

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2023.23.008
文章编号: 1005-8982 (2023) 23-0042-05

儿科疾病专题·论著

虚拟现实技术结合常规康复治疗对痉挛型 脑性瘫痪患儿下肢运动功能的影响*

张红敏, 高晶, 王丽娜

(扬州大学附属淮安市妇幼保健院 儿童康复科, 江苏 淮安 223002)

摘要: 目的 探讨虚拟现实技术结合常规康复治疗对痉挛型脑性瘫痪(以下简称脑瘫)患儿的尖足、粗大运动功能及日常生活活动能力的影响。**方法** 回顾性分析2017年1月1日—2022年12月31日在扬州大学附属淮安市妇幼保健院儿童康复科门诊康复治疗的痉挛型脑瘫患儿80例,采用随机数字表法分为对照组和治疗组,各40例。对照组采用物理治疗、生物反馈等常规康复治疗;治疗组在常规康复治疗基础上加用虚拟现实技术。两组均康复治疗3个月,康复治疗前后采用改良Tardieu量表(MTS)、粗大运动功能量表88项(GMFM-88)及日常生活活动能力量表(ADL)进行评定。**结果** 经3个月康复治疗,治疗组康复治疗前后踝关节MTS角度R1、R2差值均高于对照组($P < 0.05$);治疗组康复治疗前后GMFM量表D区、E区得分及ADL得分差值均高于对照组($P < 0.05$)。**结论** 在常规康复治疗基础上联合虚拟现实技术能够明显改善痉挛型脑瘫患儿的尖足症状,提高粗大运动功能及日常生活活动能力。

关键词: 痉挛型脑性瘫痪;虚拟现实技术;尖足;粗大运动功能;日常生活活动能力。

中图分类号: R742.3

文献标识码: A

Effect of virtual reality technology combined with routine rehabilitation treatment on lower limb motor function of children with spastic cerebral palsy*

Zhang Hong-min, Gao Jing, Wang Li-na

(Department of Children's Rehabilitation, Huai'an Maternal and Child Health Hospital Affiliated to Yangzhou University, Huai'an, Jiangsu 223002, China)

Abstract: Objective To explore the impact of virtual reality (VR) technology combined with conventional rehabilitation treatment on equinus, gross motor function, and activities of daily living (ADL) in children with spastic cerebral palsy. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 80 cases of spastic cerebral palsy treated at the Children's Rehabilitation Department of Huai'an Maternal and Child Health Care Hospital affiliated with Yangzhou University from January 1, 2017, to December 31, 2022. Patients were randomly divided into a control group ($n = 40$) and a treatment group ($n = 40$) using a random number table. The control group received conventional rehabilitation treatment, including physical therapy and biofeedback. The treatment group, in addition to conventional rehabilitation, received virtual reality technology. Both groups underwent rehabilitation for 3 months. The Modified Tardieu Scale (MTS), Gross Motor Function Measure 88 (GMFM-88), and Activities of Daily Living Scale (ADL) were used for assessment before and after rehabilitation. **Results** After 3 months of rehabilitation, the treatment group showed a significantly higher difference in the MTS angles (R1, R2) at the ankle joint before and

收稿日期: 2023-06-16

* 基金项目: 江苏省妇幼健康科研项目(No: F201702); 淮安市科技项目(No: HAP202104)

[通信作者] 高晶, E-mail: zhanghongmin889@163.com

after treatment compared to the control group ($P < 0.05$). The treatment group exhibited higher differences in GMFM scores for section D and section E, as well as ADL scores before and after rehabilitation compared to the control group ($P < 0.05$). **Conclusion** The combination of virtual reality technology with conventional rehabilitation treatment can significantly improve equinus symptoms, enhance gross motor function, and improve activities of daily living in children with spastic cerebral palsy.

Keywords: spastic cerebral palsy; virtual reality technology; equinus; gross motor function; activities of daily living

痉挛型脑性瘫痪(以下简称脑瘫)是小儿脑瘫最常见的临床分型,包括痉挛型四肢瘫、痉挛型双瘫、痉挛型偏瘫,其常因锥体束损伤导致相应肌群痉挛,临床表现为肌张力增高、屈髋屈膝、剪刀步态、尖足等。尖足多因小腿三头肌痉挛导致,因此尽早缓解小腿三头肌痉挛,促进肌肉功能重建,是改善尖足的主要措施^[1]。虽然运动疗法、踝足矫形器、A型肉毒毒素等康复治疗方法在缓解小腿三头肌痉挛、改善尖足方面取得了不错的效果,但各自也存在缺点,如疼痛、枯燥、费用昂贵等^[1]。《中国脑性瘫痪康复指南(2022)第四章:康复治疗(上)》^[2]指出,使儿童愉快和有动力的康复训练在脑瘫治疗中作为A级推荐,如虚拟现实(virtual reality, VR)技术、游戏等。目前,VR技术在国内外广泛用于成人的中枢神经系统康复治疗,且在国外运用于脑瘫儿童的康复治疗已比较成熟,而国内还处于起步阶段,临床研究较少^[3]。本研究探讨采用VR技术结合常规康复治疗对痉挛型脑瘫的尖足症状、粗大运动功能及日常生活活动能力的影响,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2017年1月1日—2022年12月31日在扬州大学附属淮安市妇幼保健院儿童康复科门诊康复治疗的痉挛型脑瘫患儿的临床资料。本研究采用的康复治疗方法经患儿家属同意并签署知情同意书,且通过医院医学伦理委员会审查批准

(编号:2017003)。纳入标准:①符合《中国脑性瘫痪康复指南(2015):第一部分》的脑瘫诊断及分型标准^[4];②患儿年龄 ≥ 12 月;③患儿认知功能尚可,能理解治疗师的指令并执行;④粗大运动功能分级系统(gross motor function classification system, GMFCS)为I~III级;⑤改良Tardieu量表(modified Tardieu scale, MTS)评定R2-R1 $\geq 10^\circ$ 。排除标准:①有严重的心肝肾等重要脏器疾病;②年龄 < 12 月;③治疗时服用抗痉挛药物;④治疗前3个月内接受肉毒毒素注射治疗或跟腱延长手术;⑤有视力障碍;⑥患儿家长拒绝参加本研究。将符合纳入与排除标准的80例患儿按随机数字表法分为对照组和治疗组,每组40例。分组医师与数据分析医师非同一人。两组患儿的性别构成、年龄、临床分型、GMFCS分级,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。见表1。

1.2 方法

1.2.1 治疗方法 对照组采用物理治疗(physical therapy, PT)、生物反馈常规康复治疗;治疗组在常规康复治疗基础上加用VR技术。PT主要应用神经发育促进技术,40 min/次;生物反馈主要刺激胫前肌,20 min/次。各项目均1次/d,5次/周,连续治疗3个月。VR技术采用虚拟情景互动评估和训练系统(BioMaster)(广州市章和电气设备有限公司)。设备接通电源,开机后选择踝关节训练,摆正患儿体位,足背佩戴无线位置传感器;首先评估患儿患肢踝关节主动活动时背屈、跖屈最大值,根据评估结

表1 两组患儿的临床资料比较 ($n=40$)

组别	患肢数	男/女/例	年龄/(月, $\bar{x} \pm s$)	临床分型/例			GMFCS分级/例		
				双瘫	左侧偏瘫	右侧偏瘫	I	II	III
对照组	56	24/16	67.15 \pm 30.69	16	11	13	29	7	4
治疗组	55	22/18	67.05 \pm 32.45	15	12	13	28	7	5
χ^2/t 值		0.205	-0.014		0.076			0.129	
P 值		0.651	0.989		0.963			0.938	

果选择游戏项目并设定合适参数。游戏项目:①图片匹配,患儿主动进行足背曲、跖屈使电脑屏幕上相同图片匹配到正确位置(见图1A);②轨迹飞行,患儿主动进行足背曲、跖屈确保电脑屏幕上小飞机在规定的轨道上飞行,如果在飞行的过程中捕捉气

球给予奖励加分(见图1B);③运动看视频,选择患儿感兴趣的动画视频,患儿必须处于主动足背屈、跖屈的关节活动中视频才能持续播放,否则视频停止(见图1C)。

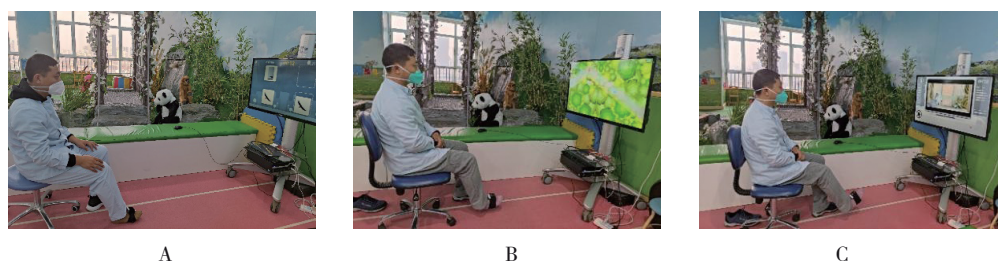


图1 虚拟情景互动评估和训练系统的游戏项目

1.2.2 评定标准 两组患儿康复治疗前后由科室固定的专业治疗师在不知分组情况下进行评定。
①踝关节MTS角度R1、R2评定:R1是以最快速度被动活动踝背屈至出现“卡住”的角度;R2是以最慢速度被动活动踝背屈至最大关节活动的角度。
②粗大运动功能评定:采用脑瘫儿童粗大运动功能量表88项(gross motor function measure-88, GMFM-88)进行评估,评估D区(站立位,13项)、E区(行走与跑跳,24项)得分;评分有0、1、2、3分4个等级,D区总分39分,E区总分72分;当无法确定分数时,按较低等级给分,各功能区及总分得分越高表明粗大运动能力越好。
③日常生活活动(activity of daily living, ADL)能力评定:采用中国康复研究中心制定的脑瘫儿童ADL量表,对患儿的个人卫生动作(5项)、进食动作(7项)、更衣动作(7项)、排便动作(3项)、器具使用(4项)、认识交流(4项)、床上运动翻身(6项)、移动动作(6项)、步行动作(8项)等进行评定,共

50项;评分有0、1.0、1.5和2.0分4个等级,满分100分。得分越高表明其日常生活活动能力越好,障碍程度越轻。

1.3 统计学方法

数据分析采用SPSS 23.0统计软件。计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)或中位数(下四分位数,上四分位数)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,比较采用 t 检验或秩和检验;等级资料以等级表示,比较采用秩和检验;计数资料以构成比或率(%)表示,比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患儿康复治疗前踝关节MTS角度R1、R2,GMFM量表D区、E区评分,以及ADL评分比较

两组患儿的治疗前的踝关节MTS角度R1、R2,GMFM量表D区、E区评分,以及ADL评分比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表2。

表2 两组患儿的临床资料比较 [$n=40, M(P_{25}, P_{75})$]

组别	踝关节MTS角度/(°)		GMFM量表评分		ADL评分
	R1	R2	D区	E区	
对照组	-5.00(-13.75,0.00)	10.00(-5.00,15.00)	30.00(24.25,36.00)	43.50(27.75,62.00)	65.75(51.63,77.88)
治疗组	-5.00(-15.00,0.00)	5.00(0.00,15.00)	31.00(26.00,36.00)	47.50(26.00,64.25)	65.50(47.75,77.88)
Z值	-0.367	-0.733	-0.255	-0.265	-0.539
P值	0.713	0.463	0.798	0.791	0.590

2.2 两组患儿康复治疗前后踝关节MTS角度R1、R2差值比较

两组患儿治疗前后踝关节MTS角度R1、R2差值比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),治疗组均

高于对照组。见表3。

2.3 两组患儿康复治疗前后GMFM量表D区、E区评分及ADL评分差值比较

两组患儿康复治疗前后GMFM量表D区、E区

表 3 两组康复治疗前后踝关节 MTS 角度 R1、R2 差值比较

[$n=40$, ($^{\circ}$), $M(P_{25}, P_{75})$]

组别	患肢数	R1 差值	R2 差值
对照组	56	5.00(0.00, 5.00)	0.00(0.00, 5.00)
治疗组	55	5.00(0.00, 10.00)	5.00(0.00, 5.00)
Z 值		-2.205	-2.157
P 值		0.027	0.031

评分及 ADL 评分差值比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 治疗组均高于对照组。见表 4。

表 4 两组康复治疗前后 D 区、E 区评分及 ADL 评分差值比较

[$n=40$, $M(P_{25}, P_{75})$]

组别	患肢数	D 区评分差值	E 区评分差值	ADL 评分差值
对照组	56	2.00(0.00, 3.00)	3.00(2.00, 5.75)	3.75(1.50, 6.88)
治疗组	55	2.50(1.00, 6.00)	5.00(3.00, 8.00)	5.75(3.00, 9.38)
Z 值		-2.362	-2.526	-2.329
P 值		0.018	0.012	0.020

3 讨论

踝关节是控制人体姿势的微调枢纽, 能够调整人体站立、行走等姿势并维持平衡。尖足步态是痉挛型脑瘫常见的临床表现之一, 发生率高达 83.3%^[5], 且随着年龄增长而升高。由于尖足减少足与地面的接触面积, 使得患儿踝足部在生物力学上对位对线异常, 导致踝关节功能障碍, 严重影响了脑瘫患儿站立、行走时的平衡及稳定。

改善尖足步态的首要任务就是要缓解小腿三头肌痉挛。本研究应用的 MTS 在脑瘫下肢痉挛程度评定有较好的可信度^[6], 尤其在评估踝关节的可靠性更高^[7], 且 MTS 中角度 R1、R2 更能够体现肌肉痉挛为速度依赖性牵张反射。本研究纳入标准为 GMFCS 为 I ~ III 级, 故采用 GMFM-88 量表中 D 区(站立位)、E 区(行走与跑跳)进行评估。GMFM-88 量表对脑瘫儿童粗大运动功能评估具有可靠的信度和效度^[8], 且其评估的敏感性较 Peabody-2 粗大运动发育量表(PDMS-2)更高^[9], 值得信赖, 是目前国际公认的评估脑瘫患儿康复效果的金标准^[10]。研究也显示 ADL 评定量表评估脑瘫患儿日常生活活动能力具有很高的重测信度^[11]。

本研究结果显示, 治疗组较对照组 MTS 踝关节 R1、R2 角度增加, D 区、E 区及 ADL 分值提高, 表明

加用 VR 技术可缓解脑瘫患儿小腿三头肌痉挛, 改善尖足状态, 提高患儿站立、行走能力, 改善日常生活活动能力。

VR 技术是目前最有前景、新的康复治疗技术之一^[12], 其是通过计算机创建的一种虚拟的人机互动技术, 使个体在虚拟环境下进行沉浸式、交互式的目标性任务, 进而改善相关功能。国外 VR 技术用于脑瘫的康复治疗比较成熟, 国内也在逐步发展。有研究显示, VR 技术能够改善脑瘫患儿上下肢的运动功能^[13-14]、平衡协调能力^[15]、认知功能^[16]。VR 技术是在虚拟情景下以游戏的方式进行康复训练, 符合儿童心理特性和发育特性, 能激发脑瘫患儿主动参与康复训练的内驱力、动力, 提高患儿的依从性, 改善治疗效果^[17]。脑瘫患儿除了疾病本身特征如肌肉痉挛、关节挛缩等遭受疼痛, 医源性(如神经发育学疗法、针灸、肉毒毒素治疗等)疼痛也不容忽视, 且痉挛型脑瘫尤为显著。有研究显示, 长期反复疼痛会使下丘脑等结构的可塑性发生改变, 影响远期脑功能^[18], 影响社会生活参与度, 包括日常康复训练。VR 技术的趣味性强, 使患儿沉浸其中, 能分散疼痛注意力^[19], 进而降低疼痛感知, 缓解疼痛应激, 提高康复治疗效果^[20]。VR 技术的虚拟环境丰富多彩, 有研究显示丰富环境能够促进中枢神经系统的发育及脑损伤修复^[21]; 国外早期研究表明^[22-23], VR 训练可使头颅影像学发生改变, 可以激活脑瘫患儿中枢神经系统感觉运动区的皮质、促进感觉运动系统的重组、提高肢体运动功能。

本研究采用具有 VR 技术的虚拟情景互动训练取得了不错的疗效, 分析其原因如下: ①患儿在游戏的进程中主动进行最大限度的足背曲、跖屈训练, 对踝关节起到主动牵伸作用, 减少肌肉蛋白聚糖等成分的黏稠度及僵硬程度, 延长肌纤维长度, 缓解小腿三头肌痉挛, 提升胫骨前肌肌力, 改善尖足。这与 WARNIER 等^[24]的研究结果一致。②由于脑瘫患儿小腿三头肌激活能力差, 踝关节本体感觉减退, 影响站立位平衡协调。应用虚拟情景互动训练患儿接受视听觉刺激后可以间接地为本体感觉提供正反馈, 同时患儿在视听觉反馈下进行足背曲、跖屈训练, 同样也增加踝关节本体感觉的输入, 提高患儿立位平衡协调能力。国内很多研究也证实这一结论^[25-26]。③患儿在虚拟游戏中正确完成指

令性任务后系统会自动给予加分奖励,更加激励患儿参与训练的主观能动性。

综上所述,具有VR技术的虚拟情景互动训练较传统的康复训练更能缓解脑瘫患儿的小腿三头肌痉挛,改善尖足状态,提高立位、行走、跑跳的能力,增加日常生活活动能力,提高脑瘫患儿日常生活参与度,改善生存质量。虚拟情景互动训练具有游戏特性,增加了患儿主动参与康复训练的兴趣,使得康复治疗不沉闷、枯燥,符合儿童的发育天性,更易于患儿接受,提高康复疗效,有利于长期坚持,值得推广。但本研究纳入的样本量相对较少,需要多中心大样本进一步研究。

参 考 文 献 :

- [1] 向俊璐,周文智,田萍,等.基于肌内神经分布的针刺方法治疗痉挛型脑瘫尖足的疗效观察[J].中华物理医学与康复杂志,2019,41(8):613-615.
- [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,中国医师协会康复医师分会儿童康复专业委员会,等.中国脑性瘫痪康复指南(2022)第四章:康复治疗(上)[J].中华实用儿科临床杂志,2022,37(16):1201-1229.
- [3] 黄丽娟,杨柳,任军丽,等.虚拟现实技术在脑瘫患儿康复中的应用进展[J].中国当代医药,2021,28(34):31-34.
- [4] 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.
- [5] HORSCH A, GÖTZE M, GEISBÜSCH A, et al. Prevalence and classification of equinus foot in bilateral spastic cerebral palsy[J]. World J Pediatr, 2019, 15(3): 276-280.
- [6] 严晓华,何璐,郑韵,等.改良Ashworth量表与改良Tardieu量表在痉挛型脑瘫患儿评定中的信度研究[J].中国康复医学杂志,2015,30(1):18-21.
- [7] GRACIES J M, BURKE K, CLEGG N J, et al. Reliability of the tardieu scale for assessing spasticity in children with cerebral palsy[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2010, 91(3): 421-428.
- [8] KO J, KIM M. Reliability and responsiveness of the gross motor function measure-88 in children with cerebral palsy[J]. Phys Ther, 2013, 93(3): 393-400.
- [9] 孙磊,朱欢,朱敏,等.两种评估量表对脑性瘫痪儿童粗大运动功能评定的相关性研究[J].东南大学学报(医学版),2018,37(3):436-440.
- [10] WANG J, SHI W, KHIATI D, et al. Acupuncture treatment on the motor area of the scalp for motor dysfunction in children with cerebral palsy: study protocol for a multicenter randomized controlled trial[J]. Trials, 2020, 21(1): 29.
- [11] 历虹,王金凤,马冬梅,等.脑性瘫痪儿童日常生活活动度护理评定量表的信度和效度研究[J].中国康复医学杂志,2020,35(2):156-160.
- [12] 张丽,张玲,陆芬,等.虚拟环境下动作观察口面肌训练治疗脑瘫流涎儿童的疗效观察[J].中华物理医学与康复杂志,2022,44(5):422-426.
- [13] GAGLIARDI C, TURCONI A C, BIFFI E, et al. Immersive virtual reality to improve walking abilities in cerebral palsy: a pilot study[J]. Ann Biomed Eng, 2018, 46(9): 1376-1384.
- [14] RATHINAM C, MOHAN V, PEIRSON J, et al. Effectiveness of virtual reality in the treatment of hand function in children with cerebral palsy: a systematic review[J]. J Hand Ther, 2019, 32(4): 426-434.e1.
- [15] 杨旭博,潘静,赵伊婷,等.虚拟现实技术在脑性瘫痪患儿中的应用及研究进展[J].中华物理医学与康复杂志,2022,44(3):282-284.
- [16] ARAN O T, ŞAHIN S, KÖSE B, et al. Effectiveness of the virtual reality on cognitive function of children with hemiplegic cerebral palsy: a single-blind randomized controlled trial[J]. Int J Rehabil Res, 2020, 43(1): 12-19.
- [17] BECKERS L W M E, GEIJEN M M E, KLEIJNEN J, et al. Feasibility and effectiveness of home-based therapy programmes for children with cerebral palsy: a systematic review[J]. BMJ Open, 2020, 10(10): e035454.
- [18] CARDOSO-CRUZ H, LIMA D, GALHARDO V. Impaired spatial memory performance in a rat model of neuropathic pain is associated with reduced hippocampus-prefrontal cortex connectivity[J]. J Neurosci, 2013, 33(6): 2465-2480.
- [19] 杨金芳,徐惠丽,周玉梅,等.虚拟现实技术在儿童PICC置管疼痛管理中的应用[J].湖北医药学院学报,2022,41(2):192-194.
- [20] 徐怡,赵晓科,陈梦莹,等.虚拟现实技术缓解痉挛型脑性瘫痪患儿治疗性疼痛的效果[J].中国康复理论与实践,2019,25(12):1458-1462.
- [21] 闵翠婷,李晓南.丰富环境中枢神经系统发育的影响及其临床应用[J].中国儿童保健杂志,2016,24(11):1168-1171.
- [22] GOLOMB M R, MCDONALD B C, WARDEN S J, et al. In-home virtual reality videogame telerehabilitation in adolescents with hemiplegic cerebral palsy[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2010, 91(1): 1-8.e1.
- [23] YOU S H, JANG S H, KIM Y H, et al. Cortical reorganization induced by virtual reality therapy in a child with hemiparetic cerebral palsy[J]. Dev Med Child Neurol, 2005, 47(9): 628-635.
- [24] WARNIER N, LAMBREGTS S, PORT I V D. 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.
- [25] 杨美霞,张玮涛,傅建明,等.虚拟现实训练技术对痉挛型脑瘫患儿平衡功能的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2019,41(4):291-293.
- [26] 王健建,桑学涵,孟兆祥,等.视觉反馈下平衡训练对全膝关节置换术后患者平衡能力及步行能力的影响[J].实用临床医药杂志,2023,27(1):74-78.

(张蕾 编辑)

本文引用格式: 张红敏,高晶,王丽娜.虚拟现实技术结合常规康复治疗对痉挛型脑性瘫痪患儿下肢运动功能的影响[J].中国现代医学杂志,2023,33(23):42-46.

Cite this article as: ZHANG H M, GAO J, WANG L N. Effect of virtual reality technology combined with routine rehabilitation treatment on lower limb motor function of children with spastic cerebral palsy[J]. China Journal of Modern Medicine, 2023, 33(23): 42-46.