

神经康复机械手强化训练对脑卒中偏瘫患者 上肢运动功能恢复的影响

孙丹乔 王强 柏广涛 薛俊强 邓钰 王欣欣

【摘要】 目的 探讨神经康复机械手强化训练对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能恢复的影响。**方法** 选取脑卒中偏瘫患者 32 例,按随机数字表法分为常规康复训练组(10 例)、神经机械手治疗组(10 例)和强化神经机械手治疗组(12 例),患者均接受神经科常规药物治疗,常规康复训练组在此基础上接受常规性康复训练,每日 40 min,每周 5 d,神经机械手治疗组在常规康复训练组基础上增加机械手康复训练,每日 20 min,每周 5 d,强化神经机械手治疗组在常规康复训练组基础上增加机械手康复训练,每日 40 min,每周 5 d,所有患者均治疗 4 周。治疗前及治疗 4 周后(治疗后),对 3 组患的 Fugl-Meyer 上肢运动功能(FMA-UE)、改良 Barthel 指数(MBI)、上肢动作研究量表(ARAT)结果进行评估比较。**结果** 治疗前,3 组患者 FMA-UE、MBI、ARAT 比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。与组内治疗前比较,3 组患者 FMA-UE、MBI、ARAT 均有所改善($P<0.05$)。与常规康复训练组比较,神经机械手治疗组治疗后 FMA-UE[(47.0±2.6)分]、ARAT[(47.0±3.5)分]较高($P<0.05$),强化神经机械手治疗组 FMA-UE、MBI、ARAT 均较高($P<0.05$)。与神经机械手治疗组比较,强化神经机械手治疗组 FMA-UE[(51.0±1.8)分]、MBI[(78.0±4.5)分]、ARAT[(51.0±2.3)分]均较高($P<0.05$)。**结论** 神经康复机械手强化训练能显著改善脑卒中偏瘫患者上肢运动功能和日常生活能力。

【关键词】 脑卒中; 偏瘫; 上肢功能恢复; 机器人技术

基金项目:山东省自然科学基金(ZR2014JL057)

Effects of hand robot-assisted training on hemiplegic stroke patients' recovery of upper-limb function: A randomized and controlled trial Sun Danqiao, Wang Qiang, Bai Guangtao, Xue Junqiang, Deng Yu, Wang Xinxin. Department of Rehabilitation Medicine, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266000, China
Corresponding author: Wang Qiang, Email: sakulawangqiang@hotmail.com

【Abstract】 Objective To explore the effect of intensive upper limb therapy assisted by a hand robot on motor function after stroke and performance in the activities of daily living. **Methods** Thirty-two hemiplegic stroke survivors were randomly divided into a conventional rehabilitation group (group A, $n=10$), a robot-assisted therapy group (group B, $n=10$), and a robot-assisted intensive therapy group (group C, $n=12$). The three groups all received routine drug therapy and daily 40 min sessions of conventional rehabilitation training 5 days a week for 4 weeks. Those in groups B and C were additionally provided with 20 min of robot-assisted therapy or 40 min of more intensive robot-assisted intensive therapy respectively. Before and after the intervention, the 3 groups were assessed using the Fugl-Meyer assessment for the upper extremities (FMA-UE), the action research arm test (ARAT) and the modified Barthel Index (MBI). **Results** No significant differences were observed among the 3 groups in any of the measurements before the treatment. In each group the average FMA-UE, MBI and ARAT scores had increased significantly after four weeks of treatment. The improvements in the average FMA-UE and ARAT scores were more significant in group B than in group A, while the FMA, MBI and ARAT scores suggested a significantly greater improvement in group C than in group B. **Conclusion** Robot assistance can help to improve upper extremity motor function after a stroke. It also has an obvious effect on improving performance in the activities of daily living.

【Key words】 Stroke; Hemiplegia; Upper extremity function; Robot technology

Fund program:The Natural Science Foundation of Shandong Province(ZR2014JL057)

脑卒中是危害广大人民群众身体健康的重大疾病

之一,致死率和致残率高,多发生于中老年人,但近年来有年轻化的趋势。有研究表明,在脑卒中 6 个月后,有 30%至 66%偏瘫患者的上肢仍然没有相应功能,仅有 5%至 20%的患者表现出功能的完全恢复^[1]。机器人辅助技术近年来在脑卒中患者的康复中逐渐受到重

视,利用此项技术可以对脑卒中患者进行安全、高强度、可重复及任务相关性训练^[2-3]。神经康复机械手是以表面肌电驱动患肢进行主动被动运动相结合的新型康复治疗措施,对偏瘫患者上肢运动功能的提升有明显效果^[4]。本研究采用神经康复机械手强化训练治疗脑卒中偏瘫患者,旨在观察神经康复机械手对偏瘫上肢运动功能的影响。

对象与方法

一、研究对象

选取 2016 年 6 月至 2017 年 6 月在青岛大学附属医院康复医学科住院的脑卒中偏瘫患者 32 例。纳入标准:①所有患者均符合全国第 4 次脑血管病学术会议制订的脑卒中诊断标准^[5];②经颅脑 CT 或 MRI 诊断明确为脑卒中,且存在上肢运动功能障碍;③首次发生脑卒中,病程小于 6 个月;④肌痉挛改良 Ashworth 分级 ≤ 3 级;⑤患侧肩臂 Brunnstrom 分期 ≥ 3 期;⑥患者对本研究知情并签署相关文件。排除标准:①明显意识障碍、言语障碍或认知功能障碍;②合并严重心、肺、肝、肾、骨关节等疾病,不能配合训练或治疗依从性差的患者。按照随机数表法将患者分为常规康复训练组(10 例)、神经机械手治疗组(10 例)和强化神经机械手治疗组(12 例)。3 组患者年龄、脑卒中类型、病因及瘫痪侧别等一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。见表 1。

二、治疗方法

3 组患者均接受神经科常规药物治疗。训练方法具体如下:①常规康复训练组进行腕关节及手指运动训练,治疗师对患者拇指及其他四肢进行被动强化对指及手指抓握训练,同时利用 Rood 技术诱发偏瘫侧腕关节主动背伸及手指抓握、伸展动作。由患者独立进行或者健手辅助完成的推滚筒、磨砂板、套圈、插件等作业活动,以及转移能力训练、日常生活活动能力训练。上述康复训练动作重复 40 min/d,5 d/周,治疗 4 周;②神经机械手治疗组在常规康复训练(20 min/d)基础上联合神经机械手训练,具体操作参照 Pignolo 等^[6]的研究方法,在神经机械手被动模式下进行抓握练习,每次 10 min,然后在主动辅助模式下进行抓握训练,每次 10 min,每周 5 d,共 4 周;③强化神经机械手治疗组在常规康复训练(20 min/d)基础上联合神经机械手训

练,在神经机械手被动模式下进行抓握练习,每次 20 min,然后在主动辅助模式下进行抓握训练,每次 20 min,每周 5 d,共 4 周。

神经机械手训练方法:采用青岛产上肢智能康复训练系统(见图 1)。用酒精或清水清洗皮肤,待干燥后助患者穿戴外骨骼机械手,将表面电极分别贴于患侧前臂指伸肌和指屈肌区域。被动模式下,由机械手带动患侧手执行相应动作;主动辅助模式下,首先嘱患者尽力完成某一指定动作,同时电脑采集患者的表面肌电信号数据,并根据此数据设定阈值,在后续的训练中嘱患者再次做相应动作,再次测定的表面肌电信号超过基线水平后,机械手才会带动患侧手执行相应动作,患者可同时选择适合的单个或多个游戏项目进行训练。



图 1 神经康复机械手

三、评定方法

3 组患者于治疗前、治疗 4 周后(治疗后)进行功能评定,采用 Fugl-Meyer 上肢运动功能评价(Fugl-Meyer motor assessment-upper extremity, FMA-UE)评定患者的上肢运动功能,上肢运动功能总分 66 分;利用改良 Barthel 指数(modified Barthel index, MBI)评定患者的日常生活活动能力,总分 100 分;采用上肢动作研究量表(action research arm test, ARAT)评定患者的上肢运动功能,总分 57 分。所有评定均由同一医师完成。

四、统计学分析

采用 SPSS 19.0 版统计学软件包进行数据处理,符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)形式表示,组内资料比较采用配对资料 t 检验,3 组之间比较采用单因素方差分析,进一步组间两两比较采用 Bonferroni 检验,

表 1 3 组患者一般资料情况

组别	例数	年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	性别(例)		脑卒中类型(例)		瘫痪侧别(例)		病程(d, $\bar{x} \pm s$)
			男	女	脑梗死	脑出血	左	右	
常规康复训练组	10	64 \pm 9	5	5	7	3	7	3	93 \pm 10
神经机械手治疗组	10	58 \pm 10	6	4	7	3	8	2	87 \pm 16
强化神经机械手治疗组	12	63 \pm 11	6	6	8	4	5	7	105 \pm 17

$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

结 果

治疗前,3 组患者 FMA-UE、MBI、ARAT 比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。与组内治疗前比较,3 组患者 FMA-UE、MBI、ARAT 均有所改善($P < 0.05$)。与常规康复训练组比较,神经机械手治疗组治疗后 FMA-UE、ARAT 较高($P < 0.05$),强化神经机械手治疗组 FMA-UE、MBI、ARAT 均较高($P < 0.05$)。与神经机械手治疗组比较,强化神经机械手治疗组 FMA-UE、MBI、ARAT 均较高($P < 0.05$)。详见表 2。

表 2 3 组患者治疗前、后 FMA-UE、MBI、ARAT 比较
(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	FMA-UE	MBI	ARAT
常规康复训练组				
治疗前	10	36.7±3.4	63.0±7.7	36.0±2.1
治疗后	10	44.0±2.7 ^a	70.0±6.5 ^a	44.0±2.5 ^a
神经机械手治疗组				
治疗前	10	36.5±2.7	64.0±5.9	37.0±2.8
治疗后	10	47.0±2.6 ^{ab}	72.0±6.7 ^a	47.0±3.5 ^{ab}
强化神经机械手治疗组				
治疗前	12	36.2±3.7	60.0±6.9	37.0±2.4
治疗后	12	51.0±1.8 ^{abc}	78.0±4.5 ^{abc}	51.0±2.3 ^{abc}

注:与组内治疗前比较,^a $P < 0.05$;与常规康复训练组治疗后比较,^b $P < 0.05$;与神经机械手治疗组治疗后比较,^c $P < 0.05$

讨 论

本研究采用的神经机械手康复训练技术包括被动运动模式和主动辅助运动模式。主动辅助运动模式类似于肌电生物反馈模式,可将肌电信号转化成供人体识别的视听信号,提供任务导向性训练,提高参与性,与肌电生物反馈模式不同的是,其是由肌电信号触发机器带动患侧手运动而非肌电表面信号触发电刺激使肌肉收缩,该特点可以让患者进行大量的可重复性、任务导向性、功能性运动。治疗 4 周后,患者的 FMA-UE、MBI 及 ARAT 评分显著提高,神经机械手治疗组及强化神经机械手治疗组的 FMA-UE 评分、ARAT 评分较常规康复训练组评分提高,差异有统计学意义($P < 0.05$),表明机械手训练能更好地改善患者的上肢运动功能,其原因可能是:①机械手采用人机交互手段,患者的康复训练结果反馈到电脑屏幕,再从电脑屏幕实时感知反馈信息,从而调整自身运动,使整个过程可控,让患者感受到成功的喜悦,从而增加患者信心;②采用多种游戏界面结合虚拟模式训练,如拉弓、抓水果等,模拟生活中日常动作,增加了患者沉浸感体验,具有功能性和目的性,使其在训练中所学的技能更好地迁移运用到实际生活中^[7],避免了传统康复训练的

枯燥乏味;③由于个体差异性的存在,通过测定不同患者的表面肌电信号来设定阈值,制订不同难易程度的训练方案,使训练更具针对性和特异性,符合当今提倡的精准医疗的理念。机械手设置有不同模式的训练,可给予患者大量、重复的主动运动训练,增加感觉信息的输入,促进神经侧支再生和神经轴突突触间联系的建立,使受损的大脑功能重塑并重组^[8]。国外已将机械手纳入家庭常规康复训练,有研究表明,在家庭康复训练中应用机械手康复训练可增加手部的灵活性,提高肌肉收缩力,改善关节活动度^[9-10]。此外,本研究加入了强化训练比较,强化神经机械手治疗组治疗后 FMA-UE、MBI、ARAT 功能评分提高均优于机械手训练组,差异具有统计学意义($P < 0.05$),表明重复、高强度的机械手训练能更大程度地改善患侧上肢的运动功能。根据神经生理学的相关研究,重复性的运动形式是运动学习与运动康复的基础,大脑对信息的判断和整合及神经对运动的有效支配,通过反馈,不断调整运动模式,形成优化的神经网络和运动程序,支配相关肌肉的特定顺序、速度和力量,促进发展大脑的适应能力、前馈能力和协调能力^[11]。不断重复的手指屈伸练习有助于手指屈伸肌腱募集更多的运动单位,改善神经功能和神经支配肌肉的功能,从而达到改善手部功能和提高日常生活活动能力的目的。许多研究支持这一结论,国外学者进行荟萃分析后发现,主动重复的运动及高强度的治疗能够改善脑卒中患者上肢的运动功能,反复强化后能更好地促进中枢神经系统的功能重建^[12-14]。

本研究中,经过 4 周的训练,3 组患者的 MBI 评分均较组内治疗前增高,但常规康复训练组与神经机械手治疗组间 MBI 评分比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。表明机械手训练和常规康复训练均能改善患者的日常生活活动能力,两者在改善程度方面无显著差异。MBI 是一种在脑卒中康复研究中应用较多的工具,如果有代偿方法,即使患侧上肢功能较差,也能取得较高得分,因此 MBI 并不能恰当地反映出患侧上肢功能的进步对日常生活活动能力造成的影响。此外,MBI 评分也受下肢运动功能的影响,本研究未对下肢功能障碍的患者进行明确划分,所以不能仅以此指标就认为机械手康复训练不能改善脑卒中患者的日常生活活动能力。神经机械手治疗组及强化神经机械手治疗组间比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),表明在机械手训练基础上辅以高强度、不断重复的机械手训练,可提高患者的训练水平和效率,在一定程度上提升了康复训练的效果。有研究报道,机械手有抗阻运动模式和双手镜像运动模式等,对于脑损伤后上肢运动功能障碍治疗有积极意义,可为中重度上肢运动功能

障碍患者的康复提供方向^[6]。

大多数脑卒中患者存在上肢运动功能障碍,脑卒中发病后 1~6 个月是肢体功能改善最为明显的阶段,大多数脑卒中患者依赖非偏瘫侧肢体进行日常生活活动,所以会导致大多数脑卒中患者 6 个月后存在废用手及误用手的现象^[15]。目前针对脑卒中肢体的功能障碍治疗有多种康复治疗技术,如 Bobath 技术、Brunnstrom 技术、PNF 技术、运动再学习技术等,临床上主要依赖于治疗师运用多种康复治疗技术进行一对一徒手的高强度训练,评价多为主观性,不能实时监测治疗效果,也不能提供及时反馈。神经康复机械手训练弥补了这些方面的不足,其通过人机对话模式,将患者与外部机器设备进行结合,通过对患者反馈信号的分析,调整阈值标准,智能地辅助患者进行康复训练^[16],保证了针对性、重复性和稳定性,大量的重复运动能进一步激发脑卒中患者偏瘫侧上肢主动运动的潜能,从而有效促进患者的上肢运动功能恢复,提高患者日常生活活动能力。本研究仍有许多不足之处,如样本量较小、无随访资料,不能体现机械手训练对于患侧上肢运动能力和患者日常生活活动能力的远期影响。

总之,针对存在上肢功能障碍的脑卒中患者,采用机械手强化训练能较好地改善患侧上肢运动功能,尤其是手部精细化运动功能,未来需要多中心、大样本的随机对照试验来进一步证实机器人辅助训练的疗效^[17]。另外,针对脑卒中患者日常生活能力的恢复,不能仅关注单块肌肉、单个关节、单侧肢体的运动功能恢复,还需要注重整体运动模式的训练,从而提高脑卒中患者的日常生活水平。

参 考 文 献

- [1] Kwakkel G, Kollen BJ, van der Grond J, et al. Probability of regaining dexterity in the flaccid upper limb: impact of severity of paresis and time since onset in acute stroke [J]. *Stroke*, 2003, 34(9): 2181-2186.
- [2] Sale P, Franceschini M, Mazzoleni S, et al. Effects of upper limb robot-assisted therapy on motor recovery in subacute stroke patients [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2014, 11(6): 104. DOI: 10.1186/1743-0003-11-104.
- [3] Sale P, Mazzoleni S, Lombardi V, et al. Recovery of hand function with robot-assisted therapy in acute stroke patients: a randomized-controlled trial [J]. *Int J Rehabil Res*, 2014, 37(3): 236-242. DOI: 10.1097/MRR.0000000000000059.
- [4] Kutner NG, Zhang R, Butler AJ, et al. Quality-of-life change associated with robotic-assisted therapy to improve hand motor function in patients with subacute stroke: a randomized clinical trial [J]. *Phys*

Ther, 2010, 90(4): 493-504. DOI: 10.2522/ptj.20090160.

- [5] 中华神经科学会, 中华神经外科学会. 各类脑血管疾病诊断要点 [J]. *中华神经科杂志*, 1996, 29(6): 379-380.
- [6] Pignolo L, Lucca LF, Basta G, et al. A new treatment in the rehabilitation of the paretic upper limb after stroke: the ARAMIS prototype and treatment protocol [J]. *Ann Ist Super Sanita*, 2016, 52(2): 301-308. DOI: 10.4415/ANN_16_02_25.
- [7] Lee YY, Lin KC, Cheng HJ, et al. Effects of combining robot-assisted therapy with neuromuscular electrical stimulation on motor impairment, motor and daily function, and quality of life in patients with chronic stroke: a double-blinded randomized controlled trial [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2015, 12(10): 96. DOI: 10.1186/s12984-015-0088-3.
- [8] Bugar CG, Lum PS, Scremin AM, et al. Robot-assisted upper-limb therapy in acute rehabilitation setting following stroke: Department of Veterans Affairs multisite clinical trial [J]. *J Rehabil Res Dev*, 2011, 48(4): 445-458.
- [9] Nijenhuis SM, Prange GB, Amirabdollahian F, et al. Feasibility study into self-administered training at home using an arm and hand device with motivational gaming environment in chronic stroke [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2015, 12(10): 89. DOI: 10.1186/s12984-015-0080-y.
- [10] Prange GB, Kottink AI, Buurke JH, et al. The effect of arm support combined with rehabilitation games on upper-extremity function in subacute stroke: a randomized controlled trial [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2015, 29(2): 174-182. DOI: 10.1177/1545968314535985.
- [11] Page SJ. Intensity versus task-specificity after stroke: how important is intensity [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2003, 82(9): 730-732.
- [12] Murphy TH, Corbett D. Plasticity during stroke recovery: from synapse to behaviour [J]. *Nat Rev Neurosci*, 2009, 10(12): 861-872. DOI: 10.1038/nrn2735.
- [13] Kwakkel G, van Peppen R, Wagenaar RC, et al. Effects of augmented exercise therapy time after stroke: a meta-analysis [J]. *Stroke*, 2004, 35(11): 2529-2539.
- [14] MORONE G, BRAGONI M, IOSA M, et al. Who may benefit from robotic-assisted gait training? A randomized clinical trial in patients with subacute stroke [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2011, 25(7): 636-644. DOI: 10.1177/1545968311401034.
- [15] Bertani R, Melegari C, De Cola MC, et al. Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic review with meta-analysis [J]. *Neurol Sci*, 2017, 38(9): 1561-1569. DOI: 10.1007/s10072-017-2995-5.
- [16] Balasubramanian S, Klein J, Burdet E. Robot-assisted rehabilitation of hand function [J]. *Curr Opin Neurol*, 2010, 23(6): 661-670. DOI: 10.1097/WCO.0b013e32833e99a4.
- [17] Fasoli SE, Krebs HI, Ferraro M, et al. Does shorter rehabilitation limit potential recovery poststroke [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2004, 18(2): 88-94.

(修回日期: 2015-03-23)

(本文编辑: 凌 琛)