

· 临床研究 ·

虚拟现实技术对不同类型脑卒中患者
偏瘫上肢功能的影响

梁明 窦祖林 王清辉 熊巍 温红梅 姜丽 郑雅丹 陈颖蓓 杨琼

【摘要】目的 观察虚拟厨房上肢训练结合常规作业治疗对不同类型脑卒中(脑出血和脑梗死)恢复期患者偏瘫上肢功能康复的临床疗效。**方法** 选取脑卒中恢复期偏瘫患者 60 例,按随机数字表法随机分为治疗组(30 例)和对照组(30 例)。对照组接受常规作业治疗,治疗组在常规作业治疗基础上增加虚拟厨房上肢训练。2 组患者均于治疗前和治疗 3 周后(治疗后)进行上肢运动功能评定(FMA-UE)及以改良巴氏指数(MBI)评定日常生活活动能力,同时记录患肘屈曲/伸展最大等长收缩(MIVC)时肱二、三头肌的表面肌电信号(sEMG),计算相应的协同收缩率(CR),并比较 2 组的疗效。**结果** 治疗后,2 组患者各项指标与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。治疗后,治疗组的 FMA-UE 和 MBI 评分分别为(45.97 ± 6.30)分和(70.03 ± 10.62)分,与对照组治疗后的(40.33 ± 8.23)分和(61.87 ± 10.85)分比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$);治疗后,2 组患者患肘屈曲肱二头肌和患肘伸展肱三头肌 CR 组间比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。2 组按病变性质分型比较,治疗后,2 组中脑出血和脑梗死患者的各项指标与组内同型治疗前比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$);治疗组脑卒中和脑梗死患者的 FMA-UE 和 MBI 评分与对照组同型治疗后比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$);但 2 组中脑出血和脑梗死患者的患肘屈曲肱二头肌和患肘伸展肱三头肌 CR 组间同型比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 虚拟厨房上肢康复训练结合常规作业治疗可显著改善不同病变性质脑卒中(脑出血和脑梗死)患者偏瘫上肢的运动功能和日常生活活动能力。

【关键词】 脑卒中; 偏瘫; 虚拟现实; 上肢功能; 协同收缩率

Virtual reality for the rehabilitation of upper extremity function after stroke Liang Ming*, Dou Zulin, Wang Qinghui, Xiong Wei, Weng Hongmei, Jiang Li, Zheng Yadan, Chen Yingbei, Yang Qiong. * Department of Rehabilitation Medicine, People's Hospital of the Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumchi 830001, China

Corresponding author: Dou Zulin, Email: douzul@163.com

【Abstract】Objective To observe the effect of upper extremity training in a virtual kitchen combined with conventional occupational therapy on the hemiplegic upper extremity function of patients with hemorrhagic and ischemic stroke in the convalescent phase. **Methods** Sixty convalescing stroke patients with hemiplegia were divided into a therapy group ($n = 30$) and a control group ($n = 30$) using a random number table. The control group accepted conventional occupational therapy. The therapy group accepted virtual kitchen training in addition. Before the experiment and after 3 weeks of therapy, surface electromyogram (sEMG) signals over the biceps and triceps brachii during maximum isometric voluntary contractions (MIVCs) flexing and extending the affected elbow were recorded. The Fugl-Meyer assessment for the upper extremities (FMA-UE), the modified Barthel index (MBI) and the relevant co-contraction ratio (CR) were used as outcome measures. **Results** Compared with pre-training, both groups showed significant improvements post-training on all of the measures. But the therapy group showed significantly greater improvement in terms of both average FMA-UE score and average MBI. Both hemorrhagic and ischemic stroke patients showed these significant improvements. **Conclusion** Conventional occupational therapy for retraining the upper limbs after stroke may be more effective when combined with training using a virtual kitchen.

【Key words】 Stroke; Hemiplegia; Virtual reality; Upper extremity function; Co-contraction

脑卒中是严重危害中老年人生命健康的常见疾

病之一,根据其病理特点及发病机制,可分为脑出血和脑梗死;约 30% ~ 36% 的脑卒中患者发病 6 个月后仍遗留不同程度的一侧上肢功能障碍^[1],主要表现为肌力下降、肌张力增高和运动模式异常^[2],严重影响患者的日常生活活动(activity of daily living, ADL)能力。虚拟现实(virtual reality, VR)技术是通过运用综合技术构建三维视、听、触一体化的虚拟环

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2014.08.005

基金项目:广东省部产学研结合项目(2010B090400414)

作者单位:830001 乌鲁木齐,新疆维吾尔自治区人民医院康复科(梁明);中山大学附属第三医院康复医学科(窦祖林、温红梅、姜丽、郑雅丹、陈颖蓓、杨琼);华南理工大学机械与汽车工程学院(王清辉、熊巍)

通信作者:窦祖林,Email:douzul@163.com

境,使用户借助相关设备与 VR 世界中的物体交互并相互影响,进而产生身临其境般的感受与体验^[3]。课题组前期研究已证实,虚拟厨房上肢康复训练能提高卒中患者偏瘫上肢功能,但对于不同类型脑卒中(脑出血和脑梗死)患者的改善情况并未进行研究分析。本研究旨在通过临床随机对照试验进一步观察虚拟厨房上肢康复训练对不同类型脑卒中(脑出血和脑梗死)患者偏瘫上肢的疗效,以期为临床治疗提供决策及依据。

资料与方法

一、研究对象

入选标准:①年龄 45~80 岁;②符合全国第四届脑血管病学术会议修订的各类脑血管病诊断要点中脑血管病诊断标准,均经头颅 CT 或 MRI 扫描证实;③初发脑卒中,病程 1~6 个月;④简式 Fugl-Meyer 运动功能评定量表(Fugl-Meyer assessment, FMA)上肢运动功能评分 ≥ 20 分;⑤经改良的 Ashworth 痉挛量表检测,患肢屈指、屈肘肌张力 ≤ 2 级;⑥健肢能正确操作 3D 鼠标;⑦签署知情同意书。

排除标准:①老年痴呆、严重行为问题或精神病患者;②有认知障碍,简易精神状态量表(mini-mental state examination, MMSE) ≤ 24 分,不能配合训练;③各种疾病所致上肢关节疼痛或活动受限;④重要器官(心肺肝肾等)衰竭,恶性肿瘤及病情不稳定者;⑤各种原因拒绝训练者。

选取 2012 年 2 月至 2013 年 7 月在中山大学附属第三医院康复医学科住院且符合上述标准的脑卒中患者 60 例,按随机数字表法分成治疗组和对照组,每组 30 例。经统计学分析,2 组患者一般资料组间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),详见表 1。本研究获得中山大学附属第三医院医学伦理委员会批准。

表 1 2 组患者一般资料

组别	例数	性别(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	平均病程 (月, $\bar{x} \pm s$)
		男	女		
治疗组	30	20	10	57.97 $\pm$ 11.98	3.62 $\pm$ 1.66
对照组	30	18	12	59.27 $\pm$ 10.83	3.25 $\pm$ 1.50

组别	例数	病变性质(例)		偏瘫侧(例)	
		脑梗死	脑出血	左	右
治疗组	30	17	13	21	9
对照组	30	16	14	19	11

二、训练方法

对照组患者在常规康复治疗的基础上根据神经生理学和神经发育学原理,给予有针对性的康复作业治疗,包括患侧上肢肩胛骨松动训练,主动辅助及主动训练,关节活动训练,取物训练及患手手指抓握与张开训

练等。主要以患侧训练为主,也包括少量健侧辅助患侧的训练。上述作业治疗每日 1 次,每次 40 min,每周训练 5 d,连续治疗 3 周。

治疗组患者在对照组治疗方案的基础上增加虚拟厨房上肢康复训练,治疗每日 1 次,每次 20 min,虚拟厨房上肢康复训练每日 1 次,每次 20 min,每周共训练 5 d,连续治疗 3 周。虚拟厨房上肢康复训练系统由硬件和软件 2 个部分组成。

1. 硬件部分:由广州一康医疗设备有限公司提供,①外骨骼力臂——依据人体运动学原理设计,与正常上肢各关节运动模式相一致。患肢通过固定带缚在力臂上完成肩关节前屈/后伸、内收/外展,肘关节屈曲/伸展。力臂末端手柄上装有柱状压力传感器,能感受患手握力大小并将力信号转变成电信号传递给虚拟环境中的虚拟手并保持两者一致。力臂上装有重力补偿装置,能根据不同患者患肢重力大小的不同,提供相应支撑力,从而保证训练的安全性;②计算机、3D 显示器、3D 眼镜、3D 鼠标——计算机将虚拟的厨房环境呈现在 3D 显示器上,让患者佩戴 3D 眼镜进入该环境,然后以健手操作 3D 鼠标使自己在虚拟厨房环境中来回观察、走动,再根据任务指令以患侧上肢完成相应的厨房工作。

2. 软件部分:由中山大学附属第三医院康复医学科与华南理工大学机械与汽车工程学院共同研发。软件构建虚拟厨房环境,包括各种厨房任务如烧开水、摆餐具、放茶具、盛水果等任务。软件可提供视觉和听觉反馈来强化训练效果,并能避免在真实环境中操作时所发生的危险。视觉反馈包括,①患者可实时看到整个训练过程并自行纠正错误的操作,强化正确的操作;②3D 显示器上方有文字提示帮助患者完成相关厨房操作;③当虚拟手靠近物体达系统认为可的抓取范围时,物体会变成红色,提示此时可抓住物体。听觉反馈包括,①患手靠近物体达可抓取范围时,系统会有语音提示其抓取该物体;②患者正确完成一个操作时系统会发出赞美的声音来鼓励患者完成更多的任务。治疗过程中,治疗师应根据患者的病情特点制定个体化的训练任务,循序渐进,并根据患者的恢复情况实时调整任务内容及难度。

三、疗效评定

2 组患者均于治疗前和治疗 3 周后(治疗后)进行如下疗效评定。

1. 上肢功能评定:采用简式 Fugl-Meyer 量表(Fugl-Meyer assessment, FMA)上肢部分(FMA-UE)评定 2 组患者的上肢运动功能,总分 66 分,得分越高表示上肢运动功能越好。

2. ADL 功能评定:采用改良 Barthel 指数(modified Barthel index, MBI)评定 2 组患者的 ADL 能力,总分

100 分,得分越高表示 ADL 功能越好。

3. 患肘屈曲-伸展最大等长收缩(maximum isometric voluntary contraction, MIVC)时肱二、三头肌积分肌电值(integrated electromyogram, iEMG)及协同收缩率(co-contraction ratio, CR)测定。

(1)测试设备:①Mega ME6000 型肌电图仪(芬兰 Mega 公司);②肘关节屈曲/伸展最大等长收缩测力系统(中山大学附属第三医院康复医学科研发)。

(2)测试方法:①皮肤准备——用 70% 酒精棉球擦拭被测试部位,以减小皮肤与电极间阻抗;②电极放置方法及技术参数——表面电极为 Ag-AgCl 心电监护电极,导电区直径 10 mm;电极放置部位参照 Mega 说明书进行,置于肌腹最膨隆处且两电极连线与肌纤维走向平行,电极中心间距为 20 mm,参考电极置于肱骨外上髁。sEMG 信号进行带通滤波器(10 ~ 200 Hz)滤过,全波整流,采样频率 1000 Hz,共模抑制比 > 130 dB,增益 1000,噪声 < 1 μ V, A/D 转换 12 Bit^[2];③参照 Soylu 等^[4]的步骤:受试者坐在座椅上,上身用固定带固定。肘屈曲 90°,前臂保持中立位,放置在金属 U 型槽内,U 型槽末端与腕相平,并用固定带将前臂固定。调节 U 型槽到桌边距离使患者上臂大致与桌面水平呈 30°角并固定。测试前训练 1 min,让患者熟悉测试过程,休息 5 min 后再进行正式测试。每次测试前需按显示屏下方归零键进行压力校准,测试时嘱患者在 MIVC 下做屈肘/伸肘动作各 10 s,连接导线,同步记录肱二、三头肌的 iEMG(分析时统一取中间 3 s)。测试 3 次,每次间歇 5 min,取最大值,并计算 CR。计算公式如下:CR(%) = 拮抗肌 iEMG/(主动肌 iEMG + 拮抗肌 iEMG)^[5]。所有 sEMG 信号保存于计算机,采用 Fcodas 软件(芬兰)分析 sEMG 数据。

四、统计学分析

采用 SPSS 13.0 版统计学软件进行统计学分析。计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示。2 组患者年龄、病程等一般资料采用 t 检验,性别、偏瘫侧及发病类型比较采用 χ^2 检验。组内治疗前、后比较采用配对资料 t 检验,组间比较采用两独立样本 t 检验,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

治疗后,2 组患者各项指标与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。治疗后,治疗组的 FMA-UE 和 MBI 评分分别为(45.97 ± 6.30)分和(70.03 ± 10.62)分,与对照组治疗后的(40.33 ± 8.23)分和(61.87 ± 10.85)分比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$);治疗后,2 组患者患肘屈曲肱二头肌和患肘伸展肱三头肌 CR 组间比较,差异均无统计学

意义($P > 0.05$),详见表 2。

表 2 2 组患者治疗前、后各项指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	FMA-UE (分)	MBI(分)	患肘屈曲 肱二头肌 CR(%)	患肘伸展 肱三头肌 CR(%)
治疗组					
治疗前	30	36.93 $\pm$ 7.57	57.97 $\pm$ 12.16	18.59 $\pm$ 6.54	36.14 $\pm$ 9.07
治疗后	30	45.97 $\pm$ 6.30 ^a	70.03 $\pm$ 10.62 ^{ab}	14.95 $\pm$ 4.64 ^a	27.19 $\pm$ 10.00 ^a
对照组					
治疗前	30	34.97 $\pm$ 8.54	56.47 $\pm$ 11.27	18.43 $\pm$ 6.56	36.26 $\pm$ 9.98
治疗后	30	40.33 $\pm$ 8.23 ^a	61.87 $\pm$ 10.85 ^a	15.06 $\pm$ 5.75 ^a	30.27 $\pm$ 8.42 ^a

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

2 组按病变性质分型比较,治疗后,2 组中脑出血和脑梗死患者的各项指标与组内同型治疗前比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$);治疗组脑卒中和脑梗死患者的 FMA-UE 和 MBI 评分与对照组同型治疗后比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$);但 2 组中脑出血和脑梗死患者的患肘屈曲肱二头肌和患肘伸展肱三头肌 CR 组间同型比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),详见表 3 和表 4。

表 3 2 组中脑出血患者治疗前、后各项指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	FMA-UE (分)	MBI(分)	患肘屈曲 肱二头肌 CR(%)	患肘伸展 肱三头肌 CR(%)
治疗组					
治疗前	13	36.23 $\pm$ 7.51	58.08 $\pm$ 11.98	18.87 $\pm$ 6.75	35.43 $\pm$ 8.20
治疗后	13	46.15 $\pm$ 6.28 ^{ab}	70.69 $\pm$ 10.52 ^{ab}	15.37 $\pm$ 4.71 ^a	27.03 $\pm$ 9.54 ^a
对照组					
治疗前	14	34.21 $\pm$ 8.27	56.86 $\pm$ 11.63	17.94 $\pm$ 6.26	36.13 $\pm$ 8.85
治疗后	14	40.21 $\pm$ 8.40 ^a	62.29 $\pm$ 10.54 ^a	14.85 $\pm$ 5.20 ^a	30.03 $\pm$ 9.51 ^a

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

表 4 2 组中脑梗死患者治疗前、后各项指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	FMA-UE (分)	MBI(分)	患肘屈曲 肱二头肌 CR(%)	患肘伸展 肱三头肌 CR(%)
治疗组					
治疗前	17	37.47 $\pm$ 7.81	57.88 $\pm$ 12.67	18.38 $\pm$ 6.58	36.68 $\pm$ 9.90
治疗后	17	45.82 $\pm$ 6.50 ^{ab}	69.53 $\pm$ 10.99 ^{ab}	14.63 $\pm$ 4.70 ^a	27.30 $\pm$ 10.63 ^a
对照组					
治疗前	16	35.63 $\pm$ 8.98	56.13 $\pm$ 11.30	18.86 $\pm$ 6.99	36.38 $\pm$ 11.16
治疗后	16	40.44 $\pm$ 8.36 ^a	61.50 $\pm$ 11.45 ^a	15.25 $\pm$ 6.35 ^a	30.48 $\pm$ 7.66 ^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

脑卒中后偏瘫上肢康复一直是临床治疗中重点要解决的问题。传统的上肢康复是治疗师运用各种手法和器械用具辅助患者训练,过程单调枯燥,易使患者失去兴趣和信心,且治疗师工作量大,易疲劳,训练效率也较低。近年来,VR 技术因其沉浸性、交互性及想象性等特点被广泛运用于上肢功能康复^[6-7]。本研究中,虚拟厨房上肢康复系统的设计依据运动再学习理论,

将中枢神经系统损伤后运动功能的恢复性训练看做一个再学习或再训练过程。患者将在虚拟厨房训练中学得的运动技能与存在的正常运动功能相结合,通过视听觉反馈,不断纠正异常运动模式,强化正常模式,获得成功的愉悦体验从而激发其训练积极性,使其不断地训练直至掌握此项运动技能,进而更好地迁移运用到实际生活中,提高 ADL 能力。虚拟厨房训练能避免在真实厨房操作时发生的危险如跌倒、被物体碰伤和被开水烫伤等,从而更好地保证训练安全性。有研究显示,双侧上肢训练较单侧训练更能提高卒中患者偏瘫上肢功能^[8,9]。本研究中,患者通过健侧上肢操作 3D 鼠标在虚拟厨房中寻找工作指令,患侧上肢则行康复训练,即双侧上肢均进行康复训练,课题组认为这种训练模式更能促进偏瘫上肢运动功能的恢复。

脑卒中后偏瘫上肢肌张力异常主要为屈肌张力增高,这导致患肘屈伸不利及运动失调^[6]。CR 反映拮抗肌在主动肌收缩过程中所占比例大小,即反映主动肌与拮抗肌在运动控制中的活动情况。CR 增加是卒中患者普遍存在的现象^[2]。本研究中,患者通过完成伸肘训练如伸手取物等来提高伸肘肌力,拮抗增高的屈肌张力,通过肘关节屈曲-伸展肌群协同收缩的控制性练习,改善屈伸肌运动协调性。然而,该系统缺乏被动及主动-助力训练两种任务设计,从而导致肘关节屈伸协调性训练存在局限性。从理论上讲,脑出血和脑梗死两者虽然在发病机制及病理特点上存在差异,但两者发病后产生的结果却相似,即均能引起大脑皮质运动区神经元及其发出的下行纤维的损害,包括额叶中央前回运动区的大锥体细胞(Beta 细胞)及其轴突组成的皮质脊髓束(从大脑皮质至脊髓前角的纤维束)和皮质脑干束(从大脑皮质至脑干脑神经运动核的纤维束),从而引起相似的临床表现,即一侧肢体肌力下降,张力增高及运动模式异常。在训练过程中,两者运动功能的恢复均是通过脑运动神经元功能重组及可塑性来实现,所以两者的临床疗效也相似。

中枢神经系统具有结构和功能重新组织的能力,即“神经可塑性”。环境是影响神经可塑性及功能恢复的重要因素^[10]。实验研究证实,在丰富环境中,脑皮质增厚,树突分枝增加,大量轴突和细胞体产生^[11]。本研究中,虚拟系统提供丰富环境刺激,包括各种声刺激、光刺激、空间 3D 感觉、场景转换、色彩变换等,从而促进神经功能的恢复。从神经影像学来看,VR 技术能够诱导神经运动通路皮质重组^[12]。在 VR 训练前,患者双侧初级运动皮质,同侧感觉运动皮质及运动辅助区皮质处于激活状态,VR 训练后,同侧激活区域被抑制而对侧感觉运动皮质区被激活,从而使失去的运动功能得以补偿和发挥^[13]。

综上所述,虚拟厨房上肢康复训练结合常规作业治疗可显著改善不同病变性质脑卒中(脑出血和脑梗死)患者偏瘫上肢的运动功能和日常生活活动能力。然而,本研究也存在不足:①由于相关因素限制,样本量较小;②研究未进一步对治疗后脑出血和脑梗死患者进行更深入的比较;③无随访资料,无法获知 VR 训练对患者偏瘫上肢功能和 ADL 能力的长远影响。

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] 姜丽, 窦祖林, 温红梅, 等. 恢复期脑卒中患者大腿表面肌电变化与平衡功能的相关性[J]. *中华医学杂志*, 2010, 90(13): 917-918.
- [3] Burdea G, Patounakis G, Popescu V, et al. Virtual reality-based training for the diagnosis of prostate cancer[J]. *IEEE Trans Biomed Eng*, 1999, 46(10): 1253-1260.
- [4] Soylu AR, Arpinar-Avsar P. Detection of surface electromyography recording time interval without muscle fatigue effect for biceps brachii muscle during maximum voluntary contraction[J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2010, 20(4): 773-776.
- [5] 齐瑞, 严隽陶, 房敏, 等. 脑卒中偏瘫患者肱二、三头肌表面肌电特征的研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2006, 28(6): 399-401.
- [6] 李超, 曾庆军, 王俞翔, 等. 基于虚拟现实的网络化上肢康复训练系统[J]. *微计算机信息*, 2010, 26(1-2): 134-126.
- [7] Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle[J]. *Stroke*, 2010, 41(7): 1477-1484.
- [8] van Delden AL, Peper CL, Nienhuys KN, et al. Unilateral versus bilateral upper limb training after stroke: the Upper Limb Training After Stroke clinical trial[J]. *Stroke*, 2013, 44(9): 2613-2616.
- [9] Dejong SL, Lang CE. Comparison of unilateral versus bilateral upper extremity task performance after stroke[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2012, 19(4): 294-305.
- [10] Kelly C, Foxe JJ, Garavan H. Patterns of normal human brain plasticity after practice and their implications for neurorehabilitation[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2006, 87(12): 20-29.
- [11] Hugues D. Brain plasticity: from pathophysiological mechanisms to therapeutic applications[J]. *J Clin Neurosci*, 2006, 13(9): 885-897.
- [12] Liepert J, Bauder H, Wolfgang HR, et al. Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans[J]. *Stroke*, 2000, 31(6): 1210-1216.
- [13] You SH, Jang SH, Kim YH, et al. Virtual reality-induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: an experimenter-blind randomized study[J]. *Stroke*, 2005, 36(6): 1166-117.

(修回日期:2014-07-01)

(本文编辑:阮仕衡)