

治疗方案。

参 考 文 献

- [1] Winward CE, Halligan PW, Wade DT. Current practice and clinical relevance of somatosensory assessment after stroke[J]. Clin Rehabil, 1999, 13(1):48-55.
- [2] 中华神经科学会, 中华神经外科学会. 各类脑血管病诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 1996, 39(6):379-380.
- [3] Celnik P, Hummel F, Harris-Love M, et al. Somatosensory stimulation enhances the effects of training functional hand tasks in patients with chronic stroke[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2007, 88(11):1369-1376.
- [4] Conforto AB, Cohen LG, dos Santos RL, et al. Effects of somatosensory stimulation on motor function in chronic cortico-subcortical strokes[J]. J Neurol, 2007, 254(3):333-339.
- [5] 随燕芳, 宋振华, 童良前, 等. 成对关联刺激对脑卒中患者上肢运动功能恢复的影响及其与运动皮质兴奋性改变之间的相关性分析. 中华物理医学与康复杂志, 2013, 35(9):703-707.
- [6] Mudie MH, Matyas TA. Can simultaneous bilateral movement involve the undamaged hemisphere in reconstruction of neural networks damaged by stroke[J]. Disabil Rehabil, 2000, 22(1-2):23-37.
- [7] Carey LM, Matyas TA. Frequency of discriminative sensory loss in the hand after stroke in a rehabilitation setting[J]. J Rehabil Med, 2011, 43(3):257-263.
- [8] Staines WR, Black SE, Graham SJ, et al. Somatosensory gating and recovery from stroke involving the thalamus[J]. Stroke, 2002, 33(11):2642-2651.
- [9] Ward NS, Brown MM, Thompson AJ, et al. Neural correlates of motor recovery after stroke: a longitudinal fMRI study[J]. Brain, 2003, 126(11):2476-2496.
- [10] Ward NS, Brown MM, Thompson AJ, et al. Longitudinal changes in cerebral response to proprioceptive input in individual patients after stroke: an fMRI study[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2006, 20(3):398-405.
- [11] Nhan H, Barquist K, Bell K, et al. Brain function early after stroke in relation to subsequent recovery[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2004, 24(7):756-763.
- [12] Weiss T, Miltner WH, Liepert J, et al. Rapid functional plasticity in the primary somatomotor cortex and perceptual changes after nerve block[J]. Eur J Neurosci, 2004, 20(12):3413-3123.
- [13] Elbert T, Sterr A, Flor H, et al. Input-increase and input-decrease types of cortical reorganization after upper extremity amputation in humans[J]. Exp Brain Res, 1997, 117(1):161-164.
- [14] Schabrun SM, Hillier S. Evidence for the retraining of sensation after stroke: a systematic review[J]. Clin Rehabil, 2009, 23(1):27-39.
- [15] Kim YH, You SH, Ko MH, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation-induced corticomotor excitability and associated motor skill acquisition in chronic stroke[J]. Stroke, 2006, 37(6):1471-1476.

(修回日期:2014-10-06)

(本文编辑:凌 琛)

机器人辅助训练对脑卒中患者上肢功能恢复的影响及功能性磁共振分析

梁天佳 吴小平 龙耀斌 周开斌 黄盛才 廖明珍 莫明玉 曹锡忠

【摘要】 目的 观察脑卒中患者经机器人辅助训练后其上肢运动功能的改善及脑功能重组情况。**方法** 共选取脑卒中偏瘫患者 16 例,均在常规康复干预基础上辅以上肢康复机器人训练,每天训练 120 min,每周训练 5 d,共训练 6 周。于治疗前、治疗 6 周后分别采用 Brunnstorm 分期评定、简化 Fugl-Meyer 上肢运动功能评分及改良 Barthel 指数对患者进行疗效评定,同时于上述时间点采用功能性磁共振(fMRI)观察患者脑功能重组情况。**结果** 治疗后入选患者 Brunnstorm 分期评分[(5.35±0.45)分]、Fugl-Meyer 上肢评分[(55.85±8.16)分]及 MBI 评分[(82.71±7.80)分]均较治疗前明显改善($P<0.05$)。fMRI 检查结果显示,治疗后入选患者执行对指任务时其感觉运动激活区体积[(612.25±302.15)mm³]较治疗前激活体积[(380.36±154.11)mm³]明显增大($P<0.05$);治疗后入选患者执行对指任务时脑总的激活区体积[(19 625.26±8453.37)mm³]亦显著大于治疗前激活体积[(9014.16±3278.41)mm³]($P<0.05$)。**结论** 上肢机器人辅助训练能促进脑卒中偏瘫患者大脑皮质功能重组,显著提高患者偏瘫侧上肢运动功能及日常生活活动能力,该疗法值得临床推广、应用。

【关键词】 脑卒中; 上肢机器人; 上肢运动功能; 功能性磁共振; 脑功能重组

脑卒中是导致偏瘫的主要原因之一^[1],卒中后上肢功能恢

复的最佳时间是发病后 3 个月内,一旦超过这个时期,上肢受损功能将很难恢复^[2]。目前有多项研究表明,上肢机器人辅助训练为卒中后上肢运动功能恢复提供了一种新的康复治疗方法,并被证实具有较好疗效^[3-4]。功能性磁共振(functional magnetic resonance imaging, fMRI)作为一项方便、无创的脑功能检查手段,近年来在神经领域广泛应用,通过 fMRI 检查可清楚显示脑卒中患者经康复治疗后的脑局部功能区残留情况以及同

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2014.011.007

基金项目:广西壮族自治区卫生厅科研项目(桂卫 Z2012084)

作者单位:530007 南宁,广西医科大学第一附属医院西院康复医学科

通信作者:吴小平, Email:289523960@qq.com

侧辅助功能区、对侧功能区代偿情况等,对指导临床治疗、评价康复疗效及预后等具有重要意义^[5-6]。基于上述背景,本研究重点探讨了脑卒中患者经上肢机器人辅助训练后的上肢功能改善及脑功能重组情况,拟初步探讨上肢机器人辅助训练治疗脑卒中的相关机制。现报道如下。

对象与方法

一、研究对象

共选取 2013 年 3 月至 2014 年 1 月期间在我院治疗的 16 例缺血性脑卒中患者,患者入选标准包括:①经颅脑 CT 或 MRI 检查确诊为初发右侧缺血性脑卒中,均为左侧偏瘫、右利手,生命体征平稳;②年龄 < 70 岁,病程 ≤ 3 个月;③偏瘫侧手已出现屈曲共同运动,肌痉挛 Ashworth 分级 ≤ 2 级,偏瘫上肢 Brunnstrom 分期为 3 ~ 5 期;④简易智力状况检查量表 (mini-mental state examination, MMSE) 评分如下,文盲患者 > 17 分,小学程度患者 > 20 分,中学 (包括中专) 程度患者 > 22 分,大学 (包括大专) 程度患者 > 23 分;⑤听理解功能基本正常,能配合相关检查及治疗;⑥有较好的康复欲望及良好的家庭支持,患者对本研究知情同意。患者剔除标准包括:①患有严重心肺功能障碍等全身性疾病;②伴有影响偏瘫侧上肢运动功能的其他疾病;③伴有短暂性脑缺血发作、可逆性缺血性神经功能缺损等;④存在 MRI 检查禁忌证等。上述入选患者中,共有男 10 例,女 6 例,年龄 (51.2 ± 11.4) 岁,病程 (28.0 ± 10.3) d。

二、治疗方法

所有患者均针对偏瘫侧下肢给予常规康复干预,包括运动训练 (如主动运动、软组织牵伸训练、肌力训练、神经发育治疗、运动再学习训练等)、物理因子治疗 (如电刺激等) 及针灸等,本研究还同时采用 A2 型肢体智能反馈训练系统 (广州产) 对患者肩关节功能 (包括屈曲、内收、外展功能)、肘关节功能 (屈、伸功能)、前臂功能 (旋前、旋后功能) 及手抓握功能进行强化训练 (见图 1)。该训练系统共有 3 种模式供选择,每种训练模式均提供数个相对应的训练小游戏,一次可选择单个或多个游戏进行训练。一维训练模式为单关节训练,即对上肢某个关节 (包含肩关节、肘关节或腕关节等) 进行单独训练,具体训练游戏内容有煎鸡蛋、枪击、装水、射箭、接仙桃、金币、赛车、气球、捕鱼、接蛋、打排球等;二维训练模式指对多个关节相互间协调性进行强化训练,具体训练游戏内容有摘苹果、飞机射击、二维跳跃、擦墙、几何图形、物品分类、智力找数、颜色识别、图片记忆、趣味拼图、雷电等;三维训练模式是在二维训练基础上增加前、

后向活动范围,使整个训练在一个三维空间内进行,具体训练游戏内容有击球、行走等。上述训练均遵循循序渐进原则,根据患者实际功能情况合理设置训练内容 (游戏选定)、训练难度 (低、中、高) 及握力大小,通常初始阶段由治疗师指导并给予助力以帮助患者完成训练,然后逐渐过渡到患者独立完成训练,训练模式从一维训练逐渐过渡到三维训练,训练难度逐步增加,每天上午、下午各训练 1 次,每次训练时间为 60 min,每天共训练 120 min,每周训练 5 d,总疗程为 6 周。

三、疗效评定标准

分别于治疗前、治疗 6 周后对入选患者偏瘫侧上肢运动功能进行评定,具体评定内容包括:①Brunnstrom 分期,Ⅰ期:无随意运动;Ⅱ期:能引出联合反应、协同运动;Ⅲ期:有随意出现的协同运动;Ⅳ期:协同运动模式打破,开始出现分离运动;Ⅴ期:肌张力逐渐恢复,有分离精细运动;Ⅵ期:运动功能接近正常水平。按上述各期特点对患者进行量化评分,分别计 1, 2, 3, 4, 5, 6 分^[7]。②Fugl-Meyer 上肢功能评分,要求患者执行上肢屈曲、伸展、外旋、内旋、旋前、旋后等一系列动作,根据患者执行动作过程中的肢体反射状态、屈伸协同运动及选择性分离运动等情况进行评分,总分为 66 分,分值越大表示患者上肢功能越好^[8]。③改良 Barthel 指数量表 (modified Barthel index, MBI) 评分,该量表评定内容包括进食、洗澡、修饰、穿衣、大便、小便、如厕、床椅转移、行走、上下楼梯,根据每个项目完成情况分为 5 级,即完全依赖、最大帮助、中等帮助、最小帮助和完全独立共 5 个等级,满分为 100 分,分值越高表示患者日常生活活动能力越好^[9]。

本研究同时于上述时间点采用 fMRI 检查入选患者脑功能重组情况,头部 fMRI 检查按照 block-sign 设计,采用美国 GE 公司 Signal ST 型磁共振扫描仪,按文献^[10]报道的方法,以平行于胼胝体前后联合连线为基线,上缘到达额、顶叶皮质,下缘到达小脑幕水平,每隔 5 mm 扫描 1 层,共扫描 12 层,扫描同时嘱患者执行拇指与食指和中指的对指动作,每秒对指 2 次。基线静息期 24 s,对指 30 s,休息 30 s,共进行 6 个周期,约耗时 6 min 24 s,按照先左手、后右手顺序分别检查,采用 Afni 软件进行图像处理分析并计算激活脑区体积。

四、统计学分析

本研究所得计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示,采用 SPSS 13.0 版统计学软件包进行数据分析,应用配对 *t* 检验对治疗前、后患者 Brunnstrom 评分、Fugl-Meyer 上肢评分、MBI 评分、感觉运动区激活体积及总激活体积变化情况进行比较, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、治疗前、后患者偏瘫侧上肢功能改善情况分析

与治疗前比较,治疗后患者偏瘫侧上肢 Brunnstrom 评分、Fugl-Meyer 上肢评分及 MBI 评分均有明显改善,与治疗前差异均具有统计学意义 ($P < 0.05$),具体数据见表 1。

二、治疗前、后患者 fMRI 检查结果比较

治疗前患者偏瘫侧手执行对指任务时,仅病灶侧存在散在激活点;治疗后当患者偏瘫侧手执行对指任务时,发现其大脑总兴奋区及躯体感觉运动区激活范围均较治疗前明显增大 (以病灶侧半球运动前区、辅助运动区、顶枕叶及病灶对侧半球运



图 1 机器人辅助训练示意图

运动前区激活情况较显著),经配对 t 检验后发现治疗前、后 fMRI 检查结果间差异具有统计学意义 ($P < 0.05$),提示机器人辅助训练能促进脑卒中患者皮质代偿及脑功能重组,具体数据见表 2。

表 1 治疗前、后入选患者偏瘫侧上肢功能改善情况分析(分, $\bar{x} \pm s$)

评定时间	例数	上肢 Brunnstorm 评分	Fugl-Meyer 上肢评分	MBI 评分
入选时	16	3.80 $\pm$ 0.50	32.25 $\pm$ 6.60	46.00 $\pm$ 4.82
治疗后	16	5.35 $\pm$ 0.45 ^a	55.85 $\pm$ 8.16 ^a	82.71 $\pm$ 7.80 ^a

注:与入选时评定结果比较,^a $P < 0.05$

表 2 治疗前、后入选患者偏瘫侧手执行对指任务时 fMRI 检查结果比较(mm^3 , $\bar{x} \pm s$)

评定时间	例数	fMRI 感兴趣区	
		躯体感觉运动激活区	大脑总兴奋区
入选时	16	380.36 $\pm$ 154.11	9014.16 $\pm$ 3278.41
治疗后	16	612.25 $\pm$ 302.15 ^a	19 625.26 $\pm$ 8453.37 ^a

注:与入选时评定结果比较,^a $P < 0.05$

讨 论

人脑具有很强的可塑性及代偿能力,通常运动皮质含有支配同侧上肢功能的运动区,在正常情况下,机体一侧肢体运动完全由对侧大脑皮质运动区控制,而支配同侧上肢的运动区多处于休眠状态^[11]。当对侧运动区发生功能障碍时,同侧运动区功能就会激活,例如有研究报道,当机体发生脑损伤后,执行健手对指任务时 fMRI 检查仅发现对侧运动感觉区出现较集中的兴奋区;而偏瘫侧手执行主动运动时,fMRI 检查则显示病灶对侧运动皮质出现兴奋区^[12]。如针对脑卒中患者给予一定强度以具体任务为导向的功能性训练,则能进一步激活同侧上肢运动区以代偿受损的原有运动传出通路功能,促进中枢神经系统重组及功能代偿,有利于患者肢体运动功能恢复^[12],为机器人辅助康复训练提供了理论基础。

机器人辅助训练是一种运动再学习方法,该训练手段较传统康复训练具有显著优势^[13],如机器人辅助训练具有连续性、精确性、无疲劳性、程序性、可评估等优点,能有效解决传统康复训练中存在的容易疲劳、主观性强等问题,同时还能有效减轻治疗师工作负担,并能根据患者实际情况有针对性地设计训练方案;通过设计目的性较强的动作训练及作业治疗,有助于提高患者上肢灵活性及协调性,使其尽量恢复至正常水平,对促进患者运动皮质代表区功能重组具有重要作用。

本研究入选患者经 6 周机器人辅助训练后,发现其上肢运动功能均明显改善,提示上肢康复机器人训练可显著促进脑卒中患者偏瘫侧上肢运动功能恢复及日常生活活动能力提高;经 fMRI 检查则进一步证实,治疗后入选患者偏瘫侧手执行对指任务时病灶对侧脑半球皮质兴奋区明显扩大,且出现较多激活点,提示入选脑卒中患者经上肢机器人康复训练后,其偏瘫侧手执行主动对指运动时引发病灶对侧皮质功能兴奋区扩大,从而代偿发生障碍的原运动传出通路功能,促进功能依赖性皮质重组,上述 fMRI 结果也与入选患者上肢运动功能显著改善相匹配。关于机器人辅助训练的治疗机制可能包括:上肢机器人

辅助训练主要针对偏瘫侧上肢进行集中、重复、强化训练,能使两侧脑半球与运动相关的可兴奋神经组织(包括对侧顶叶后部、躯体感觉区等)被激活,并通过与初级运动区、运动前区、辅助运动区等联系,形成新的运动模式,也可与病灶对侧脑皮质发生联系,激活同侧手的运动代表区功能,从而加速偏瘫侧手功能恢复。上述脑功能重组过程中通常伴有局部代谢改变,如血流量、流速加快、血氧含量增高等,通过 fMRI 扫描会显示相应的脑功能激活区,有助于了解患者脑功能重组情况。

需要指出的是,由于本研究样本量较少,未能设立其他康复训练对照组,且脑卒中部位及严重程度未统一;另外为了使研究对象能完成主动对指动作,本研究纳入的研究患者其运动功能损伤程度较轻;随着时间进展,患者自身脑功能重组代偿亦可使其运动功能获得一定程度改善,本研究难以区分机器人辅助训练引发的脑功能重组与同期自身脑功能重组间的差异,上述不足之处均有待后续研究深入探讨。

参 考 文 献

- [1] 吴兆苏,姚崇华,赵冬.我国人群脑卒中发病率、死亡率的流行病学研究[J].中华流行病学杂志,2003,24(3):236-239.
- [2] 张继荣,吴霜,黄宇,等.规范三级康复治疗对脑卒中后偏瘫伴肩痛患者上肢运动功能及其生活质量的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2012,34(5):374-376.
- [3] 毕胜,季林红,纪树荣.依据神经康复原则应用机器人对脑卒中和脑外伤患者上肢运动功能障碍的康复训练[J].中华物理医学与康复杂志,2006,28(8):523-527.
- [4] 梁天佳,吴小平,莫明玉.上肢康复机器人结合功能性电刺激对偏瘫上肢功能恢复的影响[J].实用医学杂志,2012,28(13):2230-2231.
- [5] 傅悦,张云亭,张权.脑梗死患者手运动功能区 fMRI 研究[J].临床放射学杂志,2007,26(7):648-652.
- [6] 傅悦.脑卒中病人中枢神经功能损伤重建的 BOLD-fMRI 研究[J].国外医学放射学分册,2006,29(2):81-84.
- [7] 南登崑.康复医学[M].北京:人民卫生出版社,2008:160.
- [8] 朱镛连.神经康复学[M].北京:人民军医出版社,2001:151.
- [9] 闵瑜,吴媛媛,燕铁斌.改良 Barthel 指数(简体中文版)量表评定脑卒中患者日常生活活动能力的效度和信度研究[J].中华物理医学与康复杂志,2008,30(3):185-188.
- [10] 蒋瑞妹,胡昔权,邹艳,等.脑梗死患者脑功能重组的功能性磁共振成像研究[J].中华物理医学与康复杂志,2010,32(5):342-346.
- [11] Ogawa S, Lee TM, Kay AR, et al. Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1990, 87(24):9868-9872.
- [12] Feydy A, Carlier R, Roby-Brami A, et al. Longitudinal study of motor recovery after stroke: recruitment and focusing of brain activation[J]. Stroke, 2002, 33(6):1610-1617.
- [13] Kahn LE, Zygmant ML, Rymer WZ, et al. Robot-assisted reaching exercise promotes arm movement recovery in chronic hemiparetic stroke: a randomized controlled pilot study[J]. J Neuroeng Rehabil, 2006, 3(1):12.

(修回日期:2014-09-10)

(本文编辑:易 浩)