

## 矫形鞋垫在下肢运动功能障碍治疗中的应用

庞冬清 吴卫红

下肢运动功能障碍在临床上表现为下肢畸形和异常步态两方面,其原因包括中枢神经系统疾病或损伤(脑血管疾病、脑外伤、脊髓损伤、脑性瘫痪等)、周围神经系统疾病或损伤(坐骨神经总干损伤、胫神经损伤、腓总神经损伤、糖尿病周围神经病等)、骨关节疾病或损伤(骨关节畸形、骨折、关节退行性变等)、肌肉病变或损伤以及神经肌肉接头处病变等<sup>[1]</sup>。

临床上常见的下肢畸形包括下肢不等长、髋关节、膝关节、踝关节和足部的畸形,其中髋、膝关节畸形包括髋内翻、髋外翻、膝内翻、膝外翻等;足部畸形则包括前足内翻、足外翻、足内收、足外展,中足扁平足、高弓足,后足跟内翻、跟外翻以及全足马蹄内翻足和尖足等。临床上常涉及康复介入的异常步态包括中枢神经系统病理步态,如偏瘫步态、剪刀步态、摇摆步态、慌张步态等,另外还有因周围神经损伤所导致的臀大肌步态、臀中肌步态、股四头肌步态、胫前肌步态以及腓肠肌和比目鱼肌无力步态等。下肢运动功能障碍的治疗主要包括药物、手术、运动疗法、作业疗法、理疗等,临床上要求应有针对性地对患者进行具体的个体化的分析,并进行有针对性的康复治疗<sup>[2]</sup>。目前,矫形器在改善运动功能障碍中的作用越来越明显<sup>[2-10]</sup>。本文就不同类型矫形鞋垫在不同类型下肢运动障碍康复中的应用进行综述。

### 足弓垫在扁平足康复中的应用及其机制

足弓垫被广泛应用于扁平足的康复治疗。扁平足是一种以足弓低平或消失、足部疼痛为特征的足部畸形。发病早期仅在负重情况下才出现足弓下陷,长时间行走和站立会出现疼痛或疲劳感,但休息后症状消失,而病程较长者可能发展为痉挛性平足或强直性平足,导致其步行困难。足弓垫一般采用仿足弓的高贴合设计或足弓处与足后跟处的整垫设计,其目的均为支撑塌陷的足弓(图1)。

王瑞霞和宋清涛<sup>[2]</sup>对扁平足患者 106 例采用不同类型的足弓垫进行治疗,同时配合足部肌肉锻炼,随访 1 个月~8 年。该研究表明,足弓垫可抬高足弓,改善足部受力,矫正足部变形,代偿足弓的减震缓冲作用,缓解疼痛。足弓与足后跟处整垫设计的矫形鞋垫可通过保持距下关节中立位来提高足内侧纵弓高度<sup>[3]</sup>。Tochigi<sup>[4]</sup>的研究发现,内侧纵弓支撑鞋垫可减轻由距跟骨间韧带和距腓前韧带损伤引起的踝关节异常内旋,增加距下关节的稳定性,改善双下肢运动功能。Kogler 等<sup>[5]</sup>的研究则对比了 5 种足矫形器的纵弓垫对足底筋膜张力的影响,结果发现,纵弓垫可明显降低足底筋膜张力,对治疗足底筋膜炎有显著疗

效。谭维义等<sup>[6]</sup>的研究也发现,足弓垫配合中药熏洗对足底筋膜炎有显著疗效。另外,由于足弓的位置主要靠韧带和肌肉来维持(尤其是胫前肌及腓骨长肌等外在肌),因此在早期柔软性平足的治疗中,应当配合足部的肌肉锻炼,预防足部结构性改变<sup>[2]</sup>。



注:左侧为足弓垫,右侧为足弓垫的调整部件  
图1 足弓垫

### 趾骨垫在趾痛症患者中的应用及其机制

趾痛症是由于先天或后天因素破坏了足部生物力学的稳定性,加重了前足负荷所致,常表现为前足疼痛、不适,严重者会出现趾关节脱位(图2)。目前临床上治疗趾痛症常以骨科手术为主,部分轻度趾痛症患者可选择保守治疗,其中,趾骨垫是一种简单、有效、经济的治疗方法。趾骨垫是否能减少跖骨头处的压力取决于的趾骨垫厚度及正确的放置位置。Kang 等<sup>[7]</sup>对趾痛症患者 13 例(18 只足)进行了研究,结果发现,趾骨垫放置于跖骨头的近端时,可重新分布患者的足底压力,将跖骨头下的压力转移到毗邻位置,降低第二跖骨头处的最大峰值压力及压力-时间积分,且与目测类比法评分具有显著相关性。

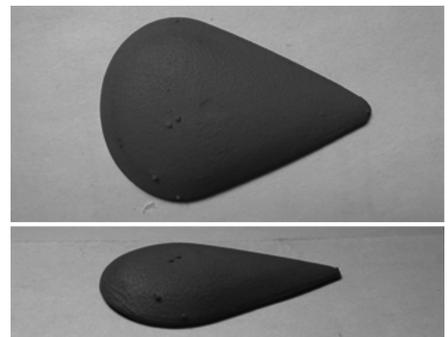


图2 趾骨垫

### 拇外翻鞋垫的应用及其机制

拇趾外翻是因进行性第一跖趾关节半脱位所引起的足部畸

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2016.06.022

作者单位:100016 北京,清华大学第一附属医院神经内科(庞冬清);中国康复研究中心北京博爱医院儿童康复科(吴卫红)

通信作者:吴卫红,Email:wwh\_kfzx@sina.com

形,临床表现为大拇趾向外侧偏离,伴有第一跖趾关节向内侧偏离,其中以籽骨半脱位引起的大拇趾外旋最为常见,严重时可导致第二跖趾关节位置不正<sup>[8]</sup>;而先天性拇外翻常见于脑瘫患儿<sup>[9]</sup>。拇外翻鞋垫可用于改善畸形的角度和拇趾受力状况,使拇趾骨骼处于正常人体生物力学位置,逐步使疼痛和畸形症状得到缓解和康复(图 3)。Tang 等<sup>[8]</sup>对拇外翻患者 17 例进行了研究,结果发现,拇外翻鞋垫可以缓解患者的疼痛,减小拇趾外翻的角度,改善其步行能力。Tehraninasr 等<sup>[10]</sup>将拇外翻女性患者 30 例分为 2 组,一组患者穿戴有足趾分隔器的矫形鞋垫,另一组接受夜间夹板固定疗法,随访 3 个月后发现,夜间夹板固定疗法对拇外翻无明显治疗效果,而穿戴有足趾分隔器的矫形鞋垫的患者足痛显著缓解,但拇外翻角度无明显改善。

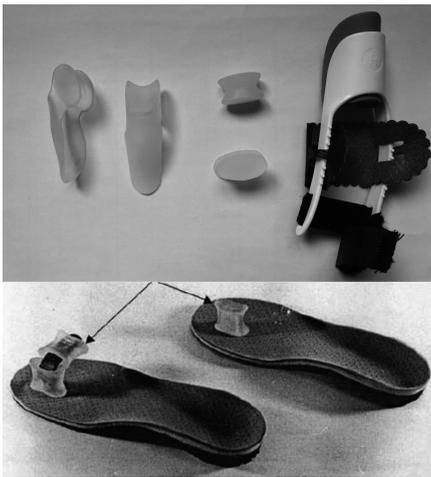


图 3 拇外翻鞋垫

### 外侧楔形鞋垫的应用及其机制

膝关节骨性关节炎(knee osteoarthritis, KOA)是一种以膝关节软骨变性、破坏和骨质增生为主要病理改变的疾病,其主要临床症状为膝关节红肿、疼痛、活动受限以及行走困难,严重时会影响日常生活活动能力<sup>[11]</sup>。Rafiaee 等<sup>[12]</sup>指出,穿戴外侧楔形鞋垫可以缓解 KOA 患者的疼痛,提高其生命质量(图 4)。还有学者认为,膝关节内侧关节间隙变窄是由下肢机械轴 60%~75%的负荷通过膝关节内侧所致,使用楔形鞋垫可保持跟骨与胫骨对齐,从而纠正膝关节的力线,减少不良负荷,缓解 KOA 的症状<sup>[13]</sup>;Alshwabka 等<sup>[14]</sup>的研究也发现,穿戴外侧楔形鞋垫可减少上楼及下楼过程中的膝内侧负重。Skou 等<sup>[15]</sup>的研究发现,中至重度老年 KOA 患者在穿戴定制外侧楔形矫形鞋垫后,其膝关节的疼痛、运动功能及生命质量均显著改善。Malvankar 等<sup>[16]</sup>的研究表明,外侧楔形鞋垫对早期病变且体重指数较高的 KOA 患者的疗效显著优于膝关节退行性变程度重、体重指数较低的 KOA 患者。目前,穿戴楔形鞋垫的最佳持续时间、厚度以及其疗效与 KOA 严重程度之间的关系还有待进一步研究<sup>[12]</sup>。有学者比较了外侧楔形鞋垫与其他矫形器的疗效,Arazpour 等<sup>[17]</sup>的研究发现,外侧楔形鞋垫及减重膝矫形器均可缓解内侧 KOA 患者的疼痛,增加其膝关节活动度,但以外侧楔形鞋垫疗效更佳。Jones 等<sup>[18]</sup>的研究也发现,外侧楔形鞋垫及膝外翻吊带均可明显提高步行速度,增加膝关节内收角度,但以外侧

楔形鞋垫疗效更为显著,患者也更容易接受。但也有不少学者持相反观点,Campos<sup>[19]</sup>和 Esfandiari<sup>[20]</sup>的研究发现,外侧楔形鞋垫对于改善 KAO 的症状无明显效果。



图 4 外侧楔形鞋垫

### 国际学院生物力学矫形鞋垫的应用及其机制

下背痛是指一组以下背部、腰骶部及臀部疼痛为主要症状的综合征,引起下背痛的原因之一是下肢生物力学异常,包括扁平足、高弓足、前足内翻、前足外翻、踝关节过度扭转、O 型腿、X 型腿等<sup>[21]</sup>。国际生物力学学院(International College of Biomechanics, ICB)评估及矫形鞋垫制作技术的原理基于临床生物力学,该理论认为,足部最重要的关节是距下关节,该关节的旋前和旋后直接影响到足部、膝关节和腿部的疼痛<sup>[22]</sup>。ICB 矫形鞋垫的设计主要强调保持站立时跟骨中立位的重要性,通过减小距下关节的旋转来减少踝关节扭伤的发生率,重建良好的人体生物力学姿势(图 5)。韩秀兰<sup>[22]</sup>研究表明,ICB 矫形鞋垫可调整下背痛患者双下肢的受力情况,为患者提供稳定的身体支撑。李哲等<sup>[23]</sup>的研究结果显示,穿戴 ICB 矫形鞋垫可显著提高偏瘫患者的平衡功能和步行能力。万凯等<sup>[24]</sup>的研究则观察了 ICB 矫形鞋垫对纠正儿童因手足口病、脑炎、下肢神经炎等神经疾病引起划圈步态的疗效,结果发现,ICB 矫形鞋垫可通过给予患儿正确的力线来纠正其划圈步态。



图 5 ICB 矫形鞋垫

### 感觉运动性鞋垫的应用及其机制

感觉运动性鞋垫(sensomotor insole, SMI)是由德国人 Shoemaker Jarhling 提出,最初设计该鞋垫的目的是改善儿童异常的痉挛性步态,目前主要用于治疗非僵硬性(柔软性)足部畸形,特别是合并有下肢功能性疼痛的患者<sup>[25]</sup>。研究表明,负重感受

器传入信息的方式有 2 种,一种来自于伸肌的自体感受性的传入,另一种通过感受外界机械性刺激的足皮肤传入<sup>[25]</sup>。SMI 就是通过找到足底本体感受刺激点的位置来实现调整下肢肌肉肌张力,从而矫正下肢、脊柱畸形,改善躯体平衡控制能力和纠正异常步态(图 6)。SMI 是由乙烯-醋酸乙烯聚合物(ethylene-vinyl acetate copolymer, EVA)泡沫材料制作而成,包括 1 个法兰绒材质的基础鞋垫和 5 个刺激元素组件,5 个刺激元素组件及其作用分别为:①四趾垫,具有助伸趾、调整前足内旋的作用;②跖骨垫,具有刺激足底内在肌,降低足跖屈肌和小腿三头肌肌张力的作用;③后跟外侧垫,可调整腓骨肌及拇收肌活性;④后跟内侧垫,与后跟外侧垫协同维持足跟处于正常位置,刺激调整胫骨肌群活性;⑤终末垫,为楔形垫,可根据病情需要垫于足垫背面内侧或外侧,具有矫正足内翻或外翻的作用<sup>[26]</sup>。SMI 可根据刺激元素组件中四趾垫、跖骨垫的不同分为 2 种版型,一种为四趾垫、跖骨垫呈外高内低状,即杯状型(cup-shaped version),用于纠正下肢内旋;另一种呈内高外低状,即平面型(flat version),用于纠正下肢外旋。5 个组件有白色和橙色两种颜色,代表不同硬度,白色组件约 30 邵氏硬度,橙色为 45 邵氏硬度,不同硬度可提供不同的刺激强度<sup>[27]</sup>。临床工作中为保证 SMI 的治疗效果,应根据疾病特点,结合特殊的手法和专门的仪器检查来确定刺激点的正确位置、组件的最佳硬度和高度,并根据病情的需要调整各组件的类型及位置,以达最佳治疗效果。SMI 的适应证包括:单侧或双侧的下肢内旋或外旋、尖足步态、肌张力过高或过低、足位置不正、有残留功能的轻瘫、胫骨应力低通气综合征、轻微的足旋转畸形、足内侧纵弓塌陷以及下肢功能性疼痛步态等<sup>[28]</sup>。Mabuchi 等<sup>[29]</sup>运用三维步态分析系统,对 SMI 影响儿童拇内翻步态的生物力学机制进行研究,研究对象为 6 例先天性足畸形的患儿和 4 例特发性拇内翻畸形的患儿,研究发现,所有先天性足畸形的患儿均表现出趾骨内收,特发性拇内翻步态的患儿则表现出股骨前倾角和/或胫骨内扭转的增加,而 SMI 可显著减少摆动相末期及支撑相的股骨近端内旋角度,显著减少站立相中期及末期的胫骨内旋角度,并改善患者的步速和步长。Aminian 等<sup>[28]</sup>将柔软性扁平足 12 只纳入研究,研究发现,不同结构的 SMI 鞋垫对足底压力的分布有着不同的影响,与预制鞋垫和只穿鞋相比,SMI 可降低中足内侧区域的压力。因此,本课题组认为,由于 SMI 可能改变了足底表面的感觉反馈,可

能会导致柔软性扁平足足底压力参数的改变。而 Neto 等<sup>[30]</sup>的研究也发现,SMI 可改善痉挛型脑瘫患儿的步速和步频。

## 其他

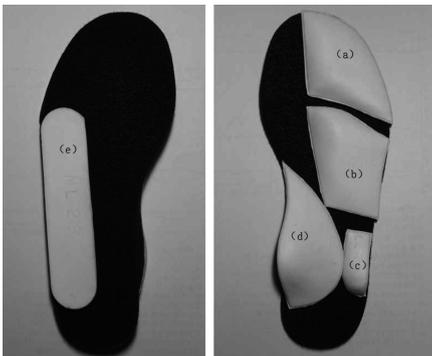
除上述 6 种功能的矫形鞋垫外,矫形鞋垫在其他临床疾病中也被广泛的应用。申美平等<sup>[31]</sup>对 42 例跟骨骨折后遗留有足跟疼痛和步态异常的患者进行了研究,结果表明,矫形鞋垫可缓解本组患者的疼痛,缩短住院康复时间,改善其步行能力和生活满意度。Coda 等<sup>[32]</sup>的研究则发现,对于青少年特发性关节炎患者来说,合适的矫形鞋垫既可缓解其疼痛,还可改善其生命质量。罗宁等<sup>[33]</sup>研究也发现,矫形鞋垫可降低糖尿病足患者足部压力性溃疡高发部位的压力,从而降低糖尿病足溃疡的发病率及复发率,并且可避免创面迁延,降低截肢率。Chen 等<sup>[34]</sup>设计了一种具有杯状后跟和可调整拱形支撑垫的鞋垫,并对其功能进行了试验研究,结果发现,这种鞋垫可以提高老年人(>65 岁)的站立平衡能力。

## 结语

随着实验研究的不断深入,目前对矫形鞋垫的生物力学作用原理、材料、制作过程、适应证、评估方法等方面均有新的进展。以前,矫形鞋垫的设计原理主要是通过鞋垫的机械支撑作用来改善足底压力分布,并纠正下肢生物力线,从而改善疼痛和步行异常姿势,如足弓垫、外侧楔形鞋垫等;而近年来出现的 SMI,除了具备支撑作用以外,更注重对患儿足底皮肤及本体感受器的刺激,通过神经反馈来调整下肢肌肉的肌张力、运动活性和运动的协调性,从而纠正柔软性足部畸形,减轻下肢过度的内外旋,改善异常步态,对于患儿的生长发育更具长远意义。目前,矫形鞋垫的已逐渐由单纯的矫正畸形,扩展到预防运动损伤,降低老年人跌倒风险、预防糖尿病足溃疡恶化等预防保健领域,且 3D 运动分析技术、肌电分析技术以及足底压力测量技术的发展,也将为矫形鞋垫的作用原理和治疗效果提供更精准、客观的依据,从而更加有效地指导临床应用,治疗和预防下肢运动功能障碍。

## 参 考 文 献

- [1] 周士枋. 运动学[M].北京:华夏出版社,2004: 212-234.
- [2] 王瑞霞,宋清涛.足弓垫治疗扁平足 106 例疗效观察[J].中国矫形外科杂志, 2003, 17(1): 60-61. DOI: 10.3969/j.issn.1005-8478.2003.17.024.
- [3] Escalona-Marfil C, Mc Poil TG, Mellor R, et al. A radiographic and anthropometric study of the effect of a contoured sandal and foot orthosis on supporting the medial longitudinal arch[J]. Foot Ankle Res, 2014, 7(1): 38. DOI: 10.1186/s13047-014-0038-5.
- [4] Tochigi Y. Effect of arch supports on ankle-subtalar complex instability: a biomechanical experimental study[J]. Foot Ankle Int, 2003, 24(8): 634-639. DOI: 10.1177/107110070302400811.
- [5] Kogler GF, Solomonidis SE, Paul JP. Biomechanics of longitudinal arch support mechanisms in foot orthoses and their effect on plantar aponeurosis strain[J]. Clin Biomech, 1996, 11(5): 243-252. DOI: 10.1177/0309364614532864.
- [6] 谭维义,傅浩,孙民焱.足弓垫配合中药熏洗治疗足底筋膜炎 118



注:左图为自体感受性矫形鞋垫正面;右图为自体感受性矫形鞋垫底面;(a)为四趾垫、(b)为跖骨垫、(c)为后跟外侧垫、(d)为后跟内侧垫、(e)为终末垫

图 6 SMI

- 例[J].实用心脑血管病杂志,2008,16(6):75. DOI:10.3969/j.issn.1008-5971.2008.06.046.
- [7] Kang JH, Chen SC, Hsi WL, et al. Correlations between subjective treatment responses and plantar pressure parameters of metatarsal pad treatment in metatarsalgia patients: a prospective study [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2006, 7:95. DOI:10.1186/1471-2474-7-95.
- [8] Tang SF, Chen CP, Pan JL, et al. The effects of a new foot-toe orthosis in treating painful hallux valgus [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2002, 83(12):1792-1795.
- [9] 李婷,徐波,宋影. 矫形鞋垫及辅具应用的现状与展望[J]. *中国皮革*, 2013(20):110-111.
- [10] Tehraninasr A, Saeedi H, Forogh B, et al. Effects of insole with toe-separator and night splint on patients with painful hallux valgus: a comparative study [J]. *Prosthet Orthot Int*, 2008, 32(1):79-83. DOI: 10.1080/03093640701669074.
- [11] 韩冻,夏文广,郑婵娟,等. 楔形鞋垫配合盐酸氨基葡萄糖胶囊对膝关节骨性关节炎的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2013, 28(9):872-874. DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2013.09.023.
- [12] Rafiaee M, Karimi MT. The effects of various kinds of lateral wedge insoles on performance of individuals with knee joint osteoarthritis [J]. *Int J Prev Med*, 2012, 3(10):693-698.
- [13] 王亦聰. 膝关节外科的基础与临床 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1999: 454-456.
- [14] Alshawabka AZ, Liu A, Tyson SF, et al. The use of a lateral wedge insole to reduce knee loading when ascending and descending stairs in medial knee osteoarthritis patients [J]. *Clin Biomech*, 2014, 29(6):650-656. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2014.04.011.
- [15] Skou ST, Hojgaard L, Simonsen OH. Customized foot insoles have a positive effect on pain, function, and quality of life in patients with medial knee osteoarthritis [J]. *J Am Podiatr Med Assoc*, 2013, 103(1):50-55. DOI:10.7547/1030050.
- [16] Malvankar S, Khan WS, Mahapatra A, et al. How effective are lateral wedge orthotics in treating medial compartment osteoarthritis of the knee? A systematic review of the recent literature [J]. *Open Orthop J*, 2012, 6:544-547. DOI:10.2174/1874325001206010544.
- [17] Arazpour M, Bani MA, Maleki M, et al. Comparison of the efficacy of laterally wedged insoles and bespoke unloader knee orthoses in treating medial compartment knee osteoarthritis [J]. *Prosthet Orthot Int*, 2012, 37(1):50-57. DOI:10.1177/0309364612447094.
- [18] Jones RK, Nester CJ, Richards JD, et al. A comparison of the biomechanical effects of valgus knee braces and lateral wedged insoles in patients with knee osteoarthritis [J]. *Gait Posture*, 2013, 37(3):368-372. DOI:10.1016/j.gaitpost.2012.08.002.
- [19] Campos GC, Rezende MU, Pasqualin T, et al. Lateral wedge insole for knee osteoarthritis: randomized clinical trial [J]. *Sao Paulo Med J*, 2015, 133(1):13-19. DOI:10.1590/1516-3180.2013.6750002.
- [20] Esfandiari E, Kamyab M, Yazdi HR, et al. The immediate effect of lateral wedge insoles, with and without a subtalar strap, on the lateral trunk lean motion in patients with knee osteoarthritis [J]. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*, 2014, 4(4):127-132. DOI: 10.1177/2151458513512327.
- [21] Brantingham JW, Lee Gilbert J, Shaik J, et al. Sagittal plane blockage of the foot, ankle and hallux and foot alignment-prevalence and association with low back pain [J]. *J Chiropr Med*, 2006, 5(4):123-127. DOI:10.1016/S0899-3467(07)60144-X.
- [22] 韩秀兰,许轶,王楚怀,等. ICB 鞋垫矫治对慢性非特异性下背痛患者的治疗作用[J]. *中国康复医学杂志*, 2014, 29(11):1066-1069. DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2014.11.013.
- [23] 李哲,孙笑品,郭钢花. 矫形鞋垫对偏瘫患者平衡功能及步行能力的影响 [J]. *中国康复医学杂志*, 2014, 29(7):656-658. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2014.07.015.
- [24] 万凯,尚清,马彩云. ICB 矫形鞋垫对纠正儿童划圈步态作用分析 [J]. *中国现代药物应用*, 2014, 8(10):225-226.
- [25] 汪波. 本体感受鞋垫在儿童矫形技术领域中的应用 [J]. *世界康复工程与器械*, 2012, 2(9):69-71.
- [26] Dietz V, Duysens J. Significance of load receptor input during locomotion: a review [J]. *Gait Posture*, 2000, 11(2):102-110.
- [27] Takakusaki K. Neurophysiology of gait: from the spinal cord to the frontal lobe [J]. *Mov Disord*, 2013, 28(11):1483-1491. DOI: 10.1002/mds.25669.
- [28] Aminian G, Safaeepour Z, Farhoodi M, et al. The effect of prefabricated and proprioceptive foot orthoses on plantar pressure distribution in patients with flexible flatfoot during walking [J]. *Prosthet Orthot Int*, 2013, 37(3):227-232. DOI:10.1177/0309364612461167.
- [29] Mabuchi A, Kitoh H, Inoue M, et al. The Biomechanical Effect of the Sensomotor Insole on a Pediatric Intoeing Gait [J]. *ISRN Orthop*, 2012, 2012: 396718. DOI:10.5402/2012/396718.
- [30] Neto HP, Grecco LA, Duarte NA, et al. Immediate effect of postural insoles on gait performance of children with cerebral palsy: preliminary randomized controlled double-blind clinical trial [J]. *J Phys Ther Sci*, 2014, 26(7):1003-1007. DOI:10.1589/jpts.26.1003.
- [31] 申美平,陈欢,刘辉霞,等. 足部矫形鞋垫在跟骨骨折后康复中的应用价值 [J]. *中国医学工程*, 2013(10):62-63.
- [32] Coda A, Fowlie PW, Davidson JE, et al. Foot orthoses in children with juvenile idiopathic arthritis: a randomised controlled trial [J]. *Arch Dis Child*, 2014, 99(7):649-651. DOI:10.1136/archdischild-2013-305166.
- [33] 罗宁,孙金姗,孙新娟,等. 足部矫形系统在糖尿病足溃疡防治中的作用 [J]. *国际内分泌代谢杂志*, 2014, 34(1):57-59. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4157.2014.01.016.
- [34] Chen TH, Chou LW, Tsai MW, et al. Effectiveness of a heel cup with an arch support insole on the standing balance of the elderly [J]. *Clin Interv Aging*, 2014, 9:351-356. DOI: 10.2147/CIA.S56268.

(修回日期:2016-05-27)

(本文编辑:阮仕衡)