

## 参考文献

- [1] Nath RK, Kumar N, Avila MB, et al. Risk factors at birth for permanent obstetric brachial plexus injury and associated osseous deformities [J]. *ISRN Pediatr*, 2012, 2012: 307039.
- [2] Williams S, Whatman C, Hume PA, et al. Kinesio taping in treatment and prevention of sports injuries: a meta-analysis of the evidence for its effectiveness[J]. *Sports Med*, 2012, 42: 153—164.
- [3] Briem K, Eythorsdottir H, Magnusdottir RG, et al. Effects of kinesio tape compared with nonelastic sports tape and the untaped ankle during a sudden inversion perturbation in male athletes [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2011, 41: 328—335.
- [4] 顾玉东. 臂丛神经损伤分型与手术方案[J]. *中华手外科杂志*, 2011, 27(3): 131—133
- [5] 郑悦承. 软组织贴扎技术[M]. 中国台湾: 合记图书出版社, 2007.
- [6] 潘生德, 顾玉东, 侍德. 中华医学会手外科学会上肢部分功能评定试用标准[J]. *中华手外科杂志*, 2000, 16(3): 130.
- [7] Ko J, Kim M. Reliability and responsiveness of the gross motor function measure-88 in children with cerebral palsy [J]. *Phys Ther*, 2013, 93(3): 393—400.
- [8] 李邦惠, 王绮, 罗晓曦, 等. 对 Peabody 精细运动发育量表评价方法的研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2010, 32(10): 751—753.
- [9] Wang HH, Liao HF, Hsieh CL. Reliability, sensitivity to change, and responsiveness of the Peabody developmental motor scales-second edition for children with cerebral palsy [J]. *Physical Therapy*, 2006, 10(86): 1351—1359.
- [10] da Costa CS, Rodrigues FS, Leal FM, et al. Pilot study: Investigating the effects of kinesio taping on functional activities in children with cerebral palsy [J]. *Dev Neurorehabil*, 2013, 16(2): 121—128.
- [11] Williams S, Whatman C, Hume PA. Kinesio taping in treatment and prevention of sports injuries: A meta-analysis of the evidence for its effectiveness [J]. *Sports Med*, 2012, 42(2): 153—164.
- [12] 黄美欢, 曹建国, 贡国俊, 等. 肌内效贴在脑瘫儿童康复中应用进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2016, 31(1): 101—105.
- [13] 程慧, 赵菁, 牛秀莲, 等. 肌内效贴在改善儿童步态中的应用[J]. *中国康复医学杂志*, 2015, 30(1): 47—49.
- [14] Merinomarban R, Mayorgavega D, Fernandezrodriguez E. Effect of kinesiotape application on calf pain and ankle range of motion in duathletes [J]. *J Hum Kinet*, 2013, 37: 129—135.
- [15] 李伟, 汤行录, 李光乾. 外部性脑积水患儿运动发育迟缓早期干预治疗的 GMFM 评价 [J]. *浙江临床医学*, 2007, 9(6): 745—746.
- [16] Maring JR, Elbaum L. Concurrent validity of the early intervention developmental profile and the peabody developmental motor scale-2 [J]. *Pediatric Phys Therapy*, 2007, 19(2): 116—120.

· 临床研究 ·

## 地面反射型踝足矫形器对学龄期痉挛型脑性瘫痪儿童下肢异常姿势矫正的效果研究

叶长青<sup>1</sup> 熊宝林<sup>2</sup> 许晶莉<sup>1,3</sup> 吴嘉建<sup>1</sup>

## 摘要

**目的:** 评估地面反射型踝足矫形器(floor reaction ankle foot orthosis, FRAFO)对学龄期痉挛型脑性瘫痪(脑瘫)儿童下肢异常姿势的影响。

**方法:** 对呈屈膝蹲行步态痉挛型脑瘫 28 例儿童穿戴 FRAFO 前、后下肢关节运动参数进行分析,并以膝关节最大伸展角度分为两组,穿戴 FRAFO 后组间进行对比。

**结果:** 对比赤足,脑瘫儿童佩戴 FRAFO 后,站立期膝关节伸展角度显著增大、踝关节背屈角度明显减小,踝关节活动度显著缩小,其中膝关节伸展角度由  $-25.34^{\circ} \pm 13.37^{\circ}$  增至  $-16.62^{\circ} \pm 12.83^{\circ}$  ( $P < 0.01$ ),踝关节背屈角度由  $16.41^{\circ} \pm 8.31^{\circ}$  减少至  $9.58^{\circ} \pm 4.75^{\circ}$  ( $P < 0.01$ ),踝关节活动度范围由  $20.12^{\circ} \pm 8.25^{\circ}$  缩小至  $9.71^{\circ} \pm 4.28^{\circ}$  ( $P < 0.05$ )。I 组膝关节屈曲改善效果对比于 II 组有显著差异 ( $P < 0.05$ )。

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.12.013

1 广州康复实验学校儿童康复科,广州市天河区龙口西路,510630; 2 北京社会管理职业学院假肢矫形康复系; 3 通讯作者  
作者简介:叶长青,男,义肢矫形师; 收稿日期:2016-05-09

**结论:**佩戴FRAFO限制学龄期脑瘫儿童异常的踝关节活动,明显增加站立期膝关节伸展角度,改善屈膝蹲行步态。FRAFO矫正膝关节屈曲异常的效果与膝关节最大伸展角度相关。

**关键词** 脑性瘫痪; 踝足矫形器; 步态; 膝关节

**中图分类号:**R742.3,R493 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-1242(2016)-12-1359-04

脑性瘫痪是以姿势和运动功能障碍为主要临床表现的综合征,痉挛型脑性瘫痪(脑瘫)的屈膝蹲行步态(crouch gait)模式主要由腓绳肌痉挛引起,表现为双下肢站立支撑期屈髋、屈膝、踝背屈步行,是脑瘫儿童常见的低效异常步态<sup>[1]</sup>,其发生率为69%<sup>[2]</sup>。下肢矫形器通过力的作用纠正人体异常生物力学对线,是脑瘫儿童改善步态有效康复治疗手段之一。已在临床上广泛应用静踝足矫形器(solid ankle foot orthosis, SAFO)和动踝足矫形器(hinged ankle foot orthosis, HAFO)有效改善脑瘫儿童的异常步态<sup>[3-4]</sup>,但对主要由腓绳肌引起的屈膝蹲行步态矫正效果不明显<sup>[5-6]</sup>。在步态周期中,FRAFO能够限制踝关节跖背屈,控制膝关节异常屈曲<sup>[7]</sup>。国内尚无学龄期脑瘫儿童佩戴FRAFO详细报道,本研究旨在对步态运动的参数进行分析,评估痉挛性脑瘫儿童佩戴FRAFO疗效,为临床选用FRAFO进行脑瘫康复治疗提供理论依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

纳入标准:①痉挛性脑瘫,粗大运动功能分级(gross motor function classification system, GMFCS) II-III级;②能行走(包括独立行走和辅助行走)≥10m以上;③双侧腓绳肌、腓肠肌张力增高,呈屈膝蹲行步态;④具有一定认知能力,能理解基本指令;⑤诊断与分型均符合第十三届全国小儿脑瘫康复学术会议通过的诊断标准<sup>[8]</sup>。

排除标准:①测试前1年内做过影响行走功能的手术;②测试前8个月接受过肉毒毒素治疗;③髋关节和膝关节屈曲挛缩>15°;④小腿-足部旋转角度>15°;⑤下肢出现扭伤,肌腱损伤等影响运动功能的伤病。患儿入选前,知会其监护人并签署知情同意书。

选择2015年9月—2016年3月在广州市小儿脑性瘫痪康复研究中心进行康复且符合上述标准的脑瘫儿童28例,其中偏瘫3例,共53足;男17例,女11例,年龄7—15岁,平均年龄(11.25±2.56)岁;GMFCS II级15例,GMFCS III级13例;改良Ashworth分级:1级17例,2级11例。以患儿膝关节最大伸展角度分为两组, I组≤8°15例(偏瘫2例), II组:9°—15°13例(偏瘫1例),以检查FRAFO对不同程度的屈膝蹲行步态的影响。由一位矫形师制作FRAFO提供给每位测试者,减少FRAFO制作偏差。由同一位治疗师检查全部患儿(28例,53足)测试前关节活动度。踝背屈角度(膝伸直):

(-5.27±1.86)°;髋关节最大伸展角度:(7.83±3.49)°;膝最大伸展角度:(-8.13±3.75)°;腓窝角:(143.71±12.53)°。

### 1.2 方法

**1.2.1 FRAFO配置:**FRAFO由本单位实验所矫形师定制配置,过程包括:石膏绷带取模,阳型修改,高温聚乙烯真空成型,打磨抛光,试穿交付。后部同RAFO,踝关节部分强度加强处理以防止弹性变形,胫骨前方上段有聚乙烯壳体与胫骨前面皮肤的表面形成良好的适配,这部分与FRAFO后方壳体连成一体。为了FRAFO在使用中减少变形,增加聚乙烯的厚度,剪切线延伸至前足。FRAFO踝关节角度的设定影响伸膝力矩大小和身体前移效果,FRAFO踝关节微跖屈位会增大伸膝力矩,但是这时质心后于膝关节转动中心,阻碍身体的前移,反之有利于身体的前移。脑瘫儿童表现步行功能障碍,改善步行功能是康复目标之一,本文以设定FRAFO微背屈踝关节5°,以适应膝关节屈曲挛缩角度,获得伸膝力矩的同时,有助于身体前移的流畅,理论上可改善步态<sup>[9]</sup>(图1—2)。FRAFO后部高度如同SAFO,可以获得更长的力臂,有助于矫正踝关节痉挛和增强矫形器强度,本文FRAFO为了方便穿戴,选择前开口式。矫形器试穿,交付后,矫形师示范正确的穿戴方法,嘱咐脑瘫儿童矫形器使用注意事项,达到佩戴FRAFO预期效果。

图1 FRAFO正面图

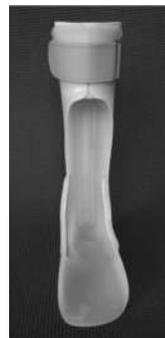


图2 FRAFO侧面图



**1.2.2 数据采集:**脑瘫儿童佩戴FRAFO,选择合适的鞋子,佩戴两个星期后无不适,在广州脑瘫康复研究中心实验所同一天分别进行赤足和佩戴FRAFO步态测试。使用佳能录像机捕抓脑瘫儿童行走视频后,运用同步Peak运动分析系统对步态视频进行解析得出运动参数。①向受试者讲解测试过程,使其理解和合作;②将静态光标点置于受试者测量标记;③嘱咐儿童以平时行走模式和速度走10m,回来为1次测

试,分别记录左右足;④分别佩戴 FRAFO 和赤足进行测试,记录脑瘫儿童行走过程。所有测试在同一天,同一状态进行完成。测试结束将影像资料传入电脑,选取左右足,2个较好步态周期形成样本,采用专业软件对步态视频进行后期分析得出参数。

### 1.3 运动评测指标

关节运动参数:①单足支撑足放平髌髁关节、膝关节伸展角度、踝关节背曲角度为单足支撑期髌髁关节、膝关节最大伸展角度、踝关节背曲最大角度②步态周期中矢状面踝关节活动范围角度,由 Peak 运动分析系统生成参数。所有对称性比较:对称参数。

### 1.4 统计学分析

计量资料用均数±标准差表示,使用 SPSS19 版本进行数据分析。组内关节活动参数比较采用配对 *t* 检验,组间比较采用独立样本 *t* 检验。显著性水平为  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

对 28 例脑瘫儿童,53 足佩戴 FRAFO 前后下肢关节运动参数进行统计学分析。穿戴 FRAFO 前后脑瘫儿童关节角度参数比较,见表 1。对比赤足,佩戴 FRAFO 的脑瘫儿童在步态站立单足支撑期,踝关节背曲角度明显降低( $P<0.01$ ),膝关节的伸展角度显著增大( $P<0.01$ ),矢状面踝关节活动度明显减少( $P<0.05$ )。I 组和 II 组穿戴 FRAFO 后关节角度参数比较,膝关节最大伸展角度有显著性差异( $P<0.05$ ),见表 2。

表 1 28 例脑瘫儿童穿戴 FRAFO 前后  
脑瘫儿童关节角度参数比较 ( $\bar{x}\pm s, ^\circ$ )

关节运动参数	穿戴前 (赤足)	穿戴后	<i>P</i> 值
髌关节(单足支撑期最大伸展角度)	-17.87±18.54	-15.69±16.91	>0.05
膝关节(单足支撑期最大伸展角度)	-25.34±13.37	-16.62±12.83	<0.01
踝关节(单足支撑期最大背屈角度)	16.41±8.31	9.58±4.75	<0.01
矢状面踝关节 关节活动度范围	20.12±8.25	9.71±4.28	<0.05

表 2 两组患儿穿戴 FRAFO 后关节角度参数比较 ( $\bar{x}\pm s, ^\circ$ )

关节运动参数	I 组(15 例)	II 组(13 例)	<i>P</i> 值
髌关节(单足支撑期最大伸展角度)	-13.29±11.58	-16.39±12.37	>0.05
膝关节(单足支撑期最大伸展角度)	-13.86±6.25	-18.62±11.36	<0.05
踝关节(单足支撑期最大背屈角度)	8.92±3.69	11.51±3.81	>0.05
矢状面踝关节 关节活动度范围	9.63±3.43	10.36±4.51	>0.05

注: I 组:患儿膝关节最大伸展角度 $\leq 8^\circ$ ; II 组:患儿膝关节最大伸展角度 $\leq 9^\circ-15^\circ$

## 3 讨论

膝关节的屈伸活动对脑瘫儿童平衡和步态有重要的影响。常见于 8 岁以上脑瘫学龄儿童屈膝蹲行步态,导致膝关节伸展、踝关节过度背曲,步速减慢、步长缩短、站立期延长,影响平衡功能与步态<sup>[10]</sup>。站立期,持续膝关节屈曲得不到纠正,地面反作用力线后于膝关节转动中心,随着脑瘫儿童体重不断增加,给股四头肌的压力逐渐增大,屈膝蹲行步态更加明显。SAFO 和 HAFO 常被推荐矫正由小腿三头肌痉挛引起尖足,限制踝关节异常跖屈,降低痉挛,预防踝足骨骼排列畸形,改善步态<sup>[3,11]</sup>。控制膝关节屈曲,限制踝关节背屈是前提<sup>[7]</sup>。SAFO 由聚乙烯材料制作而成在站立期承重的状态下产生变形,上固定绑带强度不足,导致踝关节有一定背屈活动<sup>[12]</sup>,而 HAFO 是允许踝关节背曲活动,两者都不能有效控制膝关节屈曲。本文表 2 结果显示,28 例脑瘫儿童穿戴 FRAFO 后,关节运动参数改变明显,膝关节站立期伸展角度尤为显著,促使膝关节运动正常化,减少踝关节、膝关节异常活动,改善膝关节站立期持续屈曲状态,对脑瘫儿童下肢生理对线产生积极效果。

踝足是人体承重的最大支撑部位,保持踝足的稳定性,是维持膝关节、髌髁关节生物力学对线的前提,改善步态的关键。脑瘫矫形器改善固定化的运动范围以及增强代偿和辅助失去的功能<sup>[13]</sup>,是康复治疗技术的一员。站立单支撑期矢状面上,FRAFO 加强踝部分限制踝关节跖背曲,显著减少踝关节活动度。以膝关节为转动中心,地面对 FRAFO 反作用力产生逆时针力矩对抗腓绳肌挛缩产生的力矩,通过前面的壳控制踝关节第二滚动,限制胫骨前移,从而控制膝关节向前屈曲,增大外在伸膝力矩。FRAFO 矫正踝关节和膝关节的矢状面生物力线,减少内在伸膝力矩需求,降低股四头肌压力,获得站立期膝关节稳定。国外同行对 FRAFO 研究结果也类似,对比赤足脑瘫患儿佩戴 FRAFO 后膝关节活动度明显改善<sup>[14]</sup>,伸膝力矩显著增大<sup>[15]</sup>。运用动力学分析屈膝蹲行步态发现,为维持膝关节稳定而增加内在伸膝力矩导致支撑期髌骨负载过重,逐渐削弱股四头肌伸膝力矩,易导致高髌症、伸膝困难、膝关节疼痛<sup>[16-17]</sup>。FRAFO 增加外助伸膝关节力矩,维持生物力线同时,同时减少内在伸膝力矩需求,有效降低髌骨载荷,预防膝关节继发性损伤。

对脑瘫儿童以膝关节伸展角度分为两组,表 3 结果显示, I 组的膝关节屈曲改善程度优于 II 组,而其他参数无显著性改变。I 组由于膝关节最大伸展角度相对较大, FRAFO 有效改善膝关节屈曲状态。II 组的脑瘫儿童穿戴 FRAFO 后有获得一定的膝关节屈曲改善,但 FRAFO 产生的外力矩还是不能很好地抵消腓绳肌痉挛和重力,以致膝关节在站立中期有一定屈曲状态。单支撑期膝关节有一定的屈曲,导致身体后倾,为了获得身体平衡,而踝关节被固定而不

能背屈,以致代偿性后足离地,使Ⅱ组儿童小腿与地面成角变小,使身体前倾。两组FRAFO都设定相同的踝关节角度,两组踝关节最大背屈角度和关节活动范围无显著差异。FRAFO矫正膝关节屈曲异常的效果与膝关节的伸展角度相关。

佩戴FRAFO后,结果显示踝关节活动范围角度显著缩小,有效抑制踝关节异常运动,矫正尖足。Benjami等对27例痉挛性脑瘫研究发现,佩戴FRAFO后步长、步速获得显著提高,从而使步态更趋于正常,改善步态,但发现对于髋关节、膝关节屈曲挛缩 $\geq 15^\circ$ 的脑瘫儿童效果不明显<sup>[4]</sup>。站立中期FRAFO产生的伸膝力矩不足抵抗膝关节屈曲挛缩,而踝关节活动度被限制而不能代偿过度背曲,生物力学对线后于支撑线,导致胫骨第二滚动前移困难,不能有效维持膝关节生物力学对线,影响平衡和步态。

FRAFO对脑瘫儿童有效纠正矢状面下肢生物力学对线,站立期限制踝关节跖背曲,控制膝关节屈曲,改善步态,对预防膝关节屈膝蹲行步态继发性发展、损伤有重要的作用。FRAFO是一种轻便巧妙设计膝下矫形器,既能利用地面反作用力控制膝关节,又可以在不负重时不影响膝关节活动,可以推荐给屈膝蹲行步态学龄期脑瘫儿童作为康复治疗的一项。

对于佩戴FRAFO前后进行运动学分析中发现一些问题可能会产生误差,比如:赤足标志点与穿戴FRAFO联合鞋的标志可能产生误差,影响参数信度;脑瘫儿童的疲劳程度也可能影响测试参数的效度。本研究主要关注的脑瘫儿童穿戴FRAFO的短期效果,长期的使用效果产生的生物力学变化,尚需进一步探讨。

#### 参考文献

[1] 赵辉三. 假肢与矫形器学[M]. 北京:华夏出版社,2005.349.  
[2] Wren TA, Rethlefsen S, Kay RM. Prevalence of specific gait abnormalities in children with cerebral palsy: influence of cerebral palsy subtype, age, and previous surgery[J]. Pediatric Orthopaedics, 2005, 25(1): 79—83.  
[3] Brehm MA, Harlaar J, Schwartz M. Effect of ankle-foot orthoses on walking efficiency and gait in children with cerebral palsy[J]. Journal of Rehabilitation Medicine, 2008, 40(7): 529—534.  
[4] 张旻, 冯美兰, 瞿佩玉. 痉挛型脑瘫儿童佩戴不同类型踝足矫形器后下肢生物力学的变化[J]. 中国康复, 2011, 26(3):195—197.  
[5] Radtka SA, Skinner SR, Dixon DM, et al. A comparison of

gait with solid, dynamic and no ankle-foot orthoses in children with spastic cerebral palsy[J]. Physical Therapy, 1997, 77(4): 395—409.  
[6] Rethlefsen S, Kay R, Dennis S, et al. The effects of fixed and articulated ankle-foot orthoses on gait patterns in subjects with cerebral palsy[J]. Pediatric Orthopaedics, 1999, 19(4): 470—474.  
[7] Davids JR, Rowan F, Davis RB. Indications for orthoses to improve gait in children with cerebral palsy[J]. The American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2007, 15(3): 178—188.  
[8] 中国康复医学会儿童康复专业委员会, 中国残疾人康复协会小儿脑性瘫痪康复专业委员会与编委会. 中国脑性瘫痪康复指南(2015):第一部分[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(7): 747—754.  
[9] Harrington DE, Lin SR, Gage RJ. Use of the anterior floor reaction orthosis in patients with cerebral palsy[J]. Pediatric Orthopaedics, 1984, 4(4):519—519.  
[10] Bernard Dan.Cerebral Palsy: Science and Clinical Practice [M]. Landon:Mac Keith Press,2014:293—297.  
[11] 荣湘江,江晓峰. 踝足矫形器对脑瘫患儿异常步态的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2005, 20(11): 836—838.  
[12] Radtka SA, Skinner SR, Johanson ME. A comparison of gait with solid and hinged ankle-foot orthoses in children with spastic diplegic cerebral palsy[J]. Gait & Posture, 2005, 21(3): 303—310.  
[13] 徐静,方新,熊宝林. 踝足矫形器与脑瘫的康复[J]. 中国康复, 2011, 26(4): 292—293.  
[14] Rogozinski BM, Davids JR, Jameson GG, et al. The efficacy of the floor-reaction ankle-foot orthosis in children with cerebral palsy[J]. The Journal of Bone & Joint Surgery, 2009, 91(10): 2440—2447.  
[15] Lucareli PR, Lima Mde O, Lucarelli JG, et al. Changes in joint kinematics in children with cerebral palsy while walking with and without a floor reaction ankle-foot orthosis[J]. Clinics, 2007. 62(1): 63—68.  
[16] Chii-Jeng Lin, Lan-Yuen Guo, Fong-Chin Su, et al. Common abnormal kinetic patterns of the knee in gait in spastic diplegia of cerebral palsy[J]. Gait & Posture, 2000, 11(3): 224—232.  
[17] Kedem P, Scher DM. Evaluation and management of crouch gait[J]. Current Opinion in Pediatrics, 2016, 28(1): 55—59.