

· 综述 ·

渐进式塌陷平足症的诊治进展[△]

谭英权, 段小军*

(陆军军医大学西南医院关节外科, 重庆 400038)

摘要: 成人平足症在临床十分常见, 以局部疼痛、影响运动为主要表现, 目前对患者的治疗措施仍存在较大争议。为此, 本研究搜索了 Pubmed、Web of Science、The Cochrane Library 以及中国生物医学文献数据库、维普信息资源系统数据库。对文献进行全面分析, 发现胫后肌腱功能不全或者弹簧韧带损伤是导致平足的主要病因, 症状性平足可以先尝试保守治疗, 而针对疾病不同阶段的特点, 联合使用多种术式, 通常可以取得良好的手术疗效, 提高患者生活质量。本文对此现状进行全面综述, 为规范化临床治疗提供依据。

关键词: 平足, 畸形, 诊断, 治疗, 手术

中图分类号: R682.16 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2025) 11-1009-06

Advances in the diagnosis and treatment of progressive collapsing flatfoot deformity // TAN Ying-quan, DUAN Xiao-jun. Center for Joint Surgery, Southwest Hospital, Army Medical University, Chongqing 400038, China

Abstract: Adult acquired flatfoot deformity is very common in clinical practice, with local pain and disrupting motor activity as the main manifestations. Currently, there is still great controversy about the treatment measures for patients. To this end, we searched PubMed, Web of Science, The Cochrane Library, the Chinese Biomedical Literature Database, and the VIP database to conduct a comprehensive analysis of the related literature. It is found that posterior tibial tendon dysfunction or spring ligament injury is the main cause of flatfoot. Symptomatic flatfoot could be treated conservatively first, and according to the characteristics of different stages of the disease, the combination of multiple surgical methods could usually achieve good results and improve the quality of life of patients. This paper comprehensively reviews the status quo to provide a basis for standardized clinical treatment for this disease.

Key words: flatfoot, deformity, diagnosis, treatment, surgery

平足症俗称扁平足, 指患者内侧足弓低平或消失。成人平足症可分为先天性和继发性两种, 在骨科临床十分常见的是成人获得性平足症 (adult-acquired flat foot deformity, AAFD)。AAFD 属于继发畸形, 比较公认的观点认为胫后肌腱功能不全 (posterior tibial tendon dysfunction, PTTD) 是导致 AAFD 的主要病因。为了医患双方更容易理解疾病和避免混淆概念, 最近国际骨科界试图通过使用“渐进式塌陷平足症” (progressive collapsing foot deformity, PCFD) 来标准化命名^[1-3]。由于对病因分析的差异, 导致在具体针对每一例患者时, 经常出现治疗方案的争议。为此, 本研究搜索了 Pubmed、Web of Science、The Cochrane Library 以及中国生物医学文献数据库、维普信息资源系统数据库, 对文献全面分析后进行综述,

希望对平足症的规范化临床诊疗提供帮助。

1 病因

足踝畸形往往是骨骼、韧带或者肌力出现异常导致继发病变。成人平足中低于 15% 的患者具有临床症状, 尤其见于中年女性, 这些畸形随着病程进展可以出现症状的变化^[3]。脑瘫等神经系统异常时, 可以引起症状性平足症^[4], 但限于篇幅, 本综述未纳入此部分进行分析。

PTTD 是最早被广泛认同与平足关联的病因。胫后肌腱的主要功能是踝关节跖屈、后足内翻, 并维持足弓。导致胫后肌腱横断损伤的病例很少, 更多的是因结缔组织疾病导致肌腱慢性炎症、缺血或者组织退

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.110293

[△]基金项目: 重庆市民生科技创新专项项目 (编号: cstc2016shmszx0630); 陆军军医大学后勤科研专项项目 (编号: Y2022W04)

作者简介: 谭英权, 医师, 研究方向: 骨科学, (电话) 023-68765920, (电子信箱) 18883538952@163.com

* 通信作者: 段小军, (电子信箱) duan@tmmu.edu.cn

变引起肌腱组织纵向撕裂,肌腱延长 1 cm 即可导致功能严重削弱^[1],从而引起 PCFD 症状。而基因检测分析提示:基质金属蛋白酶 13 和 18 在胫后肌腱再生修复中可能扮演着重要作用^[5, 6]。近年来大量研究提示:弹簧韧带(跟舟跖侧韧带)损伤,是导致 AAFD 或者 PCFD 的另一个重要病因^[2, 7]。弹簧韧带分为两束,呈三角形,连接于跟骨载距突和舟骨之间,是维持足弓最重要的静态稳定性结构^[8]。Pasapula 等^[9]通过 21 例尸体研究发现,弹簧韧带切除后,足的侧方移位试验将变得非常明显,该现象比胫后肌腱和屈趾长肌腱切断后更明显。平足的病因较为复杂,其他可能的病因还包括:腓肠肌或者跟腱挛缩加重跟骨外翻^[10],三角韧带损伤导致内踝疼痛和踝关节外翻。Malakoutikhah 等^[11]进行了计算机辅助的三维有限元分析,研究提示跖筋膜、弹簧韧带和三角韧带对维持足弓作用较大,但是单一组织功能不足以立即导致平足畸形。因此,这些病理改变可能不是平足发病的核心,但可以促进疾病的进一步发展。

2 临床表现

2.1 症状

患者稍久站或行走 1~2 km 即可以引起足部酸痛,休息可以缓解。病情进展后,出现步态迟缓,足内侧疼痛,且不易缓解,进一步发展出现足外侧跗骨窦区域疼痛,严重影响生活质量^[3, 12]。

2.2 体征

完整的查体对于诊断平足症十分重要。查体时充分暴露双侧足踝和小腿,并注意双侧对比。患者站立时,让患者指出明显压痛部位;然后从患者身后观察,注意胫后肌腱区域是否存在肿胀、跟骨外翻、中

足外展导致多趾征,随后用手指触摸患者足弓是否塌陷。检查者随后站于患者身前,手扶患者双手进行单足提踵试验:僵硬型平足不能单足踮立,若患者可以单足踮立,则从患者身后再次观察后足踮立时是否会出现距下关节正常内翻^[13];避免提踵试验时患者手部较大力量辅助踮脚,将导致假阴性结果。在非负重状态下,通过 Silverskoldt 试验判断跟腱或者腓肠肌是否存在挛缩;检查者复位外翻的后足,在保持中立位时,观察前足是否存在旋后;检查者在放松患者跟腱张力前提下,尝试平足是否可以较好复位,如可较好恢复足部外观,提示为柔韧型畸形。最后评估步态,除了直接观察外,利用三维步态分析技术可更加精准评估,患者可出现支撑相时间延长,步长、步频和步速变小等表现^[1, 12]。

2.3 分型与分期

平足症可分为柔韧型和僵硬型。Johnson 和 Strom 于 1989 年将平足症分为 3 期,随后 Myerson 增加了 4 期,为年轻医生认识和选择手术方案提供了借鉴。1 期:主要表现为内踝疼痛和胫后肌腱止点区域肿胀,此期胫后肌腱局部存在炎症反应,但是肌腱长度尚在正常范围。2 期:胫后肌腱出现损伤表现,单足踮立受到影响,但是距下关节是柔韧的,平足畸形具有可复性。3 期:足弓塌陷,伴随的足部畸形加重,距下关节僵硬,不能单足踮立,平足畸形不能手法矫正。4 期:合并存在内踝三角韧带功能不足,表现为胫距关节面外翻畸形。该分期描述在 2007 年进行了细化(表 1)^[14],使其更具有临床可操作性。2020 年 Myerson 等对 PCFD 进行新的分型(表 2),由于平足症涉及多种畸形,新的分类将由多种字符组合而成,例如 2AB1C;该分类系统对科研与学术有益,但是临床使用时难以记忆^[1, 15]。

表 1. 简化 Bluman-Myerson 版的成人获得型平足症分型
Table 1. Simplified Bluman-Myerson classification of adult acquired flat foot

分型	畸形	疾病进展	治疗
I 型	无	胫后肌腱退变或腱鞘炎、胫后肌腱具有功能	最初保守治疗、腱鞘切除术
II 型	柔韧型畸形		
IIA 型	中度(距骨头未覆盖<40%)	胫后肌腱退变或轻度-中度的撕裂 弹簧韧带松弛	支具、肌腱转位术、跟骨内移截骨术、距下关节制动术、内侧柱稳定术
IIB 型	重度(距骨头未覆盖>40%)	胫后肌腱重度撕裂、弹簧韧带失效、跗骨窦综合征	考虑外侧柱延长术
III 型	僵硬型畸形	距下关节骨关节炎、后足外翻撞击征	距下关节融合或三关节融合术、考虑内侧序列重排术增加跖屈
IV 型	胫距关节外翻		
IVA 型	柔韧型	三角韧带失效	扁平足重建术+三角韧带重建术
IVB 型	僵硬型	踝关节骨关节炎	考虑复合胫距关节融合术/踝关节置换术

表 2. 渐进式塌陷足畸形的专家共识
Table 2. Expert consensus on progressive collapsed foot deformity

分期		
I 期（柔韧型）		II 期（僵硬型）
畸形种类（独立或者合并）		
畸形类型/部位		相应临床/影像学的表现
A 类	后足外翻	后足力线外翻：增加后足力臂和后足力线异常
B 类	中足/前足外展	降低距骨头关节面覆盖，增加距舟关节面夹角，存在跗骨窦撞击症状
C 类	前足内翻/内侧柱不稳	增加距骨-第 1 跖骨夹角，跖楔关节或者舟楔关节的足底间隙增宽，前足内翻外观
D 类	距周半脱位/脱位	距下关节半脱位/外踝下撞击
E 类	踝关节不稳	踝关节面夹角外翻

3 影像学检查

3.1 X 线片

拍摄 X 线片是最基本的检查，对于 AAJD 或者 PCFD 诊断或者鉴别诊断非常实用，并有助于治疗方案的选择。通常包括：负重位的足正侧位、踝关节正位和后足力线位。Sangeorzan 等认为^[16]，侧位 X 线片中最重要参数是距跟角、距骨-跖骨角（Meary 角）和楔骨距离跟骨-跖骨水平线的垂直距离（图 1）。足正位 X 线片通过判断距舟关节面匹配度，判断中足是否存在外翻。后足力线位可以直接判断跟骨是否存在外翻。Meary 角是测量侧位片中距骨和第 1 跖骨解剖轴线的夹角，正常值 0°~4°，4°~15°为轻度异常，15°~30°为中度异常，超过 30°为重度异常^[3]。

3.2 MRI

MRI 是评估腱鞘炎、软组织病变和肌腱损伤的有效检查。Conti 等^[17]研究发现：平足症 1 期的 MRI 提示胫后肌腱鞘积液（尤其是横断位），偶有该肌腱纵向撕裂信号；病情进展后，腱鞘积液信号消失，出现肌腱变窄、实质部退变、肌腱止点末端球根样改变、肌腱断裂以及局部瘢痕信号。MRI 检查对弹簧韧带急性断裂具有一定价值，但对于慢性损伤的敏感性为 54%~77%，特异性 100%^[18]。在 4 期患者中，内踝三角韧带损伤也可以通过 MRI 检查来显示。踝关节的 3D MRI 对于发现胫后肌腱撕裂和显示肌腱撕裂间隙，是非常好的新技术^[19]。

3.3 CT

CT 能够清晰显示骨性结构，对于判断症状性副舟骨的形态和是否存在跗骨联合、骨缺损有较大帮助^[13]。负重位 CT 更能直接三维显示负重状态下的足弓和足踝的骨性异常，提供了用于量化扁平足畸形的

额外参数，并可识别距下关节的潜在解剖变异，这些变异的存在易继发距骨周围半脱位和平足畸形，明确病变的主要部位对于决定手术方式有重要参考价值^[20]。

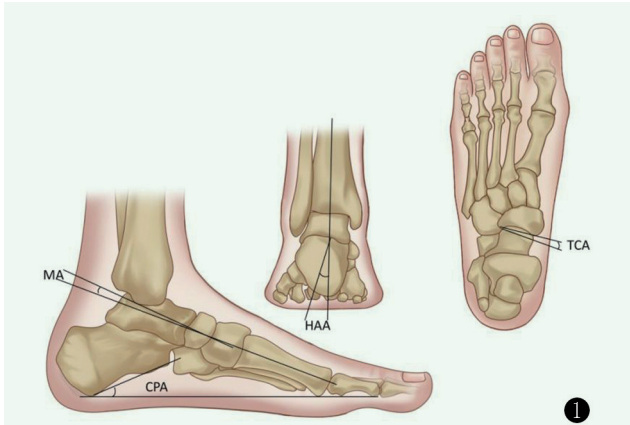


图 1. 负重位 X 线片测量角度：距骨-跖骨角（第 1 跖骨解剖轴线与距骨解剖轴线的夹角）、跟骨倾斜角（跟骨倾斜面与地平线的夹角）、后足力线角（胫骨与跟骨轴向力线的夹角）、距舟关节覆盖角（距骨与舟骨关节面匹配角度）。
Figure 1. Weight-bearing radiographic measurement. Talus first metatarsal angle (angle between anatomic axis of the first metatarsal and talus); Calcaneal inclination angle (angle between inclined plane of calcaneal and horizon); Angle of hind-foot alignment (angle between tibia and calcaneal axis; Talonavicular covering angle (angle between talus and articular surface of navicular).

4 保守治疗

保守治疗 3~6 个月适用于大部分患者，公认的措施包括：制动、药物治疗、理疗、佩戴支具或者矫形鞋^[21]。在行走时，使用具有支撑足弓的专用鞋垫，或者简易的足弓垫贴敷于距舟关节跖侧；经常练习用足趾行走，作屈趾运动，或用足趾拾物强化足内

在肌力。合并腓骨肌痉挛的患者，若病程较短，亦可试行保守治疗，采用支具固定于内翻位。Brijwasi 等^[22]将 52 例柔韧型平足患者随机分成两组：实验组按计划进行踝关节主动背伸、跖屈，4 种足部训练操（图 2），强化臀肌力量训练和小腿三头肌拉伸训练；

对照组仅行踝关节主动背伸、跖屈和小腿拉伸；6 周后体表数据测量分析显示，严格的下肢康复训练有助于改善扁平足的外观，从而可能减慢疾病发展。Hara 等^[23]进行文献分析指出，现有文献支持 5 周以上的足部内在短肌训练有助于平足症治疗。

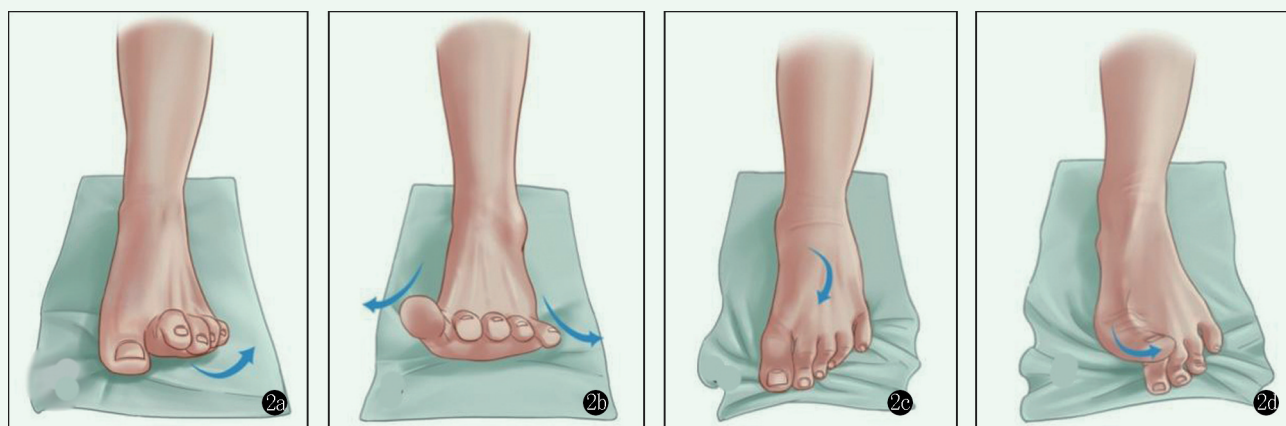


图 2. 足部康复训练操：2a：第 2~5 趾背伸；2b：5 个足趾外展；2c：5 个足趾抓地后形成短足；2d：拇趾背伸。

Figure 2. Foot rehabilitation exercises: 2a: 2~5 toes plantar dorsal extension; 2b. Abduction of 5 toes; 2c Short feet formed after five toes grasp the ground; 2d: Great toe dorsal extension.

支具或者矫形鞋在儿童或者成人平足治疗中的远期疗效尚存在争议，Choi 等^[24]和 Herchenröder 等^[25]研究认为，该措施并没有循证医学较强的研究来证实其远期疗效。利用 3D 打印技术制备与患者足形高度吻合的平足鞋垫取得新进展，Zhao 等^[26]开发了一系列用于光聚合 3D 打印的聚氨酯丙烯酸酯复合材料，使用该材料 3D 打印的足弓支撑鞋垫具有精度高、可降低足底压力、防止鞋垫过早变形等特点。

5 手术治疗

没有一种术式可以解决全部平足患者的症状，因此需要根据疾病的分型和分期来选择术式^[2]。手术方式较多，可分为软组织手术和骨性手术两大类^[27]，具体术式选择参考表 1。手术治疗目的：缓解局部疼痛，矫正足部畸形，改善足部功能，提升生活质量。原则上对柔韧型平足尽量保留活动的关节，在矫正畸形、恢复足弓的同时，平衡软组织力量，降低远期畸形复发率；对于僵硬型平足，则考虑行关节融合术。

5.1 跟骨截骨术

在 2 期患者中，跟骨截骨内移是常规的经典手术，鉴于开放手术较高的并发症，Guyton^[28]提出透视监视下的微创截骨技术，引起关注和推广，Vaggi 等^[29]对此进行文献分析后指出：纳入符合标准的 501 例微创跟骨截骨患者，伤口感染率约为 3%，腓

肠神经病变约为 1%；只有 4% 的病例因疼痛需要取下螺钉；微创手术与开放手术具有相似的临床结果，初步研究提示，微创技术的临床效果良好，主观满意度高，并发症发生率更低。跟骨截骨内移术，往往与动力性手术（如屈趾长肌腱转位术）联合使用，增加畸形矫正的远期效果^[1]。由于屈趾长肌腱和屈拇长肌腱远端交通支的连接，截取肌腱后，远节趾间关节仍有适度跖屈运动。对于比较僵硬的扁平足，应该避免使用外侧柱延长术，因术后容易出现行走疼痛^[30]。

5.2 关节融合术

Sakkab 等^[31]采用患者报告结果的系统获得信息分析，三关节融合术后足部疼痛症状显著改善，该结论与医生随访研究一致。舟楔关节并不是内侧柱主要累及的部位，但是通过仔细的查体和阅片，仍可以发现少量患者的舟楔关节不稳而出现平足，需要手术处理^[32, 33]，忽略这些病变容易导致畸形复发。

对于合并弹簧韧带损伤时，一并进行修复将提升手术疗效^[34]。Brodell 等^[35]使用异体肌腱进行弹簧韧带和三角韧带的重建，12 例患者随访 2 年，患者功能与影像学评估均显著改善。但对于准确诊断弹簧韧带损伤，目前尚缺乏共识。

在处理跟腱挛缩或者腓肠肌挛缩时，采用经皮微创技术已获得共识，该技术可降低足底和踝关节跖屈应力，从而缓解足部症状^[36]。Zhang 等^[37]采用改良微创技术延长跟腱，手术并发症发生率低，特别推荐

在复杂足踝畸形手术矫正中联合应用。

5.3 关节置换术

在4期患者中,踝关节外翻畸形是可复性时,可以考虑在三关节融合基础上,使用自体或者异体肌腱重建三角韧带^[38];若是踝关节僵硬或者出现软骨损伤,则考虑实施全距骨融合术,或者三关节融合术后3~6个月,择期实施踝关节置换术^[3]。

6 小 结

成人获得性平足症或者渐进式塌陷平足症是一种常见的足部畸形,病情进展后可以引起距下关节和踝关节的相应症状。对早期患者保守治疗可以减轻局部疼痛。病情进展后,需要区分畸形属于柔韧型,还是僵硬型,针对不同阶段的特点,联合使用多种术式,通常可以取得良好疗效,提高生活质量。

利益冲突声明 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 谭英权:课题设计、实施和论文写作、采集分析和解释数据、统计分析、获取研究经费、行政及技术或材料支持、支持性贡献;段小军:分析和解释数据、论文审阅、行政及技术或材料支持、支持性贡献

参考文献

- [1] Myerson MS, Thordarson DB, Johnson JE, et al. Classification and nomenclature: progressive collapsing foot deformity [J]. *Foot Ankle Int*, 2020, 41 (10): 1271-1276. DOI: 10.1177/1071100720950722.
- [2] Jackson JB 3rd, Pacana MJ, Gonzalez TA. Adult acquired flatfoot deformity [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2022, 30 (1): e6-e16. DOI: 10.5435/JAAOS-D-21-00008.
- [3] Capuzzi MJ, Miller JR, Siwy T. Approach to the ankle in adult acquired flatfoot deformity [J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2023, 40 (2): 341-349. DOI: 10.1016/j.cpm.2022.11.011.
- [4] Lenhart RL, Goodbody CM. Symptomatic flatfoot in cerebral palsy [J]. *Curr Opin Pediatr*, 2024, 36 (1): 98-104. DOI: 10.1097/MOP.0000000000001300.
- [5] de Araujo Munhoz FB, Baroneza JE, Godoy-Santos A, et al. Posterior tibial tendinopathy associated with matrix metalloproteinase 13 promoter genotype and haplotype [J]. *J Gene Med*, 2016, 18 (11-12): 325-330. DOI: 10.1002/jgm.2934.
- [6] Godoy-Santos A, Ortiz RT, Junior RM, et al. MMP-8 polymorphism is genetic marker to tendinopathy primary posterior tibial tendon [J]. *Scand J Med Sci Sports*, 2014, 24 (1): 220-223. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2012.01469.x.
- [7] Masaragian HJ, Massetti S, Perin F, et al. Flatfoot deformity due to isolated spring ligament injury [J]. *J Foot Ankle Surg*, 2020, 59 (3): 469-478. DOI: 10.1053/j.jfas.2019.09.011.
- [8] Mateen S, Van JC. Ligament insufficiency with flatfoot: spring ligament and deltoid ligament [J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2023, 40 (2): 307-314. DOI: 10.1016/j.cpm.2022.11.008.
- [9] Pasapula C, Devany A, Magan A, et al. Neutral heel lateral push test: The first clinical examination of spring ligament integrity [J]. *Foot (Edinb)*, 2015, 25 (2): 69-74. DOI: 10.1016/j.foot.2015.02.003.
- [10] Chang SH, Abdelatif NMN, Netto CC, et al. The effect of gastrocnemius recession and tendo-achilles lengthening on adult acquired flatfoot deformity surgery: a systematic review [J]. *J Foot Ankle Surg*, 2020, 59 (6): 1248-1253. DOI: 10.1053/j.jfas.2020.03.016.
- [11] Malakoutikhah H, Madenci E, Latt LD. The contribution of the ligaments in progressive collapsing foot deformity: A comprehensive computational study [J]. *J Orthop Res*, 2022, 40 (9): 2209-2221. DOI: 10.1002/jor.25244.
- [12] Deland JT. Adult-acquired flatfoot deformity [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2008, 16 (7): 399-406. DOI: 10.5435/00124635-200807000-00005.
- [13] Flores DV, Mejía Gómez C, Fernández Hernando M, et al. Adult acquired flatfoot deformity: anatomy, biomechanics, staging, and imaging findings [J]. *Radiographics*, 2019, 39 (5): 1437-1460. DOI: 10.1148/rg.2019190046.
- [14] Bluman EM, Title CI, Myerson MS. Posterior tibial tendon rupture: a refined classification system [J]. *Foot Ankle Clin*, 2007, 12 (2): 233-249. DOI: 10.1016/j.fcl.2007.03.003.
- [15] 赵晶晶, 张召贺, 黄若昆, 等.《2020AOFAS 进行性塌陷足畸形分类与命名共识》的解读 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (23): 2113-2117. DOI: 10.3977/j. issn.1005-8478.2023.23.01.
- [15] Zhao JJ, Zhang ZH, Huang RK, et al. Interpretation of classification and nomenclature for progressive collapsing foot deformity by AOFAS in 2020 [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (23): 2113-2117. DOI: 10.3977/j. issn.1005-8478.2023.23.01.
- [16] Sangeorzan BJ, Mosca V, Hansen ST Jr. Effect of calcaneal lengthening on relationships among the hindfoot, midfoot, and forefoot [J]. *Foot Ankle*, 1993, 14 (3): 136-141. DOI: 10.1177/107110079301400305.
- [17] Conti S, Michelson J, Jahss M. Clinical significance of magnetic resonance imaging in preoperative planning for reconstruction of posterior tibial tendon ruptures [J]. *Foot Ankle*, 1992, 13 (4): 208-214. DOI: 10.1177/107110079201300408.
- [18] Yao L, Gentili A, Cracchiolo A. MR imaging findings in spring ligament insufficiency [J]. *Skeletal Radiol*, 1999, 28 (5): 245-250. DOI: 10.1007/s002560050510.
- [19] Gowda P, Kohli A, Chhabra A. Two-dimensional and 3-dimensional mri assessment of progressive collapsing foot deformity-adult acquired flat foot deformity [J]. *Foot Ankle Clin*, 2023, 28 (3): 551-566. DOI: 10.1016/j.fcl.2023.04.009.
- [20] Haleem AM, Pavlov H, Bogner E, et al. Comparison of deformity with respect to the talus in patients with posterior tibial tendon dysfunction and controls using multiplanar weight-bearing imaging or conventional radiography [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2014, 96 (8): e63. DOI: 10.2106/JBJS.L.01205.

- [21] 熊怒, 王旭, 黄加张, 等. 儿童柔韧性扁平足的矫形鞋垫治疗研究进展[J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (7): 630–634. DOI: 10.3977/j. issn.1005–8478.2022.07.11.
- Xiong N, Wang X, Huang JZ, et al. Research progress in flexible flat foot and its therapy with orthotic insole in children [J]. Orthopedic Journal of China, 2022, 30 (7): 630–634. DOI: 10.3977/j. issn.1005–8478.2022.07.11.
- [22] Brijwasi T, Borkar P. A comprehensive exercise program improves foot alignment in people with flexible flat foot: a randomised trial [J]. J Physiother, 2023, 69 (1): 42–46. DOI: 10.1016/j.jphys. 2022.11.011.
- [23] Hara S, Kitano M, Kudo S. The effects of short foot exercises to treat flat foot deformity: A systematic review [J]. J Back Musculoskelet Rehabil, 2023, 36 (1): 21–33. DOI: 10.3233/BMR–210374.
- [24] Choi JY, Hong WH, Suh JS, et al. The long-term structural effect of orthoses for pediatric flexible flat foot: A systematic review [J]. Foot Ankle Surg, 2020, 26 (2): 181–188. DOI: 10.1016/j.fas. 2019.01.007.
- [25] Herchenröder M, Wilfling D, Steinhäuser J. Evidence for foot orthoses for adults with flatfoot: a systematic review [J]. J Foot Ankle Res, 2021, 14 (1): 57. DOI: 10.1186/s13047–021–00499–z.
- [26] Zhao Y, Zhong J, Wang Y, et al. Photocurable and elastic polyurethane based on polyether glycol with adjustable hardness for 3D printing customized flatfoot orthosis [J]. Biomater Sci, 2023, 11 (5): 1692–1703. DOI: 10.1039/d2bm01538b.
- [27] Biz C, Cerchiaro M, Mori F, et al. Flatfoot over the centuries: the background of current conservative and operative treatments [J]. Int Orthop, 2023, 47 (9): 2357–2368. DOI: 10.1007/s00264–023–05837–3.
- [28] Guyton GP. Minimally invasive osteotomies of the calcaneus [J]. Foot Ankle Clin, 2016, 21 (3): 551–566. DOI: 10.1016/j.fcl.2016. 04.007.
- [29] Vaggi S, Vitali F, Zanirato A, et al. Minimally invasive surgery in medial displacement calcaneal osteotomy for acquired flatfoot deformity: a systematic review of the literature [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2024, 144 (3): 1139–1147. DOI: 10.1007/s00402–023–05188–z.
- [30] Henry JK, Shakked R, Ellis SJ. Adult-acquired flatfoot deformity [J]. Foot Ankle Orthop, 2019, 4 (1): 2473011418820847. DOI: 10.1177/2473011418820847.
- [31] Sakkab R, MacRae TM, Diaz R, et al. Patient reported outcomes following triple arthrodesis for adult acquired flat foot deformity: minimum two year follow up [J]. J Foot Ankle Surg, 2024, 63 (3): 319–323. DOI: 10.1053/j.jfas.2023.11.019.
- [32] Lendrum JA, Hunt KJ. Medial column fusions in flatfoot deformities: naviculocuneiform and talonavicular [J]. Foot Ankle Clin, 2022, 27 (4): 769–786. DOI: 10.1016/j.fcl.2022.08.006.
- [33] Naldo JV, Kugach K. Naviculocuneiform arthrodesis for treatment of adult-acquired flatfoot deformity [J]. Clin Podiatr Med Surg, 2023, 40 (2): 293–305. DOI: 10.1016/j.cpm.2022.11.004.
- [34] 蔡波, 肖凯, 谢鸣, 等. 距舟固定弹簧韧带紧缩矫正成人扁平足 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (21): 2005–2008. DOI: 10. 3977/j. issn.1005–8478.2023.21.17.
- Cai B, Xiao K, Xie M, et al. Spring ligament reefing with talonavicular fixation for correction of adult flatfoot [J]. Orthopedic Journal of China, 2023, 31 (21): 2005–2008. DOI: 10.3977/j. issn.1005–8478.2023.21.17.
- [35] Brodell JD Jr, MacDonald A, Perkins JA, et al. Deltoid-Spring ligament reconstruction in adult acquired flatfoot deformity with medial peritalar instability [J]. Foot Ankle Int, 2019, 40 (7): 753–761. DOI: 10.1177/1071100719839176.
- [36] DiGiovanni CW, Langer P. The role of isolated gastrocnemius and combined Achilles contractures in the flatfoot [J]. Foot Ankle Clin, 2007, 12 (2): 363–379. DOI: 10.1016/j.fcl.2007.03.005.
- [37] Zhang CG, Zhao XY, Cao J, et al. Triple hemisection percutaneous achilles tendon lengthening for severe ankle joint deformity [J]. Orthop Surg, 2021, 13 (8): 2373–2381. DOI: 10.1111/os.13096.
- [38] Jeng CL, Bluman EM, Myerson MS. Minimally invasive deltoid ligament reconstruction for stage IV flatfoot deformity [J]. Foot Ankle Int, 2011, 32 (1): 21–30. DOI: 10.3113/FAI.2011.0021.

(收稿:2024-04-16 修回:2024-12-10)

(同行评议专家: 杨华清, 明晓锋)

(本文编辑: 宁桦)