

全踝关节置换术的研究进展

李亚星, 张晖

(四川大学华西医院骨科, 四川 成都 610041)

【摘要】 全踝关节置换术是治疗终末期踝关节炎的一项可行性手术方案。失败的早期假体设计使得这一技术被放弃,然而,随着近年来假体设计的完善和医疗技术的提高,全踝关节置换术取得了极大进展,其适应人群的范围也有所拓展。研究表明全踝关节置换术的中长期临床效果令人满意,其前景值得期待。与踝关节融合术相比,这一技术本身的优点显著,即保留或改善关节功能、较好步态活动以及避免邻近关节退变。随着进一步的发展,全踝关节置换术必将取代踝关节融合术成为治疗终末期踝关节炎的金标准。但就其发展现状而言,仍有许多问题尚需解决,包括:经济花费高、生存率低、翻修率高等。

【关键词】 关节成形术; 置换; 踝; 假体设计; 适应证; 综述文献

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2016.08.021

Research progress on total ankle replacement LI Ya-xing and ZHANG Hui. Department of Orthopaedic Surgery, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan, China

ABSTRACT Total ankle replacement (TAR) is considered as a treatment option for end-stage ankle arthritis. This treatment was abandoned due to the early failure prosthesis in the past. However, with recently advancements in ankle prosthesis design and improved surgical techniques, TAR has made great progress and the indications are expanding. Many studies have shown acceptable mid-term and long-term results of TAR, and it is worth looking forward to the prospect. Advantages of TAR over arthrodesis include improvement in joint range of motion, better gait activity, and decreased incidence of adjacent joint arthritis. With the further development, TAR will be considered as gold standard for the treatment of end-stage ankle arthritis instead of the ankle arthrodesis. However, there are still many problems of TAR need to be solved in this present stage of development, including higher economic costs, lower survival rate, and higher revision rate. Patients and surgeons should have confidence in TAR, also need to choose this treatment with careful consideration.

KEYWORDS Arthroplasty, replacement, ankle; Prosthesis design; Indications; Review literature

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 29(8): 774-778 www.zggszz.com

全踝关节置换术目前已成为外科医师治疗踝关节疾病的一种可选择方案。然而,早期较高的手术并发症和失败率使得此方案一度被踝关节融合术所取代,踝关节融合术也被认为是治疗终末期踝关节骨关节炎的金标准。近年来,随着假体设计和手术技术的不断完善,全踝关节置换术已经被广泛认可应用,被认为是一项不逊色于踝关节融合术的热门技术。本文主要阐述人工全踝关节置换术的进展及目前存在的不足等,为足踝外科医生进行全踝关节置换术提供参考。

1 全踝关节置换术的发展历史

自 1963 年 Smith 成功设计第 1 代全踝关节假体开始,全踝关节置换术进入第 1 代假体应用阶段,具有代表性的第 1 代假体有 Mayo、Newton、Smith、

Oregon 等^[1-3]。这些假体都需要采用骨水泥固定。假体设计分为两种类型:限制性设计和非限制性设计,但两种设计都有很高的失败率^[4]。限制性的设计失败的最主要原因在于不能分散旋转轴持续性变化产生的应力,而另一方面,非限制性的设计依靠周围软组织维持假体稳定性,这种设计使得软组织承受过大的负荷,最终导致假体不稳定和松动^[4]。此外,为了放置假体和允许骨水泥固定,需采用大面积骨切除,骨质的大量减少导致胫骨和距骨强度下降,增加了假体松动率。总之,由于高限制或缺乏限制、截骨量过大、忽略软组织平衡、早期的骨水泥固定技术、伤口愈合问题及疼痛等原因导致的高失败率,使得第 1 代全踝关节置换术被踝关节融合术所取代^[5]。

随后,不少学者对第 1 代全踝关节置换术进行了改造,全踝关节置换术进入第 2 代假体应用阶段。具有代表性的假体有 TPR、Waugh 等。普遍采用限制性双组件设计,距骨组件为偏球形,高密度的聚乙烯

通讯作者:张晖 E-mail:caesarzh@163.com

Corresponding Author:ZHANG Hui E-mail:caesarzh@163.com

衬垫被固定在胫骨组件或距骨组件上,但是骨水泥固定方式依然被采用。第 2 代全踝关节置换术的失败率依然居高不下。Tillmann 等^[6]对第 2 代 TPR 假体的报道中,2 年失败率达 42%,认为胫骨后方及胫骨髓腔内的骨水泥是影响关节活动并导致术后牵引性疼痛的原因,而踝关节频繁的剪应力是导致松动失败的主要因素。

自 20 世纪 80 年代开始,通过对失败的早期全踝关节假体进行总结,对踝关节解剖和运动特点进一步认识,学术界开始着重研究踝关节的载荷运动,提出了生物学固定、踝关节多轴运动等概念,从踝关节生物力学研究出发,对全踝关节假体进行了新的改进,于是第 3 代假体相继问世,包括 STAR、HINTEGRA、BOX、Buechel-Pappas 等。主要可以分为固定平台的双组件假体和活动平台的三组件假体。其中最具代表性的活动平台三组件设计假定为 STAR 假体,该假体于 2009 年被美国 FDA 批准使用,同时,也是惟一在美国被批准的带移动性轴承的三组件设计假体^[7]。

STAR 假体是目前在世界范围内应用最广的假体,也是目前我国主要使用的全踝关节假体。假体采用半限制性设计,既允许有限的跖屈背伸运动,又有严格限制的内外翻活动。假体组件包括:金属胫骨组件和距骨组件以及可以超高分子量聚乙烯衬垫。聚乙烯衬垫在胫、距骨组件之间的自由活动增加了关节活动度,同时在这一过程中,运动轴随运动而不断产生变化,这一设计更符合踝关节多轴载荷运动的特点,减少了假体与骨之间的剪切力,因而假体稳定性得到了保障。而假体采用生物学固定,假体与骨的接触面覆有羟基磷灰石的多孔涂层,增加接触面积,并能刺激假体与截骨面之间的骨质生长^[4]。此外,距骨组件设计更符合距骨正常解剖形状,可以完全覆盖距骨顶部,并且在其两侧设有翼状片以替代内外侧距骨面,既可以覆盖截骨后粗糙的内外侧距骨截骨面,又能置换受累的内外侧关节面,避免内外侧骨赘影响关节活动,同时参与负重及提供更大的固定面积。

固定平台的双组件设计假体的代表为 INBONE 假体,是于 2005 年 11 月被美国 FDA 批准。在我国,于 2015 年 10 月成功实施了国内首例 INBONE 假体置换,这标志着 INBONE 假体初步进入国内。该假体同样采用生物学固定方式,其最大特点是采用髓内制导系统以及多元组配式模块化的钛金属胫、距骨假体柄。不同于其他所有的全踝关节置换系统设计,INBONE 假体采用的髓内制导系统具有更高的骨切除精准性^[8-10]。而多元组配式设计的胫、距骨假体柄

能根据需求组配延伸长度,可以为病理性胫骨切除以及骨质疏松者提供足够的支持,同时,更长更粗的假体柄可以分担更多负重。此外,该胫骨柄一次可以装配 8~10 mm,无需通过胫前骨皮质开窗放置。最初的 INBONE 假体设计为马鞍形的距骨组件,但是,这种鞍形设计未能提供足够的内外侧稳定性,因而,在新的 INBONE II 代假体中,距骨组件改为采用一个可以牢固地与胫骨组件相附着的超高分子量聚乙烯材料的“V”形平台^[11]。

随着近年来对踝关节运动特点的深入认识以及假体设计理念的进步,新 1 代假体的失败率明显下降,生存率极大提高。2010 年 Gougoulias 等^[12]的一项系统性回顾研究显示平均 5 年失败率为 10%,各注册中心的数据差异较大,范围为 0%~32%。Daniels 等^[13]对 110 例 STAR 假体进行了平均 9 年的随访,结果显示金属组件翻修率为 12%,聚乙烯衬垫更换率为 18%,患者术后的关节活动改善和疼痛缓解显著。而 2015 年的一项关于全踝关节置换假体生存率的报道中,研究包含了 5 152 例初次置换和 591 例翻修置换假体,结果显示假体 2 年生存率为 94%,5 年生存率为 87%,10 年生存率为 81%^[14]。凭借改进后的新 1 代假体,全踝关节置换术也取得了所期待的临床疗效。Zaidi 等^[15]的一项 Meta 分析显示,全踝关节置换术后 AOFAS 评分和关节活动范围改善显著,患者平均随访 8.2 年,平均 AOFAS 评分由术前 40 分增至术后 80 分,关节活动度由术前 23°增至术后 34°。

总之,较高的生存率和良好的临床疗效使得很多学者对这一技术充满了信心,因而全踝关节置换术被广泛认可应用。瑞典足踝注册中心的数据显示,瑞典每年进行全踝关节置换术的数量从 1993 年的 3 例增加到 2002 年的 74 例,每年保持在 70 例左右^[16]。这意味着,在瑞典,15 岁以上的居民,平均 100,000 人中有 1 例全踝关节置换术。在美国,从 1991 年至 2010 年期间,全踝关节置换的比例由 0.2/100,000 增至 1.9/100,000,全踝关节置换术台次由 72 台/年增至 888 台/年,开展全踝关节置换术的医院由 178 所增至 493 所^[17]。此外,包括芬兰、挪威、新西兰等地注册中心数据在内的大量文献研究也表明了全踝关节置换术已经被广泛认可应用^[16-21]。当然,相比欧美等地的情况而言,国内全踝关节置换术的发展较迟。自 20 世纪 80 年代开始进行踝关节假体的研制和临床应用以来,国内开展踝关节置换术台次仅有数百台。在国内,假体费用高、手术技术难以以及医生经验相对欠缺仍是制约全踝关节置换术发展的重要因素。

2 全踝关节置换术的适应证及其新进展

过去普遍认为全踝关节置换术的最佳适应证应具有以下几个条件:年龄较大;无肥胖;冠状面上对位、对线良好;终末期踝关节骨关节炎;多关节受累;低活动要求^[22-25]。然而,近年来研究表明全踝关节置换术适应人群的范围在以下几个方面有所拓展。

以往有报道认为年轻患者在全踝关节置换术后存在较高的翻修率^[26]。因此认为对于年轻患者不应进行全踝关节置换术。然而,新的研究显示年轻患者(<50岁)与年老患者(>50岁)的临床效果之间并未存在显著性差异^[25]。而有研究发现对于年轻的全踝关节置换术患者并非存在较高的翻修率^[19-21]。此外, Demetracopoulos 等^[27]将 395 例患者分为<55 岁组、55~70 岁组、>70 岁组,平均随访 3.5 年,术后组间 VAS 评分、临床功能、伤口并发症发生率、再次手术率以及翻修率比较并无明显差异,并且<55 岁组比>70 岁组的 SF-36 及 AOFAS 评分改善更为显著。这表明如果患者其他条件符合,年龄或许不应成为全踝关节置换术的限制条件,但是,考虑到目前全踝关节假体的生存率现状,外科医生必须认识到对于预期寿命长的年轻患者,在未来必然面临多次翻修的可能。

过去认为对于肥胖患者,进行全踝关节置换术不仅无法改善患者症状,并且存在较高的失败和翻修风险,因此,肥胖一度被认为是全踝关节置换术的禁忌证。然而,Gross 等^[28]的一项对比性研究发现尽管肥胖组术后关节功能较非肥胖组稍低,但就其本身而言,患者可以通过全踝关节置换术获得显著的功能改善和疼痛缓解。此外,在最近的一项回顾性队列研究中,Bouchard 等^[29]发现肥胖组与非肥胖组进行全踝关节置换术在疼痛缓解及功能改善程度方面相近,两组之间并发症发生率无明显差异。Barg 等^[30]对 118 例肥胖患者(共计 123 踝)进行全踝关节置换术,患者最低 BMI 为 30 kg/m²,术后临床疗效令人满意:VAS 评分由 7.0±1.7 降至 1.4±1.1,AOFAS 后足评分由 35.4±14.9 增至 75.4±9.6,关节活动度(ROM)由(26.9±13.7)°增至(35.3±8.1)°,术后 6 年假体生存率达 93%($P<0.001$)。这表明肥胖患者同样可以获得良好的临床疗效,同时中长期生存率并不低,肥胖并不应成为全踝关节置换术的禁忌证。

术前踝关节存在严重畸形被认为全踝关节置换术的禁忌证,有学者认为内外翻畸形>10°的患者不应进行全踝关节置换术^[31-35]。然而,近来的研究对比了冠状面畸形<10°与畸形>10°的两组患者,最终临床结果并无显著差异^[36]。随着手术技术的进步和足踝外科医生经验的积累,对于存在严重内翻或外翻

畸形的患者,在一些额外的矫正手术辅助下(如踝上截骨术,远端腓骨延长和旋转截骨术,跟骨矫正性截骨术和内外侧副韧带重建术等),全踝关节置换术同样可以取得值得肯定的短期疗效^[37-40]。Trajkovski 等^[38]的一项前瞻性研究中,内翻组(内翻≥10°)36 例,对照组(内翻<10°)36 例,两组患者平均随访 34.7 个月,结果显示内翻组平均 AOFAS 后足评分改善 57.2 分,内翻畸形矫正效果显著,对照组平均 AOFAS 后足评分改善 51.5 分,两组患者疼痛和 SF-36 评分改善程度相当。

此外,随着相关医疗技术的进步,近年来的研究对血友病性关节炎、痛风性关节炎、遗传性血色病、小儿麻痹症以及踝关节融合术后的患者也进行了全踝关节置换术尝试,随访结果同样令人满意^[41-45]。

综上,随着不断的进展,全踝关节置换术在一些过去被认为不适宜这一手术方案的人群中获得了良好的临床疗效,这表明就全踝关节置换术目前的发展现状而言,过去认为的最佳适应人群范围并不准确,适应人群的范围正随着越来越多的研究尝试而不断被拓展和修订,其适应证和禁忌证也正在被重新界定,当然,这些新的进展尝试仍需长期多中心大样本随访数据支持。

笔者认为,目前全踝关节置换术的适应人群应符合终末期疾病引起的踝关节严重疼痛和功能受限,保守治疗无效,可以矫正的内外翻畸形,距骨骨质尚好,踝关节周围软组织韧带稳定性完好,相对低活动要求。

3 全踝关节置换术的优点与不足

由于全踝关节置换术与踝关节融合术二者在适应证上有所交叉,如何两者之间做一选择成为了患者和外科医生必然面对的问题。

研究表明全踝关节置换术和踝关节融合术均能获得良好的临床疗效。在缓解患者疼痛方面,这两项技术并无统计学差异。与踝关节融合术相比,全踝关节置换术最显著的优点即保留或改善踝关节活动功能,这也是患者和外科医生选择这一技术的主要原因。踝关节融合术有自身无法解决的缺点,即丧失关节活动性,这必然使得关节正常生物力学被破坏,导致术后步态的改变和邻近关节的非正常负重,最终导致邻近关节退变加速而引发疼痛^[22,46-49]。研究显示,进行踝关节融合术 8 年后,约 50% 的患者有显著的后足关节炎,而 22 年后,几乎所有的患者都存在后足关节炎^[50-51]。SooHoo 等^[46]研究发现术后 5 年,2.8% 的踝关节融合术后患者因为疼痛接受了距下关节融合术,而全踝关节置换术的患者仅为 0.7%。

然而,尽管目前的全踝关节置换术已经取得了

极大进展,与踝关节融合术相比,其优点明显,但仍有诸多不足之处。相比踝关节融合术,全踝关节置换术经济花费高、手术难度较大,并且面临较高的失败率、翻修率、以及并发症发生率。加拿大足踝注册中心数据显示全踝关节置换术平均经济花费为(13 500±1 000)美元,而踝关节融合术仅为(5 500±500)美元^[52]。SooHoo 等^[46]的研究结果显示全踝关节置换术后 1 年翻修率为 9%,术后 5 年翻修率为 23%,而踝关节融合术后分别为 5%与 11%。这与中期随访研究结果相似^[53],平均随访 5.5 年,全踝关节置换术翻修率达 17%,而踝关节融合术为 7%,并且研究者发现置换术后的并发症发生率同样更高,达 19%,而踝关节融合术后仅为 7%。

学术界对全踝关节置换术与踝关节融合术的优劣争论了 40 余年。目前尚无一关于二者的前瞻性临床随机对照研究,二者之间的孰优孰劣依然没有一个被普遍接受的定论。但是,笔者认为目前全踝关节置换术的不足之处,归根结底主要是其发展不够成熟所致,而非这一技术本身,就如同现在的髌膝关节置换术,并没有人会认为髌膝关节融合术更好。与髌膝关节置换术的发展相比,全踝关节置换术仍存有诸多不足需要解决,比如依然较高的翻修率^[54]。Labek 等^[55]的一项调查研究表明,术后 10 年,髌、膝关节置换术翻修率分别为 12.9%与 12.6%,而全踝关节置换术的翻修率达 32.9%。

4 结论

随着假体设计的完善、手术技巧的提高以及足踝外科医生经验的丰富,全踝关节置换术已经取得了极大进展,其适应人群的范围也正在被不断拓展和修订,尽管目前的全踝关节置换术发展仍不够成熟,仍存有诸多问题尚需解决,但不可否认,这一技术已经被广泛地认可和接受,其前景值得期待。对患者和外科医生而言,既要慎重看待全踝关节置换术,也应对其抱有信心。随着进一步的发展完善,在未来,踝关节融合术必然会被全踝关节置换术所取代,但就目前全踝关节置换术的发展现状而言,选择保留或者改善关节活动功能就必然要承担这一技术所需的较高手术花费,并且面临相对较高的翻修、失败等风险。因此,在国内,对于经济条件较差、关节置换愿望不强烈的患者,踝关节融合术依然是首选,全踝关节置换术需慎重选择。

参考文献

- [1] Kitaoka HB, Patzer GL. Clinical results of the Mayo total ankle arthroplasty[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1996, 78(11): 1658-1664.
- [2] Newton SE 3rd. Total ankle arthroplasty. Clinical study of fifty cases[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1982, 64(1): 104-111.
- [3] Demottaz JD, Mazur JM, Thomas WH, et al. Clinical study of total ankle replacement with gait analysis. A preliminary report[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1979, 61(7): 976-988.
- [4] Vickerstaff JA, Miles AW, Cunningham JL. A brief history of total ankle replacement and a review of the current status[J]. *Med Eng Phys*, 2007, 29(10): 1056-1064.
- [5] Henricson A, Skoog A, Carlsson. The Swedish Ankle Arthroplasty Register: An analysis of 531 arthroplasties between 1993 and 2005[J]. *Acta Orthop*, 2007, 78(5): 569-574.
- [6] Tillmann K. The Rheumatoid Foot: Diagnosis, Pathomechanics and Treatment[M]. Thieme, 1979.
- [7] Kofoed H. Scandinavian total ankle replacement (STAR)[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2004, 424: 73-79.
- [8] Reiley MA. INBONE total ankle replacement[J]. *Foot Ankle Spec*, 2008, 1(5): 305-308.
- [9] Saltzman CL, McIlff TE, Buckwalter JA, et al. Total ankle replacement revisited[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2000, 30(2): 56-67.
- [10] Huber H, Kellenberger R, Huber M. Scandinavian Total Ankle Replacement (LINK STAR): Technical Problems and Solutions// Current Status of Ankle Arthroplasty[M]. Berlin Heidelberg: Springer, 1998: 106-110.
- [11] DeOrio JK. Revision INBONE total ankle replacement[J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2013, 30(2): 225-236.
- [12] Gougoulias N, Khanna A, Maffulli N. How successful are current ankle replacements? a systematic review of the literature[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2010, 468(1): 199-208.
- [13] Daniels TR, Mayich DJ, Penner MJ. Intermediate to long-term outcomes of total ankle replacement with the Scandinavian Total Ankle Replacement (STAR)[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2015, 97(11): 895-903.
- [14] Bartel AF, Roukis TS. Total ankle replacement survival rates based on Kaplan-Meier survival analysis of national joint registry data[J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2015, 32(4): 483-494.
- [15] Zaidi R, Cro S, Gurusamy K, et al. The outcome of total ankle replacement: a systematic review and meta-analysis[J]. *Bone Joint J*, 2013, 95(11): 1500-1507.
- [16] Henricson A, Nilsson JA, Carlsson A. 10-year survival of total ankle arthroplasties: a report on 780 cases from the Swedish Ankle Register[J]. *Acta Orthop*, 2011, 82(6): 655-659.
- [17] Pugely AJ, Lu X, Amendola A, et al. Trends in the use of total ankle replacement and ankle arthrodesis in the United States Medicare population[J]. *Foot Ankle Int*, 2014, 35(3): 207-215.
- [18] Skyttä ET, Koivu H, Eskelinen A, et al. Total ankle replacement: a population-based study of 515 cases from the Finnish Arthroplasty Register[J]. *Acta Orthop*, 2010, 81(1): 114-118.
- [19] Fevang BT, Lie SA, Havelin LI, et al. 257 ankle arthroplasties performed in Norway between 1994 and 2005[J]. *Acta Orthop*, 2007, 78(5): 575-583.
- [20] Hosman AH, Mason RB, Hobbs T, et al. A New Zealand national joint registry review of 202 total ankle replacements followed for up to 6 years[J]. *Acta Orthop*, 2007, 78(5): 584-591.
- [21] Gougoulias N, Maffulli N. History of total ankle replacement[J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2013, 30(1): 1-20.
- [22] Easley ME, Latt LD, Santangelo JR, et al. Osteochondral lesions of the talus[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2010, 18(10): 613-630.
- [23] Deorio JK, Easley ME. Total ankle arthroplasty[J]. *Instr Course Lect*, 2008, 57: 383-413.

- [24] Saltzman CL. Total ankle arthroplasty: state of the art[J]. Instr Course Lect, 1999, 48: 263-268.
- [25] Kofoed H, Lundberg-Jensen A. Ankle arthroplasty in patients younger and older than 50 years; a prospective series with long-term follow-up[J]. Foot Ankle Int, 1999, 20(8): 501-506.
- [26] Hintermann B. Short- and mid-term results with the STAR total ankle prosthesis[J]. Orthopade, 1999, 28(9): 792-803.
- [27] Demetracopoulos CA, Adams SB, Queen RM, et al. Effect of age on outcomes in total ankle arthroplasty[J]. Foot Ankle Int, 2015, 36(8): 871-880.
- [28] Gross CE, Lampley A, Green CL, et al. The effect of obesity on functional outcomes and complications in total ankle arthroplasty[J]. Foot Ankle Int, 2016, 37(2): 137-141.
- [29] Bouchard M, Amin A, Pinsker E, et al. The impact of obesity on the outcome of total ankle replacement[J]. J Bone Joint Surg Am, 2015, 97(11): 904-910.
- [30] Barg A, Knupp M, Anderson AE, et al. Total ankle replacement in obese patients: component stability, weight change, and functional outcome in 118 consecutive patients[J]. Foot Ankle Int, 2011, 32(10): 925-932.
- [31] Doets HC, Brand R, Nelissen RG. Total ankle arthroplasty in inflammatory joint disease with use of two mobile-bearing designs[J]. J Bone Joint Surg Am, 2006, 88(6): 1272-1284.
- [32] Haskell A, Mann RA. Ankle arthroplasty with preoperative coronal plane deformity: short-term results[J]. Clin Orthop Relat Res, 2004, (424): 98-103.
- [33] Wood PL, Deakin S. Total ankle replacement The results in 200 ankles[J]. J Bone Joint Surg Br, 2003, 85(3): 334-341.
- [34] Wood PL, Prem H, Sutton C. Total ankle replacement: medium-term results in 200 Scandinavian total ankle replacements[J]. J Bone Joint Surg Br, 2008, 90(5): 605-609.
- [35] Wood PL, Sutton C, Mishra V, et al. A randomised, controlled trial of two mobile-bearing total ankle replacements[J]. J Bone Joint Surg Br, 2009, 91(1): 69-74.
- [36] Kim BS, Choi WJ, Kim YS, et al. Total ankle replacement in moderate to severe varus deformity of the ankle[J]. J Bone Joint Surg Br, 2009, 91(9): 1183-1190.
- [37] Waizy H, Windhagen H, Stukenborg-Colsman C, et al. Taylor spatial frame in severe foot deformities using double osteotomy: technical approach and primary results[J]. Int Orthop, 2011, 35(10): 1489-1495.
- [38] Trajkovski T, Pinsker E, Cadden A, et al. Outcomes of ankle arthroplasty with preoperative coronal-plane varus deformity of 10° or greater[J]. J Bone Joint Surg Am, 2013, 95(15): 1382-1388.
- [39] Barg A, Pagenstert GI, Leumann AG, et al. Treatment of the arthritic valgus ankle[J]. Foot Ankle Clin, 2012, 17(4): 647-663.
- [40] Hanselman AE, Powell BD, Santrock RD. Total ankle arthroplasty with severe preoperative varus deformity[J]. Orthopedics, 2015, 38(4): e343-e346.
- [41] Barg A, Elsner A, Hefti D, et al. Haemophilic arthropathy of the ankle treated by total ankle replacement: a case series [J]. Haemophilia, 2010, 16(4): 647-655.
- [42] Barg A, Knupp M, Kapron AL, et al. Total ankle replacement in patients with gouty arthritis[J]. J Bone Joint Surg Am, 2011, 93(4): 357-366.
- [43] Barg A, Elsner A, Hefti D, et al. Total ankle arthroplasty in patients with hereditary hemochromatosis[J]. Clin Orthop Relat Res, 2011, 469(5): 1427-1435.
- [44] Hintermann B, Barg A, Knupp M, et al. Conversion of painful ankle arthrodesis to total ankle arthroplasty[J]. J Bone Joint Surg Am, 2009, 91(4): 850-858.
- [45] 闵重函, 张洪美. 踝关节置换治疗血友病性关节炎的短期临床疗效观察[J]. 中国骨伤, 2009, 22(6): 428-431.
- Min ZH, Zhang HM. Study on short-term effects of ankle replacement for the treatment of hemophilic arthritis[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2009, 22(6): 428-431. Chinese with abstract in English.
- [46] SooHoo NF, Zingmond DS, Ko CY. Comparison of reoperation rates following ankle arthrodesis and total ankle arthroplasty[J]. J Bone Joint Surg Am, 2007, 89(10): 2143-2149.
- [47] Daniels TR, Younger AS, Penner M, et al. Intermediate-term results of total ankle replacement and ankle arthrodesis a COFAS multicenter study [J]. J Bone Joint Surg Am, 2014, 96(2): 135-142.
- [48] Saltzman CL, Mann RA, Ahrens JE, et al. Prospective controlled trial of STAR total ankle replacement versus ankle fusion: initial results[J]. Foot Ankle Int, 2009, 30(7): 579-596.
- [49] Singer S, Klejman S, Pinsker E, et al. Ankle arthroplasty and ankle arthrodesis: gait analysis compared with normal controls[J]. J Bone Joint Surg Am, 2013, 95(24): e191(1-10).
- [50] Muir DC, Amendola A, Saltzman CL. Long-term outcome of ankle arthrodesis[J]. Foot Ankle Clin, 2002, 7(4): 703-708.
- [51] Coester LM, Saltzman CL, Leupold J, et al. Long-term results following ankle arthrodesis for post-traumatic arthritis[J]. J Bone Joint Surg Am, 2001, 83(2): 219-219.
- [52] Younger AS, MacLean S, Daniels TR, et al. Initial hospital-related cost comparison of total ankle replacement and ankle fusion with hip and knee joint replacement[J]. Foot Ankle Int, 2015, 36(3): 253-257.
- [53] Daniels TR, Younger AS, Penner M, et al. Intermediate-term results of total ankle replacement and ankle arthrodesis: a COFAS multicenter study[J]. J Bone Joint Surg Am, 2014, 96(2): 135-142.
- [54] Sadoghi P, Liebensteiner M, Agreiter M, et al. Revision surgery after total joint arthroplasty: a complication-based analysis using worldwide arthroplasty registers[J]. J Arthroplasty, 2013, 28(8): 1329-1332.
- [55] Labek G, Thaler M, Janda W, et al. Revision rates after total joint replacement: cumulative results from world wide joint[J]. J Bone Joint Surg Br, 2011, 93(3): 293-297.

(收稿日期: 2016-02-25 本文编辑: 李宜)