

下肢步行机器辅助训练对痉挛型偏瘫脑性瘫痪患儿步态改善的效果分析

孙胜月, 周大勇, 卢伟娜, 房贵巍, 刘宁, 杜丽

作者单位: 150023 哈尔滨, 哈尔滨医科大学附属第四医院儿童康复中心

作者简介: 孙胜月(1994—), 女, 医学硕士, 康复治疗师。研究方向: 运动、神经康复研究

通信作者: 周大勇, E-mail: zdy_ydsy2020@163.com

【摘要】 目的 探讨下肢步行机器辅助训练对痉挛型偏瘫脑性瘫痪(简称脑瘫)患儿步态改善的效果分析。**方法** 2022年5月至2023年11月哈尔滨医科大学附属第四医院儿童康复中心门诊收治偏瘫脑瘫儿童16例,随机分为对照组和观察组各8例。对照组给予患儿常规康复训练,观察组在此基础上联合下肢步行机器辅助训练,训练时间均为30 min,每周6次。对训练前后儿童步长、单侧支撑时间、步态周期、摆动时间的步态参数进行采集,对干预前后8周数据变化进行分析。**结果** 治疗后两组治疗方法对偏瘫患儿患侧步长长度变长、患侧单侧支撑时间变长、患侧和健侧步态周期、摆动时间的差异有统计学意义($P < 0.05$),且常规康复训练联合下肢步行机器辅助训练优于常规康复训练,更趋向于正常步态。**结论** 下肢步行机器辅助训练可以改善偏瘫患儿患侧步态周期,增加患侧步长、单侧支撑时间,延长患侧摆动时间,缩短健侧摆动时间,改善偏瘫步态。

【关键词】 脑性瘫痪; 偏瘫; 下肢步行机器辅助训练; 步态; 儿童

doi:10.3969/j.issn.1674-3865.2024.04.003

【中图分类号】 R742.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1674-3865(2024)04-0286-05

Analysis of the effect of lower limb walking machine for assistant training on gait improvement in children with spastic hemiplegia and cerebral palsy

SUN Shengyue, ZHOU Dayong, LU Weina, FANG Guiwei, LIU Ning, DU Li

Harbin Medical University Affiliated Fourth Hospital, Harbin 150023, China

Corresponding author: ZHOU Dayong, E-mail: zdy_ydsy2020@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the effect of lower limb walking machine for assistant training on the improvement of gait in children diagnosed with spastic hemiplegia and cerebral palsy. **Methods** Sixteen hemiplegic children who were treated in Harbin Medical University Affiliated Fourth Hospital from May

[21] 吴蕴. 强制诱导运动疗法和手-臂双侧强化训练在痉挛型偏瘫儿童上肢功能干预中的运用[J]. 中国儿童保健杂志, 2021, 29(4): 401-404.

[22] Te Velde A, Morgan C, Finch-Edmondson M, et al. Neurodevelopmental therapy for cerebral palsy: a Meta-analysis[J]. Pediatrics, 2022, 149(6): e2021055061.

[23] Demont A, Gedda M, Lager C, et al. Evidence-based, implementable motor rehabilitation guidelines for individuals with cerebral palsy[J]. Neurology, 2022, 99(7): 283-297.

[24] Robert MT, Sambasivan K, Levin MF. Extrinsic feedback and upper limb motor skill learning in typically-developing children and children with cerebral palsy: Review[J]. Restor Neurol Neurosci, 2017, 35(2): 171-184.

[25] Hung YC, Ferre CL, Gordon AM. Improvements in kinematic performance after home-based bimanual intensive training for

children with unilateral cerebral palsy[J]. Phys Occup Ther Pediatr, 2018, 38(4): 370-381.

[26] 王佳, 张迪, 黄程程, 等. 小儿脑性瘫痪中西医结合研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报, 2021, 23(1): 66-69.

[27] 王娴. 运动发育推拿法与神经发育疗法在小儿脑瘫治疗中的疗效比较[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2016, 19(18): 90-91.

[28] 赵宿睿. 现代康复理念结合针灸推拿对小儿脑瘫的康复效果分析[J]. 中西医结合心脑血管病电子杂志, 2018, 6(14): 135-136.

[29] 王蓉, 朱振蓉. 推拿配合智力训练对脑瘫伴智力障碍患儿智力发育水平、运动功能和日常生活能力的影响[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2019, 17(16): 2549-2552.

[30] 端知措, 闹增. 推拿和针灸综合治疗对脑瘫康复的作用研究[J]. 中西医结合心脑血管病电子杂志, 2018, 6(20): 146.

(收稿日期: 2023-11-06)

2022 to November 2023 were randomly divided into control group ($n=8$) and experimental group ($n=8$). The control group was given routine rehabilitation training, and the experimental group was given lower limb walking machine for assistant training on this basis. The training time was 30 minutes per time, 6 times a week. Gait parameters such as stride length, unilateral support time, gait cycle, and swing time of children before and after training were collected, and the data changes before and at 8 weeks after intervention were analyzed. **Results** After treatment, there were significant differences between the two groups in the stride length of the affected side, the time of unilateral support, the gait cycle of the affected and healthy sides and the swing time of the affected side ($P<0.05$); the changes after routine rehabilitation training and lower limb walking machine for assistant training were better than those after routine rehabilitation training, and the children tended to walk correctly. **Conclusion** Lower limb walking machine for assistant training can improve the gait cycle of the affected side of hemiplegic children, increase the stride length and unilateral support time of the affected side, prolong the swing time of the affected side, shorten the swing time of the healthy side, and improve the hemiplegic gait.

【Keywords】 Cerebral palsy; Hemiplegia; Lower limb walking machine for assistant training; Gait; Child

脑性瘫痪(简称脑瘫),是导致儿童肢体残疾常见疾病之一,患病率 2%~3%^[1]。根据 2015 年修订的《中国脑性瘫痪康复指南》,将脑瘫根据瘫痪部位和运动障碍类型分为六型,其中以单侧肢体运动功能和感知觉障碍为主要临床症状的痉挛型偏瘫为脑瘫中常见分型^[2],此类患儿因为患侧肌张力痉挛造成的失衡常常伴有屈髋、屈膝以及尖足等异常步态^[3]。患儿步态异常不仅是由于患侧肌张力异常、拮抗肌与主动肌失衡,同时还伴有感觉的异常^[4],所以偏瘫患儿步态除了肌张力、肌力,感觉的改善也尤为重要。

下肢步行机器辅助训练可以将运动和感觉完美地融合在一起,增加偏瘫患儿的肌肉协调性、肌肉力量以及肌肉周期性的变化^[5],不断挤压关节、肌肉、肌腱,增加偏瘫患儿本体感觉的改善^[6]。通过下肢步行机器辅助训练带领儿童进行正确步态的模仿,重新激活患儿大脑皮质对正确的下肢运动模式的支配,对运动记忆进行重新编码^[7-9]。查阅文献可知治疗偏瘫成人的方法多用于偏瘫儿童,因此本实验通过下肢步行机器辅助训练探究偏瘫儿童步态的变化,为临床治疗偏瘫儿童提供更多方法和思路。

1 对象与方法

1.1 研究对象

2022 年 5 月至 2023 年 11 月哈尔滨医科大学附属第四医院儿童康复中心门诊收治偏瘫儿童 16 例,采取抽签方式随机分为观察组和对照组各 8 例。两组患儿性别、年龄、体质量、患侧部位比较差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表 1。

本研究经哈尔滨医科大学附属第四医院医学伦理委员会审核通过(批号:2024-伦理审查-22)。

表 1 两组一般资料比较(n)

组别	n	性别		年龄 ($\bar{x}\pm s$,岁)	体质量 ($\bar{x}\pm s$,kg)	患侧部位	
		男	女			左侧	右侧
对照组	8	4	4	4.25±2.33	20.46±10.78	4	4
观察组	8	4	4	3.79±2.26	20.13±14.65	4	4

1.2 诊断标准

参照《中国脑性瘫痪康复指南(2015)》中痉挛型偏瘫脑瘫的诊断标准和临床分型标准^[2]。

1.3 纳入标准

(1)符合痉挛型偏瘫脑瘫的诊断标准;(2)年龄 2~9 岁;(3)认知与沟通能力良好;(4)患儿可独立行走,且行走距离超过测力板长度;(5)能配合参加半小时以上训练者;(6)粗大运动功能分级系统(gross motor function classification system,GMFCS)评定为 I 级;(7)患儿家长知情同意。

1.4 排除标准

(1)8 周训练过程中,因个人因素缺席 3 次以上者;(2)实验过程期间患儿出现肌肉、骨骼损伤影响走路者;(3)有心肺功能障碍影响走路者;(4)患儿发生过骨折等外伤;(5)患儿注射肉毒素等影响肌张力异常药物者。

1.5 治疗方法

对照组进行常规康复治疗方法,包括肌力训练(耐力和爆发力)、扩大关节活动度、降低肌张力、体位转换、步态训练^[7]等,观察组在对照组治疗基础上联合下肢步行机器辅助训练方法,采用 AiWalker-K 型下肢步行机器辅助训练装置(北京大艾机器人科技有限公司)对患儿进行步态训练(图 1)。首先测量偏瘫患儿腿部,根据患儿腿长调节下肢步行机器辅

助训练装置的髌、膝长度,然后将患儿固定在下肢步行机器辅助训练装置上,进行行走训练,从而输入正确步态。由于患儿髌关节屈髌、伸膝、踝背屈角度小以及患侧和健侧腿有一定的差异性^[10-12],我们通过下肢步行机器辅助训练增加伸膝、踝背屈的步态训练,以及正确的双侧对称训练。训练时间均为 30 min,每周 6 次。对训练前后儿童步长、单侧支撑时间、步态周期、摆动时间的步态参数进行采集,对于干预前后 8 周数据变化进行分析。每次进行 3 次数据采集,取平均值,其中观察组与对照组常规训练方法选择相同训练内容且由一个治疗师完成训练。

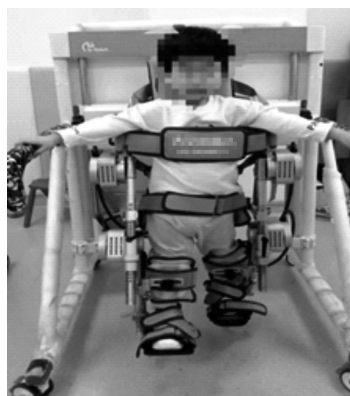


图 1 下肢步行机器辅助训练

1.6 评定标准

治疗前和治疗 8 周后,通过足底压力步态评估系统[芯康生物医学科技(杭州)有限公司,型号 Medtrack-Gait]测量时空参数^[13],即步长、单侧支撑时间、步态周期、摆动时间。偏瘫儿童赤足在测力平板

上自然行走,家长在测力平板另一侧引导儿童向前行走,由于儿童配合程度低于成人,均测 5 次,以测试系统获取完整的步态足底压力数据为准,取 5 次测试结果平均值,得到最终数据。

1.7 统计学方法

采用 SPSS 27.0 软件对研究结果进行统计学处理,符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,两组比较采用协方差分析和独立样本 t 检验,计数资料比较采用 χ^2 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组干预前后步长比较

见表 2。两组治疗方法干预后对偏瘫患儿患侧步长改善的差异有统计学意义($P < 0.05$),常规康复训练联合下肢步行机器辅助训练使患儿患侧步长长于常规康复训练。

2.2 两组干预前后单侧支撑时间比较

见表 3。两组治疗方法干预后对偏瘫患儿患侧单侧支撑时间改善的差异有统计学意义($P < 0.05$),常规康复训练联合下肢步行机器辅助训练使患儿患侧单侧支撑时间多于常规康复训练。

2.3 两组干预前后步态周期比较

见表 4。两组治疗方法干预后对偏瘫患儿患侧、健侧步态周期改善的差异有统计学意义($P < 0.05$),常规康复训练联合下肢步行机器辅助训练使患儿患侧、健侧步态周期时间少于常规康复训练。

2.4 两组干预前后摆动时间比较

见表 5。

表 2 两组干预前后步长比较($\bar{x} \pm s, \text{cm}$)

组别	n	患侧			F	P	健侧			F	P
		治疗前	治疗后	校正值			治疗前	治疗后	校正值		
对照组	8	27.14 ± 6.11	27.59 ± 5.06	27.56	6.05	<0.05	35.58 ± 8.33	31.81 ± 5.76	29.57	2.57	>0.05
观察组	8	27.59 ± 5.06	34.73 ± 7.06	34.76			28.67 ± 8.21	30.50 ± 6.98	32.74		

表 3 两组干预前后单侧支撑时间比较($\bar{x} \pm s, \text{s}$)

组别	n	患侧			F	P	健侧			F	P
		治疗前	治疗后	校正值			治疗前	治疗后	校正值		
对照组	8	0.43 ± 0.15	0.50 ± 0.17	0.49	7.16	<0.05	0.65 ± 0.16	0.72 ± 0.12	0.70	0.96	>0.05
观察组	8	0.42 ± 0.18	0.53 ± 0.15	0.54			0.61 ± 0.21	0.66 ± 0.18	0.67		

表 4 两组干预前后步态周期比较($\bar{x} \pm s, \text{s}$)

组别	n	患侧			F	P	健侧			F	P
		治疗前	治疗后	校正值			治疗前	治疗后	校正值		
对照组	8	2.70 ± 0.60	2.30 ± 0.55	2.32	9.05	<0.01	1.97 ± 0.64	1.88 ± 0.71	1.89	4.76	<0.05
观察组	8	2.74 ± 0.42	2.22 ± 0.60	2.20			2.14 ± 0.50	1.81 ± 0.56	1.80		

表 5 两组干预前后摆动时间比较($\bar{x} \pm s, s$)

组别	n	患侧			F	P	健侧			F	P
		治疗前	治疗后	校正值			治疗前	治疗后	校正值		
对照组	8	0.52±0.17	0.67±0.12	0.63	5.28	<0.05	0.72±0.23	0.62±0.71	0.63	5.78	<0.05
观察组	8	0.46±0.15	0.60±0.18	0.64			0.77±0.32	0.50±0.14	0.48		

表 5 结果表明,两组治疗方法干预后对偏瘫患儿患侧、健侧摆动时间改善的差异有统计学意义($P < 0.05$),常规康复训练联合下肢步行机器辅助训练使患儿患侧摆动时间多于常规康复训练,健侧摆动时间少于常规康复训练。

3 讨论

痉挛型偏瘫患儿患侧下肢以肌肉无力、痉挛导致髌膝踝受限引起步态偏差^[10-12,14-15],痉挛型偏瘫患儿通常无足跟着地时期,导致脚后跟抬起和膝盖伸展提前^[16],本研究显示,通过对痉挛型偏瘫儿童应用下肢步行机器辅助训练,使偏瘫患儿步态得到改善,使患儿步长、单侧支撑时间、摆动时间变长,步态周期缩短,更趋近于健康儿童步态。

患儿步长是指一只足跟到另一只足跟的距离,步长与髌、膝关节最大屈曲角度和摆动角度范围呈明显相关性^[17-18]。可能由于屈髌、伸膝、踝背屈角小导致痉挛型偏瘫儿童患侧步长较健侧短,增加下肢步行机器辅助训练,充分促进患儿在行走过程中屈髌、伸膝、踝背屈的输入,增加主动肌向心收缩,拮抗肌做离心运动,从而增加主动肌肌肉力量,降低拮抗肌肌张力^[19]。而本研究观察组联合下肢步行机器辅助训练的干预后,发现患侧步长较干预前变长,且常规康复训练联合下肢步行机器辅助训练使患儿患侧步长长于常规康复训练,这一实验结果与 Brunner 等^[16]研究一致,其对痉挛型偏瘫儿童使用矫形器治疗后,与赤足步态对比,发现治疗后步长变长,所以患儿通过下肢步行机器辅助训练,输入正确步态,促进儿童下肢分离运动产生,增加步长,实现康复过程^[20]。

单侧支撑时间指一侧足单侧支撑时间,即另一侧足的离地时间,在痉挛型偏瘫儿童步态中患侧较健侧有更长的站立阶段^[21-22],而本研究观察组联合下肢步行机器辅助训练的干预后,发现两组患侧单侧支撑时间较干预前均明显变长,观察组增长时间优于对照组。有研究表明,痉挛型偏瘫儿童与正常儿童步态比较发现,偏瘫儿童双足支撑时间比例大,超过健康儿童,支撑时间明显长于摆动期^[12,22]。而单侧支撑时间表现对侧步态的摆动时间,单侧支撑时间增多,相对地减少双足支撑时间,这也进一步验

证了通过下肢步行机器辅助训练比常规康复训练更能促进偏瘫患儿步态的改善,让其患侧趋向于正常步态。

摆动时间是左、右足无接触的时间,且单独计算。对痉挛型偏瘫儿童与正常儿童步态进行比较发现,偏瘫儿童支撑时间比例大,超过健康儿童,支撑期明显长于摆动期。而本研究通过下肢步行机器辅助训练后发现患侧摆动时间明显延长,这也符合 Wang 等^[12]对于健康儿童步态摆动期大于支撑期理论。程方等^[18]研究发现关节摆动角度范围随步长呈非线性增加,这也说明步长的增加可能会增加患儿的关节摆动角度,而本研究发现偏瘫患儿的患侧髌、膝、踝摆动均不充分,这可能与他们的肌力和肌张力有关。而步长、摆动时间以及摆动角度的延长可能会增加偏瘫患儿患侧分离运动的产生。梁亚利等^[3]研究发现偏瘫患儿健侧和对照组健康儿童相比,在步态摆动期患儿患侧膝关节的最大屈曲角度明显缩小,患侧、健侧出现长短腿,健侧较患侧腿长,差距超过 2.0 cm^[23],患儿出现代偿步态。梁亚利等^[3]研究发现患儿可能通过膝、踝的变化,缩短变长肢体的摆动期长度以及拉长变短肢体的支撑期长度。而本研究发现下肢步行机器辅助训练干预后除了发现患侧摆动时间明显延长外,还发现健侧摆动时间较治疗后缩短,这可能说明下肢步行机器辅助训练装置根据患侧、健侧髌、膝的调节,减少患侧、健侧之间的差异,避免代偿动作的产生。

通过国内外对痉挛型偏瘫儿童以及痉挛型脑瘫患儿进行步态研究发现,痉挛型脑瘫儿童的步态周期较健康儿童长,影响患儿整体步行能力^[12,24],而本研究发现通过常规治疗方法训练肌力训练(耐力和爆发力)、扩大关节活动度、降低肌张力、体位转换、步态训练,常规训练以及下肢步行机器辅助训练都可降低患儿健、患侧步态周期。在患侧步长、单侧支撑时间、患侧摆动时间变长,健侧摆动时间缩短情况下,患儿整体步态周期缩短,这可能是由于患儿肌肉力量增加^[25]、肌张力降低、健侧摆动时间缩短,健侧、患侧下肢步行差距缩短,患儿患侧步行效率提高的原因。查阅相关文献发现,影响患儿步态周期因素较多,成分较复杂,偏瘫步态中对于步态周期研究较少。

4 结论

下肢机器人^[26]在临床应用逐渐开展,用于脑卒中人群研究较多,对脑瘫儿童步态研究较少,儿童相对于成人模仿能力强,处于生长状态且可塑性强,本研究也发现通过下肢步行器辅助训练脑瘫患儿步态有所改善,步行效率相对提高,更趋于健康儿童步态。除了传统康复治疗手法也可为临床治疗偏瘫儿童提供更多方法和思路。但本研究只对 CFMCS 分级 I 级偏瘫儿童进行分析,此类患儿功能较好,今后对偏瘫各个分级进行深入研究。

参考文献

- [1] Vitrikas K, Dalton H, Breish D. Cerebral palsy: An overview [J]. *Am Fam Physician*, 2020, 101(4): 213-220.
- [2] 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, 《中国脑性瘫痪康复指南》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.
- [3] 梁亚利, 张静, 廖瑞松, 等. 痉挛型偏瘫脑性瘫痪患儿的步态分析[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2017, 39(6): 450-452.
- [4] Warnier N, Lambregts S, Port IV. Effect of virtual reality therapy on balance and walking in children with cerebral palsy: a systematic review[J]. *Dev Neurorehabil*, 2020, 23(8): 502-518.
- [5] Algorén B, Fridlund B, Cieza A, et al. Factors associated with health-related quality of life after stroke: a 1-year prospective cohort study[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2012, 26(3): 266-274.
- [6] 王大武, 白定群, 邵岚, 等. 下肢康复机器人训练对脑卒中偏瘫侧膝关节本体感觉的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2016, 31(9): 950-954.
- [7] 张秋, 胥方元, 李卫平, 等. 基于镜像神经元理论的动作观察疗法对痉挛型偏瘫脑性瘫痪患儿下肢功能的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2023, 38(8): 1145-1148.
- [8] Mazurek KA, Schieber MH. Mirror neurons precede non-mirror neurons during action execution[J]. *J Neurophysiol*, 2019, 122(6): 2630-2635.
- [9] Brunsdon VEA, Bradford EEF, Smith L, et al. Short-term physical training enhances mirror system activation to action observation[J]. *Soc Neurosci*, 2020, 15(1): 98-107.
- [10] Joo S, Miller F. Abnormalities in the uninvolved foot in children with spastic hemiplegia[J]. *J Pediatr Orthop*, 2012, 32(6): 605-608.
- [11] Allen PE, Jenkinson A, Stephens MM, et al. Abnormalities in the uninvolved lower limb in children with spastic hemiplegia: the effect of actual and functional leg-length discrepancy[J]. *J*

- Pediatr Orthop*, 2000, 20(1): 88-92.
- [12] Wang X, Wang Y. Gait analysis of children with spastic hemiplegic cerebral palsy[J]. *Neural Regen Res*, 2012, 7(20): 1578-1584.
- [13] 赵义红, 茅普优, 孙晓虹, 等. 儿童步态时空参数和足底压力的影响因素[J]. *皮革科学与工程*, 2020, 30(3): 77-83.
- [14] Wiley ME, Damiano DL. Lower-extremity strength profiles in spastic cerebral palsy[J]. *Dev Med Child Neurol*, 1998, 40(2): 100-107.
- [15] Gormley ME Jr. Treatment of neuromuscular and musculoskeletal problems in cerebral palsy[J]. *Pediatr Rehabil*, 2001, 4(1): 5-16.
- [16] Brunner R, Meier G, Ruepp T. Comparison of a stiff and a spring-type ankle-foot orthosis to improve gait in spastic hemiplegic children[J]. *J Pediatr Orthop*, 1998, 18(6): 719-726.
- [17] 胡雪艳, 恽晓平, 郭忠武, 等. 正常成人步态特征研究[J]. *中国康复理论与实践*, 2006, 12(10): 855-857.
- [18] 程方, 王人成, 贾晓红, 等. 减重步行训练机器人步态规划方法的研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2008, 23(10): 916-918.
- [19] Büyükvural Şen S, Özbudak Demir S, Ekiz T, et al. Effects of the bilateral isokinetic strengthening training on functional parameters, gait, and the quality of life in patients with stroke[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(9): 16871-16879.
- [20] Ivanova E, Krause A, Schalicke M, et al. Let's do this together: Bi-Manu-Interact, a novel device for studying human haptic interactive behavior[J]. *IEEE Int Conf Rehabil Robot*, 2017: 708-713.
- [21] Cimolin V, Galli M, Tenore N, et al. Gait strategy of uninvolved limb in children with spastic hemiplegia[J]. *Eura Med-icophys*, 2007, 43(3): 303-310.
- [22] Zonta MB, Ramalho Júnior A, Camargo RM, et al. Two-dimensional analysis of gait asymmetry in spastic hemiplegia[J]. *Einstein(Sao Paulo)*, 2010, 8(3): 343-349.
- [23] Kaufman KR, Miller LS, Sutherland DH. Gait asymmetry in patients with limb-length inequality[J]. *J Pediatr Orthop*, 1996, 16(2): 144-150.
- [24] 李海, 丁建新, 周安艳, 等. 足底压力式步态分析技术在痉挛型脑性瘫痪儿童步态研究中的应用[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2006, 28(12): 818-821.
- [25] 李华, 姚红华, 刘利辉. 肌力训练对偏瘫步态的影响及下肢功能评定与步态分析间的相关性[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2003, 25(1): 34-36.
- [26] 胡淑珍, 吴华, 傅建明, 等. 下肢机器人辅助步态训练在脑卒中后步行功能障碍患者中的应用进展[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2017, 39(9): 709-712.

(收稿日期: 2024-02-24)