

- ment for gastrocnemius muscle in children with cerebral palsy checked against ultrasonography[J]. Arch phys Med Rehabil, 2009, 90(5): 741-744.
- [4] 林庆. 小儿脑性瘫痪的定义、诊断条件及分型[J]. 中华儿科杂志, 2005, 43(4): 262.
- [5] 靳令经, 张磊, 刘务朝, 等. 肉毒毒素生物效应的动态观察模型的构建及其量效关系[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2012, 34(5): 321-324.
- [6] 李晓捷. 实用脑性瘫痪康复治疗技术[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 495-497.
- [7] Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity[J]. Phys Ther, 1987, 67(2): 206-207.
- [8] Park ES, Rha DW, Yoo JK, et al. Short-term effects of combined serial casting and botulinum toxin injection for spastic equinus in ambulatory children with cerebral palsy[J]. Yonsei Med J, 2010, 51(4): 579-584.
- [9] 史惟, 王素娟, 杨红, 等. 中文版脑瘫儿童粗大运动功能分级系统的信度和效度研究[J]. 中国循证儿科杂志, 2006, 1(2): 122-129.
- [10] 史艳, 李静. 系统的抗痉挛治疗结合 Bobath 神经发育疗法对痉挛型脑性瘫痪患儿粗大运动的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2010, 32(9): 652-653.
- [11] 王志娇, 肖农. 超声引导下肉毒毒素治疗脑性瘫痪儿童上肢痉挛的疗效观察[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2011, 33(1): 42-43.
- [12] Satali H, Pietikainen T, Iisalo T, et al. Botulinum toxin type A injections into the calf muscles for treatment of spastic equinus in cerebral palsy: a randomized trial comparing single and multiple injection sites[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2002, 87(5): 386-394.
- [13] Bang MS, Chung SG, Kim SB, et al. Change of dynamic gastrocnemius and soleus muscle length after block of spastic calf muscle in cerebral palsy[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2002, 81(10): 760-764.
- [14] Papadonikolakis AS, Vekris MD, Korompilias AV, et al. Botulinum A toxin for treatment of lower limb spasticity in cerebral palsy: gait analysis in 49 patients[J]. Acta Orthop Scand, 2003, 74(6): 749-755.
- [15] Scholtes VA, Dallmeijer AJ, Knol DL, et al. Effect of multilevel botulinum toxin A and comprehensive rehabilitation on gait in cerebral palsy[J]. Pediatr Neurol, 2007, 36(1): 30-39.
- [16] Pin TW, Elmasry J, Lewis J. Efficacy of botulinum toxin A in children with cerebral palsy in Gross Motor Function Classification System levels IV and V: a systematic review[J]. Dev Med Child Neurol, 2013, 55(4): 304-313.
- [17] 蔡成欢, 冯尚武, 陈毅成. 神经损伤诊断治疗系统定位联合超声引导下注射 A 型肉毒毒素治疗脑卒中痉挛的疗效观察[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2011, 33(8): 638-639.
- [18] Py AG, Zein Addeen G, Perrier Y, et al. Evaluation of the effectiveness of botulinum toxin injections in the lower limb muscles of children with cerebral palsy. Preliminary prospective study of the advantages of ultrasound guidance[J]. Ann Phys Rehabil Med, 2009, 52(3): 215-223.
- [19] Depedibi R, Unlü E, Cevikol A, et al. Ultrasound-guided botulinum toxin type A injection to the iliopsoas muscle in the management of children with cerebral palsy[J]. NeuroRehabilitation, 2008, 23(3): 199-205.

(修回日期: 2015-06-13)  
(本文编辑: 凌 琛)

## · 短篇论著 ·

# 人机交互训练与评估系统对脑卒中患者手功能的影响

施加加 花佳佳 程会兰 孙莹 李周 罗艳

随着作业治疗的迅速发展, 作业治疗师不仅可以很好地徒手辅助或者指导患者使用简便的康复器具进行手功能训练<sup>[1]</sup>, 而且还可以使用各种上肢和手的人机交互康复设备辅助训练, 该类设备典型带有大量的感应器和传感器、信号转换模块以及视听觉反馈和生物力学原理的应用<sup>[2]</sup>。本研究应用的人机交互康复设备(E-LINK 系统)是通过视听觉、运动和肌电反馈等方法, 以游戏训练形式来对患者上肢和手进行主动运动控制训练, 旨在观察该系统联合常规康复方法对脑卒中患者手功能康复训练的疗效。

## 一、对象与方法

### (一) 研究对象

选取 2013 年 2 月至 2014 年 8 月我院老年康复科住院的脑卒中患者, 入选标准: ①符合全国第 4 次脑血管学术会议制订的脑卒中诊断标准<sup>[3]</sup>, 并经颅脑 CT 或 MRI 等影像学检查证实; ②患者首次发病, 年龄 55~75 岁; ③病程 1~6 个月; ④单侧偏瘫; 偏瘫侧上肢和手的 Brunnstrom 分期<sup>[4]</sup>均 ≥ III 期, 上肢主要运动肌的改良 Ashworth 肌张力分级<sup>[5]</sup>均 ≤ 2 级, 肌力 ≥ 3 级; ⑤生命体征稳定; ⑥所有患者均签署知情同意书。排除严重认知功能障碍、视听觉功能以及空间感知障碍的患者, 并通过院伦理委员会许可。将满足上述标准的 45 例患者按随机数字表法分为观察组(23 例)和对照组(22 例)。观察组: 男 13 例, 女 10 例; 平均年龄(67.4 ± 4.2)岁; 平均病程(2.7 ± 1.2)个月; 患侧为左侧 7 例, 患侧为右侧 16 例; 脑梗死 14 例, 脑出血 9 例。对照组: 男 10 例, 女 12 例; 平均年龄(65.7 ± 3.9)岁; 平均病程(3.1 ± 1.4)个月; 患侧为左侧 8 例, 患侧为右侧 14 例; 脑梗死 12 例, 脑出血 10 例。2 组患者在年龄、性别、病程、患侧侧别及疾病类型等方面经统计学分析比较, 差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), 具有可比性。

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2015.08.014

作者单位: 215300 苏州, 昆山市康复医院(施加加、程会兰、孙莹、李周、罗艳); 南通市第六人民医院(花佳佳)

通信作者: 花佳佳, Email: 178987546@qq.com

## (二) 训练方法

该系统由评估、训练、分析、报告和数据库组成,共有 19 项游戏项目供选择,根据治疗的部位和要求选择不同的模块和游戏,每项游戏可调节不同的变量,保证训练的趣味性。

本研究为期 4 个月,所有患者均接受常规康复训练,对照组在常规康复基础上增加 1 次徒手作业训练;观察组在常规康复基础上增加人机交互训练与评估系统<sup>[6]</sup>(E-LINK 系统 E4000 型,英国 Biometrics 公司研发)辅助下的手功能训练,每次 30 min,1 次/日。

常规康复训练:①运动疗法——良肢位摆放、床上活动、坐站转移、站立训练、步行训练、辅助器具和瘫痪肌肉力量训练等,每次 40 min,2 次/日;②徒手作业训练——更衣、进食、刷牙、洗脸、洗澡等日常生活活动训练,串珠子、拧紧或松螺丝、插板、折纸和夹弹珠等手指协调性训练,每次 30 min,1 次/日;③物理因子治疗——应用功能性电刺激和肌电生物反馈疗法,对患者患侧上下肢进行治疗,每次 20 min,2 次/日。

人机交互训练与评估系统辅助下的手功能训练:该设备模块主要有握力器、捏力器、中央抗阻控制器、肌电反馈角度运动训练仪(小肌电传感器、大肌电传感器、小角度传感器、大角度传感器)等。训练中,首先使用该系统对患者的手功能进行量化评估,主要有手握力、拇指对食指和中指的捏力、腕关节和手部的关节活动度;然后作业治疗师根据患者的手功能能力(肌力和关节活动范围等)选择适合患者的训练项目,通过训练模块的搭配和电脑游戏的结合来组建一个训练的项目,同时设置该训练项目的难度(通过设置关节活动度训练范围、运动协调难易程度和运动中阻力大小来调节训练项目的难度)。训练过程中患者手持训练组件,面对电脑屏幕中的游戏进行训练,患者犹如在玩游戏或者犹如实施真实的作业活动,作业治疗师需要根据患者的能力改变项目强度和相应的训练指导,并通过语言或手势对患者进行鼓励,使患者在活动度范围和力量上获得更大的成绩(分数)。如游戏“篮子接球”,不仅可以设定游戏中的落球点(平均分布、侧重左侧或侧重右侧)、下落速度、下落频率,而且可以对组件的阻力大小进行设定。在患者进行训练时,采用美国手功治疗师协会提出的标准化测量体位<sup>[7]</sup>,同时治疗师要及时纠正患者的异常运动姿势,训练中休息时间为 30 s。

## (三) 评定方法

分别于治疗前和治疗 4 个月后(治疗后),对 2 组患者进行康复评估,包括①系统综合评分:利用 E-LINK 系统对患者患侧手部最大握力、拇指对食指、拇指对中指捏力,患手前臂和腕关节主动关节活动度进行量化测量<sup>[8]</sup>和该系统自带的综合评分,总分 100 分,由系统根据指定游戏完成情况得出,测量 3 次取平均值,所有测量值越高代表患者的手部运动功能越好;②上肢功能测试(upper extremity function test, UEFT)<sup>[9]</sup>,包括手部的抓握、握、侧捏、捏以及上肢的放置、旋前旋后共 33 项,每项有 0、1、2 和 3 分四个得分标准,总分是 99 分,根据得分的高低分为微弱、很差、差、功能不完全、完全有功能和功能达到最大六个功能级别,分值越高,其功能越好;③Fugl-Meyer 运动功能评分上肢部分(upper extremities of Fugl-Meyer motor assessment scale, UE-FMA)<sup>[10]</sup>,共 33 项,每项最低分为 0 分,最高分为 2 分,总分为 66 分,主要是评价脑卒中患者肢体异常的运动模式的主观评价量表,得分越低代表患者异常的运动模式越严重。

## (四) 统计学方法

使用 SPSS 17.0 版统计软件进行数据分析,所得计数资料采用卡方检验,计量资料以( $\bar{x} \pm s$ )表示,经正态分布检验和方差齐性检验,组间比较采用独立样本 *t* 检验,组内比较采用配对样本 *t* 检验, $P < 0.05$  认为差异有统计学意义。

## 二、结果

治疗过程中,观察组和对对照组因患者主动要求提前出院,各失访 1 例患者。

(一) 2 组患者治疗前、后人机交互系统综合评分和手部力量比较

治疗前,2 组患者的系统综合评分、手最大握力、拇-食指最大捏力、拇-中指最大捏力组间比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ );治疗后,2 组患者的上述各项评价指标均较组内治疗前明显升高( $P < 0.01$ ),且观察组与对照组治疗后比较,亦明显提高,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),详见表 1。

表 1 2 组患者治疗前、后人机交互训练与评估系统测试评分比较( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别  | 例数 | 系统综合评分(分)                   | 手最大握力(磅)                   | 拇-食指最大捏力(磅)               | 拇-中指最大捏力(磅)               |
|-----|----|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 观察组 |    |                             |                            |                           |                           |
| 治疗前 | 23 | 53.00 ± 16.61               | 12.55 ± 4.10               | 2.34 ± 0.87               | 1.74 ± 0.65               |
| 治疗后 | 22 | 78.28 ± 14.33 <sup>ab</sup> | 20.70 ± 6.66 <sup>ab</sup> | 4.55 ± 1.96 <sup>ab</sup> | 3.55 ± 1.06 <sup>ab</sup> |
| 对照组 |    |                             |                            |                           |                           |
| 治疗前 | 22 | 56.40 ± 15.11               | 13.13 ± 4.35               | 2.15 ± 0.80               | 1.76 ± 0.54               |
| 治疗后 | 21 | 71.65 ± 13.47 <sup>a</sup>  | 16.87 ± 6.02 <sup>a</sup>  | 3.34 ± 1.28 <sup>a</sup>  | 2.65 ± 0.88 <sup>a</sup>  |

注:1 磅 = 0.4536 kg;与治疗前组内比较,<sup>a</sup> $P < 0.01$ ;与对照组治疗后比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$

(二) 2 组患者治疗前、后前臂主动旋前旋后和腕关节屈伸关节活动度比较

治疗前,2 组患者的前臂主动旋前旋后和腕关节主动屈伸关节活动度组间比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ );治疗后,2 组患者上述各项评价指标均较组内治疗前明显升高( $P < 0.01$ ),且观察组升高程度明显优于对照组,治疗后 2 组间同时点比较,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),详见表 2。

表 2 2 组患者治疗前、后前臂主动旋前旋后和腕关节主动屈伸关节活动度比较( $^{\circ}$ ,  $\bar{x} \pm s$ )

| 组别  | 例数 | 前臂主动旋前旋后<br>关节活动度(°)        |                             | 腕关节主动屈伸<br>关节活动度(°)         |                             |
|-----|----|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|     |    | 旋前                          | 旋后                          | 背伸                          | 掌屈                          |
| 观察组 |    |                             |                             |                             |                             |
| 治疗前 | 23 | 25.68 ± 13.50               | 22.42 ± 11.20               | 13.35 ± 7.33                | 16.33 ± 7.04                |
| 治疗后 | 22 | 42.25 ± 14.35 <sup>ab</sup> | 48.26 ± 18.15 <sup>ab</sup> | 35.05 ± 17.28 <sup>ab</sup> | 34.62 ± 16.00 <sup>ab</sup> |
| 对照组 |    |                             |                             |                             |                             |
| 治疗前 | 22 | 23.00 ± 12.01               | 24.14 ± 10.33               | 15.67 ± 8.56                | 15.79 ± 8.59                |
| 治疗后 | 21 | 36.24 ± 13.96 <sup>a</sup>  | 40.22 ± 16.23 <sup>a</sup>  | 28.06 ± 12.45 <sup>a</sup>  | 27.44 ± 11.24 <sup>a</sup>  |

注:与治疗前组内比较,<sup>a</sup> $P < 0.01$ ;与对照组治疗后比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$

(三) 2 组患者治疗前、后上肢和手的运动功能评价指标比较

治疗前,2 组患者 UEFT 和 UE-FMA 评分组间比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ );治疗后,2 组患者各项评价指标均较组内治疗前明显提高( $P < 0.01$ ),且观察组提高较对照组更为明显,治疗后组间比较,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),详见表 3。

表 3 2 组患者治疗前、后上肢和手运动功能评价指标比较 (分,  $\bar{x} \pm s$ )

| 组别  | 例数 | UEFT                        | UE-FMA                      |
|-----|----|-----------------------------|-----------------------------|
| 观察组 |    |                             |                             |
| 治疗前 | 23 | 45.32 ± 15.65               | 39.66 ± 9.22                |
| 治疗后 | 22 | 70.01 ± 25.33 <sup>ab</sup> | 47.44 ± 12.07 <sup>ab</sup> |
| 对照组 |    |                             |                             |
| 治疗前 | 22 | 42.69 ± 16.06               | 38.22 ± 9.01                |
| 治疗后 | 21 | 57.78 ± 19.06 <sup>a</sup>  | 43.56 ± 10.74 <sup>a</sup>  |

注:与治疗前组内比较,<sup>a</sup> $P < 0.01$ ;与对照组治疗后比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$

### 三、讨论

常规运动疗法和作业疗法、功能性电刺激、肌电生物反馈训练等康复治疗对脑卒中患者的手功能和日常生活活动能力的临床疗效已经得到研究证实<sup>[11-12]</sup>。本研究中,训练初利用设备的角度传感器和肌力传感器测量患侧上肢或手指的活动范围、肌力大小,治疗师根据测试结果选择合适的训练游戏及设置合适的活动范围或阻力,主要进行握力、握力、压力和关节活动度等上肢和手功能训练。

本研究结果显示,观察组患者患侧手部最大握力、拇指对食指、拇指对中指握力、前臂主动旋前和旋后、腕关节主动屈伸和上肢功能测试较对照组提高更为明显,提示该系统能够促进患者患侧手部力量和关节活动度的恢复;观察组患者患侧 UE-FMA 评分亦较对照组提高更为明显( $P < 0.05$ ),提示该系统能够改善脑卒中患者上肢和手的异常运动模式,促进分离运动的产生;该系统通过视听觉和本体感觉等生物反馈技术提高患者康复的主动性以及患者的手眼协调、注意力、记忆力和空间感知能力<sup>[13-14]</sup>,而且以任务为导向的游戏训练模式对患者也有很强的吸引力,能提高其依从性<sup>[15]</sup>。与常规训练相比,E-LINK 系统可以使患者更容易认识并完成生活中具体动作(手指屈伸、手抓握、拇指对掌、握、夹等各种动作)<sup>[16]</sup>,通过选择不同等级、难度、速度的训练游戏,可以让患者随着主动运动功能的改善挑战难度大、速度快的训练,从而最大程度地恢复手功能<sup>[17]</sup>。脑卒中患者上肢和手大多存在运动粗大、生硬、不协调等控制问题,从而强调手功能的抓握功能恢复,忽视了对抓握的力度及范围的控制练习,因此,通过 E-LINK 评估与训练系统加强对上肢和手的运动控制训练,可以使患者的控制能力获得提高<sup>[18]</sup>。

综上所述,人机交互训练与评估系统(E-LINK 评估与训练系统)联合常规康复训练可以有效改善脑卒中患者手部力量和关节活动度,促进共同运动的分离,值得临床推广使用。

### 参 考 文 献

- [1] 由丽,饶江,刘莉,等. 作业疗法改善脑卒中后偏侧感觉障碍及手功能的效果[J]. 中国康复理论与实践,2012,18(7):638-639.
- [2] Donati M, Vitiello N, De Rossi SM, et al. A flexible sensor technology for the distributed measurement of interaction pressure[J]. Sensors, 2013,13(1):1021-1045.

- [3] 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.
- [4] Pandian S, Arya K N, Davidson E W R. Comparison of Brunnstrom movement therapy and Motor Relearning Program in rehabilitation of post-stroke hemiparetic hand: a randomized trial[J]. J Bodyw Mov Ther, 2012,16(3):330-337.
- [5] Li F, Wu Y, Li Y. Test-retest reliability and inter-rater reliability of the Modified Tardieu Scale and the Modified Ashworth Scale in hemiplegic patients with stroke[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2014,50(1):9-15.
- [6] 朱颖艳,孙莹,郭靖,等. E-LINK 评估与训练系统对脑卒中患者手部运动功能恢复的影响[J]. 中国康复,2014,29(5):356-358.
- [7] Fess EE. Grip strength[M]// Casanova JS. Clinical assessment recommendations. 2nd ed. Chicago: Am Society of Hand Therapists, 1992: 41-45.
- [8] 李周,周虹,孙莹,等. 综合康复评估及训练系统在脑卒中患者上肢及手的运动控制训练中的应用[J]. 中国康复医学杂志,2013,28(7):663-664.
- [9] Kowalczewski J, Ravid E, Prochazka A. Fully-automated test of upper-extremity function[J]. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2011: 7332-7335.
- [10] Zhang GQ, Luo LY, Ogbuji C, et al. An analysis of multi-type relational interactions in FMA using graph motifs with disjointness constraints[J]. AMIA Annu Symp Proc, 2012:1060-1069.
- [11] 铃木三央,陈晓梅,李晏龙. 脑卒中后遗症患者上肢、手的恢复[J]. 中国康复理论与实践,2011,17(9):818-824.
- [12] Woldag H, Stupka K, Hummelsheim H. Repetitive training of complex hand and arm movement with shaping is beneficial for motor improvement in patients after stroke[J]. J Rehabil Med, 2010,42(6):582-587.
- [13] Cordo P, Wolf S, Lou JS, et al. Treatment of severe hand impairment following stroke by combining assisted movement, muscle vibration, and biofeedback[J]. J Neurol Phys Ther, 2013,37(4):194-203.
- [14] Stanton R, Ada L, Dean CM, et al. Biofeedback improves activities of the lower limb after stroke: a systematic review[J]. J Physiother, 2011,57(3):145-155.
- [15] Hsu HY, Lin CF, Su FC, et al. Clinical application of computerized evaluation and re-education biofeedback prototype for sensorimotor control of the hand in stroke patients[J]. J Neuroeng Rehabil, 2012,9(1):26.
- [16] 杨延砚,周谋望,黄东锋. 最大握力和握力检测用于脑卒中患者上肢功能评定的研究[J]. 中国康复医学杂志,2008,23(5):395-397.
- [17] Yin D, Song F, Xu D, et al. Patterns in cortical connectivity for determining outcomes in hand function after subcortical stroke[J]. PLoS One, 2012,7(12):e52727.
- [18] Yin DZ, Luo YL, Song F, et al. Functional reorganization associated with outcome in hand function after stroke revealed by regional homogeneity[J]. Neuroradiology, 2013,55(6):761-770.

(修回日期:2015-03-23)

(本文编辑:汪 玲)