

# 病理性漂浮趾的研究进展

郭紫嫣<sup>1</sup>, 熊冰朗<sup>1</sup>, 张龙伟<sup>2</sup>, 陈思<sup>1</sup>

(1. 中国中医科学院望京医院, 北京 100102; 2. 西交利物浦大学, 江苏 苏州 215028)

**摘要** 漂浮趾是指在站立状态下, 足趾末端向背侧抬起、不能接触地面的一种畸形。病理性漂浮趾是以 Weil 截骨术为代表的足趾手术的共同并发症之一。本文从发生机制、影响因素及预防措施等方面对病理性漂浮趾的研究进展进行了综述, 以期提高临床医师对病理性漂浮趾的认识。

**关键词** 跖趾关节; 截骨术; 手术后并发症; 漂浮趾; 综述

漂浮趾是指在站立状态下, 足趾末端向背侧抬起、不能接触地面的一种畸形。漂浮趾分为生理性漂浮趾和病理性漂浮趾: 前者多见于儿童, 与儿童神经系统发育不全、足部结构不健全有关, 随着生长发育会自行消失<sup>[1-2]</sup>; 后者则是以 Weil 截骨术为代表的前足部手术的共同并发症之一<sup>[3]</sup>。部分病理性漂浮趾患者无明显的临床症状, 但严重者会影响行走及日常生活<sup>[4]</sup>。目前, 国内外关于病理性漂浮趾的研究尚处于初步探索阶段。本文从发生机制、影响因素及预防措施等方面对病理性漂浮趾的研究进展进行了综述, 以期提高临床医师对病理性漂浮趾的认识。

## 1 病理性漂浮趾的发生机制

病理性漂浮趾是 Weil 截骨术的常见并发症, 足部力学结构改变是其发生的重要原因。目前, 学者们普遍认为病理性漂浮趾的发生机制为跖趾关节的旋转中心下移<sup>[5]</sup>和肌腱的相对延长<sup>[6]</sup>。Bougiouklis 等<sup>[5]</sup>研究发现, Weil 截骨术后, 跖趾关节的旋转中心向近端和足底方向移动了  $(3.50 \pm 1.64)$  mm。曹旭含<sup>[7]</sup>研究发现, Weil 截骨术会导致跖趾关节旋转中心向下移位, 进而引起足弓塌陷, 而足弓塌陷会导致近节趾骨向上抬高, 诱发漂浮趾。Bobrov 等<sup>[8]</sup>研究发现, Weil 截骨术后跖骨的短缩会导致趾长屈肌肌腱和趾长伸肌肌腱的相对延长, 术中对肌腱的牵拉也会导致相应的肌腱松弛, 而趾长屈肌肌腱的延长、松弛会引起跖趾关节跖屈异常, 进而导致漂浮趾。此外, 术中骨间肌受到牵拉而向背侧移位, 导致跖趾关节背伸

拉力增大, 也可能是漂浮趾的发生机制之一<sup>[9]</sup>。

## 2 病理性漂浮趾的影响因素

### 2.1 手术术式

随着以 Weil 截骨术为代表的跖骨远端截骨术在临床上的广泛应用, 病理性漂浮趾作为其常见术后并发症逐渐引起临床医师的关注<sup>[3]</sup>。传统的 Weil 截骨术在足背侧做纵形切口, 于跖骨远端距离关节软骨 1~2 mm 处进行斜形截骨, 截骨方向平行于足部横断面, 截骨后以克氏针或直径 2 mm 的螺钉平行或交叉固定。临床上采用传统的 Weil 截骨术通常很难完全恢复跖趾关节位置, 可能会引起跖趾关节不稳的发生, 诱发病理性漂浮趾。在 Weil 截骨术中, 当跖骨缩短  $>3$  mm 时, 会导致跖骨头下陷, 进而会增加病理性漂浮趾发生的风险<sup>[10]</sup>。正常的跖趾关节在韧带、肌腱及肌肉的辅助下进行稳定的铰链运动, 实现其屈伸活动<sup>[11]</sup>。Weil 截骨术的手术方式会导致跖趾关节的铰链运动被破坏, 进而诱发病理性漂浮趾。相关研究发现, Weil 截骨术合并跖趾间关节融合术会显著增加病理性漂浮趾发生的风险<sup>[12-13]</sup>。

### 2.2 瘢痕挛缩

Weil 截骨术通常采用背侧入路, 该入路能够直观地显示跖骨和跖趾关节, 便于手术操作, 且有利于术后康复训练和切口愈合<sup>[14]</sup>。然而, 由于背侧切口位于跖趾关节上方, 瘢痕挛缩可能导致关节强直, 增加病理性漂浮趾发生的风险<sup>[6]</sup>。

### 2.3 康复训练和生活方式

Weil 截骨术后足趾需制动处理, 而长时间的制动会导致足趾跖屈功能丧失。因此, 术后未能进行适时的、有效的足趾功能锻炼将可能增加病理性漂浮趾发生的风险。此外, 患者术后的生活习惯对病理性漂浮

基金项目: 中国中医科学院望京医院基础研究苗圃培育计划课题(WJYY-YJKT-2022-01)

通讯作者: 陈思 E-mail: 410547192@qq.com

趾发生也有重要影响<sup>[15]</sup>。术后穿不合适的鞋子、不正确的行走姿势及过度运动均可能导致近节趾骨长时间处于背伸状态,增加病理性漂浮趾发生的风险<sup>[16]</sup>。

### 3 病理性漂浮趾的预防措施

#### 3.1 关注“Maestro 曲线”

Weil 截骨术通过缩短跖骨长度、改变跖骨位置和角度纠正足部畸形,但其在纠正足部畸形的同时也可能破坏足横弓正常的抛物线结构,进而导致病理性漂浮趾发生。Maestro 等<sup>[17]</sup>通过对跖骨长度的测量提出理想的前足部标准化曲线,即“Maestro 曲线”。“Maestro 曲线”主要包括以下内容:第一至第五跖骨的中轴以 M1 至 M5 表示,过外侧籽骨中心并垂直于 M2 的线以 SM4 表示;M2 经过后足的中点,SM4 经过第四跖骨头的中央部;第一跖骨的长度相较于第二跖骨短缩  $< 10$  mm,第二跖骨头顶点至第三跖骨头顶点的距离为  $(3.37 \pm 0.96)$  mm,第三跖骨头顶点至第四跖骨头顶点的距离为  $(6.54 \pm 1.03)$  mm,第四跖骨头顶点至第五跖骨头顶点的距离为  $(12.00 \pm 1.91)$  mm<sup>[17]</sup>。Stoupine 等<sup>[18]</sup>研究发现,在跖骨远端截骨术中关注“Maestro 曲线”,能够降低病理性漂浮趾、转移性跖痛症等并发症发生的风险。

#### 3.2 改良手术方式

通过缩小手术切口、精准截骨和固定等措施减小手术对足部结构和功能的影响,是预防漂浮趾发生的重要措施。临床医师尝试通过改良 Weil 截骨术预防漂浮趾发生,并取得一定的成果。改良 Weil 截骨术在切口位置、截骨位点、截骨量及固定方式等方面进行了优化,在改善跖趾关节不稳定方面效果显著,进而降低了 Weil 截骨术后病理性漂浮趾的发生率<sup>[19-22]</sup>。Monteagudo 等<sup>[23]</sup>设计了 Triple Weil 截骨术,该术式将跖骨分成 3 块,分别进行独立的切割和调整;相关研究<sup>[24]</sup>结果表明, Triple Weil 截骨术的截骨角度更灵活、截骨面更稳定,且能够避免跖骨移位和跖骨头抬高。此外,该术式能够显著松弛足底筋膜,可以在跖趾关节不过度背伸的情况下进行固定,进而降低病理性漂浮趾发生的风险<sup>[25]</sup>。维持正常的铰链运动是预防漂浮趾发生的重要措施<sup>[13]</sup>。Lee 等<sup>[11]</sup>通过改变趾短屈肌远端肌腱附着点的位置维持肌肉张力,恢复跖趾关节的正常铰链运动。Cook 等<sup>[26]</sup>在采用 Weil 截骨术的同时联合解剖重建技术、再平衡技术恢复跖趾关节的正常铰链运动,进而降低

Weil 截骨术后病理性漂浮趾发生的风险。

#### 3.3 注重手术细节

临床医生可通过以下措施避免漂浮趾发生:①选择合适的截骨位点和截骨短缩量,确保足部骨骼的稳定及其与软组织的平衡<sup>[27]</sup>;②术中注意保护神经和血管,以促进截骨端和切口良好愈合;③术中注意保护肌肉、韧带、肌腱等软组织,避免过度牵拉肌肉和韧带,必要时可对软组织进行适当地修复<sup>[28-29]</sup>。

#### 3.4 改善术后生活方式和定期随访

接受前足部手术治疗的患者,术后应穿着合适、舒适的鞋子,控制体重,避免长时间的站立和高强度的运动,同时避免足部再次损伤。术后定期随访对于预防病理性漂浮趾具有重要意义,临床医师可以根据患者恢复情况指导其进行康复训练,并可在病理性漂浮趾发生初期及时干预。

### 4 小结

病理性漂浮趾是以 Weil 截骨术为代表的前足部手术的常见并发症之一,其发生与跖趾关节旋转中心下移和肌腱相对延长关系密切。手术术式、瘢痕挛缩及康复训练和生活方式对病理性漂浮趾发生均有显著影响。临床医师关注“Maestro 曲线”、改良手术方式、注重手术细节,患者改善术后生活方式和定期随访,在一定程度上能够预防病理性漂浮趾发生。目前,国内外对于病理性漂浮趾的研究尚处于初步探索阶段,仍需开展更多的研究对其进行更加深入的探索。

### 参考文献

- [1] WAKO M, FUJIMAKI T, KOYAMA K, et al. A cross-sectional study on the correlations between floating toe, plantar arch posture, and body composition in 8-year-old children [J]. *Foot Ankle Surg*, 2022, 28(7): 1035 - 1039.
- [2] WAKO M, KOYAMA K, FURUYA N, et al. Relationship between floating toes condition and lower limb muscle weight in 8-year-old children: the yamanashi adjunct study of the Japan environment and children's study [J]. *J Phys Ther Sci*, 2023, 35(3): 252 - 256.
- [3] WAGNER E, O'CONNELL L A, RADKIEVICH R, et al. Incidence of and functional significance of floating toe after Weil osteotomy [J]. *Foot Ankle Orthop*, 2019, 4(4): 2473011419891956.
- [4] FUKUYAMA K, MARUYAMA H. Occurrence of floating toe from the viewpoint of the structure of foot arch [J]. *J Phys*

- Ther Sci, 2011, 23(1): 33 – 36.
- [5] BOUGIOUKLIS D, TYLLIANAKIS M, DELIGIANNI D, et al. Biomechanical analysis of the change of the metatarsophalangeal joint's center of rotation after weil and triple weil osteotomies: a comparative cadaveric study[J]. *Cureus*, 2022, 14(2): e21866.
- [6] YANAGIYA T, HATA K, TAKESHITA T, et al. Athletic event-specific characteristics in floating toes during the static standing posture[J]. *J Phys Ther Sci*, 2020, 32(5): 342 – 347.
- [7] 曹旭含. 微创治疗拇外翻在步态周期中截骨端位移与跖痛症量化关系的有限元研究[D]. 北京: 中国中医科学院, 2021.
- [8] BOBROV D S, SLINJAKOV L J, RIGIN N V. The primary metatarsalgia: pathogenesis, biomechanics and surgical treatment[J]. *Vestn Ross Akad Med Nauk*, 2017, 72(1): 53 – 58.
- [9] 庄陈, 屠文展. 步态分析在柔韧性平足诊疗中的应用进展[J]. *浙江临床医学*, 2022, 24(5): 779 – 780.
- [10] MIGUES A, SLULLITEL G, BILBAO F, et al. Floating-toe deformity as a complication of the Weil osteotomy[J]. *Foot Ankle Int*, 2004, 25(9): 609 – 613.
- [11] LEE L C, CHARLTON T P, THORDARSON D B. Flexor digitorum brevis transfer for floating toe prevention after weil osteotomy: a cadaveric study [J]. *Foot Ankle Int*, 2013, 34(12): 1724 – 1728.
- [12] DOHLE J, MARQUES A. Reconstruction of the plantar plate of the metatarsophalangeal joint using a dorsal transarticular approach[J]. *Oper Orthop Traumatol*, 2021, 33(5): 422 – 429.
- [13] PEREZ H R, REBER L K, CHRISTENSEN J C. The role of passive plantar flexion in floating toes following weil osteotomy[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2008, 47(6): 520 – 526.
- [14] 张庆硕, 宋丹丹, 周世越, 等. 功能性步态障碍诊断与治疗[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2023, 23(7): 604 – 609.
- [15] 周长青, 张马森, 周兴龙. 前跷鞋对下肢运动和步态稳定性的影响[J]. *中国皮革*, 2017, 46(9): 49 – 54.
- [16] FUJIMAKI T, WAKO M, KOYAMA K, et al. Prevalence of floating toe and its relationship with static postural stability in children: the yamanashi adjunct study of the Japan environment and children's study[J]. *PLoS One*, 2021, 16(3): e0246010.
- [17] MAESTRO M, BESSE J L, RAGUSA M, et al. Forefoot morphology study and planning method for forefoot osteotomy[J]. *Foot Ankle Clin*, 2003, 8(4): 695 – 710.
- [18] STOUPINE A, SINGH B N. A cadaveric study of metatarsal length and its function in the metatarsal formula and forefoot pathology[J]. *J Am Podiatr Med Assoc*, 2018, 108(3): 194 – 199.
- [19] DE CÉSAR P C, TORRES A C, OLIANI C H P, et al. Influence of the length ratio between second and third metatarsals after modified weil osteotomy on clinical outcomes[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2022, 61(5): 1007 – 1012.
- [20] HERAOG J L, GOFORTH W D, STONE P A, et al. A modified fixation technique for a decompressional shortening osteotomy: a retrospective analysis [J]. *J Foot Ankle Surg*, 2014, 53(2): 131 – 136.
- [21] KIM J, CHOI W J, PARK Y J, et al. Modified Weil osteotomy for the treatment of Freiberg's disease[J]. *Clin Orthop Surg*, 2012, 4(4): 300 – 306.
- [22] EDMONDSON M C, SHERRY K R, AFOLAYAN J, et al. Case series of 17 modified Weil's osteotomies for Freiberg's and Köhler's II AVN, with AOFAS scoring pre-and post-operatively[J]. *Foot Ankle Surg*, 2011, 17(1): 19 – 24.
- [23] MONTEAGUDO M, MACEIRA E. Evolution of the weil osteotomy: the triple osteotomy [J]. *Foot Ankle Clin*, 2019, 24(4): 599 – 614.
- [24] BOUGIOUKLIS D, TYLLIANAKIS M, DELIGIANNI D, et al. Comparison of the weil and triple weil osteotomies: a clinical retrospective study [J]. *Cureus*, 2022, 14(2): e22220.
- [25] PÉREZ-MUÑOZ I, ESCOBAR-ANTÓN D, SANZ-GÓMEZ T A. The role of weil and triple weil osteotomies in the treatment of propulsive metatarsalgia[J]. *Foot Ankle Int*, 2012, 33(6): 501 – 506.
- [26] COOK J J, JOHNSON L J, COOK E A. Anatomic reconstruction versus traditional rebalancing in lesser metatarsophalangeal joint reconstruction [J]. *J Foot Ankle Surg*, 2018, 57(3): 509 – 513.
- [27] BALASUBRAMANIAN G, VAS P, CHOCKALINGAM N, et al. A synoptic overview of neurovascular interactions in the foot[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2020, 11: 308.
- [28] 李维郑, 杨鹏, 杨继文, 等. 骨科老年患者围手术期的危险因素分析[J]. *中国现代医生*, 2023, 61(16): 31 – 35.
- [29] 奚兴. 老年骨科手术患者衰弱评估及围手术期管理[J]. *医药高职教育与现代护理*, 2022, 5(4): 365 – 368.

(收稿日期: 2024-04-03 本文编辑: 吕宁)