

# Application of Orthopedic Insole in Orthopedic Lower Limb Disease

Yunlong Li<sup>1</sup> Yongsheng Xu<sup>2\*</sup> HuRicha Bao<sup>2</sup> Yansong Qi<sup>2</sup>

1. Inner Mongolia Medical University, Hohhot, Inner Mongolia, 010050, China

2. Inner Mongolia People's Hospital, Hohhot, Inner Mongolia, 010017, China

## Abstract

Orthopedic insole is a kind of foot orthosis placed in shoes to reduce and eliminate abnormal biomechanics of lower limb caused by neuromuscular and skeletal deformities. The design of orthopedic insoles combines anatomy and biomechanics to reduce pain, correct deformities, and increase joint stability. At present, it is mainly used in the fields of prevention, rehabilitation and sports injuries. This paper mainly reviews the function of orthopedic shoes, how to make them, and the biomechanical effects on some orthopedic lower extremity diseases.

## Keywords

orthopedic insoles; biomechanics; flat foot; knee osteoarthritis

# 矫形鞋垫在骨科下肢疾病中的应用

李云龙<sup>1</sup> 徐永胜<sup>2\*</sup> 包呼日查<sup>2</sup> 齐岩松<sup>2</sup>

1. 内蒙古医科大学, 中国·内蒙古 呼和浩特 010050

2. 内蒙古自治区人民医院, 中国·内蒙古 呼和浩特 010017

## 摘要

矫形鞋垫是指一种放置于鞋内的用以减少和消除因神经肌肉和骨骼畸形等原因造成的下肢生物力学异常的足部矫形器。矫形鞋垫的设计结合解剖学和生物力学,旨在减轻疼痛、矫正畸形和增加关节的稳定性。目前,主要应用于预防、康复及运动损伤领域。论文主要综述了矫形鞋的功能、制作方式和对一些骨科下肢疾病的生物力学影响。

## 关键词

矫形鞋垫; 生物力学; 扁平足; 膝骨关节炎

## 1 引言

矫形鞋垫是指一种放置于鞋内的用以减少和消除因神经肌肉和骨骼畸形等原因造成的下肢生物力学异常的足部矫形器<sup>[1]</sup>。Merton 博士根据足踝部的解剖以及足部生物力学的特点最早提出了矫形鞋垫这一概念<sup>[2]</sup>。正常的下肢生物力学是日常站立行走等动作的关键。一些偏离正常步态的微小变化随着时间的累积可能会发展为各种下肢疾病。现在越来越多的下肢疾病被证实是由于足部解剖结构异常及而引起的。随着生活压力的增加和生活节奏的加快,人们普遍倾向于接受简便易行的保守方案来治疗,旨在以最快的时间、最简便的方法回归到正常的生活和运动中。因此,需要一种人体在站

立行走过程中维持和纠正下肢生物力学的器具,矫形鞋垫很好地充当了这个角色。矫形鞋垫旨在减轻疼痛、矫正畸形和增加关节的稳定性<sup>[3]</sup>。目前,矫形鞋垫的研究热点主要集中于对足部、下肢及偏瘫等疾病的疗效。被广泛应用于预防、康复及运动损伤等领域。

## 2 矫形鞋垫在下肢疾病中的应用

髌股关节疼痛(patellofemoral pain, PFP)是最常见的膝关节周围疼痛,通常在髌股关节负荷活动时出现,如上下楼梯、下蹲和跑步,常见于年轻人和运动量较大的人。研究报告 PFP 患者由于足部过度旋前导致胫骨、股骨的内旋增加,

【作者简介】李云龙(1994-),男,在读研究生。

【通讯作者】徐永胜,邮箱:dlxyf@163.com。

动态的膝关节外翻和 Q 角的增大<sup>[4]</sup>使得髌股关节压力明显增大,在进行负荷活动时引起髌股关节的疼痛。矫形鞋垫对髌、膝、踝关节的运动均有一定程度的影响。这些变化一定程度上影响了髌股关节的负荷<sup>[5]</sup>,治疗 PFP 一般使用内侧楔形鞋垫, Hart<sup>[6]</sup>等人使用内侧 6° 楔形鞋垫,患者表示疼痛程度较前有所降低,在水平行走时生物力学分析显示踝关节外翻角及内翻角均减小,踝关节外翻角冲量减小,膝关节屈曲冲量和内收角冲量有所增加,上楼梯时髌股关节屈曲峰值降低,髌关节外旋角冲量降低,踝关节内翻角最大值及外旋角最大值均降低,踝关节背屈、外翻、内旋角冲量也显著降低。下楼梯时膝关节屈曲角峰值增大,髌关节内收角冲量降低。由于 PFP 对膝关节功能的影响,它有可能促进晚年髌股关节炎甚至胫股关节炎的发展<sup>[7]</sup>。髌股关节炎的患者同样适用内侧楔形鞋垫<sup>[8]</sup>,使用具有足弓支撑的内侧 6° 楔形鞋垫在不同步态任务中均降低了足部背屈。背屈是足部旋前的一个组成部分,内侧楔形使得在行进中背屈减小,从而在支撑期时获得更多的跖屈以稳定前行,并且有效防止了足部过度旋前,减小了髌股关节的压力。

膝骨关节炎 (knee osteoarthritis, KOA) 是导致老年人骨骼肌肉疼痛和慢性残疾的主要原因。适度的压力负荷可以维持软骨的新陈代谢并促进关节软骨的健康<sup>[9]</sup>,但 KOA 患者由于伴有不同程度的内外翻畸形导致膝关节单侧室内承受更大的负荷<sup>[10]</sup>。最常见的 KOA 发生在膝关节的内侧间室,内侧间室因承载更多的负荷导致整个支撑期的膝关节内收力矩 (knee adduction moment, KAM) 增大, KAM 与 KOA 影像学严重程度和疼痛相关,是 KOA 进展的预测因子<sup>[11]</sup>。研究表明 KAM 整体增加 20%, KOA 的进程会增加 6.46 倍,越高的 KAM 预示着 KOA 的结构破坏危险性越大<sup>[12,13]</sup>。研究表明外侧楔形鞋垫 (lateral wedge insole, LWI) 可以有效降低 KAM 从而改善 KOA 患者的症状<sup>[14]</sup>,如图 1 所示。LWI 是一种外缘高于内缘的矫形鞋垫,通过使跟骨外翻将足底压力中心向外侧转移,人体产生更加垂直的地面反作用力,并减小了地面反作用力 (Ground reaction force, GRF) 到膝关节中心的力臂,从而降低了 KAM (黑色弧形箭头)。Hinman 等人研究发现,使用 LWI 使 KAM 降低了 12~14%<sup>[15]</sup>,并且认为足部的整个外侧楔形嵌入是有效减少 KAM 的关键<sup>[16]</sup>。在步态周期中,足跟着地期时只有足跟与地面接触,外侧楔形与足底有很大一部分区域接触 (可能高达 80%), 强烈影响

足跟的运动,可促进足跟外翻发生更大的变化<sup>[17]</sup>。一些受试者反馈较大角度的 LWI 会引起疼痛或不舒适<sup>[17]</sup>,其中最舒适的是 5°LWI,具有足弓支撑的 LWI 与普通 LWI 对比, KAM 的第二峰值降低了 6%,而在仅有足弓支撑的普通鞋垫在步行时, KAM 显著增加了 7%<sup>[18]</sup>。LWI 可以明显降低内侧间室 KOA 的 KAM,但仍有一部分群体 KAM 不但没有下降反而出现了升高的结果,影响其结果的原因是多样的,其中 LWI 缺乏理想的生物力学反应是合理的解释。因此,根据患者下肢的生物力学变化制作的定制化矫形鞋垫会更加符合患者。

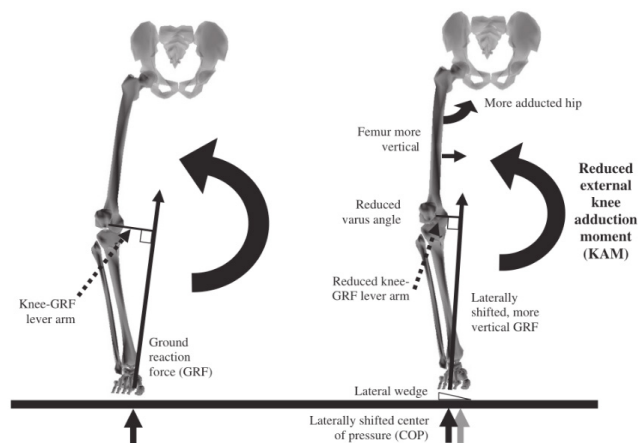


图 1 KOA 的下肢生物力学及 KOA 患者应用 LWI 后的下肢生物力学变化

足底的每个区域都有相应的生物力学功能,足跟的功能主要是在步态中吸收着地期的冲击、对步态的控制和减轻前足的压力<sup>[19]</sup>。中足的功能主要由内外侧弓共同执行,内侧弓的弹性因素在步态推进过程中扮演了重要的角色,有利于步态的正常进行<sup>[20]</sup>。外侧弓在步态中主要与地面接触但缺少弹性,这对于稳定从足跟到脚趾的运动是至关重要的<sup>[21]</sup>。中足的支撑功能具有良好的生物力学优势<sup>[22]</sup>,在将负荷转移到前足之前,中足的动作很重要。扁平足是一种以足内侧纵弓塌陷为主要特征的足部畸形。扁平足由于内侧足弓降低、足部旋前、足部外展以及后足外翻等因素造成人体的机械性不平衡,经常影响行走速度和平衡,甚至增加跌倒的风险,通常在行走时伴有足部疼痛。研究发现通过减少后足外翻来控制过度的足部旋前,这种运动学的改变被认为与症状改善有关<sup>[23]</sup>。带有足跟内侧支撑的矫形鞋垫在足跟着地时有助于距下关节处于中立位置,并且控制足跟着地后发生足外翻<sup>[24]</sup>。前足内侧支撑鞋垫可以减少支撑期时距下关节补偿性旋前的可能,

从而控制后足外翻,如图2所示。也有研究表明,前足内侧支撑鞋垫效果不如后足内侧支撑鞋垫<sup>[25]</sup>。单纯足弓支撑的矫形鞋垫通过支撑足弓来改善因足弓塌陷带来的不适症状<sup>[26]</sup>。



图2 扁平足患者使用内侧足弓支撑鞋垫改善足弓塌陷,纠正后足外翻

糖尿病患者中大约有15%的人群在整个疾病过程中会面临神经性足部溃疡,他们当中超过80%的人每年都面临糖尿病足部溃疡复发的风险<sup>[27]</sup>。异常的足底压力分布对足底软组织的的影响是导致糖尿病足溃疡的原因。第一趾、跖骨头和后足是最容易出现溃疡的部位。矫形鞋垫旨在重新分布足底压力和减少软组织的应力以降低易溃疡区域的峰值压力。当糖尿病引起周围神经病变时摔倒的风险也会相继增高。糖尿病引起神经病变的患者摔倒的可能性是没有神经病变的患者的15倍<sup>[28]</sup>。糖尿病引起神经病变的临床表现包括皮肤感觉丧失、下肢肌肉无力和关节活动减少<sup>[29]</sup>,这些功能改变影响了皮肤感受器和本体感觉信息的丢失,导致步态功能障碍和平衡感较差<sup>[30]</sup>。卸载负荷的鞋垫通常是全脚掌接触的,由光滑柔软的泡沫材料制成,旨在缓冲和保护足底软组织免受机械应力的影响,降低溃疡风险<sup>[31]</sup>。Nouman使用定制化矫形鞋垫治疗糖尿病足部溃疡,鞋垫材料由泡沫底和微孔橡胶构成,在此基础上添加了多层泡沫,患者在水平行走、上下楼梯时有效地降低了前足最大压力峰值,足底压力得到了更好的分布<sup>[32]</sup>。

### 3 结语

矫形鞋垫在一些骨科下肢疾病中已成为常见的保守治疗手段,通过改变足部姿势、调节肌肉功能和本体感觉来治疗一些因下肢生物力学异常而引起的相关疾病,具有易于佩戴,

经济实惠和制作加工简单等优点。随着运动分析技术的进步,提高了我们对矫形鞋垫的设计和下肢运动影响的理解。然而,矫形鞋垫的有效性研究目前仍存在争议,如针对某一项生物力学参数的研究,某些作者的研究表现出积极反应,而另一些作者则发现没有变化。研究之间的差异可能由于许多因素引起,包括受试者的足部解剖结构的可变性,矫形鞋垫的制作、材料和单个构件的张贴位置的差异,这可能在一定程度上解释了这种结果。矫形鞋垫在患者步态中每一步都会对下肢生物力学产生一定的影响,在长久的步行中会产生一个巨大的累积效应,从而帮助患者在一定程度上改善下肢生物力学及缓解症状,在短期内改善不明显,需要患者具备良好的依从性。矫形鞋垫潜在的生物力学影响仍需要在未来长期的临床研究中来证明有益于疾病治疗。进一步加强医工结合模式,分析潜存与现有问题,加强对矫形鞋垫的研究与改进。

### 参考文献

- [1] Bancroft, R.J., et al. Orthotics.[J] *European Geriatric Medicine*.2011(02): 122-125.
- [2] Jarvis, H.L., et al. Inter-assessor reliability of practice based biomechanical assessment of the foot and ankle[J]. *Foot Ankle Res*, 2012(05): 14.
- [3] Telfer, S., et al. Computer-aided design of customized foot orthoses: reproducibility and effect of method used to obtain foot shape[J].*Arch Phys Med Rehabil*, 2012(05):863-870.
- [4] Tiberio, D. The effect of excessive subtalar joint pronation on patellofemoral mechanics: a theoretical model[J].*Orthop Sports Phys Ther*, 1987(04):160-165.
- [5] Collins, N.J., et al. 2018 Consensus statement on exercise therapy and physical interventions (orthoses, taping and manual therapy) to treat patellofemoral pain: recommendations from the 5th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Gold Coast, Australia, 2017[J]. *Br J Sports Med*, 2018(18):1170-1178.
- [6] Hart, H.F., et al. Immediate effects of foot orthoses on gait biomechanics in individuals with persistent patellofemoral pain[J]. *Gait Posture*, 2020(77):20-28.
- [7] Thorstenson, C.A., et al. Natural course of knee osteoarthritis in middle-aged subjects with knee pain: 12-year follow-up using clinical and radiographic criteria[J]. *Ann Rheum Dis*, 2009(12):1890-

- 1893.
- [8] Tan, J.M., et al. Immediate effects of foot orthoses on lower limb biomechanics, pain, and confidence in individuals with patellofemoral osteoarthritis[J]. *Gait Posture*, 2020(76):51–57.
- [9] Dearborn, J.T., C.L. Eakin, H.B. Skinner. Medial compartment arthrosis of the knee[J]. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 1996(01):18–26.
- [10] Radin, E.L., et al. Mechanical determinants of osteoarthritis[J]. *Semin Arthritis Rheum*, 1991(3 Suppl 2):12–21.
- [11] Ogaya, S., et al. Knee adduction moment and medial knee contact force during gait in older people[J]. *Gait Posture*, 2014(03):341.
- [12] Fryzowicz, A., L.B. Dworak, P. Koczewski, Prophylaxis of medial compartment gonarthrosis in varus knee – current state of knowledge[J]. *Arch Med Sci*, 2018(02):454–459.
- [13] Ohi, H., et al. Varus thrust visualized during gait was associated with inverted foot in patients with knee osteoarthritis: An exploratory study[J]. *Gait Posture*, 2018(61):269–275.
- [14] Hsu, W.C., et al. Immediate and long-term efficacy of laterally-wedged insoles on persons with bilateral medial knee osteoarthritis during walking[J]. *Biomed Eng Online*, 2015(14):43.
- [15] Hinman, R.S. et al. Lateral wedges in knee osteoarthritis: what are their immediate clinical and biomechanical effects and can these predict a three-month clinical outcome? [J]*Arthritis Rheum*, 2008(03): 408–415.
- [16] Hinman, R.S., et al. Effect of length on laterally-wedged insoles in knee osteoarthritis[J]. *Arthritis Rheum*, 2008(01):144–147.
- [17] Felson, D.T., Y. Zhang. An update on the epidemiology of knee and hip osteoarthritis with a view to prevention[J]. *Arthritis Rheum*, 1998(08):1343–1355.
- [18] Dessery, Y., et al. Effects of foot orthoses with medial arch support and lateral wedge on knee adduction moment in patients with medial knee osteoarthritis[J]. *Prosthet Orthot Int*, 2017(04):356–363.
- [19] Reimann, H., et al. Complementary mechanisms for upright balance during walking[J]. *PLoS One*, 2017(02): e0172215.
- [20] Wager, J.C., J.H. Challis. Elastic energy within the human plantar aponeurosis contributes to arch shortening during the push-off phase of running[J]. *J Biomech*, 2016(05):704–709.
- [21] Salvioi, S., M. Guidi, et al. The effectiveness of conservative, non-pharmacological treatment, of plantar heel pain: A systematic review with meta-analysis[J]. *Foot (Edinb)*, 2017(33):57–67.
- [22] Tarrade, T., et al. Are custom-made foot orthoses of any interest on the treatment of foot pain for prolonged standing workers?[J] *Appl Ergon*, 2019(80):130–135.
- [23] Neville, C., A.S. Flemister, et al. Effects of the AirLift PTTD brace on foot kinematics in subjects with stage II posterior tibial tendon dysfunction[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2009(03): 201–209.
- [24] Donatelli, R.A., et al. Biomechanical foot orthotics: a retrospective study[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1988(06): 205–212.
- [25] Johanson, M.A., et al. Effects of three different posting methods on controlling abnormal subtalar pronation[J]. *Phys Ther*, 1994(02):149–158; discussion 158–161.
- [26] Desmyttere, G., et al. Effect of foot orthosis design on lower limb joint kinematics and kinetics during walking in flexible pes planovalgus: A systematic review and meta-analysis[J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2018(59): 117–129.
- [27] Lazzarini, P.A., et al. Direct inpatient burden caused by foot-related conditions: a multisite point-prevalence study[J]. *BMJ Open*, 2016(06): e010811.
- [28] Macgilchrist, C., et al. Lower-limb risk factors for falls in people with diabetes mellitus[J]. *Diabet Med*, 2010(02):162–168.
- [29] Paul, L., et al. The effect of a cognitive or motor task on gait parameters of diabetic patients, with and without neuropathy[J]. *Diabet Med*, 2009(03):234–239.
- [30] Paton, J., et al. Effectiveness of insoles used for the prevention of ulceration in the neuropathic diabetic foot: a systematic review[J]. *J Diabetes Complications*, 2011(01):52–62.
- [31] Delahunt, E., K. Monaghan, et al. Altered neuromuscular control and ankle joint kinematics during walking in subjects with functional instability of the ankle joint[J]. *Am J Sports Med*, 2006(12):1970–6.
- [32] Nouman. M. The insole materials influence the plantar pressure distributions in diabetic foot with neuropathy during different walking activities[J]. *Gait Posture*, 2019(74):154–161.