

DOI: 10.3969/j.issn.2096-6113.2025.01.011

引用格式:杨华瑞,郭辉福,杨宜,等.距下关节制动术在青少年扁平足患者中的临床疗效分析[J].巴楚医学,2025,8(1):59-64.

# 距下关节制动术在青少年扁平足患者中的临床疗效分析

杨华瑞 郭辉福 杨宜 张恒 鲍同柱 寿康全

(三峡大学第一临床医学院[宜昌市中心人民医院]骨科,湖北宜昌 443003)

**摘要:** **目的:**探讨距下关节制动术在青少年扁平足患者中的临床疗效。**方法:**收集 2015 年 1 月—2023 年 1 月于宜昌市中心人民医院就诊的 14~21 岁青少年扁平足患者 69 例(共 84 例扁平足),根据治疗方式不同,分为行距下关节制动术的观察组( $n=42$ )和接受跟骨截骨术的对照组( $n=27$ ),比较两组患者的临床疗效。**结果:**术后 18 个月,与对照组相比,观察组侧位距骨第一跖骨角(Meary 角)、跟骨距骨角(Kite 角)、距骨第一跖骨角(T1MT)、距骨第二跖骨角(T2MT)、距骨舟骨覆盖角(TNCA)及视觉模拟量表评分 $[(1.79\pm 0.94)$ 分 vs $(2.41\pm 1.47)$ 分]均明显降低,跟骨倾斜角(Pitch 角)、美国足踝外科协会踝-后足评分显著升高 $[(84.67\pm 9.00)$ 分 vs $(80.12\pm 7.53)$ 分](均 $P<0.05$ )。**结论:**与跟骨截骨术相比,距下关节制动术能更好地矫正距下关节在多维平面上的畸形,恢复后足力线,是治疗青少年扁平足简单而有效的方法,临床疗效显著。

**关键词:** 距下关节制动术; 青少年; 扁平足

中图分类号: R682

文献标志码: A

文章编号: 2096-6113(2025)01-0059-06

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Clinical Efficacy of Subtalar Joint Immobilization in Adolescent Patients with Flat Foot

Yang Huarui Guo Huifu Yang Yi Zhang Heng Bao Tongzhu Shou Kangquan

(Department of Orthopedics, Yichang Central People's Hospital, The First College of Clinical Medical Science, China Three Gorges University, Yichang 443003, China)

**Abstract Objective:** To explore the clinical effect of subtalar joint immobilization in adolescent patients with flat foot. **Methods:** A total of 69 patients (84 flatfeet in total) who presented at Yichang Central People's Hospital from January 2015 to January 2023 were enrolled. Based on different treatment modalities, they were categorized into an observation group ( $n=42$ ), which underwent subtalar arthroereisis, and a control group ( $n=27$ ) that received conventional treatment. The clinical outcomes of the two groups were then compared. **Results:** Eighteen months after the surgery, in comparison with the control group, the lateral talus first metatarsal angle (Meary angle), calcaneus talus angle (Kite angle), talus first metatarsal angle (T1MT), talus second metatarsal angle (T2MT), talus-navicular coverage angle (TNCA), and visual Analogue Scale score  $[(1.79\pm 0.94)$  vs  $(2.41\pm 1.47)]$  in the observation group were all notably reduced. Meanwhile, the calcaneal inclination angle (Pitch angle) and the American Orthopaedic Foot and Ankle Society ankle-hindfoot score were significantly elevated  $[(84.67\pm 9.00)$  vs  $(80.12\pm 7.53)]$  (all  $P<0.05$ ). **Conclusion:** The combination of subtalar arthroereisis and surgery can more effectively rectify the deformity of

基金项目:湖北省自然科学基金项目(2021CFB488);宜昌市医疗卫生研究项目(A24-2-007)

作者简介:杨华瑞,主治医师,E-mail: 532645896@qq.com

通信作者:寿康全,副主任医师,E-mail: jimmyreborn@outlook.com

the subtalar joint across multiple planes and restore the hindfoot alignment. It represents a straightforward and efficacious approach for treating flexible flatfoot in adolescents, with remarkable clinical benefits.

**Keywords** subtalar joint immobilization; adolescents; flat foot

扁平足又称渐进性足弓畸形或胫后肌腱功能障碍<sup>[1]</sup>,患者多有足部疼痛、步态改变及行走不适等异常<sup>[2]</sup>。主要表现为足纵弓塌陷或消失,合并有不同程度后足外翻,距骨头向内侧及跖侧倾斜甚至脱位,中跗关节的成角外展、前足外展,同时伴有腓肠肌或跟腱的挛缩等<sup>[3]</sup>。若任其发展,则可能导致下肢关节力线的改变,踝、膝、髋关节病变<sup>[4-6]</sup>。扁平足治疗包括保守治疗和手术治疗。保守治疗包括肌力训练、矫形鞋、支具矫形器及非甾体抗炎药物等,手术治疗包括软组织手术(肌腱转位及重建,韧带修复或重建等)、骨性手术(跟骨内侧移位截骨、外侧柱延长、距下关节融合等)以及距下关节制动术等<sup>[7-8]</sup>。自1946年至今,距下关节制动术经历了自体骨块移植限制距下关节活动,到跟骨阻挡钉,再到跗骨窦螺钉植入等过程<sup>[9-10]</sup>。

距下关节制动术对于小于14周岁柔韧性扁平足患者的治疗效果确切<sup>[11]</sup>,可以有效改善扁平足外翻畸形,改善内侧足弓高度<sup>[12-13]</sup>。但在14~21岁青少年扁平足的应用中存在争议,从解剖及生长发育的特征方面来看,14~21岁这个年龄段的患者,理论上已经错过了距下关节制动术的黄金时机(9~13岁),该年龄段的青少年扁平足患者骨骼及韧带发育大多接近成熟<sup>[14]</sup>。临床上大龄青年时期的平足以Johnson和Strom分型Ⅱ型多见<sup>[15]</sup>,仍具有青少年柔韧性平足的特点,这也决定了距舟关节、跟骰关节以及距下关节的可复性。因此,距下关节制动术仍然有其独特的优势。但是单独应用距下关节制动器不再合适<sup>[16]</sup>,有学者尝试联合距下关节制动术与其他术式治疗大龄儿童及成人获得性平足并取得了一定疗效<sup>[17-18]</sup>。因此,对于14~21岁青少年扁平足患者治疗方式的选择尤为重要。本文将对使用距下关节制动术治疗该年龄段扁平足的疗效进行探讨。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取2015年1月—2023年1月就诊于宜昌市中心人民医院的69例扁平足患者(共84侧扁平足)。采用距下关节制动术的患者为观察组42例(共51足),采用跟骨截骨术的患者为对照组27例(共33足)。本研究已通过我院伦理委员会审查(批号:2024-257-01)。

纳入标准:①患者均为14~21岁;②平足分型:Johnson和Strom分型Ⅱ型;③有症状且保守治疗效果不佳。

排除标准:①膝关节扭转和成角畸形;②严重的前足旋前外展畸形;③距下关节炎,腓骨肌痉挛、足部韧带(弹簧韧带等)的过度松弛以及代谢性疾病,足部肿瘤、创伤等。

### 1.2 治疗方法

观察组采用距下关节制动术,于患足跗骨窦处做一斜行切口,逐层切开、分离至跗骨窦,适当清理跗骨窦内多余脂肪组织,分离骨间韧带直至无阻挡,距下关节制动器试模测试距下关节稳定及足弓情况,安装适宜大小的距下关节制动器。

对照组采用跟骨截骨术,C臂X线透视确定跟骨截骨位置,于跟骨外侧约2cm做一斜行切口,逐层剥离软组织直至骨膜,按截骨位置和方向钻入一枚克氏针,摆锯沿克氏针引导下截骨,内移跟骨结,根据跟骨骨髓是否闭合采取克氏针或全螺纹空心螺钉固定。

两组患者术中均联合腓肠肌腱膜松解及kidner手术。腓肠肌腱膜松解术:于小腿后内侧中近端做约4cm纵行切口,分离找到腓肠肌与比目鱼肌的分界线,暴露腓肠肌的后方腱膜,屈曲膝关节、背伸踝关节,松解腓肠肌的后方腱膜,避免损伤腓肠肌肌腹的纤维。kidner手术:于内踝下至第1跖骨基底作一弧形切口,分离胫后肌腱,切除副舟骨及多余的舟骨结节,使其与距骨、楔骨平面相符,调整张力、紧缩缝合胫后肌腱并前移固定到舟骨的跖侧中部。

### 1.3 观察指标

术前及术后18个月分别行患足负重位X线正位及侧位摄片,测量负重侧位片距骨长轴中线与第一跖骨长轴之间的夹角即距骨第一跖骨角(Meary角)、跟骨下缘切线与跟骨最低点到前足内侧籽骨最低点连线的夹角即跟骨倾斜角(Pitch角)、跟骨与距骨中轴线的夹角即跟骨距骨角(Kite角),测量负重正位片距骨长轴中线与第一跖骨长轴之间的夹角即距骨第一跖骨角(talus first metatarsal angle, T1MT)、距骨长轴中线与第二跖骨长轴之间的夹角即距骨第二跖骨角(talus second metatarsal angle, T2MT)、距骨内外侧关节面连线与舟骨内外侧关节面连线之间的夹角即距骨舟骨覆盖角(talus-navicular coverage angle, TNCA)。

采用美国足踝外科协会(American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS)踝-后足功能评分及视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分进行术前及术后 18 个月踝关节功能及疼痛评估。AOFAS 评分包括功能自主活动及支撑情况、步行、步态等 9 个方面的评估,总分 100 分,评分越高表明踝关节功能越好。VAS 评分是一种疼痛强度的单维度测量评估工具,0 分为无痛,10 分为最痛。

#### 1.4 术后处理

所有患者术后加强踝关节被动及主动屈伸功能锻炼,每 3 天换药 1 次,术后 12~14 天拆线,术后 14 天短腿石膏固定,3 个月内行支具保护性负重。观察组术后 1 年取出距下关节制动器,对照组术后一年取出跟骨截骨内固定物,若为骨克氏钉固定则在术后 6~12 周去除。

#### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 22.0 进行数据统计分析,计量资料采用  $\bar{x} \pm s$  表示,组间比较采用两独立样本  $t$  检验,组内比较采用配对样本  $t$  检验;计数资料采用  $n(\%)$  表示,两组间比较采用  $\chi^2$  检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者一般临床资料

观察组共 42 例患者患者,51 侧足,对照组共 27 例,33 侧足。两组患者年龄、性别、体重、身体质量指数(body mass index, BMI)、症状出现时间、保守治疗时间及父母一方有无扁平足方面差异均无统计学意义(均  $P > 0.05$ ),见表 1。

表 1 两组患者一般临床资料比较 [ $n(\%)$ , ( $\bar{x} \pm s$ )]

项目	观察组( $n=42$ )	对照组( $n=27$ )	$\chi^2/t$	$P$	
性别	男	25(59.52)	16(59.26)	$<0.001$	0.983
	女	17(40.48)	11(40.74)		
年龄/岁	17.87 $\pm$ 2.03	17.52 $\pm$ 2.14	0.690	0.493	
体重/kg	62.77 $\pm$ 6.90	60.02 $\pm$ 6.52	1.651	0.103	
BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	23.58 $\pm$ 2.46	22.52 $\pm$ 2.22	1.814	0.074	
症状出现时间/月	10.42 $\pm$ 3.68	12.22 $\pm$ 4.09	-1.896	0.062	
保守治疗时间/月	5.69 $\pm$ 2.34	6.06 $\pm$ 3.67	-0.458	0.649	
父母一方有扁平足	12(28.57)	7(25.93)	0.058	0.810	

注: BMI: 身体质量指数。

### 2.2 两组患者负重位 X 线正侧位片测量

两组患者术前 Meary 角、Pitch 角、Kite 角、T1MT、T2MT 及 TNCA 均无明显差异,观察组患者

术后 18 个月随访时 Meary 角、Kite 角、T1MT、T2MT、TNCA 较对照组均明显减小, Pitch 角较对照组显著增大(均  $P < 0.05$ ),见表 2。

表 2 术前及术后 18 个月各角度比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

项目	观察组( $n=51$ )	对照组( $n=33$ )	$t$	$P$	
Meary 角/ $^\circ$	术前	18.44 $\pm$ 5.31	18.60 $\pm$ 3.78	-1.500	0.811
	术后 18 个月	4.19 $\pm$ 1.69 <sup>a</sup>	5.00 $\pm$ 1.19 <sup>a</sup>	-2.588	0.011
Pitch 角/ $^\circ$	术前	10.44 $\pm$ 3.38	11.55 $\pm$ 4.21	-1.331	0.187
	术后 18 个月	18.21 $\pm$ 3.58 <sup>a</sup>	16.07 $\pm$ 3.00 <sup>a</sup>	2.846	0.006
Kite 角/ $^\circ$	术前	31.50 $\pm$ 5.04	29.48 $\pm$ 4.19	1.922	0.058
	术后 18 个月	22.47 $\pm$ 3.52 <sup>a</sup>	25.04 $\pm$ 3.01 <sup>a</sup>	-3.449	0.001
T1MT/ $^\circ$	术前	12.37 $\pm$ 4.31	12.92 $\pm$ 3.98	-0.588	0.558
	术后 18 个月	5.11 $\pm$ 2.00 <sup>a</sup>	6.59 $\pm$ 1.35 <sup>a</sup>	-3.742	$<0.001$
T2MT/ $^\circ$	术前	22.11 $\pm$ 3.91	22.55 $\pm$ 4.16	-0.491	0.625
	术后 18 个月	14.10 $\pm$ 3.21 <sup>a</sup>	15.60 $\pm$ 3.10 <sup>a</sup>	-2.127	0.036
TNCA/ $^\circ$	术前	17.94 $\pm$ 5.21	18.54 $\pm$ 4.42	-0.545	0.587
	术后 18 个月	8.00 $\pm$ 3.32 <sup>a</sup>	10.16 $\pm$ 3.91 <sup>a</sup>	-2.717	0.008

注: Meary 角: 侧位距骨第一跖骨角; Pitch 角: 跟骨倾斜角; Kite 角: 跟骨距骨角; T1MT: 距骨第一跖骨角; T2MT: 距骨第二跖骨角; TNCA: 距骨舟骨覆盖角; 与同组术前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

### 2.3 两组患者踝关节功能恢复情况

两组患者术前 AOFAS 踝-后足评分及 VAS 评分无明显差异(均  $P > 0.05$ ),术后 18 个月随访,两组患者 AOFAS 踝-后足评分及 VAS 评分较术前均有

明显改善(均  $P < 0.05$ )。术后 18 个月随访,观察组患者 AOFAS 踝-后足评分明显高于对照组,VAS 评分明显低于对照组(均  $P < 0.05$ ),见表 3。

表 3 术前及术后 18 个月 AOFAS 踝-后足评分与 VAS 评分比较( $\bar{x} \pm s$ )

项目	观察组( $n=51$ )	对照组( $n=33$ )	$t$	$P$	
AOFAS 踝-后足评分	术前	58.53±7.78	60.18±5.81	-1.111	0.270
	术后 18 个月	84.67±9.00 <sup>a</sup>	80.12±7.53 <sup>a</sup>	2.405	0.018
VAS 评分	术前	5.95±1.33	5.75±1.52	0.630	0.530
	术后 18 个月	1.79±0.94 <sup>a</sup>	2.41±1.47 <sup>a</sup>	-2.129	0.038

注:AOFAS:美国足踝外科协会;VAS:视觉模拟量表;与同组术前相比,<sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

## 3 讨论

本研究中,观察组(距下关节制动术)相对照组(跟骨截骨联合手术)在治疗 14~21 岁 Johnson 和 Strom 分型 II 型扁平足时取得了良好的临床疗效。与对照组相比,观察组术后 18 月随访 Meary 角、Kite 角、T1MT、T2MT 及 TNCA 明显减小,Pitch 角明显增大,VAS 疼痛评分明显降低,AOFAS 踝-后足功能评分明显增高,观察组患者踝关节功能恢复更好、患足疼痛程度明显减轻,同时也简化了手术过程。

目前已证实距下关节制动器可以在距下关节形成多维平面的矫形。其一,在冠状面上能够纠正后足外翻,改善后足力线,减小 Kite 角,同时保留部分后足的活动度等。Kite 角为跟骨中轴线和距骨中轴线的夹角,与高弓足相反,平足畸形患者后足外翻时跟骨在距骨下方向外旋转,该角度则会增大,因此 Kite 角增大则提示后足外翻畸形<sup>[19-20]</sup>。其二,距下关节制动器在水平面上可纠正前足外展畸形,限制外侧序列,纠正后足的旋后畸形,限制前足的过度旋前,防止距骨过度外移。影像学测量则可表现为 TNCA 减小,提示距骨横向半脱位已经纠正。T1MT 和 T2MT 的减小,反映后足与前足的对位关系得到恢复,若 T1MT 和 T2MT 过大或偏向第一跖骨内侧成角即提示前中足仍有外展<sup>[21-22]</sup>。其三,距下关节制动器在矢状面上可以限制距骨下陷、上抬距骨头,恢复距下、距舟关节面及其应力分布,纠正距骨头半脱位<sup>[23-24]</sup>,防止第一跖列继续下沉,从而恢复距骨轴线与第一跖骨轴线之间的 Meary 角,使其减小<sup>[25]</sup>。Meary 角主要显示测量内侧柱的结构,反映第一跖列的关系,该两轴线通常是平行、重叠的,增大提示内侧足纵弓的塌陷,该角度的变化不仅影响足部的外观,还能提示伴随其他功能障碍。因此,Meary 角是评估

足部健康状态的重要指标之一,对于扁平足的诊断较为敏感。同时,随着跟骨外翻和旋转的纠正 Pitch 角增大,Pitch 角用于评估跟骨前倾程度和后足畸形,也可间接评估足弓高度,通常足弓高度与 Pitch 角呈正比关系。扁平足时该角度降低,该角度增大提示足弓高度得到相应恢复。总之,距下关节制动器使距下关节运动轴线向内、向上移,矫正距下关节在多维平面上的畸形,可以改善负重时压力分布的轴向一致性<sup>[26]</sup>,从而改善中足生物力学不平衡机制,缓解胫后肌腱张力以及跗骨管卡压等。

本研究中观察组患者均采用距下关节制动术,术后 18 个月,观察组患者 Meary 角、Kite 角, T1MT、T2MT、TNCA 较术前均明显减小,Pitch 角明显增加,且各角度变化较对照组更加显著。前述各影像学评估角度从不同平面、多维度反映了足部畸形及足弓的纠正情况,证实了距下关节制动多维度矫形及疗效的可靠性。随访病例时观察组患者 AOFAS 踝-后足评分明显增大、VAS 评分明显减小,说明距下关节制动器并未增加观察组患者术后疼痛的症状。这与我们术中选择合适的距下关节制动器、畸形纠正稳定后适时取出距下关节制动器以及及时合理的术后康复密切相关。经过随访研究发现,14~21 岁青少年扁平足患者接受距下关节制动术能获得很高的功能评分,并得到满意的临床效果,这与以往文献报道基本一致<sup>[27-28]</sup>。

相比跟骨截骨术治疗扁平足,距下关节制动术更具操作简便、微创等优势<sup>[29-31]</sup>。笔者认为,14~21 岁青少年的手术方式仍然以保留关节、避免截骨为主,既区别于儿童和幼龄青少年的单独距下关节制动术,也区别于成年人的关节融合。由于该年龄段扁平足畸形的复杂性,在选择距下关节制动术的同时需要依据畸形情况选择合适的联合手术进行治疗。当然,

距下关节制动术存在一些术后并发症,如术后跗骨窦疼痛、多原因导致的二次手术、距下关节制动器重新放置或提前取出<sup>[32]</sup>、距下关节软骨损伤等<sup>[33]</sup>,但其仍然是一种临床可供选择的有效治疗方法<sup>[23,34]</sup>。目前临床应用的距下关节制动器材质多为医用级别的钛合金,部分为可吸收生物材料制作<sup>[35]</sup>,其生物兼容性可靠,外观形状恰好与跗骨窦及跗骨管解剖形态相匹配。另外亦可应用3D打印技术个性化定制,为其长期放置于跗骨窦提供了有利条件<sup>[36-37]</sup>。

本研究主要存在以下局限性:首先本研究样本量偏少,其次随访时间不长,缺乏远期随访数据及临床疗效观察。鉴于本研究的局限性,后续研究中将延长随访观察时间、增加病例数量,同时进一步优化研究方法,采用更先进的检测手段和技术,拓展研究维度,纳入更多观察指标进行综合分析,以增强研究的可靠性和科学性。

综上所述,距下关节制动术是治疗14~21岁青少年扁平足简单而有效的方法,手术过程简单、微创、避免截骨,同时能矫正距下关节在多维平面上的畸形,恢复后足力线,保留足部关节功能。

#### 参考文献:

- [1] Fischer S, Oepping J, Altmeyen J, et al. Adult-acquired flatfoot deformity: combined talonavicular arthrodesis and calcaneal displacement osteotomy versus double arthrodesis[J]. *J Clin Med*, 2022, 11(3): 840.
- [2] de Cesar Netto C, Deland J T, Ellis S J. Guest editorial: expert consensus on adult-acquired flatfoot deformity[J]. *Foot Ankle Int*, 2020, 41(10): 1269-1271.
- [3] Gervis W H. Flat foot[J]. *Br Med J*, 1970, 1(5694): 479-481.
- [4] Schuh A, Turcanu M, Sesselmann S, et al. Adult flat foot[J]. *MMW Fortschr Med*, 2023, 165(7): 51-55.
- [5] Koehl P, Turcanu M, Sesselmann S, et al. Pediatric flat foot[J]. *MMW Fortschr Med*, 2023, 165(7): 48-50.
- [6] 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.
- [7] Ueki Y, Sakuma E, Wada I. Pathology and management of flexible flat foot in children[J]. *J Orthop Sci*, 2019, 24(1): 9-13.
- [8] Evans A M, Rome K, Carroll M, et al. Foot orthoses for treating paediatric flat feet[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2022, 1(1): CD006311.
- [9] Chambers E F S. An operation for the correction of flexible flat feet of adolescents[J]. *West J Surg Obstet Gynecol*, 1946, 54: 77-86.
- [10] Pavone V, Costarella L, Testa G, et al. Calcaneo-stop procedure in the treatment of the juvenile symptomatic flatfoot[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2013, 52(4): 444-447.
- [11] Alsiddiky A M, Alsubaie A A, Almuhanha A O, et al. Satisfactory outcomes of post-operative subtalar extra-articular arthroereisis in juvenile flexible flat foot[J]. *Saudi Med J*, 2023, 44(1): 85-90.
- [12] Mazzotti A, Viglione V, Gerardi S, et al. Subtalar arthroereisis post-operative management in children: a literature review[J]. *Foot*, 2023, 56: 102037.
- [13] Colo' G, Mazzola M A, Pilone G, et al. Lateral open wedge calcaneus osteotomy with bony allograft augmentation in adult acquired flatfoot deformity. Clinical and radiological results[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2021, 31(7): 1395-1402.
- [14] Giza E, Cush G, Schon L C. The flexible flatfoot in the adult[J]. *Foot Ankle Clin*, 2007, 12(2): 251-271.
- [15] Dohle J. Adult acquired flatfoot[J]. *Orthopade*, 2020, 49(11): 941.
- [16] García Bistolfi M, Avanzi R, Buljubasich M, et al. Subtalar arthroereisis in pediatric flexible flat foot: functional and radiographic results with 5 years of average follow-up[J]. *Foot*, 2022, 52: 101920.
- [17] 许 鉴, 彭亮权, 陆 伟, 等. 不同类型距下关节制动器治疗II期成人获得性平足的生物力学比较[J]. *中国骨科临床与基础研究杂志*, 2019, 11(1): 30-37.
- [18] Ghali A, Mhapankar A, Momtaz D, et al. Arthroereisis: treatment of pes planus[J]. *Cureus*, 2022, 14(1): e21003.
- [19] Fayed A, Mallavarapu V, Schmidt E, et al. Deformities influencing different classes in progressive collapsing foot[J]. *Iowa Orthop J*, 2023, 43(2): 8-13.
- [20] Wong-Chung J, McKenna R, Tucker A, et al. Radiographic analysis of Müller-weiss disease[J]. *Foot Ankle Surg*, 2021, 27(5): 501-509.
- [21] Cai Y C, Zhao Z, Huang J Z, et al. Morphological changes in flatfoot: a 3D analysis using weight-bearing CT scans[J]. *BMC Med Imaging*, 2024, 24(1): 219.
- [22] Yildiz K, Cetin T. Interobserver reliability in the radiological evaluation of flatfoot (pes planus) deformity: a cross-sectional study[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2022, 61(5): 1065-1070.
- [23] Vogt B, Toporowski G, Gosheger G, et al. Subtalar arthroereisis for flexible flatfoot in children-clinical, radiographic and pedobarographic outcome comparing three different methods[J]. *Children*, 2021, 8(5): 359.

- [24] Graham M E, Jawrani N T. Extrasosseous talotarsal stabilization devices: a new classification system[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2012, 51(5): 613-619.
- [25] Wong D W C, Wang Y, Niu W X, et al. Response to the letter to editor regarding “finite element analysis of subtalar joint arthroereisis on adult acquired flexible flatfoot deformity using customized sinus tarsi implant”[J]. *J Orthop Translat*, 2022, 37: 173-174.
- [26] Graham M E, Jawrani N T, Chikka A, et al. Surgical treatment of hyperpronation using an extrasosseous talotarsal stabilization device: radiographic outcomes in 70 adult patients[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2012, 51(5): 548-555.
- [27] Ling S K K, Lui T H. Posterior tibial tendon dysfunction: an overview[J]. *Open Orthop J*, 2017, 11: 714-723.
- [28] Rhim H C, Dhawan R, Gureck A E, et al. Characteristics and future direction of tibialis posterior tendinopathy research: a scoping review [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2022, 58(12): 1858.
- [29] Zhu Y, Xu X Y. Treatment of stage II adult acquired flatfoot deformity with subtalar arthroereisis[J]. *Foot Ankle Spec*, 2015, 8(3): 194-202.
- [30] De Pellegrin M, Moharamzadeh D. Subtalar arthroereisis for surgical treatment of flexible flatfoot[J]. *Foot Ankle Clin*, 2021, 26(4): 765-805.
- [31] Wang S, Yu J, Helili M, et al. Biomechanical assessment of two types and two different locations of subtalar arthroereisis implants for flexible flatfoot: a cadaveric study[J]. *Clin Biomech*, 2021, 89: 105475.
- [32] Needleman R L. A surgical approach for flexible flatfeet in adults including a subtalar arthroereisis with the MBA sinus tarsi implant[J]. *Foot Ankle Int*, 2006, 27(1): 9-18.
- [33] Mattesi L, Ancelin D, Severyns M P. Is subtalar arthroereisis a good procedure in adult-acquired flatfoot? A systematic review of the literature[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2021, 107(6): 103002.
- [34] Lewis T L, Goff T A J, Ray R, et al. Clinical outcomes of subtalar arthroereisis for the treatment of stage 1 flexible progressive collapsing foot deformity[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2024, 34(6): 2933-2940.
- [35] Giannini S, Cadossi M, Mazzotti A, et al. Bioabsorbable calcaneo-stop implant for the treatment of flexible flatfoot: a retrospective cohort study at a minimum follow-up of 4 years[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2017, 56(4): 776-782.
- [36] Bernasconi A, Lintz F, Sadile F. The role of arthroereisis of the subtalar joint for flatfoot in children and adults [J]. *EFORT Open Rev*, 2017, 2(11): 438-446.
- [37] Chen C, Jiang J T, Fu S L, et al. HyProCure for pediatric flexible flatfoot: what affects the outcome [J]. *Front Pediatr*, 2022, 10: 857458.

[收稿日期 2024-06-18]