

· 论著 · 头颈 ·

# 多通道功能性电刺激循环踏车配合VR体感训练治疗小儿痉挛性脑瘫的效果观察

王 珊\*

南阳市中心医院儿童神经内科(河南 南阳 473000)

**【摘要】目的** 探讨分析小儿痉挛性脑瘫治疗中采用多通道功能性电刺激循环踏车配合虚拟现实(VR)体感训练的效果。**方法** 于2022年1月至2024年6月期间,选取我院收治的97例痉挛性脑瘫患儿,以数字表法随机分为2组,对照组(常规康复治疗)48例和观察组(多通道功能性电刺激循环踏车配合VR体感训练治疗)49例,对比分析两组治疗情况。**结果** 治疗后观察组脑瘫粗大运动功能量表(GMF-88)中D区、E区评分较对照组高( $P<0.05$ )；治疗后观察组Peabody粗大运动发育量表(PDMS-GM)中移动能力、姿势、实物操作评分较对照组高( $P<0.05$ )；治疗后观察组步长、步幅水平较对照组高,双支撑相水平低于对照组( $P<0.05$ )；治疗后观察组儿童功能独立评定量表(WeeFIM)、日常生活活动能力评定量表(ADL)评分高于对照组( $P<0.05$ )。**结论** 多通道功能性电刺激循环踏车配合VR体感训练治疗小儿痉挛性脑瘫可提高其粗大运动功能、步态、功能独立性及日常生活活动能力的改善效果。

**【关键词】** 多通道功能性电刺激循环踏车；虚拟现实体感训练；痉挛性脑瘫；运动功能

**【中图分类号】** R742.3

**【文献标识码】** A

**DOI:**10.3969/j.issn.1009-3257.2025.12.010

# Observation on the Effect of Multi-channel Functional Electrical Stimulation Cycling Bike Combined with VR Somatosensory Game in the Treatment of Spastic Cerebral Palsy in Children

WANG Shan\*.

Department of Pediatric Neurology, Nanyang Central Hospital, Nanyang 473000, Henan Province, China

**Abstract:** **Objective** To explore and analyze the effect of multi-channel functional electrical stimulation cycle treadmill combined with virtual reality (VR) somatosensory training in the treatment of spastic cerebral palsy in children. **Methods** From January 2022 to June 2024, 97 children with spastic cerebral palsy admitted to our hospital were randomly divided into 2 groups by digital table method, 48 cases in the control group (conventional rehabilitation treatment) and 49 cases in the observation group (multi-channel functional electrical stimulation cycle treadmill combined with VR somatosensory training therapy), and the treatment situation of the two groups was compared and analyzed. **Results** After treatment, the observation group had higher scores in the D and E areas of the cerebral palsy gross motor function scale (GMFM-88) compared to the control group ( $P<0.05$ )；after treatment, the Peabody Gross Motor Development Scale (PDMS-GM) in the observation group showed higher scores in mobility, posture, and physical manipulation compared to the control group ( $P<0.05$ )；after treatment, the observation group had higher scores on the Independent Assessment of Child Function Scale (WeeFIM) and Activities of Daily Living Scale (ADL) than the control group ( $P<0.05$ ). **Conclusion** In the treatment of spastic cerebral palsy in children, multi-channel functional electrical stimulation cycling treadmill combined with VR somatosensory training can improve the gross motor function, gait, functional independence and activities of daily living.

**Keywords:** Multi Channel Functional Electrical Stimulation Cycling Scooter; Virtual Reality Somatosensory Training; Spastic Cerebral Palsy; Motor Function

痉挛性脑瘫是脑瘫中的一种最常见类型,作为小儿肢体残疾疾病之一,发生后常表现为运动障碍、姿势异常等,严重影响患儿健康及生活质量<sup>[1]</sup>。目前临床尚缺乏小儿痉挛性脑瘫的特效治疗手段,多通过综合康复治疗帮助患儿改善症状,但研究发现常规康复治疗多为被动运动,且运动干预与日常活动的交互性不足,康复周期也较长,整体干预效果并不理想<sup>[2-3]</sup>。多通道功能性电刺激循环踏车是主被动踏车与功能电刺激结合而成的一种新型疗法,近年来在小儿痉挛性脑瘫的治疗中已展现出一定价值<sup>[4]</sup>。(VR)体感训练在脑瘫患儿治疗中也取得一定进展,研究发现VR体感训练可改善患儿运动功能、平衡功能、步态等<sup>[5]</sup>。为探索更有效的康复治疗方式,本研究将多通道功能性电刺激循环踏车与VR体感训练配合使用,并分析其

治疗小儿痉挛性脑瘫的效果,现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 于2022年1月至2024年6月期间,选取我院收治的97例痉挛性脑瘫患儿,随机分为2组。对照组:男26例,女22例,年龄4~11(7.83±1.57)岁;病程13~37(18.49±3.24)个月;双瘫15例,偏瘫23例,四肢瘫10例。观察组:男25例,女24例,年龄4~12(7.95±1.36)岁;病程12~35(17.98±3.51)个月;双瘫16例,偏瘫22例,四肢瘫11例。本研究经医院伦理委员会批准。两组一般资料无明显差异( $P>0.05$ ),存在可比性。

纳入标准:符合《痉挛型脑性瘫痪外科治疗专家共识》<sup>[6]</sup>中的标准,确诊为痉挛性脑瘫;年龄4~12岁;智力发育正常;

**【第一作者】**王 珊,女,主治医师,主要研究方向:从事儿童神经系统疾病诊治工作。E-mail: wangshans85@163.com

**【通讯作者】**王 珊

具有正常的沟通能力，能完成康复指令；家属签署知情同意书。排除标准：合并癫痫、骨性关节性疾病、神经肌肉疾病；合并重要器官严重疾患；遗传、异常发育、外伤等其他因素导致的运动障碍；合并视觉、听觉、语言障碍；安装心脏除颤器或起搏器者；皮肤对电极片极度敏感；存在髋关节脱位风险；合并精神疾病、配合度差。

**1.2 方法** 对照组(常规康复治疗)：(1)神经发育疗法：对患儿实施反射性抑制屈曲与伸展、关键点调节等训练，30min/次，1次/d，5次/周，持续3个月。(2)运动疗法：予以患儿翻身训练、爬行训练、坐位训练、站立训练、头部训练、言语训练等，30min/次，1次/d，5次/周，持续3个月。(3)作业疗法：指导患儿完成折纸、绘画、进食、更衣、套圈、拉锯等作业，训练其关节功能、日常生活能力及灵活性，30min/次，1次/d，5次/周，持续3个月。

观察组(在常规康复治疗基础上予以多通道功能性电刺激循环踏车配合VR体感训练治疗)：(1)多通道功能性电刺激循环踏车：采用常州思雅医疗器械有限公司生产的SYC03E-D型主被动康复踏车进行治疗，设计正常行走模式的骑行训练，增加功能性电刺激治疗。患儿在治疗过程中取坐位，于相关肌群运动点(股直肌、股二头肌、胫骨前肌及腓肠肌)放置电极片，设置频率、脉宽、步行周期依次为40Hz、200μs、5s，电流强度以耐受为宜，目标速度、阻力以患儿最大参与程度为准。治疗期间可在系统中提供骑行动画的交互，及时予以患儿及医疗人员骑行反馈，并提高患儿积极性。多通道功能性电刺激循环踏车治疗20min/次，1次/d，5次/周，持续3个月。(2)VR体感训练：患儿取站立位，使用VR训练系统对其进行治疗。于患儿后背正中(齐平腋窝)固定运动传感器，个体化选择运动范围，并提供训练内容的讲解与示范指导。具体训练内容：(1)患儿在VR中移动图片至正确地方，匹配正确后得分；(2)患儿VR中控制虚拟人物拦截足球，拦截成功得分；(3)患儿在VR中控制虚拟人物躲避滑道上的障碍物，躲避成功后得分。VR体感训练治疗期间密切观察患儿动作情况，及时示范指导纠正，并视情况逐渐增加难度。VR体感训练20min/次，1次/d，5次/周，持续3个月。

**1.3 观察指标** (1)在治疗前后采用脑瘫粗大运动功能量表(GMFM-88)对两组患儿进行评估，该量表包括A~E共5个功能区，本研究主要评估D区、E区<sup>[7]</sup>。D区为站立功能区(13个项目)，E区为走、跑、跳功能区(24个项目)，各项计0~3分，动作完成>90%计3分，10%~90%计2分，<10%计1分，无动作计0分。(2)在治疗前后采用Peabody粗大运动发育量表(PDMS-GM)对两组患儿进行评估，该量表涉及移动能力(89个项目)、姿势(30个项目)、实物操作(24个项目)3个维度，各项计0~2分，评分越高提示粗大运动发育越好<sup>[8]</sup>。(3)在治疗前后指导两组患儿在指定区域向前行5~6步作为1次测试，每次取1个完整步态周期，采集4次有效测试，对步长、步幅、双支撑相的平均值进行分析记录。(4)在治疗前后采用儿童功能独立评定量表(WeeFIM)、日常生活活动能力评定量表(ADL)对两组患儿进行评估<sup>[9]</sup>。WeeFIM量表涉及认知区、移动区、自理区3个方面，共18个项目，根据完成的质量计1~7分，评分越高提示患儿独立性越好。ADL量表涉及认知、进食、更衣、卫生、步行等9个方面，共50个项目，总分100分，评分越高提示患儿日常生活活动能力越好。

**1.4 统计学方法** 采用SPSS 23.0分析，计量、计数资料分别描述为( $\bar{x} \pm s$ )、[n(%)]，行独立样本t检验或 $\chi^2$ 检验， $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结 果

**2.1 两组GMFM-88评分对比** 治疗前两组GMFM-88评分无明显差异( $P>0.05$ )，治疗后观察组GMFM-88中D区、E区评分较对照组高( $P<0.05$ )。见表1。

**2.2 两组PDMS-GM评分对比** 治疗前两组PDMS-GM评分无明显差异( $P>0.05$ )，治疗后观察组PDMS-GM评分较对照组高( $P<0.05$ )。见表2。

**2.3 两组三维步态时空指标对比** 治疗前两组步态指标无明显差异( $P>0.05$ )，治疗后观察组较对照组步长、步幅水平高，较对照组双支撑相水平低( $P<0.05$ )。见表3。

**2.4 两组WeeFIM及ADL评分对比** 治疗前两组功能独立性、日常生活活动能力评分无明显差异( $P>0.05$ )，治疗后观察组较对照组各评分高( $P<0.05$ )。见表4。

表1 两组GMFM-88评分对比(分)

组别	n	D区		E区	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组	49	18.73±2.59	29.37±3.41 <sup>*</sup>	29.64±4.83	50.73±5.78 <sup>*</sup>
对照组	48	18.91±2.36	26.08±3.75 <sup>*</sup>	30.17±4.25	44.92±6.44 <sup>*</sup>
t	-	0.358	4.522	0.573	4.678
P	-	0.722	0.000	0.568	0.000

注：与本组治疗前相比，<sup>\*</sup> $P<0.05$ 。

表4 两组WeeFIM及ADL评分对比(分)

组别	n	WeeFIM		ADL	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组	49	42.93±5.07	65.89±5.42 <sup>*</sup>	54.89±4.33	75.68±5.97 <sup>*</sup>
对照组	48	43.18±4.76	59.86±6.34 <sup>*</sup>	55.21±4.92	66.34±6.48 <sup>*</sup>
t	-	0.250	5.039	0.340	7.385
P	-	0.803	0.000	0.734	0.000

注：与本组治疗前相比，<sup>\*</sup> $P<0.05$ 。

表2 两组PDMS-GM评分对比(分)

组别	n	移动能力		姿势		实物操作	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组	49	95.83±20.67	126.31±15.83*	39.52±4.96*	58.47±5.93	19.82±3.74*	44.38±4.92*
对照组	48	96.27±18.94	118.74±17.65*	39.17±5.41*	52.68±6.49	20.46±3.59*	39.75±5.63*
t	-	0.109	2.225	0.332	4.589	0.860	4.315
P	-	0.923	0.029	0.740	0.000	0.392	0.000

注：与本组治疗前相比，\*P<0.05。

表3 两组三维步态时空指标对比

组别	n	步长(cm)		步幅(cm)		双支撑相(%)	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组	49	15.94±1.89	26.38±2.51*	43.92±3.67*	64.79±5.31	45.98±3.76*	33.29±2.15*
对照组	48	16.31±2.07	22.79±2.84*	44.18±4.03*	56.82±6.47	45.53±4.18*	36.74±2.69*
t	-	0.920	6.600	0.332	6.638	0.558	6.985
P	-	0.360	0.000	0.740	0.000	0.578	0.000

注：与本组治疗前相比，\*P<0.05。

### 3 讨 论

痉挛性脑瘫作为临床常见病，已成为威胁儿童健康及生活质量的重要原因，由于患儿早期脑部仍处于生长发育阶段，可塑性、恢复力强，是最佳治疗时机，因此探索有效疗法帮助患儿改善症状、运动功能意义重大<sup>[10]</sup>。常规康复治疗虽能一定程度改善痉挛性脑瘫患儿症状及功能，提高生活质量，但整体康复效果并不理想，且存在康复周期长、患儿配合度欠佳等问题<sup>[11]</sup>。

近年来随着研究的不断深入，各种新型治疗方式逐步推广，其中多通道功能性电刺激循环踏车、VR体感训练均展现出较高的价值<sup>[12-13]</sup>。多通道功能性电刺激循环踏车疗法是结合功能电刺激和踏车形成的一种新型疗法，其通过在支配肌群的神经系统予以多通路功能电刺激，重塑神经，促使肌肉产生协调的主动收缩，模拟正常运动模式，进而促进运动功能改善<sup>[14]</sup>。VR体感训练法则是一种结合了虚拟现实技术和身体感知装置的疗法，其具有沉浸感、想象性及交互性的特点，能调动使用者主动性，在有趣的过程中完成训练，提高康复效果<sup>[15]</sup>。本次研究将多通道功能性电刺激循环踏车与VR体感训练联合用于小儿痉挛性脑瘫的康复治疗中，并将之与单纯常规康复治疗相比，结果显示治疗后观察组GMFM-88中D区、E区评分较对照组高，PDMS-GM评分较对照组高，步长、步幅水平较对照组高，双支撑相水平低于对照组，WeeFIM、ADL评分高于对照组(P<0.05)，说明多通道功能性电刺激循环踏车配合VR体感训练在改善患儿运动功能、步态、功能独立性、日常生活活动能力等方面均有明显优势。究其原因在于多通道功能性电刺激循环踏车治疗能通过功能电刺激使神经细胞去极化，调节大脑神经元兴奋性，促进神经重塑，进而改善运动功能，其还能模拟正常运动模式，重复踏车运动能为主动运动打下良好基础，并可在运动中为大脑运动区的重塑创造有利条件，而且多通道功能性电刺激循环踏车中刺激的股直肌、股二头肌、胫骨前肌及腓肠肌在站立、步行、下肢姿势控制、移动、物体操作等方面均发挥了重要作用，能加速患儿这方面能力的改善。多通道功能性电刺激循环踏车治疗中利用骑行动画交互能实时掌握患儿训练信息，利于及时调整训练强度等，同时在视听觉及训练反馈的互动虚拟情景训练下能提高患儿兴趣，激发其主动性、积极性。VR体感训练可模拟真实场景，设定相应的任务，

创造有趣的训练氛围，能增强趣味性，调动患儿主动性，是一种能让患儿积极配合治疗的康复治疗手段。VR体感训练具有较强的听觉、视觉反馈，可间接为本体提供有效正反馈，其可设置各种训练场景，让患儿在这些场景中完成相应的任务，完成任务后还能为患儿带来实时的反馈，提高其成就感，进一步激发患儿主观能动性，促进训练目的达成，患儿主动、积极配合往往能进一步提高运动功能、步态等方面的改善效果。

综上所述，采用多通道功能性电刺激循环踏车配合VR体感训练治疗小儿痉挛性脑瘫可促进其粗大运动功能、步态、功能独立性及日常生活活动能力改善。

### 参考文献

- [1] 姜煜,刘港,白惠中,等.磁共振成像特征在鉴别痉挛性脑瘫患者GMFCS分级的可行性[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(5):28-31.
- [2] 王少锋,童光磊,张庆庆,等.悬吊技术结合针刺治疗对痉挛型脑瘫患儿粗大运动功能和日常生活活动能力的影响[J].中国儿童保健杂志,2021,29(11):1261-1264.
- [3] 胡淑珍,尹宏伟,阮雯玲,等.悬吊训练对痉挛型脑瘫患儿平衡功能和粗大运动功能的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2020,42(11):1011-1013.
- [4] 赵斌,高晶,王丽娜,等.多通道功能性电刺激循环踏车治疗痉挛型脑瘫患儿的效果观察[J].实用临床医药杂志,2024,28(13):77-81.
- [5] 汤艳,徐军,洪永峰.巴士球联合VR体感游戏在脑瘫患儿康复中的应用效果[J].蚌埠医学院学报,2022,47(7):870-875.
- [6] 中国康复医学会骨与关节专业委员会,中国脑瘫多学科协作联盟.痉挛型脑性瘫痪外科治疗专家共识[J].中国矫形外科杂志,2020,28(1):77-81.
- [7] 吴德萍,段军,崔珍珍,等.基于悬吊系统的骨盆稳定性训练法对痉挛型脑性瘫痪儿童粗大运动功能的影响[J].中国康复医学杂志,2020,35(5):533-538.
- [8] 张亚楠,吴丽,任麦青,等.早期评估及干预在脑性瘫痪高危儿运动发育中的应用[J].中华实用儿科临床杂志,2021,36(24):1891-1895.
- [9] 陈智红,王静,岳玲,等.任务导向性训练辅以悬吊训练治疗痉挛性脑瘫的临床研究[J].中西医结合心脑血管病杂志,2024,22(12):2280-2284.
- [10] 马德有,袁俊英,王以文,等.脑性瘫痪儿童的头颅MRI预期特征探讨[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(8):1-3.
- [11] 韩行普,黄超,冯益民,等.中医经筋手法结合运动疗法对小儿痉挛型脑瘫运动及步行能力的影响[J].世界中西医结合杂志,2023,18(11):2249-2253.
- [12] 刘加鹏,王卫宁,梁思捷,等.多通道功能性电刺激踏车训练对脑卒中患者步行功能的影响[J].中国康复医学杂志,2021,36(2):182-185.
- [13] 封蕾,李云姝,杨杰,等.基于虚拟现实技术的体感游戏融入居家透析运动管理对透析患者跌倒风险及生活质量的影响[J].中国血液净化,2021,20(5):302-305,332.
- [14] 何艳,张琦,胡晓诗,等.功能性电刺激康复踏车训练对痉挛型脑性瘫痪儿童下肢运动功能的效果[J].中国康复理论与实践,2021,27(12):1464-1469.
- [15] 王永胜,侯俊,王楠,等.虚拟现实技术联合常规肌力训练对老年人身体稳定性的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2021,43(1):40-42.

(收稿日期: 2024-10-19)

(校对编辑: 翁佳鸿)