

距下关节撑开植骨融合术在跟骨骨折畸形愈合治疗中的应用研究



王善玺, 李军, 黄富国, 刘雷

四川大学华西医院骨科(成都 610041)

【摘要】 目的 对距下关节撑开植骨融合术在跟骨骨折畸形愈合治疗中的应用进行综述。方法 广泛查阅国内外有关距下关节撑开植骨融合术治疗跟骨骨折畸形愈合的文献,对其发展历史、手术方法、术后问题、适应证以及疗效等进行总结分析。结果 距下关节撑开植骨融合术是治疗跟骨骨折畸形愈合的主要术式之一,手术包括距下关节融合和植入骨块矫正后足畸形两部分。与其他治疗方式相比,距下关节撑开植骨融合术可以有效矫正跟骨畸形愈合引起的并发症,恢复距骨、跟骨的高度以及矫正距骨倾斜角的丧失,缓解疼痛。该术式手术操作相对简便,手术并发症少,临床效果相对满意,可有效降低跟骨骨折畸形愈合患者的病残率,改善患者生活质量。结论 距下关节撑开植骨融合术在跟骨骨折畸形愈合的治疗中取得了显著进展,但其存在术后骨不愈合及植入骨块吸收等缺陷,尚需进一步研究。

【关键词】 跟骨骨折畸形愈合; 距下关节撑开融合术; 骨移植

Application and research progress of subtalar distraction bone block arthrodesis in treatment of calcaneus fracture malunion

WANG Shanxi, LI Jun, HUANG Fuguo, LIU Lei

Department of Orthopaedics, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu Sichuan, 610041, P.R.China

Corresponding authors: LIU Lei, Email: liuinsistence@163.com

【Abstract】 Objective To review the application and research progress of subtalar distraction bone block arthrodesis in the treatment of calcaneus fracture malunion. **Methods** The recent literature concerning the history, surgical technique, postoperative complication, indications, and curative effect of subtalar distraction arthrodesis with bone graft block interposition in the treatment of calcaneus fracture malunion was summarized and analyzed. **Results** Subtalar distraction bone block arthrodesis is one of the main ways to treat calcaneus fracture malunion, including a combined surgery with subtalar arthrodesis and realignment surgery for hindfoot deformity using bone block graft. The advantage is on the base of subtalar joint fusion, through one-time retracting subtalar joint, the posterior articular surface of subtalar joint implants bone block can partially restore calcaneal height, thus improving the function of the foot. Compared with other calcaneal malunion treatments, subtalar distraction arthrodesis is effective to correct complications caused by calcaneus fracture malunion, and it can restore the height of talus and calcaneus, correct loss of talocalcaneal angle, and ease pain. **Conclusion** Subtalar distraction bone block arthrodesis has made remarkable progress in the treatment of calcaneus fracture malunion, but it has the disadvantages of postoperative nonunion and absorption of bone block, so further study is needed.

【Key words】 Calcaneus fracture malunion; subtalar distraction arthrodesis; bone block graft

跟骨骨折临床常见,据统计占全身骨折的1%~2%,其中75%患者伴有距下关节损伤^[1]。由于跟骨解剖部位复杂,部分跟骨骨折无法早期行切开复位

内固定,从而发展为陈旧性骨折,并伴发严重畸形。跟骨骨折畸形愈合会导致跟骨结构的变化,并引起相应临床症状,严重者甚至无法行走和工作,严重影响了患者生活质量。对于跟骨骨折畸形愈合,保守治疗疗效欠佳,因此首选手术治疗,距下关节撑开植骨融合术是主要术式^[2-4]。现对距下关

节撑开植骨融合术治疗跟骨骨折畸形愈合的注意事项及术后并发症进行总结, 以期为临床应用该术式提供参考。报告如下。

1 跟骨骨折畸形愈合后后足结构改变及临床症状

① 关节面不平整: 跟骨骨折畸形愈合往往导致距下关节面塌陷, 严重时甚至累及跟骰关节面, 从而发展为距下关节或跟骰关节创伤性关节炎。② 跟骨高度丢失: 跟骨骨折畸形愈合患者其患侧跟骨高度较健侧明显丢失, 同时伴有跟距角减小以及舟底距、骰底距降低, 导致跟腱短缩, 严重时引起小腿腓肠肌肌力下降, 进而引起足跖屈无力。③ 跟骨宽度增加: 跟骨宽度增加会引起腓骨肌腱撞击征、跟腓撞击征以及腓骨长短肌腱卡压, 从而引起穿鞋困难、腓骨肌腱脱位、跟腓撞击痛、腓骨下撞击痛以及腓骨肌腱、腓肠神经损伤等一系列临床症状。④ Böhler 角及 Gissane 角改变: 跟骨骨折畸形愈合时 Böhler 角变小或消失, 而 Gissane 角会增大, 从而导致足弓塌陷、跟腱松弛, 继发跖筋膜炎, 表现为跟骨处疼痛、跛行等症状。⑤ 后足畸形: 后足畸形主要表现为距骨倾斜角变小或消失、跟骨倾斜角减小、跟距角变小以及足弓变形和塌陷, 引起胫距撞击痛、创伤性扁平足等临床表现。⑥ 跟骨内、外翻畸形: 严重跟骨骨折畸形愈合可导致跟骨内、外翻畸形, 表现为后足力线异常以及后足内、外翻^[2, 5-12]。

2 距下关节撑开植骨融合术的发展

1943 年, Gallie^[13]首次提出距下关节撑开植骨融合术, 该术式是通过骨块植入矫正陈旧性骨折畸形愈合。之后, Carr 等^[14]在 Gallie 术式基础上提出应用自体三面皮质髂骨行距下关节撑开植骨融合术, 该术式包括距下关节融合以及自体髂骨移植矫正后足畸形两部分; 临床应用治疗 16 例跟骨关节内骨折后严重畸形患者, 结果 13 例患者获得满意疗效。Carr 术式优点为在距下关节融合基础上, 通过撑开距下关节, 在距下关节后关节面植入自体髂骨块, 部分恢复跟骨高度, 从而改善足功能, 该术式也成为治疗跟骨陈旧性骨折的经典术式。随后, Rammelt 等^[11]将该术式用于治疗跟骨骨折畸形愈合, 武勇等^[15]将其应用于严重跟骨骨折畸形愈合的治疗, 均获得了满意疗效。目前, 距下关节撑开植骨融合术已成为治疗跟骨骨折畸形愈合的主要术式。

3 距下关节撑开植骨融合术注意事项

3.1 手术入路选择

目前, 距下关节撑开植骨融合术常用手术入路较多, 包括: 跟骨后外侧弧形入路、外侧扩展 L 形切口入路、跗骨窦入路、后正中跟腱 Z 形切开经跟腱入路以及关节镜入路^[16]。其中, 跟骨后外侧弧形入路又称 Gallie 入路, 采用该手术入路可以充分暴露关节面, 有利于关节软骨的清除, 创伤小, 术后恢复快。然而该手术入路不能充分暴露跟骨外侧壁, 并且通过该入路对跟骰关节进行处理难度较大, 不能解决腓骨肌腱脱位问题^[7, 17-18]。

外侧扩展 L 形切口入路优点为能充分暴露跟骨外侧壁以及应用植骨矫正后足畸形; 缺点是剥离范围较大, 术后易发生皮肤坏死、切口感染及不愈合等并发症, 局部皮肤挛缩与瘢痕形成, 进一步影响后足功能, 尤其对于跟骨骨折术后患者以及距下关节外侧皮肤条件差者, 术后皮肤坏死、切口感染不愈合风险较其他手术入路更大^[14, 19]。为此, 李毅等^[20]提出了改良小 L 形入路, 解决了经传统手术入路对于距下关节内侧暴露及处理困难的问题, 术中可以更好地处理距下关节植骨床, 以利于距下关节融合, 而且切口皮肤张力相对较小, 易缝合, 术后切口愈合良好, 并发症较少。

选择跗骨窦入路对距下关节显露较好, 但通过该入路切除跟骨外侧凸骨块有一定难度, 撑开融合时皮缘张力较大也是主要问题^[21]。后正中跟腱 Z 形切开经跟腱入路由 Laporta 等^[22]提出, 该入路位于胫后、腓侧动脉供血区之间, 避开了足部主要供血动脉, 从而降低了血管神经损伤风险, 有利于术后切口愈合。但该入路切口小, 只能暴露跟骨后侧, 因此手术操作不易, 且术中需要 Z 形切开跟腱, 易导致术后跟腱损伤。

相对于前几种手术入路, 关节镜入路具有损伤小、术中神经血管损伤以及术后切口感染风险较低的优点。但是需要注意, 跟骨骨折错位或者跟骨、距骨大面积骨缺损等是该手术入路禁忌证。

3.2 关节软骨清除

关节软骨清除是距下关节撑开植骨融合术关键一步, 其目的在于制造新鲜渗血的融合接触面, 为关节融合提供足够大的接触面积。术中应清除所有的关节软骨, 包括厚度约 2 mm 的软骨下骨。若术中关节软骨剥除不彻底, 会引起术后骨不愈合, 可能需要二次手术^[23]。开放性手术中一般应用骨凿或骨刀进行操作^[24], 关节镜手术中后侧壁软骨

的剥除一般应用剃刀、刮匙及磨钻等工具^[25-26]。

3.3 植入物的选择

3.3.1 单骨块植入 1943年, Gallie^[13]首次提出距下关节撑开植骨融合术时, 术中选取患侧胫骨中段骨块进行移植。之后, Kalamchi等^[27]在Gallie术式基础上提出获取骨块新方法, 选取患侧跟骨外侧壁骨块进行移植, 以矫正后足冠状面畸形, 但无法矫正矢状面畸形。Carr等^[14]提出应用自体三面皮质髂骨进行植骨, 该方法可以有效矫正后足畸形, 恢复跟骨高度, 骨愈合率高达96%, 此后髂骨也成为临床最常用的取骨部位。但该方法也存在一定缺陷, 术后取骨部位可能出现长期疼痛以及感染等并发症, 而且术中很难获取大小合适的植骨块^[2]。

为了避免自体骨移植相关并发症的发生, 学者们开始探究应用新鲜冰冻同种异体股骨头或股骨颈进行移植。早期研究报道, 该方法很难得到满意疗效^[28]。但随着同种异体材料制备技术的发展, 近年研究结果显示, 应用新鲜冰冻同种异体股骨颈或股骨头进行移植可以得到与自体髂骨相似的骨愈合率(90%~94%), 并且避免了自体骨取骨并发症, 缩短了手术时间^[29-32]。Henning等^[33]提出应用冷冻干燥异种牛骨作为骨移植材料, 经临床应用显示, 患者手术前后后足功能评分及达到临床愈合所需石膏固定时间与自体骨移植相比, 差异无统计学意义, 提示异种骨移植具有用于治疗跟骨陈旧性骨折的潜力。

此外, 有学者报道应用生物复合材料, 如斜笼、多孔钽、脊髓笼等取代骨块进行后足矫正, 这些生物复合材料具有较好的机械强度和生物学兼容性, 能有效减少术后植骨部位的塌陷^[34-36]。然而该方法与自体骨移植相比, 骨愈合力明显降低, 同时还应考虑移植排斥反应或感染等并发症的问题^[32, 37]。

3.3.2 双骨块植入 Myerson等^[10]应用Carr术式治疗14例跟骨骨折畸形愈合患者, 其中7例疗效欠佳, 其原因主要为移植骨吸收导致距跟高度丢失。为此, Chan等^[38]对Carr术式进行了改良, 术中采用双骨块进行后足重建, 有效减少了术后距跟高度丢失程度。Chung等^[39]对6例(10足)跟骨骨折畸形愈合合并距下关节炎患者行外侧扩展L形切口入路距下关节撑开双骨块植入融合术, 植骨均采用自体髂骨; 术后获随访32~113个月, 患者足部疼痛评分及美国矫形足踝协会(AOFAS)踝-后足评分均较术前显著提高。采用双骨块植入的距下关节撑开植骨融合术不仅能有效缓解足部疼痛, 还有助于

足部功能和解剖结构的恢复。因此, 对于距跟高度严重丢失以及距下关节炎伴剧烈疼痛患者, 建议考虑双骨块植入术式。

3.4 后足的固定

骨移植重建后足后, 需要固定骨块及距下关节, 以限制距下关节活动; 牢固固定能给予融合接触面足够压力, 从而获得满意骨愈合。目前, 一般选择直径6.5 mm或以上的圆柱形螺钉进行固定, 用作固定的螺钉必须能承受巨大力量, 并通过半螺纹或者全螺纹以获得足够压力以及防止跟骨或移植骨的塌陷。Carr等^[14]采用6.5 mm全螺纹不锈钢拉力螺钉(芯直径3.2 mm)进行固定, 存在给予骨愈合部位压力不足的问题。如果螺钉型号和直径太小, 则骨愈合部位压力不足, 从而引起骨质结构破坏或者畸形愈合。Clare等^[5]采用直径7.3 mm或8.0 mm钛合金空心钉来解决这个问题, 钛合金弹性系数与不锈钢相比更接近骨骼, 并且可以降低骨质内部结构破坏概率。Pollard等^[40]认为半螺纹螺钉更适用于骨移植, 因为其不但可以固定骨块, 还可以承受来自周围组织的压力。另外, Shibuya等^[41]报道了一种“推进螺钉”技术, 应用AO 4.5 mm全螺纹皮质螺钉进行后足固定, 但应用该技术时需要注意以下3点: ①螺钉必须长于跟骨中的钻孔长度, 建议螺钉比跟骨钻孔长2~3 cm以上。②螺钉应该是完全螺纹, 以使螺纹能完全锁定骨近端和远端的皮质。③非自攻螺钉或钻孔螺钉优于自攻螺钉或自钻螺钉, 因为不容易刺入距骨。螺钉固定后足包括两种方法: 第1种方法是用2枚空心螺钉从跟骨结节后下方穿到距骨圆顶^[2], 应避免穿碎骨块; 第2种方法是在第1种方法基础上加用1枚螺钉自距下关节前侧面(距骨颈)穿入, 从而对其进行加压锁定^[40]。

4 距下关节撑开植骨融合术后并发症

①术后切口感染或不愈合: 踝关节皮肤皮下组织薄、血供差, 术后皮肤不愈合和皮肤坏死是距下关节撑开植骨融合术最常见早期并发症, 发生率约为5%^[2, 8]。②骨块植入恢复距跟高度后, 可能会出现牵引性神经痛。另外, 腓肠神经和胫神经也可能受损, 发生复杂区域疼痛综合征或使得疼痛恶化。据文献统计, 距下关节撑开植骨融合术后神经血管损伤发生率约为10%, 其中腓肠神经损伤发生率为2.8%, 复杂区域疼痛综合征发生率为0.9%^[2, 19]。在大多数研究中, 牵引性神经痛的出現取决于跟骨外侧挤压的严重程度, 并且建议去除外侧壁减少跟

骨宽度,以缓解对腓骨肌腱和腓肠神经的压迫^[19]。

③ 骨不愈合、畸形愈合以及融合面错位:如果术中关节软骨或软骨下骨清理不彻底,远期可能发生骨不愈合、畸形愈合或者融合面错位,这是该术式最常见远期并发症,其发生率分别为12%、3%以及18%^[2]。④ 术后植入物脱出及移位:由于植入物移位、吸收以及骨质内部结构破坏会引起一系列并发症,如切口感染、骨折不愈合、腓肠神经痛、足内翻畸形、持久性足跟痛等,其发生率约为9.7%^[2,6-7,38,42-43]。

④ 如果需要取自体骨作为植骨材料,术后取骨部位可能出现长期疼痛、感染等并发症^[33]。⑤ 一次性植入骨块恢复跟骨高度有限,并且为了避免皮肤不愈合和神经牵拉痛的发生,植入骨块高度可能不足,需要调整跟骨高度则必须再次手术^[8]。⑥ 术后可能出现植入骨块的塌陷或吸收,从而需要二次手术^[10]。

5 距下关节撑开植骨融合术手术适应症

在跟骨骨折后遗症手术治疗中,应该考虑到所有可能引起疼痛的原因以及后足解剖结构的恢复。Carr等^[14]认为距跟高度丢失会导致胫距冲击痛,距下关节撑开植骨融合术可以恢复后足正常结构,并且实现其功能的改善。跟骨畸形愈合伴创伤性距下关节炎患者常因后足高度和距骨倾斜角丧失而发生外侧踝部撞击综合征,这是距下关节撑开植骨融合术的手术指征之一。另外,跟骨骨折还可能导致腓骨肌腱和腓肠神经的冲击和刺激,同时也可能引起距下关节创伤性关节炎,对于有症状的跟骨骨折畸形愈合患者,距下关节撑开植骨融合术为有效的治疗方式,许多研究显示应用该术式治疗均取得满意结果^[6,14,38,44]。Myerson等^[10]进一步提出手术指征:与健侧相比患侧距跟高度丢失超过8 mm,或者因距骨倾斜角 $<20^\circ$ 而引起明显前踝撞击痛时,应对患者行距下关节撑开植骨融合术。Chandler等^[43]认为该术式适用于前壁踝关节疼痛和踝关节跖屈 $<10^\circ$ 的情况。另外,踝部外侧疼痛不宜选择该术式。

6 总结与展望

对于陈旧性骨折畸形愈合引起的距下关节创伤性关节炎,跟骨、距骨高度的丧失,距骨倾斜角的丧失,距下关节撑开植骨融合术仍是首选治疗方式。目前距下关节撑开植骨融合术后骨愈合率为96% (83%~100%)^[2],其核心技术主要包括手术入路的选择、关节软骨面的处理、骨移植物的选择、

后足畸形矫正和固定。然而随着研究的深入,该术式不足之处也逐渐暴露,比如存在取骨部位疼痛、植入骨块的塌陷等。异种骨移植技术的成熟以及双骨块植入的应用较好地解决了以上问题,虽然这些技术本身也存在一些问题,但其在完善距下关节撑开植骨融合术方面提供了新的研究方向。

参考文献

- Jackson JB 3rd, Jacobson L, Banerjee R, et al. Distraction subtalar arthrodesis. *Foot Ankle Clin*, 2015, 20(2): 335-351.
- Schepers T. The subtalar distraction bone block arthrodesis following the late complications of calcaneal fractures: A systematic review. *Foot (Edinb)*, 2013, 23(1): 39-44.
- 周孝辉,任玉清.跟骨截骨畸形距下关节植骨融合术治疗严重跟骨骨折畸形愈合的手术方法及临床疗效.世界最新医学信息文摘(电子版),2016,(14):92-93.
- 李东风,李先启,燕志远,等.距下关节撑开植骨融合术治疗跟骨骨折畸形愈合的效果.中国继续医学教育,2015,7(31):113-115.
- Clare MP, Lee WE 3rd, Sanders RW. Intermediate to long-term results of a treatment protocol for calcaneal fracture malunions. *J Bone Joint Surg*, 2005, 87(5): 963-973.
- Amendola A, Lammens P. Subtalar arthrodesis using interposition iliac crest bone graft after calcaneal fracture. *Foot Ankle Int*, 1996, 17(10): 608-614.
- Chung HJ, Bae SY, Choo JW. Mid-term follow up results of subtalar distraction arthrodesis using a double done-block for calcaneal malunion. *Yonsei Med J*, 2014, 55(4): 1087-1094.
- 范伟力,王子明,赵玉峰,等.距下关节截骨缓慢延长治疗陈旧性跟骨骨折.创伤外科杂志,2011,13(3):219-222.
- 车晓凌.手术治疗跟骨骨折47例分析.实用骨科杂志,2014,20(12):1145-1147.
- Myerson M, Quill GE Jr. Late complications of fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg (Am)*, 1993, 75(3): 331-341.
- Rammelt S, Grass R, Zawadski T, et al. Foot function after subtalar distraction bone-block arthrodesis. A prospective study. *J Bone Joint Surg (Br)*, 2004, 86(5): 659-668.
- Chung HJ. Calcaneal Malunion. *J Korean Foot Ankle Soc*, 2012, 16(2): 79-86.
- Gallie WE. Subastragalar arthrodesis in fractures of the os calcis. *J Bone Joint Surg*, 1943, 25(4): 731-736.
- Carr JB, Hansen ST, Benirschke SK. Subtalar distraction bone block fusion for late complications of os calcis fractures. *Foot Ankle*, 1988, 9(2): 81-86.
- 武勇,王岩,王金辉,等.距下关节撑开植骨融合治疗跟骨骨折畸形愈合.中华外科杂志,2010,48(9):655-657.
- Tuijthof GJ, Beimers L, Kerkhoffs GM, et al. Overview of subtalar arthrodesis techniques: options, pitfalls and solutions. *Foot Ankle Surg*, 2010, 16(3): 107-116.
- Bednarz PA, Beals TC, Manoli A 2nd. Subtalar distraction bone block fusion: an assessment of outcome. *Foot Ankle Int*, 1997, 18(12): 785-791.
- 潘文杰,雷文森,肖琳,等.经后外侧入路距下关节撑开植骨融合治疗陈旧性跟骨骨折畸形愈合.中国骨与关节损伤杂志,2014,29(4):366-368.
- Baravarian B. Block distraction arthrodesis for the treatment of

- failed calcaneal fractures. *Clin Podiatr Med Surg*, 2004, 21(2): 241-250.
- 20 李毅, 赵宏谋, 梁晓军, 等. 改良小 L 形入路距下关节撑开植骨融合治疗陈旧性跟骨骨折距下关节炎. *中国骨伤*, 2014, 27(7): 536-539.
- 21 李莹, 武勇, 王岩, 等. 距下关节撑开融合术治疗跟骨骨折畸形愈合 5 例临床观察. *山东医药*, 2016, 56(4): 44-46.
- 22 Laporta G, Bock F, Ghate N. Posterior approach for subtalar joint distraction arthrodesis by compact external fixation: a technique guide. *J Foot Ankle Surg*, 2013, 52(4): 547-552.
- 23 Fellmann J, Zollinger H. Surgical fusion of the subtalar joint—changing concepts in changing times. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 1996, 134(4): 341-345.
- 24 Easley ME, Trnka HJ, Schon LC, *et al.* Isolated subtalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg (Am)*, 2000, 82(5): 613-624.
- 25 Beimers L, de Leeuw PA, van Dijk CN. A 3-portal approach for arthroscopic subtalar arthrodesis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2009, 17(7): 830-834.
- 26 Carro LP, Golanó P, Vega J. Arthroscopic subtalar arthrodesis: the posterior approach in the prone position. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 2007, 23(4): 441.e1-445.e4.
- 27 Kalamchi A, Evans JG. Posterior subtalar fusion. A preliminary report on a modified Gallie's procedure. *J Bone Joint Surg (Br)*, 1977, 59(3): 287-289.
- 28 Trnka HJ, Easley ME, Lam PW, *et al.* Subtalar distraction bone block arthrodesis. *J Bone Joint Surg (Br)*, 2001, 83(6): 849-854.
- 29 Chiang CC, Tzeng YH, Lin CF, *et al.* Subtalar distraction arthrodesis using fresh-frozen allogeneic femoral head augmented with local autograft. *Foot Ankle Int*, 2013, 34(4): 550-556.
- 30 Lee MS, Tallerico V. Distraction arthrodesis of the subtalar joint using allogeneic bone graft: a review of 15 cases. *J Foot Ankle Surg*, 2010, 49(4): 369-374.
- 31 Monaco SJ, Brandao RA, Manway JM, *et al.* Subtalar distraction arthrodesis with fresh frozen femoral neck allograft: A retrospective case series. *Foot Ankle Spec*, 2016, 9(5): 423-428.
- 32 Garras DN, Santangelo JR, Wang DW, *et al.* Subtalar distraction arthrodesis using interpositional frozen structural allograft. *Foot Ankle Int*, 2008, 29(6): 561-567.
- 33 Henning C, Poggia G, Leie MA, *et al.* Comparative study of subtalar arthrodesis after calcaneal fracture malunion with autologous bone graft or freeze-dried xenograft. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 2015, 2(1): 1-9.
- 34 Zion I, Shabat S, Marin L, *et al.* Subtalar distraction arthrodesis using a ramp cage. *Orthopedics*, 2003, 26(11): 1117-1119.
- 35 Papadelis EA, Karampinas PK, Kavrouidakis E, *et al.* Isolated subtalar distraction arthrodesis using porous tantalum: A pilot study. *Foot Ankle Int*, 2015, 36(9): 1084-1088.
- 36 Palmanovich E, Brin YS, Ben David D, *et al.* Use of a spinal cage for creating stable constructs in ankle and subtalar fusion. *J Foot Ankle Surg*, 2015, 54(2): 254-257.
- 37 Myerson MS, Neufeld SK, Uribe J. Fresh-frozen structural allografts in the foot and ankle. *J Bone Joint Surg (Am)*, 2005, 87(1): 113-120.
- 38 Chan SC, Alexander IJ. Subtalar arthrodesis with interposition tricortical iliac crest graft for late pain and deformity after calcaneus fracture. *Foot Ankle Int*, 1997, 18(10): 613-615.
- 39 Chung HJ, Yum JK, Chung KJ, *et al.* Subtalar distraction arthrodesis for calcaneal malunion. *J Korean Fract Soc*, 2006, 19(1): 34-40.
- 40 Pollard JD, Schuberth JM. Posterior bone block distraction arthrodesis of the subtalar joint: a review of 22 cases. *J Foot Ankle Surg*, 2008, 47(3): 191-198.
- 41 Shibuya N, Smith RS, Escobedo LA, *et al.* A push-pull distraction method for arthroscopic subtalar joint arthrodesis. *J Foot Ankle Surg*, 2014, 53(6): 825-828.
- 42 Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, *et al.* Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int*, 1994, 15(7): 349-353.
- 43 Chandler JT, Bonar SK, Anderson RB, *et al.* Results of *in situ* subtalar arthrodesis for late sequelae of calcaneus fractures. *Foot Ankle Int*, 1999, 20(1): 18-24.
- 44 Burton DC, Olney BW, Horton GA. Late results of subtalar distraction fusion. *Foot Ankle Int*, 1998, 19(4): 197-202.

收稿日期: 2016-11-10 修回日期: 2017-03-13

本文编辑: 刘丹