

上肢多关节机器人训练对痉挛型偏瘫脑瘫患儿上肢运动功能及日常生活活动能力的影响

娄普 李文霞 耿香菊 尚清

郑州大学附属儿童医院、河南省儿童医院、郑州儿童医院(康复医学科), 郑州 450018

通信作者: 尚清, Email: Sqing1965@163.com

【摘要】 目的 观察上肢多关节机器人训练对痉挛型偏瘫脑瘫患儿上肢运动功能及日常生活活动能力的影响。**方法** 采用随机数字表法将 52 例痉挛型偏瘫脑瘫患儿分为观察组及对照组, 每组 26 例。2 组患儿均给予常规康复干预, 包括等速肌力训练、作业治疗、蜡疗、低频脉冲电、推拿按摩等, 观察组在此基础上辅以上肢多关节机器人训练, 对照组则在相同时间段辅以作业治疗。于治疗前、治疗 3 个月后分别采用 Fugl-Meyer 运动功能量表上肢部分 (FMA-UE) 评定患儿上肢运动功能情况, 采用组块测试 (BBT) 评定患儿手部运动功能, 采用改良 Barthel 指数量表 (MBI) 评定患儿日常生活活动能力情况。**结果** 治疗前 2 组患儿 FMA-UE、MBI 评分及 BBT 组间差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 治疗后 2 组患儿上述指标均较治疗前明显改善 ($P<0.05$); 并且治疗后观察组患儿 FMA-UE 评分 [(57.32±19.35) 分]、MBI 评分 [(90.98±26.91) 分] 亦明显优于同期对照组水平 ($P<0.05$)。**结论** 在常规康复干预基础上辅以上肢多关节机器人训练, 能进一步改善痉挛型偏瘫脑瘫患儿上肢运动功能及日常生活活动能力, 该联合疗法值得临床推广、应用。

【关键词】 上肢多关节机器人; 痉挛型偏瘫脑瘫; 上肢运动功能; 日常生活活动能力

基金项目: 河南省医学科技攻关计划联合共建项目 (LHGJ20190931)

Funding: Henan Medical Science and Technology Project (LHGJ20190931)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.08.009

脑性瘫痪 (简称脑瘫) 是一组由于发育中胎儿或婴幼儿脑部非进行性损伤引起的运动及姿势发育持续性障碍综合征^[1]。近年来随着围产医学进步, 脑瘫发病率逐年升高^[2]; 痉挛型偏瘫是脑瘫分型中最常见的一种, 患儿上、下肢均可受累, 严重危害儿童生命健康^[3]。由于粗大运动功能分级系统 (gross motor function classification system, GMFCS) 评级为 I~III 级的脑瘫患儿具备一定的独坐或平移能力, 故对该类患儿上肢运动功能进行强化训练, 对提高其日常生活活动能力具有重要意义^[4]。随着计算机及机械技术不断发展, 上肢多关节机器人在国内、外儿童康复中的应用日趋广泛, 并取得较好疗效^[5]。基于此, 本研究拟采用上肢多关节机器人训练治疗痉挛型偏瘫脑瘫患儿, 并观察对患儿上肢运动功能及日常生活活动能力的影响, 发现康复疗效显著。

对象与方法

一、研究对象及分组

选取 2019 年 1 月至 2021 年 6 月期间在河南省儿童医院康复科住院治疗的痉挛型偏瘫脑瘫患儿 52 例, 患儿纳入标准包

括: 均符合 2014 年《脑性瘫痪的定义、诊断标准及临床分型》中关于痉挛型偏瘫性脑瘫的诊断标准^[6]; 患儿 GMFCS 评级为 I~III 级; 存在单侧上肢运动功能障碍, 伴或不伴有下肢运动功能障碍; 患儿年龄 4~8 岁。患儿排除标准包括: 存在认知功能障碍或其他器官严重疾病; 伴有药物无法控制的癫痫; 存在严重视觉或听觉功能障碍等。所有患儿家属对本研究知晓并签署知情同意书, 本研究同时经河南省儿童医院医学伦理委员会审批 [2019-k-015]。采用随机数字表法将上述患儿分为观察组及对照组, 每组 26 例, 2 组患儿一般资料情况 (详见表 1) 经统计学比较, 发现组间差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 具有可比性。

二、治疗方法

2 组患儿均予常规康复治疗, 包括上臂屈伸等速肌力训练、作业治疗 (如更衣、进食及手工制作等)、蜡疗包裹瘫痪肢体、低频脉冲电刺激肱二头肌、肱三头肌及腕伸肌群、推拿按摩等, 每日治疗约 2 h, 每周治疗 6 d, 持续治疗 3 个月。

观察组患儿在上述干预基础上辅以上肢多关节机器人训练, 选用瑞士 Hocoma 公司产 Armeo Spring 儿童型机器人系统, 该机器人设备主要包括电脑主机、机械手臂及可调节座椅三部

表 1 入选时 2 组患儿一般资料情况比较

组别	例数	性别		年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	治疗时间 (年, $\bar{x}\pm s$)	左侧瘫痪 (例)	右侧瘫痪 (例)	头颅 MRI 异常 (例)	脑电图 异常 (例)	GMFCS 评级 (例)		
		男	女							I 级	II 级	III 级
观察组	26	16	10	5.4±1.7	2.6±1.0	11	15	26	10	5	11	10
对照组	26	17	9	4.8±1.4	2.4±0.9	12	14	26	9	7	10	9

分。训练开始前嘱患儿坐在可调节座椅上,将手臂固定在机械手臂上,根据患儿情况选择适合的游戏训练项目,具体训练方法如下:首先评估患儿上肢功能受限情况(包括瘫痪肢体肌力、肌张力、手腕关节、肘关节及肩关节活动范围等),调节机械手臂位置帮助患儿抵抗部分重力或提高训练阻力;根据患儿选择的训练任务(如足球射门、捕鱼、赛车等)指导其跟随屏幕箭头或指示移动上臂,随着患儿手臂移动,显示屏上的虚拟目标也会相应移动并完成射门、捕鱼、躲避障碍物等任务(见图 1)。当患儿成功完成某一个特定动作时,机器人系统会及时给出表扬语音及画面提示,训练过程中治疗师可在旁边示范并监督患儿完成动作情况;根据患儿恢复程度及时更换游戏训练内容、调整游戏反应时间及机械臂阻力,整个训练过程难度遵循由易到难原则,每次训练约 30 min,每天训练 1 次,每周训练 6 d,共训练 3 个月。对照组患儿则同期给予作业训练,包括更衣、进食及手工制作等,每天训练 1 次,每周训练 6 d,连续训练 3 个月。

三、疗效评定分析

于治疗前、治疗 3 个月后由同一位康复治疗师在双盲状态下对 2 组患儿进行疗效评定,采用 Fugl-Meyer 量表上肢部分(Fugl-Meyer assessment-upper extremity, FMA-UE)对患儿上肢运动功能情况进行评定,该量表主要评测反射活动、共同运动、分离运动、腕稳定性、手的运动及协调性等,共有 33 个小项,每个小项分值范围 0~2 分,满分为 66 分,得分越高表示患儿上肢运动功能越好^[7];采用组块测试(box and block test, BBT)评定患儿手部灵活性,要求患儿尽可能快速将体积约 3 cm³ 方块从盒子内一端移至另一端,并记录 60 s 内移动方块数量,移动方块数量越多表示患儿手功能越好^[8];采用改良 Barthel 指数(modified Barthel index, MBI)评定患儿日常生活活动能力情况,该量表评定内容包括修饰、洗澡、进食、穿衣、控制大便、控制小便、用厕、上下楼梯、床至椅转移、平地行走共 10 项,每项分值范围 0~15 分,满分 100 分,得分越高表示患儿日常生活活动能力越好^[9]。

四、统计学分析

本研究所得计量数据以($\bar{x}\pm s$)表示,采用 SPSS 22.0 版统计学软件包进行数据分析,计量资料组间比较采用独立样本 *t* 检验,组内治疗前、后比较采用配对样本 *t* 检验,计数资料比较采用 χ^2 检验,*P*<0.05 表示差异具有统计学意义。

结 果

治疗前 2 组患儿 FMA-UE、MBI 评分及 BBT 结果组间差异均无统计学意义(*P*>0.05);治疗后 2 组患儿上述疗效指标均较治疗前明显改善(*P*<0.05),并且治疗后观察组 FMA-UE 评分及 MBI 评分亦显著优于对照组水平,组间差异均具有统计学意义(*P*<0.05),治疗后观察组 BBT 结果较对照组有改善趋势,但组间差异仍无统计学意义(*P*<0.05),具体数据见表 2。

表 2 治疗前、后 2 组患儿 FMA-UE、MBI 评分及 BBT 结果比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	FMA-UE 评分 (分)	BBT (个)	MBI 评分 (分)
观察组				
治疗前	26	14.63±4.98	3.12±0.52	30.05±7.08
治疗后	26	57.32±19.35 ^{ab}	24.82±6.71 ^a	90.98±26.91 ^{ab}
对照组				
治疗前	26	15.09±6.67	2.15±0.96	32.08±6.97
治疗后	26	40.37±10.75 ^a	20.59±7.18 ^a	69.85±12.38 ^a

注:与组内治疗前比较,^a*P*<0.05;与对照组治疗后比较,^b*P*<0.05

讨 论

本研究显示,治疗后 2 组患儿 FMA-UE、MBI 评分及 BBT 结果均较治疗前明显改善(*P*<0.05),并且治疗后观察组 FMA-UE 及 MBI 评分亦显著优于对照组水平(*P*<0.05),表明在常规干预基础上辅以上肢多关节机器人训练,能进一步改善痉挛型偏瘫脑瘫患儿上肢运动功能及日常生活活动能力。

目前临床针对脑瘫患儿上肢功能障碍的新技术或新设备较少,其治疗仍以作业疗法为主,对脑瘫患儿上肢功能恢复具有一定促进作用,但作业疗法起效时间缓慢、治疗周期较长,患儿易产生厌倦心理或消极对待训练,同时治疗过程耗费大量的人力、物力,对患儿家庭及社会均造成巨大负担,故如何改进治疗措施既能减轻作业治疗师工作强度、又能提高患儿训练积极性具有重要意义^[10]。目前国内、外有大量文献报道,在脑卒中康复干预中辅以上肢机器人训练,能进一步改善患者肘关节屈曲、前臂旋后功能,提高其日常生活活动能力^[11],并且上肢机器人训练对改善患者本体觉及关节位置觉也具有重要作用^[12-13]。本研究采用的上肢多关节机器人可根据患儿具体情况选择适

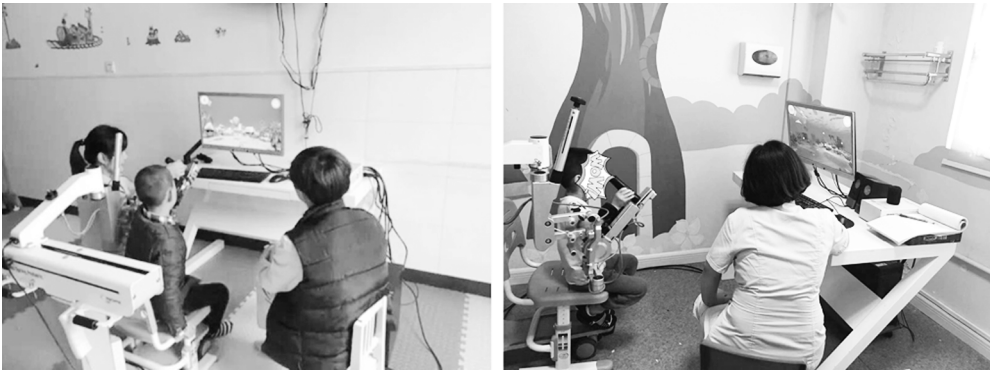


图 1 观察组患儿进行上肢多关节机器人训练示意图

合的游戏训练任务,整个训练过程趣味性较强,能显著提高患儿训练积极性,促其最大程度参与康复训练,同时在训练过程中患儿取得的任何进步都会实时反馈,也能提升患儿完成训练任务后的成就感,有利于其长期坚持训练。另外部分脑瘫患儿上肢存在严重运动功能障碍,靠自身肌力无法对抗肢体重力及顺利进行相关训练,导致康复疗效不理想。本研究上肢多关节机器人的机械手臂可为患儿提供手臂支撑,患儿可在不对抗肢体重力情况进行前臂功能训练,保证了康复训练顺利进行;随着患儿肢体功能日益改善,在训练过程中机械臂会逐渐减小支撑力甚至提供阻力,以进一步强化患儿肢体运动功能。

本研究观察组患儿在常规干预基础上辅以上肢多关节机器人训练,经 3 个月干预后发现患儿 FMA-UE 及 MBI 评分均显著优于对照组水平,表明上肢多关节机器人训练能进一步改善痉挛型偏瘫脑瘫患儿上肢运动功能及日常生活活动能力,与 Fasoli 等^[14]联合采用上肢机器人训练及肉毒素注射治疗脑瘫患儿的结果基本一致,但 Fasoli 的研究对象为重度痉挛型脑瘫患儿,故需使用肉毒素降低其肌张力。本研究入选脑瘫患儿的 GMFCS 评级为 I ~ III 级,已具备坐位保持功能,甚至还有一定独立移动能力^[15],并且能听懂简单指令,对游戏感兴趣,在进行上肢机器人训练过程中能积极配合并顺利完成相关训练任务,未发现患儿不能耐受训练。另外本研究结果还显示,治疗后观察组患儿 BBT 结果较对照组有改善趋势,但组间差异无统计学意义($P>0.05$),提示上肢多关节机器人训练对痉挛型偏瘫脑瘫患儿手指关节灵活性无明显改善作用,仍需作业治疗师花费大量时间进行强化针对性训练。

综上所述,在常规康复干预基础上辅以上肢多关节机器人训练,能进一步改善痉挛型偏瘫脑瘫患儿上肢运动功能及日常生活活动能力,该疗法值得临床进一步推广、应用。需要指出的是,本研究还存在诸多不足,包括样本量较小、疗效评定指标有待优化、未进行长期随访等,后续研究将针对上述不足进一步完善。

参 考 文 献

- [1] Torpy JM, Lynn C, Glass RM. JAMA patient page. Cerebral palsy [J]. JAMA, 2010, 304(9): 1028. DOI: 10.1001/jama.304.9.1028.
- [2] Jahan I, Muhit M, Hardianto D, et al. Epidemiology of cerebral palsy in low- and middle-income countries: preliminary findings from an international multi-centre cerebral palsy register [J]. Dev Med Child Neurol, 2021, 63(11): 1327-1336. DOI: 10.1111/dmcn.14926.
- [3] 滕丽婷, 郭迪, 张柳. 痉挛型脑性瘫痪儿童言语呼吸功能的评估进展 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2021, 43(7): 668-670. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.07.022.
- [4] Negrini S, Cote P, Kiekens C. Methodological quality of systematic re-

- views on interventions for children with cerebral palsy: the evidence pyramid paradox [J]. Dev Med Child Neurol, 2021, 63(11): 1244-1245. DOI: 10.1111/dmcn.14988.
- [5] 杨婷, 陈慧柚, 高政, 等. 经颅直流电刺激联合上肢机器人训练对脑卒中后偏瘫上肢运动功能影响的磁共振弥散张量成像研究 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2021, 43(9): 781-786. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.09.003.
- [6] 李晓捷, 唐久来, 马丙祥, 等. 脑性瘫痪的定义、诊断标准及临床分型 [J]. 中华实用儿科临床杂志, 2014, 29(19): 1520. DOI: 10.3760/j.issn.2095-428X.2014.19.024.
- [7] Cecchi F, Carrabba C, Bertolucci F, et al. Transcultural translation and validation of Fugl-Meyer assessment to Italian [J]. Disabil Rehabil, 2021, 43(25): 3717-3722. DOI: 10.1080/09638288.2020.1746844.
- [8] Araneda R, Ebner-Karestinos D, Paradis J, et al. Reliability and responsiveness of the Jebsen-Taylor test of hand function and the box and block test for children with cerebral palsy [J]. Dev Med Child Neurol, 2019, 61(10): 1182-1188. DOI: 10.1111/dmcn.14184.
- [9] Yang CM, Wang YC, Lee CH, et al. A comparison of test-retest reliability and random measurement error of the Barthel index and modified Barthel index in patients with chronic stroke [J]. Disabil Rehabil, 2020, 9(9): 1-5. DOI: 10.1080/09638288.2020.1814429.
- [10] Vu PP, Chestek CA, Nason SR, et al. The future of upper extremity rehabilitation robotics: research and practice [J]. Muscle Nerve, 2020, 61(6): 708-718. DOI: 10.1002/mus.26860.
- [11] Norouzi-Gheidari N, Archambault PS, Monte-Silva K, et al. Feasibility and preliminary efficacy of a combined virtual reality, robotics and electrical stimulation intervention in upper extremity stroke rehabilitation [J]. J Neuroeng Rehabil, 2021, 18(1): 61. DOI: 10.1186/s12984-021-00851-1.
- [12] 孙亚, 金敏敏, 李岩, 等. 上肢机器人辅助训练对恢复期脑卒中患者肩关节本体感觉的影响 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2017, 39(11): 806-810. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2017.11.002.
- [13] Kenzie JM, Semrau JA, Hill MD, et al. A composite robotic-based measure of upper limb proprioception [J]. J Neuroeng Rehabil, 2017, 14(1): 114. DOI: 10.1186/s12984-017-0329-8.
- [14] Fasoli SE, Fragala-Pinkham M, Hughes R, et al. Robotic therapy and botulinum toxin type A: a novel intervention approach for cerebral palsy [J]. Am J Phys Med Rehabil, 2008, 87(12): 1022-1025. DOI: 10.1097/PHM.0b013e31817fb346.
- [15] Kurenkov AL, Klochkova OA, Kuzenkova LM, et al. Multilevel botulinum toxin treatment in severe spastic forms of cerebral palsy [J]. Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova, 2020, 120(12): 57-66. DOI: 10.17116/jnevro202012012157.

(修回日期: 2022-03-28)

(本文编辑: 易 浩)