

痉挛型脑瘫患儿个体化康复治疗前后步态特征分析

孙爱萍^a, 毕胜^b, 赵海红^a, 张学敏^a, 季润^c, 霍剑菲^a, 吴慧楠^a

【摘要】 目的:采用三维步态分析定量评价痉挛型脑瘫患儿下肢步态特征,为其下肢功能的康复疗效提供量化评定依据。方法:选取我院10例脑瘫患儿为观察组,再将12例健康儿童为对照组,应用三维运动捕捉系统采集2组的步态时空参数及运动学参数,根据评定结果为观察组制定个体化康复训练,在训练1个月前后分别对观察组采用粗大运动功能评定(GMFM)、Berg平衡量表(BBS)、改良Ashworth肌张力评定量表(MAS)及三维步态分析系统进行评定。结果:治疗1个月后,观察组GMFM和BBS评分较治疗前均明显提高(均 $P<0.01$),MAS评分较治疗前明显下降($P<0.01$)。观察组步态周期和跨步时间较治疗前均明显降低(均 $P<0.05$),步频、跨步长、步长及髋、膝关节的关节活动度和屈曲最大角度以及踝关节的关节活动度较治疗前均明显增加($P<0.05, 0.01$);观察组治疗前后较对照组比较,步频、步速、跨步长及步长均明显降低(均 $P<0.01$),除了膝关节屈曲最大角度差异无统计学意义,其余髋、膝及踝关节各运动学参数均明显增加(均 $P<0.01$)。结论:三维步态分析可以量化评定脑瘫患儿的下肢运动功能,能为患儿康复治疗方案的精确制订及疗效评估提供客观科学依据。

【关键词】 脑瘫;痉挛;步态分析;康复

【中图分类号】 R49;R742 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2020.06.009

Gait characteristics and walking ability before and after Individualized treatment of children with spastic cerebral palsy
Sun Aiping, Bi Sheng, Zhao Haihong, et al. Department of Neurological Rehabilitation, National Rehabilitation Hospital of National Research Center for Rehabilitation Technical Aids, Beijing 100176, China

【Abstract】 Objective: To analyze the gait characteristics of lower limbs in children with spastic cerebral palsy by three-dimensional gait analysis and provide quantitative evaluation basis for rehabilitation of lower limb function in children with cerebral palsy. **Methods:** Ten children with cerebral palsy in our hospital were selected as the treatment group, and 12 healthy children as the control group. The gait time and space parameters and kinematics parameters of the 2 groups were collected by three-dimensional motion capture system. Before and after training for 1 month, the treatment group was assessed by gross motor function measure (GMFM), Berg balance scale (BBS), modified Ashworth Scales scores (MAS) and three-dimensional gait analysis system. **Result:** After one month of treatment, GMFM and BBS scores in the treatment group were significantly higher than those before treatment (both $P<0.01$), and MAS scores were significantly lower than those before treatment ($P<0.01$). The gait cycle and stride time in the treatment group were significantly lower than those before treatment (both $P<0.05$), and the stride frequency, stride length, stride length, joint mobility and maximum flexion angle of hip and knee joint and joint mobility of ankle joint were significantly increased as compared with those before treatment ($P<0.05, 0.01$). As compared with the control group before and after treatment, the step frequency, pace, stride length and step length in the treatment group were significantly reduced (all $P<0.01$). Except for the maximum angle difference of knee joint flexion, the remaining kinematic parameters of the hips, knees and ankle joints were significantly increased (all $P<0.01$). **Conclusion:** Three-dimensional gait analysis can quantify the function of lower limb movement in children with cerebral palsy, and can provide objective scientific basis for the precise formulation of rehabilitation treatment and the evaluation of efficacy.

【Key words】 cerebral palsy; spastic; gait analysis; rehabilitation

脑瘫患儿中痉挛型脑瘫占比约60%~70%,痉挛

严重影响患儿的生长发育,引起关节挛缩、畸形、疼痛等并发症,严重影响患儿步行能力^[1]。改善脑瘫患儿的步态是康复的主要目标。目前脑瘫患儿的功能评定多采用量表评定,简便易行,但操作过程中主观性较强,缺乏精确性和准确性。目前三维步态分析,被认为是步态评估的金标准^[2-4]。但三维步态分析设备昂贵,需要场地大,并对操作人员专业要求高、评定耗时

收稿日期:2020-02-13

作者单位:国家康复辅具研究中心 a. 附属康复医院神经康复科, b. 北京市老年功能障碍康复辅助技术重点实验室, c. 民政部人体运动分析与康复技术重点实验室,北京 100176

作者简介:孙爱萍(1977-),女,主治医师,主要从事神经康复方面的研究。

通讯作者:毕胜, bisheng@nrcrta.cn

长,目前国内三维步态分析与脑瘫患儿的评估、康复方案的制定及治疗结合并不理想。大多数国内外学者多采用便携式步态分析仪分析脑瘫患儿康复治疗前后的步态特征,并缺乏与正常儿童的对照研究。

本研究应用三维动态扑捉系统分析脑瘫患儿治疗前后的步态数据,并与正常儿童对比,探讨个体化康复方案治疗后其步行能力的改善情况,为痉挛型脑瘫患儿运动功能的评价和康复治疗,提供量化、客观的科学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取我院儿童康复科从2017年7月~2018年12月收治的门诊或住院的脑瘫患儿10例为观察组,再选取12例性别、年龄、身高及体重与脑瘫儿童相匹配的健康儿童为对照组。入选标准:年龄4~12岁;符合痉挛型脑瘫双瘫的诊断标准;粗大运动功能评分(Gross Motor Function Measure, GMFM) I级或II级;可以独立行走10步;能听懂简单的指令,能充分配合步态测试的完成;患者家属知情同意。排除条件:排除严重脑发育障碍、听力异常、严重癫痫及精神病等患者;有过度兴奋、焦虑退缩或冲动、攻击行为或自伤、自残行为者,适当用精神药物但仍不能很好控制者;合并严重运动障碍不能行走者,智力严重障碍者等。2组一般资料比较差异无统计学意义,见表1。

表1 2组一般资料比较

组别	<i>n</i>	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	性别 (男/女,例)	身高 (cm, $\bar{x} \pm s$)	体重 (kg, $\bar{x} \pm s$)
对照组	12	7.83 \pm 2.16	5/7	133.22 \pm 8.76	32.95 \pm 11.34
观察组	10	5.83 \pm 3.35	5/5	130.50 \pm 17.06	32.62 \pm 12.17

1.2 方法 采用英国VICON三维动态扑捉系统(型号Vicon MX ultranet HD, Oxford Metrics公司),步态系统硬件主要包括6个高速红外拍摄头、2个测力平台以及16个反光标记球等。系统采样频率设置为100 Hz,实时追踪受试者关键解剖位上的荧光标记球。每次测试,患儿穿短裤或紧身裤,光脚无辅具进行步态测试。光点标记位置:双侧的髂前上棘、髂后上棘、大腿下1/3、膝外上髁、小腿下1/3的胫骨、双侧外踝、双侧第二跖骨头、双侧跟骨后侧。测试前患儿在步道上练习3~5次后准备测试,听到指示信号后开始行走,嘱患儿按照平时的正常步速行走,采集有效数据。观察组分别在治疗前后进行测试各1次,对照组为正常儿童,不进行任何康复治疗,只采集1次步态分析数据。观察组由一名专业康复医师和2名治疗师根据三维步态分析采集的步态时空参数及运动学参数,制定个体化训练方案,包括纠正患儿腓绳肌、腓肠肌痉挛状态,增加屈髋,抑制膝关节屈曲,热湿敷后加强跟腱牵

拉,加强足背屈训练及佩戴踝足矫形器等,并进行相关的步速、步长及单侧支撑时间训练等,共治疗1个月,具体训练方式包括:①悬吊运动:30min/次,1次/d,5次/周;②改良Ashworth肌张力评定在2~4级的下肢肌肉进行抑制痉挛训练,包括热湿敷及物理治疗,20min/次,1次/d,5次/周;③对于跟腱挛缩,尖足的患儿佩戴踝足矫形器,每日10h;④步态训练:20min/次,1次/d,5次/周;⑤康复踏车或减重步行训练:20min/次,1次/d,5次/周;⑥双下肢肌肉力量及耐力训练:20min/次,1次/d,5次/周。

1.3 评定标准 对照组仅进行三维步态分析,观察组治疗前及治疗1个月后分别进行以下评定:①GMFM评分:D区和E区(站立行走功能区),共37项,总计111分,分数越高功能越好;②Berg平衡量表(Berg Balance Scale, BBS):满分56分,分数越高平衡功能越好;③改良Ashworth肌张力评定量表(modified Ashworth Scales, MAS):分为0~4级,分别给予0~4分,评定患儿左侧腓绳肌及腓肠肌的痉挛程度,分数越高痉挛越严重。④三维步态分析系统:因观察组为痉挛型双瘫,双下肢功能接近,本研究2组受试者均选取左下肢进行步态分析,使用VICON(Vicon MX)系统核心处理软件得出患儿的步态周期、跨步时间、步频、步速、跨步长、步长、单支撑时间及髋、膝、踝的关节活动度范围及对应关节的屈曲最大和最小角度。

1.4 统计学分析 使用VICON(Vicon MX)系统核心处理软件处理得出运动学数据和动力学数据,运用SPSS 17.0统计软件进行分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间均数比较采用独立样本 t 检验,组内均数比较采用配对 t 检验;以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 观察组治疗前后GMFM、BBS及MAS评分比较 治疗1个月后,观察组GMFM和BBS评分较治疗前均明显提高(均 $P < 0.01$),MAS评分较治疗前明显下降($P < 0.01$),见表2。

表2 观察组治疗前后GMFM、BBS及MAS评分比较

时间	GMFM	BBS	MAS	
			腓绳肌	腓肠肌
治疗前	54.90 \pm 18.30	30.10 \pm 7.68	1.10 \pm 0.57	1.30 \pm 0.67
治疗后	67.80 \pm 15.65 ^a	39.20 \pm 7.21 ^a	0.75 \pm 0.32 ^a	0.80 \pm 0.42 ^a

与治疗前比较,^a $P < 0.01$

2.2 2组步态时空参数比较 治疗1个月后,观察组步态周期和跨步时间较治疗前均明显降低(均 $P < 0.05$),步频、跨步长及步长较治疗前均明显增加($P < 0.05, 0.01$),步速和单支撑时间与治疗前比较差异无

统计学意义。观察组治疗前后较对照组比较,步态周期和跨步时间均明显增加(均 $P < 0.01$),单支撑时间差异无统计学意义,步频、步速、跨步长及步长均明显降低(均 $P < 0.01$),见表3。

表3 2组步态时空参数比较 $\bar{x} \pm s$

时空参数	观察组		对照组
	治疗前	治疗后	
步态周期(s)	1.49±0.93 ^c	1.41±0.92 ^{ac}	0.96±0.13
跨步时间(s)	0.63±0.36 ^c	0.60±0.36 ^{ac}	0.48±0.06
步频(步数/min)	96.14±32.20 ^c	104.26±28.67 ^{ac}	126.76±14.78
步速(m/s)	0.40±0.28 ^c	0.44±0.29 ^c	1.17±0.15
跨步长(m)	0.47±0.24 ^c	0.57±0.27 ^{bc}	1.11±0.12
步长(m)	0.22±0.12 ^c	0.28±0.14 ^{bc}	0.56±0.05
单支撑时间(s)	0.44±0.10	0.41±0.13	0.41±0.05

与治疗前比较,^a $P < 0.05$,^b $P < 0.01$;与对照组比较,^c $P < 0.01$

2.3 2组步态运动学参数比较 治疗1个月后,观察组髋、膝关节的关节活动度和屈曲最大角度及踝关节的关节活动度较治疗前均明显增加($P < 0.05, 0.01$),其余参数比较差异无统计学意义;观察组治疗前后较对照组比较,除了膝关节屈曲最大角度差异无统计学意义,其余髋、膝及踝关节各运动学参数均明显增加(均 $P < 0.01$),见表4。

表4 2组步态运动学参数比较 $\bar{x} \pm s$

运动学参数	观察组		对照组
	治疗前	治疗后	
髋关节			
关节活动度	17.65±11.93 ^c	21.23±10.51 ^{bc}	6.12±5.37
屈曲最大角度	38.89±13.17 ^c	44.39±12.71 ^{bc}	27.79±5.91
屈曲最小角度	0.44±11.91 ^c	2.81±12.40 ^c	-19.44±8.27
膝关节			
关节活动度	28.73±13.58 ^c	34.53±14.78 ^{ac}	21.14±6.37
屈曲最大角度	51.24±20.46	60.75±10.86 ^a	62.67±7.96
屈曲最小角度	19.33±18.55 ^c	15.99±17.36 ^c	0.36±5.57
踝关节			
关节活动度	16.18±11.49 ^c	18.79±12.33 ^{bc}	4.20±6.77
背屈最大角度	25.97±16.82 ^c	31.19±10.37 ^c	17.90±8.12
背屈最小角度	8.02±13.94 ^c	6.81±18.54 ^c	-19.78±8.81

与治疗前比较,^a $P < 0.05$,^b $P < 0.01$;与对照组比较,^c $P < 0.01$

3 讨论

脑性瘫痪的运动障碍常伴有继发性肌肉、骨骼问题^[5]。王志敏等^[6]指出畸形导致下肢骨骼结构以及步态异常,严重损害患者的行走能力。

目前改善痉挛型脑瘫患儿下肢运动功能的治疗方法包括药物、康复训练、手术、物理因子治疗、辅具、针灸推拿等^[7-9]。而精确的康复评定为康复方案的制定及疗效的判定提供科学依据及指导作用,尽管观察性步态分析量表与三维步态分析有较好的一致性,但有限的信度和效度还不能用于术前计划和临床诊断^[10-11]。

三维步态分析是利用三维运动捕捉系统、测力台系统以及表面肌电采集与分析系统等对步态的时-空、运动学、动力学及肌电参数进行的全方位的采集与分析。三维步态分析结果具有客观性和准确性,被公认为是步态分析的黄金标准^[12-15]。

本研究采用GMFM量表、Berg平衡量表及改良Ashworth肌张力量表评估患儿后,采用三维步态分析来定量评价脑瘫患儿行走过程中的功能情况,并根据评估结果判定患儿存在的主要运动障碍点,制定个性化康复治疗(改善肌痉挛、协调控制训练、步态训练等),重点以提高患儿的步行能力为主,并加强训练。本研究结果表明治疗1个月后患儿的GMFM、BBS评分均明显增高,MAS评分较治疗前明显改善,患儿的运动功能得到明显改善;同时通过三维步态分析系统量化反映了患儿步行功能的改善情况。治疗1个月后患儿步态周期、跨步时间降低,步频、跨步长、步长增高,步行能力明显提高;治疗前及治疗后与正常儿童比较,步频、步速、跨步长及步长均明显减小,考虑患儿基本都存在下肢肌痉挛情况,行走过程中由于腓绳肌和腓肠肌痉挛,并随步行速度可能进一步加重痉挛,导致患儿髋、膝及踝关节运动时的张力失调,进而限制髋、膝及踝关节的活动度,从而使步行速度缓慢。研究结果表明,治疗后患儿腓绳肌、腓肠肌肌张力明显改善,能很好地纠正脑瘫儿童典型的尖足畸形;训练后,患儿重心转移较充分,步态控制更协调,与黄一琳等^[16]研究的痉挛型双瘫患儿结果基本一致。这些参数的变化进一步为康复治疗提供信息,提示临床医生在脑瘫儿童的康复治疗及相关研究中应该重视运动控制训练、并可规范借助矫形器辅助控制膝、踝关节的运动。

脑瘫患儿下肢各关节的运动差异较大,本研究中选取一个步态周期内,治疗前后髋、膝、踝在矢状面上的数据进行对比,治疗1个月后,患儿各关节的活动范围较治疗前改善,行走时的姿势控制能力也提高,但髋、膝、踝关节的最小和最大屈曲角度较正常儿童均偏高,说明患儿行走过程中各关节呈现过度屈曲情况,关节角度伸展不充分。

目前大部分研究是对治疗前后或2组不同脑瘫儿童是否使用某种治疗方法进行对比,用以证明某种或几种治疗方法的疗效,未将脑瘫儿童与本地区的正常儿童对比^[17-18]。本研究分析了脑瘫儿童治疗前后的数据并与正常儿童进行对比,更好地分析脑瘫儿童康复治疗的效果,并建立我院实验室不同年龄组脑瘫及正常儿童的数据,为进一步的临床康复治疗提供依据。本研究的不足之处是样本量较小,且患儿配合不如成

人配合好,跨步长小,步行中不能有效踩踏力台,不能保证力学数据的有效性,故未作地面反作用力及力矩的分析,下一步可进行不同年龄组,大样本量的精细分析,以便为临床康复方案的制定提供客观依据。

综上所述,三维步态分析系统可精准评估脑瘫患儿障碍点,为其制订个体化康复训练方案,有效改善患儿的下肢运动功能,提高步行能力,并对疗效评估提供科学依据。

【参考文献】

- [1] 窦祖林. 痉挛-评估与治疗[M]. 北京:人民卫生出版社,2004:1-7, 231-266.
- [2] Kawamura CM, de Moraes Filho MC, Barreto MM, et al. Comparison between visual and three-dimensional gait analysis in patients with spastic diplegic cerebral palsy[J]. *Gait Posture*, 2007, 25(1): 18-24.
- [3] Georgios IP, Athanasios IT, Ilias MR, et al. Gait analysis methodology for the measurement of biomechanical parameters in total knee arthroplasties. A literature review[J]. *Orthop*, 2018, 15(1): 181-185.
- [4] 孙志成,王彤. 三维运动分析系统在康复医学评估检测中的应用进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2018, 33(2): 234-238.
- [5] 唐久来,秦炯,邹丽萍,等. 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.
- [6] 王志敏,陈龙伟,李树伟,等. 痉挛型脑瘫患儿步态的运动学参数分析[J]. *陕西医学杂志*, 2010, 39(2): 140-142.
- [7] Balaban B, Tok F, Tan AK, et al. Botulinum toxin treatment in children with cerebral Palsy: its effects on walking and expenditure[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2012, 91(1): 53-64.
- [8] 胡晓丽,王雪峰,韩洋. 基于三维步态系统分析中医疗法对痉挛型脑性瘫痪步态时空参数的影响[J]. *中国中西医结合儿科学*, 2018, 10(4): 300-303.
- [9] Choi JY, Kim SK, Park ES. The Effect of Botulinum Toxin Injections on Gross Motor Function for Lower Limb Spasticity in Children with Cerebral Palsy[J]. *Toxins (Basel)*, 2019, 11(11): E651- E651.
- [10] Rathinam C, Bateman A, Peirson J, et al. Observational gait assessment tools in paediatrics-A systematic review[J]. *Gait Posture*, 2014, 40(2): 279-285.
- [11] Brown CR, Hillman SJ, Richardson AM, et al. Reliability and validity of the Visual Gait Assessment Scale for children with hemiplegic cerebral palsy when used by experienced and inexperienced observers [J]. *Gait & Posture*, 2008, 27(4): 648-652.
- [12] Schwartz M, Rozumalski A, Truong W, et al. Predicting the outcome of intramuscular psoas lengthening in children with cerebral palsy using preoperative gait data and the random forest algorithm[J]. *Gait & Posture*, 2013, 37(4): 473-479.
- [13] Teixeira FB, Ramalho Júnior A, Moraes Filho MC, et al. Correlation between physical examination and three-dimensional gait analysis in the assessment of rotational abnormalities in children with cerebral palsy [J]. *Einstein (Sao Paulo)*, 2018, 16(1): eAO4247.
- [14] Tretiakov M, Do KP, Aiona M. The Influence of the Unaffected Hip on Gait Kinematics in Patients With Hemiplegic Cerebral Palsy[J]. *Pediatric Orthop*, 2017, 37(3): 217-221.
- [15] Lundh D, Coleman S, Riad J. Movement deviation and asymmetry assessment with three dimensional gait analysis of both upper-and lower extremity results in four different clinical relevant subgroups in unilateral cerebral palsy [J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2014, 29(4): 381-386.
- [16] 黄一琳,陈龙伟. 三维步态分析对脑瘫患儿下肢运动功能的评价[J]. *西部医学*, 2015, 27(12): 1860-1862, 1866.
- [17] 张云明,冯尚武. 髋关节旋转矫正带配合踝足矫形器对脑瘫患儿步态的影响[J]. *中国康复*, 2013, 28(5): 341-341.
- [18] 侯晓晖,万宇,李初阳,等. Halliwick 技术对学龄期痉挛型脑瘫儿童步态的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2010, 25(9): 870-874.

· 外刊拾粹 ·

神经肌肉电刺激对老年患者腿部肌肉的保护作用

与年龄相关的肌肉质量下降与活动能力差、独立性丧失和死亡率增加有关。一年中非连续的住院天数与老年人肌肉质量和力量的丧失有关。本研究探讨了神经肌肉电刺激(Estim)对住院老年患者肌肉质量及肌纤维大小变化的影响。在入院和出院时对 65 岁及以上的老年病房患者进行肌肉扫描、肌肉活检和肌肉功能测试。干预措施包括每天 30 分钟的单腿股外侧肌和股内侧肌神经肌肉电刺激治疗(E-stim)。以对侧腿作为对照(CON)。当刺激耐受时增加强度,在最后一个疗程结束时达到 89mA 的峰值。肌肉质量用全身双能 X 线吸收法进行测定。超声测量肌肉厚度,免疫组织化学检测肌纤维横截面积、纤维类型和卫星细胞(SC)增殖情况。13 名患者完成了研究。CON 组肌肉质量下降 2.8%, E-stim 组肌肉质量下降 0.5%($P < 0.05$)。在肌肉力量、扭矩或肌肉纤维大小的测试中,两条腿之间没有显著差异。与 CON 组相比,神经肌肉电刺激导致 E-stim 组腿部的几个萎缩信号通路下调,结缔组织和细胞重塑过程上调。结论:本项针对住院老年患者的研究发现,对下肢进行 30 分钟的电刺激有助于保持肌肉质量。

(龚秋文译)

Anders K, et al. Neuromuscular Electrical Stimulation Preserves Leg Lean Mass in Geriatric Patients. *Med Sci Sports Exerc*. 2020, 52(4): 773-784.

中文翻译由 WHO 康复培训与研究合作中心(武汉)组织
本期由陆军军医大学西南医院刘宏亮教授主译编