

## • 临床研究 •

## 基于步态分析的痉挛型脑瘫患儿足内外翻机理研究

李珩<sup>1</sup>, 李峰<sup>1</sup>, 施延昭<sup>2</sup>, 刘正军<sup>2</sup>, 蓝靖文<sup>1</sup>, 马若飞<sup>3</sup>

[摘要] 目的 分析痉挛型脑瘫患儿步态特征,对其足部内外翻情况及其机理进行研究。方法 采用 Footscan 7 型足底压力测试系统对 40 例痉挛型脑瘫儿童和 40 例健康儿童进行步态检测,测量其足最初触地部位、足不同部位触地时间占站立相百分比及足不同部位在触地时发生翻转的程度,并对两组的各特征量进行统计学分析。结果 脑瘫组患儿步态站立相足首先触地部位与对照组的差异有显著性意义( $P < 0.05$ ),出现足趾区、跖趾区先触地及全足同时触地的情况;足前部、足中部触地时间占站立相百分比高于对照组( $P < 0.05$ );在足前部触地阶段,脑瘫组与对照组相比出现明显足部过度翻转(外翻情况多见)。结论 痉挛型脑瘫患儿站立相足前部承受压力时间长且易出现过度外翻,应在康复治疗中予以积极矫正。

[关键词] 步态分析;脑性瘫痪;痉挛;足底压力

A Study of Strephenopodia and Strephexopodia of Children with Spastic Cerebral Palsy Based on Gait Analysis LI Heng, LI Feng, S HI Yan-zhao, et al. Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China

**Abstract:** **Objective** To find out the mechanism of strephenopodia and strephexopodia of children with spastic cerebral palsy by analyzing their gait character. **Methods** Forty children with spastic cerebral palsy and forty healthy children with normal walking ability were involved in this research. Footscan 7 gait analysis system was used to measure foot initial touchdown part, the ratio of different part touchdown phase to single supporting phase, the degree of strephenopodia and strephexopodia in different part. Two groups' characteristic parameters were analyzed by statistics method. **Results** Significant differences were found in foot first touchdown part between two groups ( $P < 0.05$ ). The phenomenon that toes or metatarsus or whole foot first touch the earth was found in children with spastic cerebral palsy. The ratio of anterior foot and middle foot touchdown phase to single supporting phase were higher than normal children ( $P < 0.05$ ). In spastic cerebral palsy group the phenomenon of strephexopodia was more serious than strephenopodia during anterior foot touchdown phase. **Conclusion** Lots of children with spastic cerebral palsy are suffering long-time compression pain and strephexopodia with anterior foot, active rectification must be performed during rehabilitation care.

**Key words:** gait analysis; cerebral palsy; spasm; plantar pressure

[中图分类号] R742.3 [文献标识码] A [文章编号] 1006-9771(2008)12-1177-03

[本文著录格式] 李珩,李峰,施延昭,等. 基于步态分析的痉挛型脑瘫患儿足内外翻机理研究[J]. 中国康复理论与实践, 2008, 14(12): 1177-1179.

脑性瘫痪(简称脑瘫)是指患儿由出生前至出生后 1 个月内因各种原因而引起的非进行性脑损伤综合征,该症主要表现为患儿中枢性运动障碍及姿势异常。痉挛型占脑瘫患儿的 70%,该型患儿主要因不同程度的肌张力增高及原始反射持续存在,阻碍有效运动的发生。临床调查显示,在积极康复治疗的前提下,约有 75% 的痉挛型脑瘫患儿最终可以行走,但其步态可能会出现不同程度的异常<sup>[1]</sup>。步态分析技术旨在通过生物力学和运动学测量手段揭示导致人体异常活动的关键环节及影响因素,并可以指导康复评估和治疗<sup>[2-4]</sup>,其中足底压力测量为步态研究领域的重要方面。本研究选取痉挛型脑瘫患儿和正常儿童,检测并对比其步态站立相的时间和足底压力等特征量变化,计算足内外翻的程度,从步态分析角度探讨痉挛型脑瘫患儿足内外翻的机理。

## 1 对象与方法

作者单位:1. 北京中医药大学中医诊断学系,北京市 100029;2. 比利 RSscan 公司中国实验室,北京市 100084;3. 北京尔康医院,北京市 100094。作者简介:李珩(1980-),女,安徽合肥市人,博士研究生,主要研究方向:脑性瘫痪的证候机理。

**1.1 研究对象** 2007 年 10 月~12 月在北京尔康医院就诊的痉挛型脑瘫儿童共 40 例(80 足),其中男性 25 例、女性 15 例,年龄 49~72 个月,平均(52.37±12.30)个月,偏瘫 16 例、双下肢瘫 14 例、三肢瘫 8 例、双重偏瘫 2 例;神经肌肉系统缺损程度:中度 15 例、轻度 25 例;受累下肢痉挛程度评级 II~III 级(由修订的 Ashworth 量表评定);步行时足跟不能触地 16 足、足跟可以接触地面 64 足。入选标准:符合 1988 年全国脑瘫会议制订的脑瘫诊断标准,为痉挛型脑瘫,可以独立步行 10 m 以上。排除标准:①合并影响步行能力及步行姿态的其他神经肌肉和骨关节疾病;②合并严重的身体其他系统疾病,如先天性心脏病等,不能完成试验;③严重智能发育障碍,不能完成和配合试验。

选择北京亦庄经济开发区大地双语幼儿园健康儿童 40 名为对照组,其中男性 20 名、女性 20 名;年龄 48~70 个月,平均(53.51±15.37)个月。接受测试儿童均排除肌肉、骨骼疾患,近日常无外伤史。两组儿童的性别及年龄无统计学差异。

参加测试儿童的监护人对本次测试均知情同意。

**1.2 方法** 采用 RSscan 公司生产 Footscan 7 型足底

压力测试系统,包括测力平板及相应塑胶跑道、3D 数据采集盒、USB 数据线、分析软件及电脑。测力平板面积 100 cm×50 cm,每 cm<sup>2</sup> 有 4 个 0.5 cm×0.7 cm 的压电晶体力传感器。平板共内置 20 000 个传感器,采样频率 300 Hz/s。测力平板通过 USB 数据线与计算机的 USB 口直接相连。

测试程序:①向受试儿童及其家长或老师解释操作程序,使其充分理解并配合;②要求受试者不穿鞋,在测试板上反复行走练习,消除患儿的恐惧心理,当该名儿童处于自然行走状态时,开始测试,测试时段由测试者掌握,受试者不知道具体的测试时段;③每位受试者遵循以上测试原则进行 3 次测试,将 3 次的测量平均,进行统计分析。

1.3 步态参数

1.3.1 时空参数 正常人行走时站立相分为 4 个阶段:足跟触地初期(initial contact phase,ICP)、足前部触地期(forefoot contact phase,FFCP)、全足支撑期(foot flat phase)和足前部蹬离期(forefoot push off phase)。痉挛型脑瘫患儿因尖足等痉挛症状的出现导致足部接触地面及受地面反作用力的轨迹不一定按照足跟-足掌-足趾方向向前滚动,以上 4 个阶段的划分不明确。因此,在本研究中对两组受试者足最初触地部位、足不同部位触地时间占站立相百分比两指标进行测试,对比研究两组间足前、足中、足跟各部位支撑时间在站立相中分布的差异。

1.3.2 动力学参数 Footscan 系统将足分为 10 个解剖部分<sup>[5]</sup>,分别为:①第一足趾区(toe 1,T1);②第二~第四趾区(toe 2-5,T2-5);③第一跖骨区(metatarsal 1,M1);④第二跖骨区(metatarsal 2,M2);⑤第三跖骨区(metatarsal 3,M3);⑥第四跖骨区(metatarsal 4,M4);⑦第五跖骨区(metatarsal 5,M5);⑧足中部(middle foot,MF);⑨足后跟内侧(heel medial,HM);⑩足后跟外侧(heel lateral,HL)。本试验对受试者行走通过测力平板时足底各部位对传感器的垂直压力进行采集和处理,其力值均以受试者体重的倍数为单位,消除体重差异对结果的影响。本系统以第 2 足趾尖与脚跟中央连线将足分为内外两侧,同时划分出足跟部、足中部和包括足趾区和跖骨区在内的足前部。测定不同部位的足底压力,当(T1+M1+M2)>(T2-5+M3+M4+M5)时,认为存在前足部外翻,反之则为内翻<sup>[6]</sup>。根据足前部内外侧压力平衡公式[(T1+M1+M2)-(M3+M4+M5)]得到足前部平衡值。同时,当(HM>HL)时,认为存在足跟部外翻,反之则为内翻。根据足跟部内外侧压力平衡公式(HM-HL)得到足跟部平衡值。因为各部位的足底压力值随时间变化而不断变化,故足跟部平衡值通过站立相时间轴形

成一条平衡曲线。当某时刻内外侧压力相等时,足跟部平衡值即为零;曲线在时间轴上方时说明此时段内侧压力>外侧压力,该部位出现外翻;曲线在横轴下方时说明此时段内侧压力<外侧压力,该部位出现内翻。时间轴上方的曲线峰值或下方的曲线谷值为该部位的足压力平衡曲线最大翻转值。对脑瘫儿童和正常儿童步行时足前部、足跟部的最大翻转值进行比较,以研究脑瘫儿童是否出现足的过度翻转,及翻转时主要的受力部位。

1.4 统计学处理 计量资料以( $\bar{x}\pm s$ )表示,采用 SAS 8.0 统计软件进行 *t* 检验,计数资料采用  $\chi^2$  检验。

2 结果

2.1 步行时足首先触地部位比较 40 例正常儿童(80 足)步态周期站立相中均以足跟为最先接触地面部位,随重心前移依次出现足中部、跖趾区与足趾区与地面接触。脑瘫患儿部分因踝跖屈造成“尖足”,出现足趾或跖趾区首先触地情况,同时也可见足跟部与足趾区或跖趾区同时触地的情况,临床表现为全足平行触地。在 40 例脑瘫患儿(80 足)中,足前部先触地占 48.8%,足跟部先触地占 27.5%,全足同时触地占 23.7%,首先触地部位与正常组相比,有显著性差异( $P<0.05$ ),且约 72.5%的患儿出现足跟不能以正常方式触地(见表 1)。

表 1 首先触地部位比较

组别	n	足趾区	跖趾区	足中部	足跟部	全足同时触地
对照组	80	0	0	0	80	0
脑瘫组	80	21	18	0	22	19

注:两组比较, $\chi^2=90.9804$ , $P<0.05$ 。

2.2 足各部位触地时间占站立相百分比 在步行周期站立相中,脑瘫组患儿足趾区、跖趾区触地时间所占站立相时间的比例均高于对照组( $P<0.05$ ),甚至出现足前部(足趾区+跖趾区)在站立相中始终与地面接触情况,即足前部既参与足的触地缓冲,又参与足的离地蹬伸,在站立相中承受压力时间贡献度增加。足跟部与地面作用时间占有比例两组间无显著性差异( $P>0.05$ ),见表 2。脑瘫组足中部与地面作用时间比例大于对照组( $P<0.05$ ),见表 2。

表 2 不同部位触地时间占站立相时间百分比(% , $\bar{x}\pm s$ )

组别	足趾区	跖趾区	足中部	足跟部	站立相时间(ms)
对照组	33.64±10.78	64.86±5.71	40.14±20.14	47.43±10.79	681.57±68.24
脑瘫组	97.13±2.81a	89.51±15.17a71.10±25.23a	56.42±31.81	1284.31±650.36a	

注:a.与对照组相比, $P<0.05$ 。

2.3 足翻转程度 40 例脑瘫患儿(80 足)中,有 28 足足跟不能接触地面,52 足足跟可以接触地面。考虑到对足跟不能触地者做足跟部足底压力平衡曲线无意义,故将脑瘫患儿分成足跟触地和足跟不触地两组分别分析。两组脑瘫患儿足前部平衡曲线最大翻转值的绝对值均大于对照组( $P<0.05$ ),即无论足跟是否可

以触地,在足前部触地阶段均存在足过度翻转情况。足跟可以触地的脑瘫患儿足跟部的平衡曲线最大翻转值的绝对值高于对照组(  $P < 0.05$  ),即足跟接触地面时也存在过度翻转的情况,见表 3。在此基础上进一步对平衡曲线最大翻转值的正负情况进行研究,当最大翻转值为正时,表明该部位有外翻倾向;当最大翻转值为负时,则存在内翻倾向。结果各组间足不同部位的最大翻转值正负出现率不同,差异有非常显著性意义(  $P < 0.01$  ),见表 4。脑瘫足跟触地组与足跟不触地组的足前部最大翻转值正值的出现率明显高于对照组(  $P < 0.05$  ),即脑瘫组足前部发生足外翻的几率高。对照组存在 56.25 % 的足前部与足跟部最大翻转值正负性不一致的情况,即足跟部出现内翻趋势时足前部有外翻趋势,反之亦然。足部自身在承受地面反作用力时调节内外翻转的平衡。脑瘫足跟触地组仅有 32.8 % 出现该情况,同时有 51.9 % 呈现足前部与足跟部最大翻转值同时为正值,该部分患儿足前部与足跟部均出现外翻趋势,足自身平衡能力下降,出现病理性过度外翻的危险上升。

表 3 各部位足平衡曲线最大翻转值绝对值的比较(  $\bar{x} \pm s$  )

组别	n	足前部	足跟部
对照组	80	4.79 $\pm$ 3.61	4.78 $\pm$ 3.612
脑瘫足跟触地组	52	33.91 $\pm$ 23.88 <sup>a</sup>	19.4 $\pm$ 12.68 <sup>a</sup>
脑瘫足跟不触地组	28	41.14 $\pm$ 23.021 <sup>a</sup>	-

注:a.与对照组相比,  $P < 0.05$ 。

表 4 足各部位最大翻转值的正负出现率比较

组别	n	足前部正值		足前部负值	
		足跟部正值	足跟部负值	足跟部正值	足跟部负值
对照组	80(100.0)	23(28.75)	17(21.25)	28(35.00)	12(15.00)
脑瘫足跟触地组	52(100.0)	27(51.9)	13(25.1)	4(7.7)	8(15.3)
脑瘫足跟不触地组	28(100.0)	22(78.6)		6(21.4)	

注:对照组与脑瘫足跟触地组比较,  $\chi^2_{19} = 8.465$ ,  $P < 0.01$ ; 三组进行足前部正负出现率比较,  $\chi^2_{16} = 16.517$ ,  $P < 0.01$ 。

3 讨论

痉挛型脑瘫患儿由于小腿三头肌、跖屈肌痉挛而使踝关节跖屈挛缩造成尖足,步行时足前部在站立相中触地时间百分比增高,承受压力增大,日久易形成外翻扁平足。当患儿小腿三头肌、胫骨后肌、拇长屈肌、趾长屈肌等肌肉痉挛程度都较高时,则步行时会出现足跟外侧先触地或者足前部外侧缘承受压力增加的情况,日久易形成足过度内翻<sup>[7]</sup>。临床上尖足症状容易被发现,但足内、外翻尤其程度较轻者往往易被忽视。当足内外翻的情况长期存在时,容易造成足部受压力较集中的部位产生胼胝,或骨骼发育变形,进一步引起步态异常<sup>[8]</sup>。

Footscan 足底压力测试系统可以通过传感器比较敏感地测知足底压力的分布情况<sup>[9]</sup>,以及与地面产生力学作用的时间,比肉眼观察和对痉挛肌肉的体检能

更早期准确地发现足部过度翻转的情况。正常人行走时也会出现足部的轻微翻转,对大样本的正常年轻人的调查发现,一般在足部触地缓冲阶段有向外翻转现象,而离地蹬伸阶段有向内翻转现象。足部在正常范围内的翻转有利于在身体重心前移的情况下保持踝足的稳定性。本次研究中痉挛型脑瘫患儿与对照组的正常儿童相比,足各部位出现过度翻转现象(以足前部过度外翻多见),提示存在病理性足内翻和足外翻。足部触地时间分析显示,痉挛型脑瘫患儿足前部、足中部触地时间占站立相的比例较对照组高。在足前部触地对站立相贡献度增加的情况下,足前部的过度翻转对整个踝足稳定性的影响更加有意义。踝足参与步行时下肢站立相的闭链运动,即足、踝、膝、髌、骨盆、躯干等均参与步行过程。闭链系统的任何环节改变都将引起整个运动链的相应变化,其中以远端承重的踝足部位对整体步态的影响最大<sup>[10]</sup>。因此,对足前部过度翻转情况的矫正应予重视。目前,针对缓解肌肉痉挛的康复治疗方法众多,在评定疗效时也应积极关注对足内外翻情况的评测。应用 Footscan 足底压力测试系统可以对足内外翻程度做出较敏感和准确的评定,同时可以应用于矫形鞋垫、支具的设计制作。经过多次足底压力测量后设计制作的矫形器具,可以更准确地纠正足部过度翻转的状况。

(本研究的仪器设备由比利时 RSscan 公司中国实验室提供。)

[参考文献]

[1]卓大宏. 中国康复医学[ M ]. 北京:华夏出版社,2003:850—861.

[2]赵春华. 计算机辅助步态分析系统在偏瘫患者行走功能康复中的作用[ J ]. 中国康复理论与实践,2007,13(3):291.

[3]王常海,李峰,张蓉,等. 步态分析技术在膝骨性关节炎康复中的应用[ J ]. 中国康复理论与实践,2007,13(7):686—687.

[4]李峰,王常海,张蓉,等. 膝骨性关节炎功能评价步态指标研究——足底压力各阶段时间分布及地面垂直反力[ J ]. 中国康复理论与实践,2007,13(12):1165—1167.

[5]李峰,李珩,文静,等. 基于步态分析的击剑运动员膝损伤原因探讨[ J ]. 中国康复医学杂志,2008,23(3):254.

[6]Ekaterina B, Titianova A, Plamen S, et al. Footprint analysis of gait using a pressure sensor system[ J ]. J Electromyogr Kinesiol,2004,14:275—281.

[7]窦祖林. 痉挛——评估与治疗[ M ]. 北京:人民卫生出版社,2004:294—295.

[8]宋兰欣. 步态分析在神经系统疾病患者康复中的应用[ J ]. 中国临床康复,2005,9(29):158.

[9]陈雁西,俞光荣. F-Scan 足底压力步态分析仪临床应用现状[ J ]. 国外医学:骨科学分册,2005,26(3):188.

[10]李海,周安艳,黄东锋. 痉挛型脑瘫儿童步行时的动态足底压力特征[ J ]. 中国康复医学杂志,2007,22(1):44—46.

(收稿日期:2008-09-04)