

距下关节制动术治疗儿童及青少年柔韧性平足症的临床进展

刘忠论, 史元祯, 胡 勇*

山东大学第二医院手外科/足踝外科, 山东 济南

收稿日期: 2025年3月14日; 录用日期: 2025年4月7日; 发布日期: 2025年4月16日

摘 要

近年来, 平足在儿童及青少年中的发病率呈现逐年上升的趋势, 尤其是在超重及肥胖人群中, 这一现象尤为显著。研究表明, 超重不仅增加了足部结构的负荷, 还可能导致足弓发育异常, 从而加剧扁平足的发生。目前, 国内外对于平足治疗的时机及方式仍存在一定争议。传统治疗方法包括足部矫形器、物理治疗以及针对性的功能锻炼, 但这些方法在改善足弓结构和功能方面的效果有限, 尤其是对于中重度平足患者。近年来, 距下关节制动术因其操作简单、安全、微创的特点, 逐渐成为治疗儿童及青少年柔韧性平足症的重要选择。该手术通过在距下关节植入制动器, 限制足部过度外翻, 从而恢复足弓的正常形态和功能。此外, 距下关节制动术既可以作为独立手术使用, 也可以与其他软组织手术联合应用, 以进一步提高治疗效果。本文旨在综述距下关节制动术在儿童及青少年柔韧性平足治疗中的研究进展, 为临床实践提供参考依据。

关键词

儿童及青少年, 柔韧性平足症, 距下关节制动术, 并发症

Clinical Advances in Subtalar Arthroereisis for the Treatment of Flexible Flatfoot in Children and Adolescents

Zhonglun Liu, Yuanzhen Shi, Yong Hu*

Department of Hand Surgery/Foot and Ankle Surgery, The Second Hospital of Shandong University, Jinan Shandong

Received: Mar. 14th, 2025; accepted: Apr. 7th, 2025; published: Apr. 16th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 刘忠论, 史元祯, 胡勇. 距下关节制动术治疗儿童及青少年柔韧性平足症的临床进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(4): 1791-1796. DOI: 10.12677/acm.2025.1541122

Abstract

In recent years, the incidence of flatfoot among children and adolescents has shown an increasing trend year by year, particularly in overweight and obese populations, where this phenomenon is particularly pronounced. Research indicates that overweight not only increases the load on the foot structure but may also lead to abnormal development of the arch, thereby exacerbating the occurrence of flatfoot. Currently, there is still some controversy both domestically and internationally regarding the timing and methods of flatfoot treatment. Traditional treatment methods include foot orthoses, physical therapy, and targeted functional exercises, but these methods have limited effectiveness in improving arch structure and function, especially for patients with moderate to severe flatfoot. In recent years, subtalar arthroereisis has gradually become an important option for treating flexible flatfoot in children and adolescents due to its simplicity, safety, and minimally invasive nature. This surgery involves implanting an arthroereisis device in the subtalar joint to restrict excessive foot eversion, thereby restoring the normal morphology and function of the arch. Additionally, subtalar arthroereisis can be used as a standalone procedure or in combination with other soft tissue surgeries to further enhance treatment outcomes. This article aims to review the research progress of subtalar arthroereisis in the treatment of flexible flatfoot in children and adolescents, providing a reference for clinical practice.

Keywords

Children and Adolescents, Flexible Flatfoot, Subtalar Arthroereisis, Complications

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

平足是一种足内侧纵弓塌陷,导致足底部分或完全接触地面的足部形态,多发生于儿童及青少年,约95%表现为柔韧性平足(Flexible Flat Foot, FFF) [1],其特点是:在非负重的状态下表现为正常的足弓,而在负重状态下足弓消失,若无动态足弓的消失与出现则称为僵硬性平足,又称为固定型平足。

青少年柔韧性平足多由于肌肉骨骼及韧带发育尚未成熟,因此随着年龄的增长,其患病率有所下降。平足症早期多表现为足部易疲劳,行走时疲乏无力,长期行走会出现酸胀不适,甚至疼痛,休息后可缓解。长此以往可导致中足跖内侧疼痛、步态异常、运动受限,伴有前足外展和后足外翻,严重者会发展为病理性扁平足。人们普遍认为,5岁以前儿童的平足是正常变异,与脂肪垫和肌肉骨骼结构松弛有关,随着生长发育,内侧足弓预计在六到十岁时会进一步发展[2]。极少数持续性特发性 FFF 会出现疼痛及穿鞋问题,成为病理性平足[3]。

距下关节制动术(Subtalar Arthroereisis, SA)由 Chambers 于 1946 年首先将骨块放置于跗骨窦内从而通过植入物限制距下关节过度外翻,恢复内侧纵弓高度,改善足部力线[4],但对距下关节正常运动无影响。由于传统的术式例如:跟骨延长术及胫前肌移位术等,创伤性大,恢复慢等原因现已很少使用。而距下关节制动术仅需要 2~3 cm 小口即可解决这一问题,并且术后即可拄拐下地行走,因其微创性和可逆性使得该术式逐渐成为研究热点。

2. 青少年柔韧性平足症的治疗

目前, 针对儿童及青少年柔韧性平足症的治疗策略主要聚焦于存在疼痛及活动受限的畸形矫正, 其核心目标是通过恢复足部生物力学平衡与解剖结构以缓解症状[5]。对于症状性患者, 非手术治疗(如足部矫形器、运动疗法及手法治疗)常作为一线干预手段, 但其远期疗效仍存在争议[6][7]。例如, Whitford 与 Esterman 的研究表明, 使用矫形鞋垫的患儿在 3 个月及 12 个月的随访中, 疼痛缓解、运动功能及生活质量评分与未干预组相比均无显著差异[8]。若保守治疗无效或畸形进展为严重僵硬性平足, 则需考虑手术干预, 术式选择包括截骨术、软组织重建术、距下关节制动术(STA)等; 对于终末期病例, 距下关节融合术可作为挽救性治疗方案[9]。此外, 针对该疾病的早期预防需关注生活习惯干预, 例如避免长期负重活动、改善足部肌群功能训练等, 以延缓或减少症状性畸形的发生。

距下关节制动术(Subtalar Arthroereisis, STA)提出的生物力学矫正理念[10], 其核心机制是通过植入跗骨窦区域的限制性装置(如圆柱形或圆锥形植入物)抑制距骨过度外翻, 从而维持距下关节于中立位, 最终恢复足弓高度与下肢力线[11]-[13]。该术式在 20 世纪 70 年代得到技术改良并逐步应用于临床, 现已成为儿童及青少年症状性柔韧性平足症(FFF)的主流非融合术式之一[14]。然而, 尽管 STA 的微创优势显著, 其临床价值仍存在争议: 部分研究证实其可有效延缓畸形进展并减少疼痛复发[10], 但也有学者指出植入物相关并发症(如移位、窦道形成)及远期关节僵硬风险可能抵消其短期收益[15][16]。

3. 距下关节制动术的研究现状

距下关节制动术(Subtalar Arthroereisis, STA)作为一种微创手术技术, 通过植入物限制距下关节的过度活动, 从而纠正柔韧性平足症的畸形。其作用机制在于通过机械性限制, 在儿童及青少年剩余的生长发育期内, 利用跗骨的生长潜力实现距骨及距跟关节的重新塑形与稳定[17]。多项临床研究证实了该技术的有效性和安全性。

现有研究数据表明, 距下关节制动术(Subtalar Arthroereisis, STA)在改善足部功能方面具有短期至中期的临床价值。一项平均随访 5 年的研究($n=14$, 19 足)显示, 术后患者 AOFAS 评分从术前平均 54.3 提升至 89.7 ($p<0.01$), VAS 疼痛评分从 6.2 降至 1.5 ($p<0.001$), 且影像学参数(如距骨倾斜角减少 $\geq 50\%$)显著改善, 随访期间未出现骨关节炎或再手术病例[18]。这一结果提示, STA 在解剖复位和症状缓解方面具有明确优势, 但需注意该研究样本量较小(仅 14 例), 且缺乏对照组设计, 可能高估实际疗效。

长期随访数据进一步支持其疗效的可持续性。Antonio Mazzotti 团队对 34 例患者进行 15 年随访发现, 70%患者的生理足迹及后足力线获得持久改善, 88%的患者主观满意度较高[19]。然而, 该研究未明确报告失访率及退出标准, 且未使用标准化生活质量量表(如 SF-36), 可能影响结果的可比性。Abdulmonem 等学者在更大样本($n=65$)的回顾性研究中证实, STA 可显著改善足部形态(90.8%)、疼痛缓解(81.5%)及行走功能(76.9%) [20]。尽管这些数据具有临床参考价值, 但回顾性研究固有的选择偏倚(如排除复杂病例)可能使结果偏向乐观。

值得注意的是, STA 在儿童及青少年柔韧性平足症中的应用尤其受到关注。其微创性和可逆性(通过植入物取出恢复关节活动)被认为适合生长发育期患者。然而, 这种“可逆性”需辩证看待: 尽管植入物可物理移除, 但手术造成的瘢痕组织及生物力学改变可能对远期关节功能产生不可逆影响。目前尚无高质量证据证明 STA 优于传统距下关节融合术的长期预后。

Neil S. Shah 等学者于 2013 年对美国足踝外科协会(AOFAS)成员进行的一项调查显示, 33%的受访者因手术失败率较高及术后需再次手术去除植入物而选择放弃使用该术式[21]。这一结果提示, STA 在实际临床应用中可能面临一定的技术挑战和局限性。此外, 一项纳入 67 项研究的 Meta 分析进一步揭示了 STA 的疗效与风险。该研究指出, 术后足部 9 个放射学参数中有 8 个显著改善, 足弓高度及关节一致性

也明显提升,但术后并发症发生率介于 4.8%至 18.6%之间,植入物切除率则高达 7.1%至 19.3% [22]。这些数据表明,尽管 STA 在影像学改善方面具有显著优势,但其并发症风险及植入物相关问题的发生率不容忽视。

距下关节制动术在治疗柔韧性平足症中虽具有一定的临床价值,但其较高的并发症发生率及手术失败率限制了其广泛应用。未来研究需进一步优化手术技术、改进植入物设计,并通过长期随访评估其远期疗效及安全性,以期临床决策提供更可靠的依据。

目前,距下关节制动术(Subtalar Arthroereisis, STA)的临床应用仍面临诸多争议,主要源于高质量研究的缺乏,导致其长期疗效、并发症发生率及其发生机制尚未形成明确共识。在临床实践中,医生多依赖个人经验或文献中的建议进行决策,这种基于非标准化证据的治疗模式可能是争议持续存在的重要原因之一[23]。

具体而言,现有研究多局限于回顾性分析或小样本队列研究,缺乏大样本、多中心、随机对照的高质量研究数据。这种研究设计的局限性使得 STA 的远期疗效评估存在偏差,同时也难以全面揭示其并发症的发生机制及危险因素。例如,植入物相关并发症(如移位、松动或疼痛)的发生率及其影响因素尚未得到系统研究,而术后功能改善与影像学参数之间的相关性也需进一步验证。

因此,亟需开展强有力的前瞻性研究,以解决上述问题。未来的研究应重点关注以下几个方面:首先,通过标准化手术技术及植入物选择,评估 STA 在不同患者群体中的长期疗效;其次,系统分析并发症的发生率、类型及其潜在机制,以制定有效的预防和管理策略;最后,结合患者报告结局(PROs)及客观功能评估,全面衡量 STA 对患者生活质量的影响。只有通过高质量的研究证据,才能为 STA 的临床应用提供科学依据,并推动其治疗柔韧性平足症中的规范化发展。

4. 距下关节制动术的并发症

距下关节制动术作为治疗跗骨关节不稳的常用术式,其临床疗效已得到广泛证实[24]。尽管近年来制动器的材料学与形态设计不断优化(如生物相容性和力学性能的改进),显著提升了其生物力学适配性,但术后并发症的完全规避仍面临挑战[24]。根据全球临床研究,术后并发症可系统性归纳为四类:1) 手术适应症选择不当(如僵硬性马蹄足或进展性关节炎患者的误选);2) 手术操作相关并发症(包括制动器脱出、矫正不足或过度);3) 组织适应性反应(如痛性跗骨窦炎、腓骨肌痉挛等);4) 生物材料相关并发症(如磨损或断裂) [24]。值得注意的是,术式本身及制动器直接导致的足内侧疼痛、矫正偏差等问题被多数学者视为主要并发症[25] [26]。

进一步研究表明,制动器与跗骨窦的解剖匹配度是影响手术成败的核心因素。曹乐等[27]通过生物力学实验指出,当制动器尺寸与跗骨窦不匹配时,足部在极度内翻状态下的异常应力可导致制动器脱出,进而引发手术失败(二次手术率达 21.3%)。此外,患者体重指数(BMI)与并发症风险呈显著正相关:超重组(BMI ≥ 24)的制动器脱出率高达 71%,显著高于低体重组(BMI ≤ 18.5)的 44%,且前者的矫正效果更易出现偏差[28],提示术前体重管理可能具有临床干预价值。

在手术技术参数的优化方面,Chen 等[29]的回顾性研究($n = 69, 107$ 足)揭示了关键发现:制动器植入深度是术后疗效的独立危险因素(OR = 2.34, $p < 0.01$),而年龄、性别、植入大小等因素无统计学关联。值得关注的是,该研究同时排除了上述参数与术后跗骨窦疼痛的相关性($p > 0.05$),提示疼痛机制可能与其他病理生理过程相关。

除上述常见并发症外,近年文献亦报道了若干罕见但严重的临床问题。例如,David 等[30]观察到 2 例由制动器引发的巨细胞反应性异物性滑膜炎,其病理特征与材料降解产物相关;Lui 等[31]则记录了术后距下关节自发性融合的不可逆病例。此外,高能量外伤可能导致制动器接触区域的距骨骨折[26] [32]。

尽管如此,多数并发症(如软组织卡压或轻度炎症反应)具有可逆性,通过制动器取出术即可实现症状缓解[17],这为临床决策提供了重要安全边界。

5. 总结与展望

距下关节制动术作为治疗有症状的儿童及青少年柔性扁平足的一种有效方法,在严格把握适应症的前提下,可取得良好的临床效果及较高的患者满意度。然而,术后并发症的发生仍是影响疗效评估的重要因素。尽管目前关于该术式的应用仍存在争议,主要源于缺乏长期随访数据及高质量临床研究支持,但现有研究普遍表明,距下关节制动术在改善放射学参数及临床症状方面具有显著效果。

总体而言,距下关节制动术在治疗儿童及青少年 FFF 中具有独特的优势,包括操作简便、创伤小、可单独或联合其他手术方式实施等特点,使其更符合青少年患者的生理及心理需求。为最大限度地降低并发症发生率,在临床实践中需严格把握手术适应症,精确选择与患者解剖结构匹配的制动器尺寸及植入位置,并注重手术操作的精细化及治疗的个性化。

未来研究方向应着重于开展针对儿童及青少年症状性 FFF 的大规模临床研究,以进一步明确距下关节制动术的长期疗效及安全性。同时,有必要加强不同治疗方案之间的比较研究,为临床决策提供更高质量的证据支持。通过多中心、前瞻性研究设计,结合长期随访数据,将有助于更全面地评估该术式的临床应用价值,并为其优化提供科学依据。

参考文献

- [1] 张进,姜淑云,李阳,等. 儿童柔韧性扁平足的诊断及防治研究进展[J]. 中国学校卫生, 2023, 44(6): 946-950.
- [2] Carr, J.B., Yang, S. and Lather, L.A. (2016) Pediatric Pes Planus: A State-of-the-Art Review. *Pediatrics*, **137**, e20151230. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-1230>
- [3] Smolle, M.A., Svehlik, M., Regvar, K., Leithner, A. and Kraus, T. (2022) Long-Term Clinical and Radiological Outcomes Following Surgical Treatment for Symptomatic Pediatric Flexible Flat Feet: A Systematic Review. *Acta Orthopaedica*, **93**, 367-374. <https://doi.org/10.2340/17453674.2022.2254>
- [4] Chambers, E.F. (1946) An Operation for the Correction of Flexible Flat Feet of Adolescents. *Western Journal of Surgery, Obstetrics, and Gynecology*, **54**, 77-86.
- [5] Kwon, J.Y. and Myerson, M.S. (2010) Management of the Flexible Flat Foot in the Child: A Focus on the Use of Osteotomies for Correction. *Foot and Ankle Clinics*, **15**, 309-322. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2010.02.001>
- [6] Dars, S., Uden, H., Banwell, H.A. and Kumar, S. (2018) The Effectiveness of Non-Surgical Intervention (Foot Orthoses) for Paediatric Flexible Pes Planus: A Systematic Review: Update. *PLOS ONE*, **13**, e0193060. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193060>
- [7] Evans, A.M., Rome, K., Carroll, M. and Hawke, F. (2022) Foot Orthoses for Treating Paediatric Flat Feet. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **1**, CD006311. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd006311.pub4>
- [8] Whitford, D. and Esterman, A. (2007) A Randomized Controlled Trial of Two Types of In-Shoe Orthoses in Children with Flexible Excess Pronation of the Feet. *Foot & Ankle International*, **28**, 715-723. <https://doi.org/10.3113/fai.2007.0715>
- [9] 王恩波,李雄涛,严维. 儿童和青少年柔韧性平足的诊治,我们认知到了哪里[J]. 中国骨与关节杂志, 2023, 12(9): 641-645.
- [10] Smith, C., Zaidi, R., Bhamra, J., Bridgens, A., Wek, C. and Kokkinakis, M. (2021) Subtalar Arthroereisis for the Treatment of the Symptomatic Paediatric Flexible Pes Planus: A Systematic Review. *EFORT Open Reviews*, **6**, 118-129. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.200076>
- [11] Mosca, V.S. (2010) Flexible Flatfoot in Children and Adolescents. *Journal of Children's Orthopaedics*, **4**, 107-121. <https://doi.org/10.1007/s11832-010-0239-9>
- [12] Haraldsson, S. (1965) Pes Plano-Valgus Staticus Juvenilis and Its Operative Treatment. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, **35**, 234-256. <https://doi.org/10.3109/17453676508989356>
- [13] Miller, G.R. (1977) The Operative Treatment of Hypermobility Flatfeet in the Young Child. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, No. 122, 95-101. <https://doi.org/10.1097/00003086-197701000-00013>

- [14] Chambers, E.F. (1946) An Operation for the Correction of Flexible Flat Feet of Adolescents. *Western Journal of Surgery, Obstetrics, and Gynecology*, **54**, 77-86.
- [15] Needleman, R.L. (2005) Current Topic Review: Subtalar Arthroereisis for the Correction of Flexible Flatfoot. *Foot & Ankle International*, **26**, 336-346. <https://doi.org/10.1177/107110070502600411>
- [16] Fernández de Retana, P., Álvarez, F. and Bacca, G. (2012) Is There a Role for Subtalar Arthroereisis in the Management of Adult Acquired Flatfoot? *Foot and Ankle Clinics*, **17**, 271-281. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2012.03.006>
- [17] 张世勇, 王成伟. 距下关节稳定术治疗青少年柔韧性平足症的研究进展[J]. 实用骨科杂志, 2018, 24(12): 1098-1102.
- [18] García Bistolfi, M., Avanzi, R., Buljubasich, M., Bosio, S. and Puigdevall, M. (2022) Subtalar Arthroereisis in Pediatric Flexible Flat Foot: Functional and Radiographic Results with 5 Years of Average Follow-Up. *The Foot*, **52**, Article ID: 101920. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2022.101920>
- [19] Mazzotti, A., Di Martino, A., Geraci, G., Casadei, C., Panciera, A., Giannini, S., *et al.* (2021) Long-Term Results of Subtalar Arthroereisis for the Treatment of Symptomatic Flexible Flatfoot in Children: An Average Fifteen Year Follow-Up Study. *International Orthopaedics*, **45**, 657-664. <https://doi.org/10.1007/s00264-020-04911-4>
- [20] Alsiddiky, A.M., Alsubaie, A.A., Almuhanha, A.O., Alsubaie, N.M., Alsaleh, F.A., Alhazzani, H.M., *et al.* (2023) Satisfactory Outcomes of Post-Operative Subtalar Extra-Articular Arthroereisis in Juvenile Flexible Flat Foot. *Saudi Medical Journal*, **44**, 85-90. <https://doi.org/10.15537/smj.2023.44.1.20220607>
- [21] Shah, N.S., Needleman, R.L., Bokhari, O. and Buzas, D. (2015) 2013 Subtalar Arthroereisis Survey: The Current Practice Patterns of Members of the AOFAS. *Foot & Ankle Specialist*, **8**, 180-185. <https://doi.org/10.1177/1938640015578514>
- [22] Metcalfe, S.A., Bowling, F.L. and Reeves, N.D. (2011) Subtalar Joint Arthroereisis in the Management of Pediatric Flexible Flatfoot: A Critical Review of the Literature. *Foot & Ankle International*, **32**, 1127-1139. <https://doi.org/10.3113/fai.2011.1127>
- [23] Bernasconi, A., Lintz, F. and Sadile, F. (2017) The Role of Arthroereisis of the Subtalar Joint for Flatfoot in Children and Adults. *EFORT Open Reviews*, **2**, 438-446. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.2.170009>
- [24] Usueli, F.G. and Montrasio, U.A. (2012) The Calcaneo-Stop Procedure. *Foot and Ankle Clinics*, **17**, 183-194. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2012.03.001>
- [25] Kumar, V. and Clough, T.M. (2014) Talar Neck Fracture—A Rare but Important Complication Following Subtalar Arthroereisis. *The Foot*, **24**, 169-171. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2014.07.004>
- [26] Cao, L., Miao, X., Wu, Y., Zhang, X. and Zhang, Q. (2017) Therapeutic Outcomes of Kalixi in Treating Juvenile Flexible Flatfoot. *Orthopaedic Surgery*, **9**, 20-27. <https://doi.org/10.1111/os.12309>
- [27] de Bot, R.T.A.L., Stevens, J., Hermus, J.P.S., Staal, H.M., van Rhijn, L.W. and Witlox, A.M. (2019) Clinical and Radiological Outcomes of Subtalar Kalix II Arthroereisis for a Symptomatic Pediatric Flexible Flatfoot. *Foot & Ankle Specialist*, **14**, 9-18. <https://doi.org/10.1177/1938640019892062>
- [28] Hsieh, C., Lee, C., Tseng, T., Wu, K., Chang, J. and Wang, T. (2019) Body Weight Effects on Extra-Osseous Subtalar Arthroereisis. *Journal of Clinical Medicine*, **8**, Article 1273. <https://doi.org/10.3390/jcm8091273>
- [29] Chen, C., Jiang, J., Fu, S., Wang, C., Su, Y., Mei, G., *et al.* (2022) Hyprocure for Pediatric Flexible Flatfoot: What Affects the Outcome. *Frontiers in Pediatrics*, **10**, Article 857458. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.857458>
- [30] Scher, D.M., Bansal, M., Handler-Matasar, S., Bohne, W.H. and Green, D.W. (2007) Extensive Implant Reaction in Failed Subtalar Joint Arthroereisis: Report of Two Cases. *HSS Journal®: The Musculoskeletal Journal of Hospital for Special Surgery*, **3**, 177-181. <https://doi.org/10.1007/s11420-007-9057-0>
- [31] Lui, T.H. (2014) Spontaneous Subtalar Fusion: An Irreversible Complication of Subtalar Arthroereisis. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, **53**, 652-656. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2014.04.005>
- [32] Corpuz, M., Shofler, D., Labovitz, J., Hodor, L. and Yu, K. (2012) Fracture of the Talus as a Complication of Subtalar Arthroereisis. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, **51**, 91-94. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2011.08.008>