

定制化矫形鞋垫对脑卒中偏瘫患者步态及平衡功能的影响

王婕 倪卫东 潘静娴 王彦旻 羊健中 俞龙 王琰 王富荣 黄璞峰 乔蕾 张颖

上海市徐汇区中心医院康复科,上海 200030

通信作者:乔蕾,Email:13370217879@163.com;张颖,Email:2397538826@qq.com

【摘要】目的 观察定制化矫形鞋垫对脑卒中偏瘫患者步态及平衡功能的影响。**方法** 采用随机数字表法将 60 例脑卒中后步态异常患者分为踝足矫形器组(AFO组)和矫形鞋垫组(简称鞋垫组),每组 30 例。AFO 组给予常规康复训练及 AFO 适配训练,鞋垫组给予常规康复训练及定制化矫形鞋垫适配训练,2 组患者均干预 4 周。于适配前、适配后 8 h 及适配后 4 周时对 2 组患者进行疗效评估,评估项目包括 Tinetti 步态评估量表(TGS)、足底压力平衡指数、左右步长差值、步宽(足印法测试)、计时起立行走测试(TUGT)、下肢 Fugl-Meyer 评分(FMA-LE)、6 分钟步行测试(6MWT)、躯干姿势控制量表(TIS)、Berg 平衡量表(BBS)及 Barthel 指数量表(BI)等。**结果** 适配后 8 h 鞋垫组上述各项指标均较 AFO 组有改善趋势,但组间差异无统计学意义($P>0.05$)。适配后 4 周时,鞋垫组 TGS、平衡指数(赤足和穿鞋+辅具时)、左右步长差值、BBS 及 BI 评分均明显优于 AFO 组水平,组间差异均具有统计学意义($P<0.05$),而平衡指数(仅穿鞋、无辅具)、步宽、FMA-LE、TIS、TUGT 及 6MWT 等指标两组间差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 与踝足矫形器比较,定制化矫形鞋垫能更有效纠正脑卒中偏瘫患者足踝生物力学异常,提高其平衡功能,有助于患者步态表现恢复正常。

【关键词】 脑卒中; 步态; 定制化矫形鞋垫

基金项目:上海市“科技创新行动计划”医学创新研究专项面上项目(21Y11903000);徐汇区医学科研重大项目(SHXH201901)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.11.008

Customized orthotic insoles improve the gait and balance of hemiplegic stroke survivors more effectively than an ankle-foot orthosis

Wang Jie, Ni Weidong, Pan Jingxian, Wang Yanmin, Yang Jianzhong, Yu Long, Wang Yan, Wang Furong, Huang Pufeng, Qiao Lei, Zhang Ying

Department of Rehabilitation, Shanghai Xuhui Central Hospital, Shanghai 200030, China

Corresponding authors: Qiao Lei, Email: 13370217879@163.com; Zhang Ying, Email: 2397538826@qq.com

【Abstract】 Objective To observe the effect of customized orthotic insoles on the gait and balance of hemiplegic stroke survivors. **Methods** Sixty stroke survivors with gait abnormalities were randomly divided into a group fitted with ankle foot orthoses (AFO) ($n=30$) and a group who received customized orthotic insoles ($n=30$). All received conventional rehabilitation training for 4 weeks. Before the fitting, as well as 8 hours and 4 weeks afterward, both groups were evaluated using the Tinetti gait scale (TGS), the plantar pressure balance index, the difference in length between their right and left step, step width, the Timed Up and Go test (TUGT), the Fugl-Meyer lower extremity assessment (FMA-LE), the 6-minute walk test (6MWT), a trunk impairment scale (TIS), the Berg Balance Scale (BBS) and the Barthel Index (BI). **Results** At 8 hours after the fitting all of the insole group's measurements were better than those of the AFO group, on average, but the differences were not statistically significant. After 4 weeks the average TGS, balance index barefoot and wearing the orthosis, step length difference, BBS and BI of the insoles group were significantly better than the AFO group's averages. The other indicators were not significantly different. **Conclusions** Customized orthotic insoles are more effective than an AFO in relieving the biomechanical abnormalities in hemiplegic patients' feet and ankles, and enhancing their balance and gait.

【Key words】 Stroke; Gait; Orthoses; Insoles

Funding: a Shanghai Science and Technology Project (21Y11903000); a Xuhui District Medical Scientific Research Project (SHXH201901)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.11.008

目前临床上约 80% 的脑卒中患者遗留有偏瘫步态^[1],具体表现为患侧肢体站立时相缩短、摆动时相延长、步行不对称性增加等^[2-3]。不良步态能直接影响患者全身平衡,使上肢及躯干出现代偿性肌张力增高,导致机体上部运动链发生改变,进一步加重步态异常^[2]。故恢复步行能力是脑卒中康复干预的关键,但也是难点^[4]。

目前已开发出多种针对脑卒中后异常步态的干预方法,包括手法训练、功能性电刺激、跑步机训练以及矫形辅具治疗等^[5],但现有方法多侧重于物理治疗干预,容易忽视对足踝生物力学的调整,无法保证患者足踝在步行过程中处于正常生物力学位置,并且对康复场所及相关人员专业性要求较高,限制了其临床应用^[6]。近年来穿戴式辅具在脑卒中康复中的应用逐渐增多,其中踝足矫形器(ankle foot orthosis, AFO)是最常用的下肢辅具之一,通过将卒中患者踝关节固定在中立位或轻度跖屈位,能纠正足内翻和足下垂,从而改善平衡及步态^[7];但 AFO 也存在很多问题,如长期穿戴能引起足背屈、外翻肌肉废用、不适感以及无法穿鞋等^[8],并且 AFO 还无法纠正偏瘫侧足在负重过程中关节异常运动,因此亟待改进治疗手段。

定制化的矫形鞋垫作为可有效治疗足部及下肢病症的辅具,目前已在临床中广泛应用,能代偿足部受损功能或减轻功能缺陷或残疾^[9-11]。相关研究证实鞋垫+跖骨垫可提高脑瘫患者动、静态平衡功能^[12],也可使青少年特发性脊柱侧弯患者的异常生物力学趋于正常,进而改善步行表现^[13]。本课题组前期联合采用矫形鞋垫及常规步态训练改善卒中患者异常步态,并与单纯常规步态训练对比疗效,发现矫形鞋垫对卒中患者异常步态具有明显改善作用^[14]。基于此,本研究则是将矫形鞋垫与广泛使用的 AFO 进行比较,进一步验证其对卒中患者步态及平衡功能的改善作用,从而为卒中患者合理选择辅具治疗提供参考资料。

对象与方法

一、研究对象

患者纳入标准包括:①经头颅 CT 或 MRI 检查证实为脑梗死或脑出血;②脑卒中为首次发病,均为单侧

肢体瘫痪,病程 1 个月~1 年;③患者年龄 40~80 岁;④在有或无他人帮助下至少能行走 10 m;⑤单侧下肢 Brunnstrom 分期为 III~V 期;⑥可配合康复训练及评估;⑦无其他影响康复训练的并发症;⑧患者生命体征稳定,对本研究知晓并签署知情同意书。患者排除标准包括:①合并心、脑、肾等重要脏器功能障碍;合并严重肺气肿、心肌梗死等限制活动的并发症;合并糖尿病足等足部周围神经病变;②合并老年痴呆或严重认知功能障碍、精神类疾病等;③存在严重交流障碍;④因下肢关节骨性关节炎致活动功能受限;⑤合并严重的协调/视空间/前庭功能障碍等。本研究也同时经上海市徐汇区中心医院伦理学委员会审批(2019-088)。

选取 2020 年 1 月至 2021 年 12 月期间在上海市徐汇区中心医院康复医学科治疗且符合上述入选标准的 60 例脑卒中后偏瘫患者作为研究对象,采用随机数字表法将其分为 AFO 组与鞋垫组,每组 30 例。研究期间共有 6 例患者(AFO 组 4 例,鞋垫组 2 例)因病情变化被剔除,最终 2 组患者一般资料情况(表 1)经统计学比较,发现组间差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

二、干预方法

2 组患者均给予常规康复训练,具体包括:①床上被动关节活动及翻身训练;②上、下肢功能训练及体位转移训练;③从坐位到立位进行患侧下肢负重等练习;④平衡协调训练及步行训练,如迈步训练、髌膝踝关节控制训练、步态矫正训练等。上述训练持续约 60 min,每天训练 1 次,每周训练 5 d,连续干预 4 周。AFO 组在上述基础上穿戴德国奥托博克产 50S1 型 AFO,在进行康复站立及步行训练时也需穿戴,每日总穿戴时间不少于 2 h,连续治疗 4 周。鞋垫组则在常规康复干预基础上穿戴定制化矫形鞋垫,具体定制步骤如下。

1.相关生物力学评估:①治疗师分别从前面、侧面、后面观察患者步行时足踝、下肢、躯干以及上肢在站立期和摆动期等整个步态周期中的运动情况;②经系统培训的治疗师对患者进行评估以获得下肢生物力学数据,主要分析指标包括患者在静态站立位时跟骨中立位角度、跟骨休息位角度、胫骨扭转角、双侧髌关节内外旋活动度及双下肢长度差异等;③利用足底压力测力台测量患者在动、静状态下足底压力分布情况。

表 1 入选时 2 组患者一般资料情况比较

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	脑卒中类型(例)		病程(d)	偏瘫侧别		患侧下肢 Brunnstrom 分期		
		男	女		脑梗死	脑出血		左侧	右侧	III期	IV期	V期
AFO 组	26	22	4	62.2±13.3	24	2	101.5(61.25-171.00)	14	12	13	11	2
鞋垫组	28	20	8	61.1±9.8	23	5	93.50(58.75-133.25)	17	11	15	11	2

2. 根据评估结果制订处方:常用处方为给予患侧前足增高 2°或 4°背屈垫以促进踝背屈,给予患足增高 4°或 6°外侧长条垫以促进患足旋前运动,使用跖骨垫减轻患侧前足过高压力,给予健侧前足 4°外翻垫以增加健侧足稳定性,同时根据患者具体生物力学问题相应调整处方。

3. 鞋垫制作及适配:选择合适尺码、类型的运动鞋(如高帮、宽头规格)及全长预制鞋垫(江苏苏云医疗器械有限公司生产),根据运动鞋尺码对预制鞋垫及所需添加的垫片进行修剪,所有垫片都贴在鞋垫的足底表面。患者试穿后根据其反馈进行相应调整,最后完成热塑定型,在后期可根据患者足部力学参数变化进行相应调整。待定制鞋垫适配后,患者需尽快适应并逐渐过渡到整天使用,要求患者每天穿戴矫形鞋垫进行站立及步行训练时间不少于 2 h,持续干预 4 周。

三、疗效评定方法

在适配前、适配后 8 h 和适配后 4 周时对 2 组患者进行疗效评定,采用 Tinetti 步态量表评估患者步态状况^[15],同时采用平衡指数^[16]、足印法-左右步长差和步宽测量^[17]、6 分钟步行测试(6 minute walking test, 6MWT)^[18]、计时起立行走测试(time-up and go test, TUGT)^[19]、下肢 Fugl-Meyer 评估(lower extremity Fugl-Meyer assessment, FMA-LE)^[20]、躯干功能障碍量表(trunk impairment scale, TIS)^[21]、Berg 平衡量表(Berg balance scale, BBS)^[22]以及 Barthel 指数评分(Barthel Index, BI)^[23]对患者下肢运动功能、躯干控制能力、平衡功能及日常生活活动能力进行评估。

四、统计学方法

采用 SPSS Statistics 20.0 版统计学软件包进行数据分析。计数资料用例数描述,满足正态分布及方差齐性的计量资料用($\bar{x} \pm s$)描述,不满足或非连续性资料用中位数(四分位数间距)描述。当数据满足正态分布及方差齐性时,采用配对样本 *t* 检验进行组内数据比较,反之则采用 Wilcoxon 符号秩检验(配对样本)

进行比较。当数据符合正态分布且方差齐性时,采用独立样本 *t* 检验进行组间比较,当数据不符合时则采用 Mann-Whitney 检验进行比较, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、适配前后 2 组患者 TGS、BBS、TUGT 及 6MWT 结果比较

适配前 2 组患者 TGS、BBS、TUGT 及 6MWT 结果组间差异均无统计学意义($P > 0.05$)。适配后 8 h 及 4 周时,发现 2 组患者 TGS、BBS、TUGT 及 6MWT 结果均较适配前明显改善($P < 0.05$)。通过进一步组间比较发现,适配后 8 h 鞋垫组上述各项指标均较 AFO 组有改善趋势,但组间差异无统计学意义($P > 0.05$),适配后 4 周时鞋垫组 TGS 及 BBS 评分均显著优于 AFO 组水平,组间差异均具有统计学意义($P < 0.05$),具体数据见表 2。

二、适配前后 2 组患者平衡指数、左右步长差、步宽、FMA-LE、TIS 及 BI 评分比较

适配前 2 组患者在赤足、穿鞋时的平衡指数、左右步长差值、步宽、FMA-LE、TIS 及 BI 评分组间差异均无统计学意义($P > 0.05$)。适配后 4 周时发现 2 组患者上述疗效指标均较适配前明显改善($P < 0.05$),并且适配后 4 周时鞋垫组在赤足和穿鞋+辅具时平衡指数、左右步长差值及 BI 评分均明显优于 AFO 组水平,组间差异均具有统计学意义($P < 0.05$),具体数据见表 3、表 4。

讨 论

本研究显示,适配后 4 周时鞋垫组患者 TGS、BBS 评分、在赤足和穿鞋+辅具时平衡指数、左右步长差值以及 BI 评分均显著优于 AFO 组水平,表明定制化矫形鞋垫可更好地改善脑卒中患者平衡功能及步长对称性,对其整体步态表现具有积极影响。

表 2 适配前后 2 组患者 TGS、BBS、TUGT 及 6MWT 结果比较

组别	例数	TGS 评分(分)	BBS 评分(分)	TUGT(s)	6MWT(m)
AFO 组					
适配前	26	6.00(4.00-6.25)	38.00(31.75-41.25)	20.67(14.09-29.96)	54.50(30.25-165.50)
适配后 8 h	26	7.00(6.00-8.00) ^a	42.00(38.75-46.00) ^a	16.69(12.19-25.79) ^a	82.50(48.00-212.00) ^a
适配后 4 周	26	7.50(6.00-8.00) ^a	43.50(40.75-46.25) ^a	15.20(11.22-23.18) ^a	97.50(66.75-225.25) ^a
鞋垫组					
适配前	28	7.00(5.00-8.93)	41.00(36.00-45.00)	17.51(9.41-31.99)	90.75(47.50-187.25)
适配后 8 h	28	7.50(6.00-10.00) ^a	45.00(40.25-50.00) ^a	12.69(8.51-23.53) ^a	122.00(60.00-199.38) ^a
适配后 4 周	28	8.00(7.00-10.75) ^{ab}	49.50(42.25-53.75) ^{ab}	11.33(7.27-20.51) ^a	146.00(77.13-217.75) ^a

注:与组内适配前比较,^a $P < 0.05$;与 AFO 组适配后 4 周时比较,^b $P < 0.05$

表 3 适配前、后 2 组患者平衡指数及左右步长差值比较

组别	例数	平衡指数(赤足)	平衡指数(穿鞋)	左右步长差值(cm)	平衡指数(穿鞋+辅具)
AFO 组					
适配前	26	77.50(72.00-88.00)	78.00(74.25-85.50)	4.25(2.38-9.50)	-
适配后 8 h	26	-	-	-	85.00(80.00-88.25)
适配后 4 周	26	83.00(77.50-90.00) ^a	85.00(78.75-89.00) ^a	5.00(2.00-9.50) ^a	84.00(82.75-89.25) ^a
鞋垫组					
适配前	28	87.00(80.00-90.00)	84.00(80.25-87.00)	3.75(2.00-8.75)	-
适配后 8 h	28	-	-	-	86.00(83.25-90.00)
适配后 4 周	28	89.00(86.00-90.75) ^{ab}	87.50(83.00-90.75) ^a	2.25(1.63-6.00) ^{ab}	89.00(85.50-91.00) ^{ab}

注:与组内适配前比较,^a*P*<0.05;与 AFO 组适配后 4 周时比较,^b*P*<0.05

表 4 适配前后 2 组患者步宽、FMA-LE、TIS 及 BI 评分比较

组别	例数	步宽(cm)	FMA-LE 评分(分)	TIS 评分(分)	BI 评分(分)
AFO 组					
适配前	26	17.25(12.00-20.38)	18.00(15.00-20.00)	15.00(12.75-17.00)	60.00(53.75-67.50)
适配后 4 周	26	18.50(11.63-20.13) ^a	19.50(17.75-23.25) ^a	16.50(15.75-18.00) ^a	65.00(60.00-75.00) ^a
鞋垫组					
适配前	28	20.00(13.38-23.88)	20.00(16.00-23.00)	16.00(15.00-17.75)	65.00(56.25-75.00)
适配后 4 周	28	14.00(8.25-20.88) ^a	23.00(19.00-27.75) ^a	18.00(16.00-19.00) ^a	72.50(65.00-85.00) ^{ab}

注:与组内适配前比较,^a*P*<0.05;与 AFO 组适配后 4 周时比较,^b*P*<0.05

足踝异常在脑卒中偏瘫患者中的发生率约为 33%,与脑卒中后足部运动障碍及本体感觉弱化有关^[24-25]。在步行过程中,偏瘫患者患足表现为前足或全足着地,足跟触地期缺失,使得重心由后向前转移受阻,导致患侧步长缩短、推进力不足;在站立中期由于足下垂,踝关节无法达到 5°背屈,容易出现代偿性膝过伸或躯干前倾,运动效能降低^[26]。当患侧下肢处于摆动相时,健侧下肢则处于站立中后期,该阶段身体重心应逐步移向患侧,同时健侧重心前移,但这种重心动态转移常会因患侧摆动相延长而无法完成^[27],导致患侧身体重心在其前足及中足间来回移动,使机体失去稳定性^[28]。

本研究鞋垫组患者在适配后 4 周时其 TGS 评分较 AFO 组明显增高,步行表现也更好,其治疗策略是在患侧鞋垫外侧添加长条垫,以诱发患侧足从触地期的旋后运动向站立中期的旋前运动顺利过渡,促进胫骨向前运动,恢复踝关节的摇杆运动,从而辅助患者下肢向前推进^[29]。在患侧前足下使用背屈垫可诱导患者站立中期踝背屈运动,增加患足抬脚高度,纠正足拖地;同时根据患者足弓塌陷情况选择性添加跖骨垫可改善爪状趾,缓解前足高张力及压力分布异常,以促进重心前移及改善移动步伐连续性。此外本研究还针对健侧前足使用了外侧垫,能改善健侧足的稳定性。既往有文献也报道了前足外侧垫可增强老年人行走时的稳定性^[30],与本研究结果基本一致。定制化矫形鞋垫的治疗目的是改善偏瘫患者站立及行走过程中的下肢生物力学线,使患者在相对正常的生物力学条件下进行

步态练习,以强化训练其正确的感觉反馈及运动模式,这是 AFO 辅具(仅将踝关节固定并限制其功能)无法具有的优势,因此入选脑卒中偏瘫患者经定制矫形鞋垫适配 4 周后,其 TGS 评分、抬脚高度、跨步长、步态对称性以及连续性评分等均显著优于 AFO 组患者,与李哲等^[31]报道结果一致。

本研究结果还显示,在适配后 4 周时鞋垫组左右步长差值明显改善,在赤足及穿戴辅具时平衡指数的改善情况亦较显著。分析原因可能是定制化矫形鞋垫能纠正患者足踝生物力学异常,有助于增加患侧跨步长,使得左右跨步长趋于一致,左右步长差值缩小。而 AFO 组穿戴辅具后左右步长差值增大,可能是患者穿戴 AFO 后能加重本体感觉异常、诱发小腿肌肉萎缩,并且单侧肢体穿戴 AFO 容易造成双下肢不等长,使得步长不对称性加大^[8]。鞋垫组患者足踝部经 4 周力学矫正后,其足部外翻及背屈肌肉功能均得到充分刺激,上述肌力增强有助于患者在赤足状态下获得更好的平衡表现。穿戴定制化矫形鞋垫能纠正下肢力线,帮助患者建立并维持适当的支撑基础,使得整个足底压力合理分布,能帮助下肢对支撑面改变做出有效反应,提高姿势转换能力,有助于平衡功能及日常生活中行动和自理能力改善^[22]。

综上所述,定制化矫形鞋垫能有效纠正脑卒中偏瘫患者足踝生物力学异常,提高其平衡功能,有助于步态表现改善,该疗法值得临床进一步研究、推广。需要指出的是,本研究还存在诸多不足,包括样本例数较少、未针对不同等级下肢运动功能障碍患者进行分层

干预、未进行长期随访等,后续研究将针对上述不足进一步完善。

参 考 文 献

- [1] Cirstea CM. Gait rehabilitation after stroke: should we re-evaluate our practice? [J]. *Stroke*, 2020, 51 (10): 2892-2894. DOI: 10.1161/STROKEAHA.120.032041.
- [2] Sheng L, Francisco GE, Ping Z. Post-stroke hemiplegic gait: new perspective and insights [J]. *Front Physiol*, 2018, 9: 1021. DOI: 10.3389/fphys.2018.01021.
- [3] Chen P, Zhou H, Li T, et al. Changes in gait characteristics of stroke patients with foot drop after the combination treatment of foot drop stimulator and moving treadmill training [J]. *Neural Plast*, 2021, 2021: 9480957. DOI: 10.1155/2021/9480957.
- [4] Ting L, Chiel H, Trumbower R, et al. Neuromechanical principles underlying movement modularity and their implications for rehabilitation [J]. *Neuron*, 2015, 86 (1): 38-54. DOI: 10.1016/j.neuron.2015.02.042.
- [5] Belda-Lois JM, Horno MD, Bermejo BI, et al. Rehabilitation of gait after stroke: a review towards a top-down approach [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2011, 8: 66. DOI: 10.1186/1743-0003-8-66.
- [6] Kuys SS, Brauer SG, Ada L, et al. Immediate effect of treadmill walking practice versus overground walking practice on overground walking pattern in ambulatory stroke patients: an experimental study [J]. *Clin Rehabil*, 2008, 22 (10-11): 931-939. DOI: 10.1177/0269215508094245.
- [7] 李鹏程, 陈奇刚, 耿春梅, 等. 踝足矫形器在脑卒中中的应用 [J]. *中国康复*, 2019, 34 (2): 3-5. DOI: 10.3870/zgkf.2019.02.011.
- [8] 伦亿禧, 王强, 张永祥. 功能性电刺激与踝足矫形器改善脑卒中偏瘫患者步行功能的疗效对比 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2014, 36 (5): 357-360. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2014.05.010.
- [9] Hoang NT, Chen S, Chou LW. The impact of foot orthoses and exercises on pain and navicular drop for adult flatfoot: a network Meta-analysis [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18 (15): 8063. DOI: 10.3390/ijerph18158063.
- [10] Neville C, Lemley FR. Effect of ankle-foot orthotic devices on foot kinematics in stage II posterior tibial tendon dysfunction [J]. *Foot Ankle Int*, 2012, 33 (5): 406-414. DOI: 10.3113/FAI.2012.0406.
- [11] Castro-Méndez A, Palomo-Toucedo IC, Pabón-Carrasco M, et al. Custom-made foot orthoses as non-specific chronic low back pain and pronated foot treatment [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18 (13): 6816. DOI: 10.3390/ijerph18136816.
- [12] Kusumoto Y, Tsuchiya J, Watanabe Y, et al. Characteristics of dynamic standing balance with and without an insole in patients with spastic diplegia cerebral palsy [J]. *J Phys Ther Sci*, 2020, 32 (1): 23-26. DOI: 10.1589/jpts.32.23.
- [13] 郭晓琦. 矫形鞋垫对青少年特发性脊柱侧弯患者脊柱畸形和步行的改善效果 [J]. *中国康复理论与实践*, 2021, 27 (6): 8-11. DOI: 10.3969/j.issn.1006.
- [14] Wang J, Qiao L, Yu L, et al. Effect of customized insoles on gait in post-stroke hemiparetic individuals: a randomized controlled trial [J]. *Biology*, 2021, 10 (11): 1187. DOI: 10.3390/biology10111187.
- [15] Zimbelman J, Daly JJ, Roenigk KL, et al. Capability of 2 gait measures for detecting response to gait training in stroke survivors: gait assessment and intervention tool and the Tinetti gait scale [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2012, 93 (1): 129-136. DOI: 10.1016/j.apmr.2011.08.011.
- [16] Robain G, Valentini F, Renard-Daniel S, et al. A baropodometric parameter to analyze the gait of hemiparetic patients: the path of center of pressure [J]. *Ann Readapt Med Phys*, 2006, 49 (8): 609-613. DOI: 10.1016/j.annrmp.2006.05.002.
- [17] 杜琳, 张章, 韩义皇, 等. 足印分析法评价针灸治疗中风痉挛步态疗效 [J]. *中国中医药信息杂志*, 2013, 20 (2): 2-5. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5304.2013.02.029.
- [18] Regan E, Middleton A, Stewart JC, et al. The six-minute walk test as a fall risk screening tool in community programs for persons with stroke: a cross-sectional analysis [J]. *Top Stroke Rehabil*, 2020, 27 (2): 118-126. DOI: 10.1080/10749357.2019.1667657.
- [19] Flansbjerg UB, Holmbäck AM, Downham D, et al. Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke [J]. *J Rehabil Med*, 2005, 37 (2): 75-82. DOI: 10.1080/16501970410017215.
- [20] Hernández ED, Forero SM, Galeano CP, et al. Intra- and inter-rater reliability of Fugl-Meyer assessment of lower extremity early after stroke [J]. *Braz J Phys Ther*, 2021, 25 (6): 709-718. DOI: 10.1016/j.bjpt.2020.12.002.
- [21] Zhao J, Chau JPC, Zang Y, et al. Psychometric properties of the Chinese version of the trunk impairment scale in people with a stroke [J]. *Health Qual Life Outcomes*, 2021, 19 (1): 85-87. DOI: 10.1186/s12955-021-01730-y.
- [22] Blum L, Korner-Bitensky N. Usefulness of the Berg balance scale in stroke rehabilitation: a systematic review [J]. *Phys Ther*, 2008, 88 (5): 559-566. DOI: 10.2522/ptj.20070205.
- [23] Quinn TJ, Langhorne P, Stott DJ. Barthel index for stroke trials: development, properties, and application [J]. *Stroke*, 2011, 42 (4): 1146-1151. DOI: 10.1161/STROKEAHA.110.598540.
- [24] Gorst T, Lyddon A, Marsden J, et al. Foot and ankle impairments affect balance and mobility in stroke (FAiMiS): the views and experiences of people with stroke [J]. *Disabil Rehabil*, 2016, 38 (6): 589-596. DOI: 10.3109/09638288.2015.1052888.
- [25] Mohan DM, Khandoker AH, Wasti SA, et al. Assessment methods of post-stroke gait: a scoping review of technology-driven approaches to gait characterization and analysis [J]. *Front Neurol*, 2021, 12: 650024. DOI: 10.3389/fneur.2021.650024.
- [26] Woolley SM. Characteristics of gait in hemiplegia [J]. *Top Stroke Rehabil*, 2001, 7 (4): 1-18. DOI: 10.1310/JB16-V04F-JAL5-HIUV.
- [27] Moseley A, Wales A, Herbert R, et al. Observation and analysis of hemiplegic gait: stance phase [J]. *Aust J Physiother*, 1993, 39 (4): 259-267. DOI: 10.1016/S0004-9514(14)60486-4.
- [28] 胡楠, 毕胜, 卢茜, 等. 脑卒中偏瘫足内翻患者步行支撑期的足底压力特征 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2015, 37 (9): 6-9. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2015.09.006.
- [29] Sekiguchi Y, Muraki T, Kuramatsu Y, et al. The contribution of quasi-joint stiffness of the ankle joint to gait in patients with hemiparesis [J]. *Clin Biomech*, 2012, 27 (5): 495-499. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2011.12.005.
- [30] Wagner A, Luna S. Effect of footwear on joint pain and function in older adults with lower extremity osteoarthritis [J]. *J Geriatr Phys Ther*, 2018, 41 (2): 85-101. DOI: 10.1519/JPT.000000000000108.
- [31] 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): 3-6. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2014.07.015.

(修回日期: 2022-07-15)

(本文编辑: 易 浩)