021, 12(3): 195-199. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2021.03.002.