

·临床研究·

## 痉挛型脑瘫儿童步行时的动态足底压力特征\*

李海<sup>1</sup> 周安艳<sup>2</sup> 黄东锋<sup>3</sup> 丁建新<sup>3</sup> 江沁<sup>3</sup> 尹运冬<sup>4</sup>

**摘要 目的:**了解痉挛型脑瘫儿童步行时的动态足底压力特征。**方法:**试验组痉挛型脑瘫儿童20例,对照组为52例具有正常步行能力的健康儿童,运用 Ultraflex 连续性足底压力步态分析系统,对两组儿童进行了步行时动态足底压力运动学数据采样,经过电脑数据录入分析,取得动态足底压力曲线及特征量参数(包括双侧的 $z_1$ 、 $z_2$ 、 $z_3$ 、 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_s$ )。对实验组和对照组的步态分析曲线及各参数进行分析和统计分析。**结果:**得到典型足底压力双峰图及相应特征量数据的实验组儿童10例,其步态的足底压力特征量参数与对照组相比,双侧的单足支撑时间、右侧的 $t_{z_1}$ 、 $t_{z_2}$ 、 $t_{z_3}$ 表现出显著性差异,脑瘫儿童双侧的单足支撑时间均较正常儿童短,右侧的 $t_{z_1}$ 、 $t_{z_3}$ 增加,而 $t_{z_2}$ 缩短。**结论:**部分痉挛型脑瘫患儿动态足底压力曲线不能表现出典型的双峰曲线,能得到典型足底压力双峰图及相应特征量数据的实验组儿童中,双侧的单足支撑时间均较正常儿童短,右侧的 $t_{z_1}$ 、 $t_{z_3}$ 增加,而 $t_{z_2}$ 缩短。

**关键词** 脑瘫;学龄前儿童;步态分析;运动力学;足底压力

中图分类号:R493,R742.3 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2007)-01-0044-04

**Dynamic plantar pressure characteristics of children with spastic cerebral palsy in gait/LI Hai,ZHOU Anyan,HUANG Dongfeng,et al//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine,2007,22(1):44—47**

**Abstract Objective:** To find the dynamic plantar pressure characteristic of children with spastic cerebral palsy. **Method:** Twenty children with spastic cerebral palsy and 52 healthy children with normal walking ability were involved in this research. Ultraflex gait analysis system was used to perform continuous plantar pressure gait tests in both groups of children. Diagram and data of dynamic plantar pressures in gait were recorded and analyzed with a computer; characteristic parameters were picked up from curve of plantar pressure, including  $z_1$ 、 $z_2$ 、 $z_3$ 、 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_s$  of both sides. Coefficient of variation of characteristic parameters was analyzed to find out parameters with small dispersion. **Result:** The dynamic plantar pressure curves with two peaks were recorded from ten children of the patient group. Characteristic parameters picked up from curves of plantar pressure were contrasted between two groups. Significant differences were found in  $t_s$  of both sides and in  $t_{z_1}$ 、 $t_{z_2}$ 、 $t_{z_3}$  on the right side between two groups. It showed that the single supporting times of both sides of children with spastic cerebral palsy were shorter than normal children. And in children with spastic cerebral palsy, on the right side  $t_{z_1}$ 、 $t_{z_3}$  were longer and  $t_{z_2}$  were shorter than normal children. **Conclusion:** In a part of patients with spastic cerebral palsy, the typical plantar pressure curves with two peaks could't be recorded in gait analysis. In the patients' typical plantar pressure curves with two peaks,  $t_s$  of both sides were shorter than that in normal children, on the right side  $t_{z_1}$ 、 $t_{z_3}$  were longer and  $t_{z_2}$  were shorter than normal children.

**Author's address** Dept. of Rehabilitation, Songgang Peoples's Hospital, Shenzhen, 518105

**Key words** cerebral palsy; children before school age; gait analysis; kinetics; plantar pressure

脑性瘫痪是指出生前至出生后1个月内,因为各种致病因素所致的非进行性脑损伤综合征<sup>[1]</sup>,主要表现为中枢性运动障碍及姿势异常。由于肌力和肌张力的异常、病理反射的出现、原始反射的持续存在及继发的挛缩、畸形等因素,脑瘫患儿步行常表现出特殊的病理性步态,严重时甚至导致步行功能障碍。帮助脑瘫儿童建立和改善步行能力,是脑瘫儿童康复治疗的主要目标之一。因而步态分析作为运动功能评定的一部分,在脑瘫儿童的康复评定中起着重要的作用。以往的步态分析运动学研究多基于三维力台测试系统,由于三维力台对测试者步态的规

定和对测试步数的限制导致了步态分析运动学研究的局限性,难以应用于脑瘫儿童的步态测量中。压力感测鞋步态分析系统是将压力感测器置于鞋内,受试者穿上后步行时进行实时记录测量,能够用于

\* 基金项目:深圳市医疗卫生系统2005年科技计划——非资助项目(序号120)

1 深圳市松岗人民医院康复科,深圳市,518105

2 深圳市儿童医院康复科

3 中山大学附属第一医院康复医学科

4 深圳市儿童医院健教科

作者简介:李海,女,硕士研究生,主治医师

收稿日期:2006-07-10

对步行足底压力瞬间变化的连续记录、测量及后续的进一步分析。以往的研究证明压力感测鞋系统是一种适用于连续测量步态的瞬间垂直方向压力和足底压力的有效工具<sup>[2-4]</sup>。正常学龄前儿童的足底压力曲线表现为具有2个峰和1个谷的双峰波形,在从足底压力曲线提取的特征量中,双测的Fz3、tz2、tz3、ts等参数的变异度均较小<sup>[5]</sup>。本实验采用足底压力式步态分析系统,对正常儿童及痉挛型脑瘫儿童进行步态分析,比较脑瘫儿童相对正常儿童在动态足底压力曲线特征和参数等方面的差异,了解痉挛性脑瘫儿童步行时的足底压力特征。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

本研究选择2004年5月—2005年4月在深圳市儿童医院康复科日间病房住院治疗的脑瘫儿童共20例,其中男9例,女11例;年龄26—66个月,平均42.37±12.30个月;根据病史和临床表现,按1988年全国脑瘫座谈会诊断标准临床诊断为脑性瘫痪<sup>[1]</sup>。入选患儿临床分型均为痉挛型脑瘫,其中4例偏瘫,12例双下肢瘫,2例三支瘫,2例双重偏瘫;神经肌肉系统缺损程度,中度5例,轻度15例。入选病例可以独立步行10m以上。

排除标准:①影响步行能力及步行姿态的合并其他神经肌肉和骨关节疾病的脑瘫患者;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实验者;③严重智能发育障碍不能完成和配合实验者。

正常对照组为52例具有正常步行能力的健康儿童,其中男28例,女24例;年龄35—76个月,平均58.0±11.3个月;排除患有影响步行能力及步行姿态的神经肌肉、骨关节系统疾病者。参加测试儿童的监护人对本次测试均知情同意。

### 1.2 方法

采用德国Infotronic公司的Ultraflex步态分析系统进行测试。试验均在较宽敞的平地,为受试儿童选择尺码合适的压力感测鞋,穿着后允许其进行1—5min的自由步行以消除紧张心理,适应测试过程。测试时让儿童自由随意地连续行走,记录30s录像及步态数据。测试结束后将影像和数据输入电脑,由专用软件进行同步化分析。步态测试可以得到步态周期时间分析参数、连续性的足底压力参数。以上各种参数均可同步检测并与影像信息同步显示及分析。因为本步态系统可以记录连续的步态数据,为了取得准确的步态数据,分析时选取步态稳定后的

10个步态周期,由软件处理,取平均值进行分析。

### 1.3 主要观察指标

①动态足底压力曲线及特征量参数(包括双测z<sub>1</sub>、z<sub>2</sub>、z<sub>3</sub>、t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>、t<sub>3</sub>、ts);②各参数的变异系数;③痉挛型脑瘫儿童与正常儿童步态参数的比较。

### 1.4 统计学分析

应用统计软件SPSS12.0对测试结果进行分析,对统计检验均取α=0.05作为可接受水平,采用双侧检验。对正常儿童步态分析所得压力参数(包括双测的z<sub>1</sub>、z<sub>2</sub>、z<sub>3</sub>、t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>、t<sub>3</sub>)进行统计描述,统计量选择均数、标准差、变异系数。对脑瘫组儿童步态分析所得相应压力参数进行统计描述,统计量选择均数、标准差。采用两独立样本的t检验。

## 2 结果

### 2.1 参与者数量分析

纳入脑瘫儿童20例,正常儿童52例,全部进入结果分析,无脱落。

### 2.2 对照组结果分析

2.2.1 足底压力曲线图形:通过Ultraflex步态分析系统可记录对照组正常儿童步行测试时间内连续的所有足底压力变化曲线。选取步态稳定后的10个步态周期,经过软件分析,得到平均足底压力曲线,见图1。

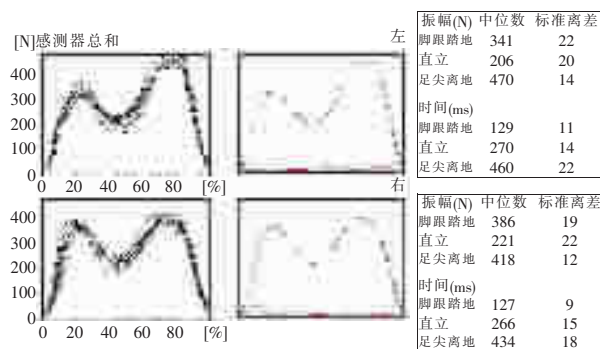


图1 平均足底压力曲线

2.2.2 特征量分析:提取特征量Fz<sub>1</sub>、Fz<sub>2</sub>、Fz<sub>3</sub>、tz<sub>1</sub>、tz<sub>2</sub>、tz<sub>3</sub>、ts进行统计分析,其中Fz<sub>1</sub>为第一峰值,Fz<sub>2</sub>为谷值,Fz<sub>3</sub>为第二峰值,tz<sub>1</sub>为到达第一峰值的时间占该侧支撑时间的比率,tz<sub>2</sub>为到达谷值的时间占该侧支撑时间的比率,tz<sub>3</sub>为到达第二峰值的时间占该侧支撑时间的比率,ts为该侧支撑时间。各特征量的统计数据见表1。

### 2.3 脑瘫儿童组测试结果分析

2.3.1 足底压力曲线图形:本组儿童总共例数20例,有10例的足底压力曲线可表现出双峰曲线,另10例足底压力曲线不能表现出典型的双峰曲线。不

能表现出典型双峰曲线的儿童, 其足底压力曲线的特征有两种形式, 一是不能表现双峰, 而是出现单一的足底压力高峰(见图2); 另一种是双侧足底压力曲线不对称, 同侧不同的步态周期足底压力曲线也形态各异(见图3), 反应了该脑瘫儿童的步态稳定性、可重复性极差。

### 2.3.2 特征量分析: 能得到典型足底压力双峰图及

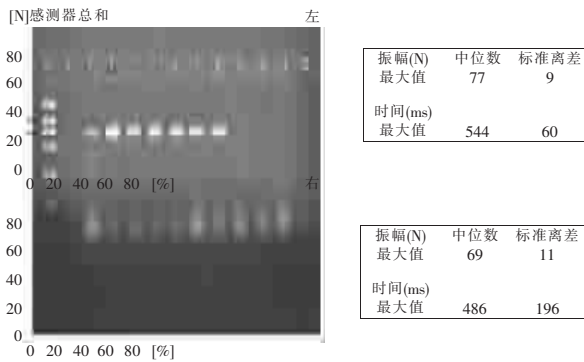


图2 脑瘫儿童的足底压力曲线

相应特征量数据的实验组儿童10例, 其步态特征量  $Fz_1$ 、 $Fz_2$ 、 $Fz_3$ 、 $tz_1$ 、 $tz_2$ 、 $tz_3$ 、 $ts$  的统计描述数据见表1。

在各特征量参数的对照检验中, 双侧的单足支撑时间、右侧的  $tz_1$ 、 $tz_2$ 、 $tz_3$  表现出两组间的差异有显著性意义: 脑瘫儿童双侧的单足支撑时间均较正常儿童短, 右侧的  $tz_1$ 、 $tz_3$  增加, 而  $tz_2$  缩短。其他参数并未表现出显著性差异。

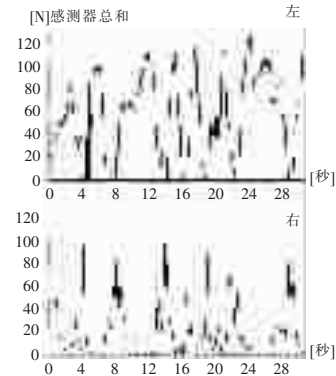


图3 脑瘫儿童的连续足底压力曲线

表1 两组儿童足底压力曲线特征量的统计数据

	$Fz_1(\%)$	$Fz_2(\%)$	$Fz_3(\%)$	$Tz_1(\%)$	$Tz_2(\%)$	$Tz_3(\%)$	$Ts(s)$
对照组							
左侧	139.9±27.29	6.1±23.81	58.6±18.72	5.58±6.74	51.39±6.31	88.98±6.29	0.472±0.051
CV(%)	19.4	24.8	11.8	26.4	12.3	7.1	10.9
右侧	141.9±25.09	6.2±21.01	46.8±16.12	5.75±6.18	54.44±6.24	88.85±6.30	0.478±0.050
CV(%)	17.6	21.8	11.0	24.0	11.4	7.1	10.5
试验组							
左侧	99.92±40.05 <sup>①</sup>	70.46±29.17 <sup>①</sup>	102.26±29.04 <sup>①</sup>	30.74±10.25 <sup>①</sup>	50.82±7.5 <sup>①</sup>	85.07±10.52 <sup>①</sup>	0.879±0.658 <sup>②</sup>
右侧	99.90±34.50 <sup>①</sup>	68.15±22.05 <sup>①</sup>	101.19±21.66 <sup>①</sup>	30.13±14.96 <sup>②</sup>	54.42±13.30 <sup>②</sup>	89.13±11.81 <sup>②</sup>	0.818±0.682 <sup>②</sup>

与对照组比较<sup>①</sup> $P>0.05$ , <sup>②</sup> $P<0.05$

### 3 讨论

在脑瘫儿童的康复治疗中, 运动功能训练是治疗的重点, 对已经获得了步行能力的脑瘫儿童来说, 步态的训练又是重中之重。步态的改善不仅提示着患儿神经肌肉控制能力的好转、粗大运动功能的改善, 而且对患儿的心理产生积极的作用, 对患儿家长及整个家庭的积极参与也将产生有利的作用。正常的行走包括了肢体和躯干的运动、足的支撑、身体重心的转移等方面, 且每个方面并非独立进行, 而是同时进行, 紧密相关的。正常的行走步态周期由一侧足跟着地开始, 到同侧足跟再次着地结束, 然后再开始下一个步态周期, 如此往复, 实现了连续的步行。

足底压力参数, 提示了足与地面之间的力学情况, 是否有正常的足跟着地、重心前移、足尖蹬离的过程。正常儿童的连续性足底压力曲线表现为具有2个峰和1个谷的双峰波形<sup>[5]</sup>。其中第一个峰出现于对侧足蹬离后单足支撑期开始之时, 此时单足的负重较大。谷值出现于负重在单足的前移过程中, 因为对侧的蹬离产生了一个身体向上的加速度, 使得此时足底压力略小于体重值。第二个峰出现于对侧足

足跟着地而同侧足蹬离时, 此时单侧足底压力也处于较高水平。在从足底压力曲线提取的特征量中, 双侧的  $Fz_3$ 、 $tz_2$ 、 $tz_3$ 、 $ts$  的变异系数均小于12.5%<sup>[6]</sup>, 说明这些特征量的数据离散度较小, 具有很好的重复性。

部分实验组儿童步态的足底压力曲线不能表现出典型的双峰曲线, 而是出现单一的足底压力高峰。这和患儿两方面的情况相关: ①脑瘫患儿中枢神经系统对下肢运动功能的控制受损, 不能很好地控制摆动期足在空中的位置, 导致患儿足着地支撑时也不能出现足跟着地-重心前移-足尖离地的正常步态; ②患儿因为足下垂, 步行时支撑面减小, 足跟不能着地, 故不能表现出身体重心由足跟向前转移的正常峰谷曲线。这种情况也可见于偏瘫患者步行的运动力学特征<sup>[7]</sup>。部分实验组儿童步态的足底压力曲线双侧足底压力曲线不对称, 同侧不同的步态周期足底压力曲线也形态各异, 反映了脑瘫儿童的姿势控制、平衡协调能力极差, 从而影响了步态的稳定性和可重复性。

步行时在支撑面和对身体重心的支撑过程中, 支撑面越大, 对重心的支撑越稳固, 平衡越好。单足

支撑时支撑面小,对身体平衡能力要求高。脑瘫儿童由于原始反射持续存在,肌张力的增高,肢体的控制能力及平衡能力减弱。正常人在步行过程中可以很顺利地实现身体重心在双侧支撑足之间的转移,而脑瘫患儿姿势的变换速度和准确性都降低,故不得不通过代偿地减少单足支撑时间,增加双足支撑期时间来保持身体的平衡,并协调下一步运动的继续进行。这和偏瘫患者患侧双足支撑期占步态周期时间的比率升高的情况是类似的<sup>[8]</sup>。

运用动态足底式压力步态分析方法,可以从足底压力曲线图中直观地看出患儿步行时是否存在正常的足跟着地、重心前移、足尖蹬离的过程;由足底压力曲线图提取的步态周期足底压力各特征量数据,则体现了痉挛性脑瘫患儿步行时步态周期各时期的足底压力特征。该分析方法可以方便有效地评估脑瘫儿童的步态特征,进行治疗前后的步态对比以评估疗效。

## 参考文献

- [1] 林庆. 小儿脑瘫的定义、诊断条件和分型 [J]. 中华儿科杂志, 1989, 27(3): 162—163.
  - [2] Forner Cordero A, Koopman HJFM, van der Helm FCT. Use of pressure insoles to calculate the complete ground reaction forces [J]. Journal of Biomechanics, 2004, 37(9): 1427—1432.
  - [3] Ekaterina B. Titianova, Plamen S. Mateev, Ina M. Tarkka. Footprint analysis of gait using a pressure sensor system [J]. Journal of Electromyography and Kinesiology, 2004, 14 (2): 275—281.
  - [4] Arnaud Faivre, Marc Dahan, Bernard Parratte, et al. Instrumented shoes for pathological gait assessment [J]. Mechanics Research Communications, 2004, 31(5): 627—632.
  - [5] 周安艳, 李海, 尹运冬, 等. 正常学龄前儿童步行时的动态足底压力特征 [J]. 中国临床康复, 2006, 10(20): 55—57.
  - [6] White R, Agouris E, Selbie RD, et al. The variability of force platform data in normal and cerebral palsy gait [J]. Clinical Biomechanics, 1999, 14: 185—192.
  - [7] 周凌宏, 丁海曙. 正常成人步态与偏瘫步态的比较与分析 [J]. 生物医学工程学杂志, 1995, 12(4): 315—320.
  - [8] 王彤, 赵勇. 踝足矫形器对足下垂患者下肢功能影响的分析 [J]. 中国康复医学杂志, 2004, 19(1): 30—32.
- 
- (上接 30 页)
- [5] Cui Q, Wang GJ, Balian G. Steroid-induced adipogenesis in a pluripotential cell line from bone marrow [J]. J Bone Joint Surg (AM), 1997, 79: 1054—1063.
  - [6] Gwo-Jaw Wang, J Gordon, Rawles, et al. Steroid-induced femoral head pressure changes and their response to lipid-clearing agents [J]. Clinical Orthopaedics and Related Research, 1983, 174(4): 299—302.
  - [7] 杨世杰主编. 药理学 [M]. 第 1 版. 北京: 人民卫生出版社, 2005. 121—124.
  - [8] Gwo-Jaw Wang, Donald E. Sweet. Fat-cell changes as a mechanism of avascular necrosis of the femoral head in cortisone-treated rabbits [J]. The Journal of Bone Joint Surgery, 1977, 59A (6): 729—735.
  - [9] Gwo-Jaw Wang, David B. Cortisone induced bone changes and its response to lipid clearing agents [J]. Clinical Orthopaedics and Related Research, 1983, 130(4): 81—85.
  - [10] Iwamoto T, Kagawa Y, Naito Y, et al. Steroid-induced diabetes mellitus and related risk factors in patients with neurologic diseases [J]. Pharmacotherapy, 2004, 24(4): 508—514.
  - [11] 周谋望, 秦建中, 刘志雄, 等. 降脂药物防治激素所致股骨头骨细胞损害的实验研究 [J]. 中华医学杂志, 1996, 76(1): 13—16.
  - [12] 王琳芳, 杨克恭. 医学分子生物学原理 [M]. 第 1 版. 高等教育出版社, 2001. 984—987.
  - [13] Kabata T, Kubo T. Apoptotic cell death in steroid induced osteonecrosis: an experimental study in rabbits [J]. J Rheumatol, 2000, 27(9): 2166—2171.
  - [14] Sato M, Sugano N. Apoptosis and expression of stress protein (ORP150, HO1) during development of ischaemic osteonecrosis in the rat [J]. J Bone Joint Surg Br, 2001, 83(5): 751—759.
  - [15] Weinstein RS, Nicholas RW, Manolagas SC. Apoptosis of osteocytes in glucocorticoid-induced osteonecrosis of the hip [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2000, 85(8): 2907—2912.
  - [16] 李月白, 殷力. 激素诱导骨髓基质细胞成脂分化的实验研究 [J]. 中华骨科杂志, 1999, 19(11): 687—689.
  - [17] Jones JP. Fat embolism, intravascular coagulation and osteonecrosis [J]. Clin Orthop, 1993, 292: 294—308.
  - [18] Pritchett, James W. Statin therapy decreases the risk of osteonecrosis in patients receiving steroids [J]. Clinical Orthopaedics and Related Research, 2001, 386: 173—178.
  - [19] Mundy G, Garrett R, Harris S, et al. Stimulation of bone formation in vitro and in rodents by statins [J]. Science, 1999, 286: 1946—1949.
  - [20] Wang J, Cui Q, Balian G, et al. The Pathogenesis and prevention of steroid induced osteonecrosis [J]. Clinical Orthopaedics and Related Research, 2000, 370(1): 295—310.