

·临床研究·

虚拟现实技术对脑卒中患者偏瘫上肢肱二、三头肌表面肌电的影响*

梁 明¹ 窦祖林^{1,3} 王清辉² 熊 巍² 温红梅¹ 姜 丽¹ 郑雅丹¹ 陈颖蓓¹ 杨 琼¹

摘要

目的:观察虚拟厨房上肢康复训练结合常规作业治疗对脑卒中恢复期患者偏瘫上肢肱二、三头肌表面肌电的影响。

方法:将33例脑卒中恢复期偏瘫上肢功能障碍的患者随机分为治疗组(16例)和对照组(17例)。对照组接受常规作业治疗每次40min,每日1次,每周5次,共3周。治疗组接受常规作业治疗和虚拟厨房上肢康复训练各20min,共40min/次,每日1次,每周5次,共3周。其余康复治疗如运动疗法和日常生活活动训练等两组均相同。两组患者分别于治疗前、治疗后在患侧肘关节屈曲、伸展最大等长收缩时记录肱二、三头肌的表面肌电图,计算肘关节屈伸力矩及相应的协同收缩率。

结果:两组患者治疗后患肘屈曲、伸展力矩均较治疗前提高,肱二、三头肌的协同收缩率均较治疗前降低($P < 0.05$);与对照组相比,治疗组患者患肘伸展力矩提高的幅度更大,肱三头肌协同收缩率降低的程度更明显($P < 0.05$)。

结论:虚拟厨房上肢康复训练结合常规作业治疗能更好地增强脑卒中恢复期患者偏瘫上肢伸肘力量、改善肘关节屈伸运动的协调性。sEMG结合力矩测量能更全面评估偏瘫肢体功能状态。

关键词 脑卒中;偏瘫;虚拟现实;表面肌电图

中图分类号:R743.3, R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2013)-10-0904-05

Effect of virtual reality on surface electromyography of biceps brachii and triceps brachii in stroke patients with hemiplegia/ LIANG Ming, DOU Zulin, WANG Qinghui, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2013, 28(10): 904—908

Abstract

Objective: To observe the effects of virtual kitchen upper extremities training combined with traditional occupational therapy on surface electromyography (sEMG) over biceps brachii and triceps brachii of hemiplegic upper extremities in stroke patients during convalescent phase.

Method: Thirty-three stroke patients with hemiplegic upper extremities dysfunction in convalescent phase were divided into therapy group ($n=16$) and control group ($n=17$). The patients in control group accepted traditional occupational therapy, 40min/d, 5d/week, for 3 weeks. The patients in therapy group accepted virtual kitchen upper extremities training and traditional occupational therapy, each part lasted 20 min and the total was 40min/d, 5d/week, for 3 weeks. Physical therapy and training of activities of daily living (ADL) were the same in both groups. Before and after treatment, sEMG signals over biceps brachii and triceps brachii during maximum isometric voluntary contraction (MIVC) of the affected elbow flexion and extension were recorded. Torque of elbow joint flexion and extension and co-contraction ratio (CR) were calculated.

Result: Compared with pre training, both groups had significant improvements post training on torques of elbow joint flexion ($P < 0.05$) and extension ($P < 0.05$) and on CR of biceps brachii ($P < 0.05$) and triceps bra-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2013.10.005

*基金项目:广东省部产学研结合项目(2010B090400414)

1 中山大学附属第三医院康复医学科,广州,510630; 2 华南理工大学机械与汽车工程学院; 3 通讯作者

作者简介:梁明,男,硕士研究生; 收稿日期:2012-11-19

chii ($P < 0.05$). Compared with control group, therapy group had significantly greater improvements on torque of elbow joint extension ($P < 0.05$) and on CR of triceps brachii ($P < 0.05$).

Conclusion: Virtual kitchen upper extremities training combined with traditional occupational therapy may be more effective on enhancing the strength of elbow extension and concordance of elbow flexion and extension in hemiplegic upper extremities of stroke patients during convalescent phase. The sEMG combined with torque measurement may assess functional status of hemiplegic limbs effectively.

Author's address Dept. of Rehabilitation Medicine, the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou, 510630

Key word stroke; hemiplegia; virtual reality; surface electromyography

肌力下降、肌张力增高及运动模式异常被认为是脑卒中患者偏瘫上肢功能康复的限制因素^[1],严重影响患者的运动功能及日常生活活动(activity of daily living, ADL)能力。有鉴于此,寻找积极有效的康复治疗手段来改善偏瘫患者的上肢功能具有重要的意义。

虚拟现实(virtual reality, VR)技术是指利用综合技术形成逼真的三维视、听、触一体化的虚拟环境,用户借助必要的设备以自然的方式与虚拟世界中的物体交互,相互影响,从而产生身临其境般的感受和体验^[2]。国内外已有研究证实VR技术能够改善脑卒中患者偏瘫上肢功能^[3-5]。表面肌电图(surface electromyography, sEMG)作为特异性良好的无创性检查,可定量反映肌肉功能状态,特别是主动肌和拮抗肌在运动控制中的活动情况^[6]。但关于脑卒中偏瘫患者虚拟现实上肢康复训练后肌肉功能改善情况的sEMG定量评估,国内外目前尚未见报道。

中山大学附属第三医院康复科,华南理工大学机械与汽车工程学院与广州一康医疗设备有限公司三方联合研发的虚拟厨房上肢康复训练系统是应用于上肢功能康复的新设备。本研究旨在通过临床随机对照研究观察虚拟厨房上肢康复训练结合常规作业治疗对脑卒中患者偏瘫上肢肱二、三头肌在最大等长收缩(maximum isometric voluntary contraction, MIVC)下sEMG及相关动力学的影响。

1 对象与方法

1.1 研究对象

病例来源于2012年2月—2012年10月在我科住院的患者。符合入选标准的患者按电脑确定的随机数字表随机分成治疗组和对照组。本研究方案获

得了中山大学附属第三医院医学伦理委员会批准,所有入组患者均签署知情同意书。

入选标准:①年龄20—80岁;②符合全国第四届脑血管病学术会议修订的《各类脑血管病的诊断要点》(1996年)诊断标准的脑血管病患者,均经头颅CT或MRI扫描证实;③初发脑卒中,病程1—6个月内;④患侧上肢肌力 ≥ 2 级;⑤患侧上肢肌张力 ≤ 2 级(改良的Ashworth痉挛量表);⑥健侧上肢能够完成鼠标操作。

排除标准:①老年痴呆,有严重行为问题或精神错乱者;②合并有认知障碍(MMSE ≤ 24 分),不能配合训练;③各种疾病导致的上肢关节疼痛、活动受限;④伴有重要的器官(心、肺、肝、肾等)衰竭,恶性肿瘤,病情不稳定者。

共入组33例患者,其中治疗组16例,对照组17例。治疗组患者中,男12例,女4例;平均年龄(56.75 ± 13.57)岁;平均病程(3.38 ± 1.57)个月;左侧偏瘫10例,右侧偏瘫6例;脑梗死11例,脑出血5例。对照组患者中,男11例,女6例;平均年龄(58.82 ± 15.03)岁;平均病程(3.06 ± 1.50)个月;左侧偏瘫12例,右侧偏瘫5例;脑梗死10例,脑出血7例。经统计学分析,两组患者一般资料差异无显著性差异($P > 0.05$),具有可比性。

1.2 训练方法

两组患者的上肢训练均由有经验的作业治疗师执行,训练时间均为40min/d,5d/周,持续3周。两组患者的训练强度基本相同。

对照组:根据患者具体情况,采取常规作业治疗。包括患侧上肢肩胛骨松动训练、患侧上肢主动辅助及主动训练、患侧上肢关节活动训练、患侧上肢取物训练及患侧手指抓握与打开的训练等。主要以

患侧训练为主,也包括少量健侧辅助患侧的训练。

治疗组:训练由20min的常规作业治疗加20min的虚拟厨房上肢康复训练组成。虚拟厨房上肢康复训练系统由硬件系统和软件系统所组成。硬件系统(广州一康医疗设备有限公司提供):①外骨骼力臂:外骨骼力臂的设计依据人体运动学的原理,与上肢的运动模式相一致。患者的患肢缚在外骨骼力臂上,通过上肢的主动运动完成肩前屈/后伸、内收/外展,肘屈曲/伸展,前臂旋前/旋后的运动。力臂末端的手柄上装有压力传感器,能感受患者的握力大小并保持与虚拟环境中的虚拟手相一致。外骨骼力臂安装有重力补偿装置,能补偿患肢重力的大小并保证患肢训练的安全。②计算机、3D显示器、3D眼镜、鼠标:计算机生成的虚拟厨房环境在3D显示器上呈现,患者佩戴3D眼镜沉浸在虚拟厨房环境中。健侧上肢操作鼠标完成在虚拟厨房环境中的漫游,患侧上肢完成相应的厨房操作。

软件系统为虚拟厨房康复训练软件(华南理工大学机械与汽车工程学院研制):虚拟厨房训练内容有烧开水任务、摆餐具、茶具任务、盛水果任务等。虚拟厨房操作能训练患者患肢关节活动度(range of motion, ROM),协调控制能力及手掌抓握力。软件可提供视觉和听觉反馈来强化训练效果。视觉反馈:①患者可实时看到训练整个过程并纠正错误操作,强化正确操作。②3D显示器的上方有文字提示来帮助患者完成厨房操作。听觉反馈:①患者的手靠近物体至可抓取的范围时,系统会有声音提示此时应该抓取该物体。②患者正确地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。治疗师根据患者的不同病情,制定个体化的训练任务,循序渐进,并根据患者恢复的情况实时调整任务内容及难度。此外,两组患者均常规接受运动治疗,日常生活活动训练等其他康复治疗。

1.3 模拟器综合症的预防及处理

模拟器综合症(simulator sickness, SS)是指使用者在使用模拟器时产生的各种不适的症状,它是晕动病的一种类型^[7]。当使用者在虚拟环境漫游时可能会产生这种不适感,主要有头晕、恶心、定向障碍三大症状^[8]。本研究在治疗组中,有2例患者出现了轻微的头晕症状。预防及处理措施:①训练时遵

守循序渐进的原则,逐步增加训练强度。②治疗师全程监护患者的训练过程,观察患者表现,如患者有头晕、恶心、定向障碍或其他不适症状,应停止训练,进行适当的休息。治疗组的2例患者经适当的休息后不适症状均完全缓解并顺利完成康复训练。

1.4 疗效评定

两组患者分别于治疗前、治疗3周后进行评定,MIVC测试与sEMG检测同步,即在进行肘屈、伸MIVC时,检测其力矩及肱二、三头肌sEMG。

1.4.1 MIVC测试:测试方法参照Garcia等的研究^[9],患者坐在座椅上,上身用固定带固定在座椅上。患侧上肢肘屈曲90°,前臂保持中立位,放置在一个金属U型槽内,U型槽的末端与腕相平,并用固定带将前臂固定。调节U型槽到桌边的距离并固定U型槽使得患者的肩大致与桌面水平呈30°角。U型槽的两侧装有压力传感器,当患者进行肘屈、伸MIVC时,压力传感器能实时感知患者屈伸力量的大小并在上方电子屏上显示。测试前训练1min,以帮助患者熟悉测试过程,经过5min的休息再进行正式测试以排除肌肉疲劳的影响,测试时嘱患者用最大的力量屈伸肘,即做MIVC动作10s,测试3次,每次中间休息5min^[10]。

1.4.2 sEMG测试:采用Mega ME6000型肌电图仪(芬兰Mega公司),在MIVC的同时,用两个通道分别记录肘屈或伸时肱二、三头肌肉收缩的肌电信号。①皮肤准备:用70%酒精棉球擦拭被测试部位,以减少皮肤与电极间的阻抗。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10mm;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,电极间的中心间距为20mm,参考电极置于肱骨外上髁。sEMG信号进行带通滤波器(10—200Hz)滤过,全波整流,采样频率1000Hz,共模抑制比>130dB,增益1000,噪声<1μV,A/D转换12Bit^[11]。

1.4.3 分析指标:①生物力学:肘MIVC时屈、伸力矩;②肌电图:肱二、三头肌在肘屈伸MIVC时积分肌电值(integrated electromyographic, iEMG),3次取最大值,并计算协同收缩率(co-contraction ratio, CR)。计算公式如下:

$$CR(\%) = \text{拮抗肌 iEMG} / (\text{主动肌 iEMG} + \text{拮抗肌 iEMG})^{[12]}$$

所有 sEMG 信号保存于计算机,采用 Fcodas 软件(芬兰)分析 sEMG 数据。

1.5 统计学分析

采用 Excel 软件输入数据,应用统计软件 SPSS 13.0 对数据进行统计分析。各项数据以均数 ± 标准差表示,采用配对资料的 *t* 检验对两组分别进行组内治疗前、治疗后的统计学比较,采用两独立样本的 *t* 检验进行组间的统计学比较,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 两组患者肘屈曲 MIVC 时力矩比较

治疗前,治疗组和对照组患者力矩的差异无显著性($P>0.05$)。经过 3 周的训练,两组患者的力矩均取得了提高,治疗前后力矩的差异具有显著性($P<0.05$),两组治疗后力矩的差异无显著性($P>0.05$)。对两组力矩改变的差值进行组间比较,差异也无显著性意义($P>0.05$)。见表 1。

2.2 两组患者肘伸展 MIVC 时力矩比较

治疗前,治疗组和对照组患者力矩的差异无显著性($P>0.05$)。经过 3 周的训练,两组患者的力矩均取得了提高,治疗前后力矩的差异具有显著性($P<0.05$),两组治疗后力矩的差异无显著性($P>0.05$)。对两组患者力矩改变的差值进行组间比较,结果显示治疗组高于对照组,差异有显著性意义($P<0.05$)。见表 2。

2.3 两组患者肘屈曲 MIVC 时肱二头肌 CR 比较

治疗前,治疗组和对照组患者 CR 的差异无显著性($P>0.05$)。经过 3 周的训练,两组患者的 CR 均降低,治疗前后 CR 的差异具有显著性($P<0.05$),两组治疗后 CR 的差异无显著性($P>0.05$)。对两组 CR 改变的程度进行组间比较,差异也无显著性意义($P>0.05$)。见表 3。

2.4 两组患者肘伸展 MIVC 时肱三头肌 CR 比较

治疗前,治疗组和对照组患者 CR 的差异无显著性($P>0.05$)。经过 3 周的训练,两组患者的 CR 均降低,治疗前后 CR 的差异具有显著性($P<0.05$),两组治疗后 CR 的差异无显著性($P>0.05$)。对两组患者 CR 改变的程度进行组间比较,结果显示治疗组高于对照组($P<0.05$)。见表 4。

表 1 两组患者肘屈曲 MIVC 时力矩比较 ($\bar{x}\pm s, n$)

组别	例数	治疗前	治疗后	差值
治疗组	16	7.83 ± 4.56 ^①	11.89 ± 6.45 ^{①②}	4.06 ± 3.92 ^①
对照组	17	8.64 ± 5.53	13.23 ± 7.22 ^②	4.59 ± 3.90

与对照组比较:① $P>0.05$;与同组治疗前比较:② $P<0.05$

表 2 两组患者肘伸展 MIVC 时力矩比较 ($\bar{x}\pm s, n$)

组别	例数	治疗前	治疗后	差值
治疗组	16	5.16 ± 3.17 ^①	11.04 ± 6.23 ^{①③}	5.88 ± 3.45 ^②
对照组	17	6.07 ± 3.81	9.65 ± 4.83 ^③	3.58 ± 2.31

与对照组比较:① $P>0.05$;② $P<0.05$;与同组治疗前比较:③ $P<0.05$

表 3 两组患者肘屈曲 MIVC 时肱二头肌 CR 比较 ($\bar{x}\pm s, \%$)

组别	例数	治疗前	治疗后	改善率*
治疗组	16	19.05 ± 6.16 ^①	15.09 ± 4.44 ^{①②}	19.43 ± 10.16 ^①
对照组	17	18.77 ± 6.78	14.56 ± 4.82 ^②	20.42 ± 13.50

与对照组比较:① $P>0.05$;与同组治疗前比较:② $P<0.05$;

*CR 改善率=治疗后 CR-治疗前 CR/治疗前 CR

表 4 两组患者肘伸展 MIVC 时肱三头肌 CR 比较 ($\bar{x}\pm s, \%$)

组别	例数	治疗前	治疗后	改善率*
治疗组	16	38.54 ± 10.78 ^①	28.32 ± 10.09 ^{①③}	27.12 ± 11.72 ^②
对照组	17	37.92 ± 12.54	30.61 ± 7.43 ^③	16.80 ± 10.77

与对照组比较:① $P>0.05$;② $P<0.05$;③与同组治疗前比较 $P<0.05$; *CR 改善率=治疗后 CR-治疗前 CR/治疗前 CR

3 讨论

虚拟现实技术因具有沉浸性、交互性及想象性被广泛运用于上肢功能障碍的康复。国内外许多研究组织利用虚拟现实技术进行了多项研究,取得了良好的效果。江苏科技大学的李超等人开发了虚拟射击游戏^[13],患者通过机械臂控制人物方位角的改变,找出移动目标靶并射击命中。这套系统能够改善患者上肢协调控制能力并提高患者训练的积极性。Saposnik 等^[14]将虚拟现实 Wii 游戏机训练与传统上肢训练作比较,证实虚拟现实 Wii 游戏机训练组的 Wolf 运动功能测试分数提高的更明显。Kuttuva 等^[15]用虚拟现实罗格斯手臂康复系统对 1 例慢性脑卒中后上肢运动障碍的患者行为期 5 周康复训练,训练后较训练前相比,患者患侧上肢运动控制能力,肩 ROM 有明显的提高。

但是,如何定量的评价肌肉功能状态的改善成为康复领域的重要课题之一。MIVC 是定量评价肌肉功能的可靠指标,脑卒中患者患肘 MIVC 屈、伸时的力矩均有下降,尤以肘伸展时力矩下降为主^[6],目前国内外都使用压力传感器来测定受测肌群 MIVC

时的力矩^[9-12]。脑卒中后偏瘫上肢以屈肌张力增高为主,是导致肘屈伸不利及运动失调的主因^[1]。CR反映拮抗肌在主动肌的收缩过程中所占比例的多少,CR的增加是脑卒中患者普遍存在的现象,而表面肌电图是反映CR较理想的指标^[14,16-17]。本研究中,两组患者在训练后肘MIVC屈、伸力矩均较训练前有显著提高,肱二、三头肌CR均较训练前明显降低。治疗组在肘MIVC伸展时力矩提高的程度及肱三头肌CR改善的程度明显高于对照组,但在肘MIVC屈曲时力矩提高的程度及肱二头肌CR改善的程度两组差别不大。这些结果表明,与单纯的常规作业治疗相比,虚拟厨房上肢康复训练结合常规作业治疗能更多地提高脑卒中患者偏瘫上肢肘伸肌力量,更好地改善肘屈伸运动的协调性。

从神经学角度看,用患侧肢体进行反复训练能产生有效的神经突触增强作用,增加运动诱导的神经可塑性^[18]。有研究表明,虚拟现实技术能够诱导神经运动通路的皮质重组。在虚拟现实训练前,患者双侧的初级运动皮质,同侧的感觉运动皮质和运动辅助区皮质处于激活状态,训练后,这些区域被抑制而对侧的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^[19]。

虚拟厨房上肢康复训练系统模拟真实的厨房环境,让患者有身临其境感,患者通过完成真实的厨房操作来促进患肘屈伸力量的恢复,并能通过更多的完成伸肘任务的训练,提高伸肘肌力,从而拮抗患侧上肢增高的屈肌张力,更好地改善屈伸肌运动的协调性。它能提供视觉,听觉及本体感觉等反馈,并强化患者在训练中的正确行为,使患者获得成功的愉悦体验并激发其训练的积极性,患者能根据训练结果实时调整训练内容,激发和维持训练动机^[20]。有研究表明,双侧上肢训练较单侧上肢训练更能提高脑卒中患者偏瘫上肢功能^[21]。脑卒中患者健侧上肢操作鼠标在虚拟厨房中漫游,患侧上肢进行虚拟康复训练,两者配合相当于双侧上肢均进行康复训练,更能促进偏瘫侧上肢功能的恢复。虚拟厨房操作能避免在真实厨房操作时所发生的危险如跌倒,被物体碰伤及被开水烫伤等,更好保证训练的安全性。

虚拟厨房上肢康复训练结合常规作业治疗能更多的提高脑卒中恢复期患者偏瘫上肢伸肘力量,更

好的改善肘关节屈伸运动的协调性。sEMG结合力矩测量能更全面评估偏瘫肢体功能状态。本研究尚存在不足之处。由于相关因素的限制,本研究样本量较小,可能影响有关结果检测出两组的差别。另外,无随访资料,不能体现虚拟厨房上肢康复训练对脑卒中患者患侧上肢肘屈伸力量及运动协调性的长远影响。

参考文献

- [1] 朱燕,齐瑞,张宏,等.恢复期脑卒中患者肘屈伸肌群最大等长收缩的表面肌电图研究[J].中国康复,2006,21(5):308—310.
- [2] Burdea G. Virtual reality technology[J]. MIT Press Journals, 2003, 12(6):663—664.
- [3] 顾莹,田利华,陈红.虚拟现实训练系统和康复作业治疗在偏瘫患者上肢功能障碍中的应用[J].中国康复医学杂志,2011,26(6):579—581.
- [4] Mouawad MR, Doust CG, Max MD, et al. Wii-based movement therapy to promote improved upper extremity function post-stroke: a pilot study[J]. Journal of rehabilitation medicine, 2011, 43(6):527—533.
- [5] Burdea GC, Cioi D, Martin J, et al. The Rutgers Arm II rehabilitation system—a feasibility study[J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2010, 18(5):505—514.
- [6] 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.
- [7] Keller RP. Reduction of motion induced simulator sickness on a fixed base simulator[D]. Faculty of Social and Behavioural Theses: DSpace at Utrecht University (Netherlands), 2008.
- [8] Mourant RR, Thattacheny TR. Simulator sickness in a virtual environments driving simulator[J]. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 2000, 44(5):534—537.
- [9] Garcia GA, Akazawa K, Okuno R. Decomposition of surface electrode-array electromyogram of biceps brachii muscle in voluntary isometric contraction[C]. Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE, 2003,3: 2483—2486.
- [10] 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.
- [11] 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—920.
- [12] Hammond MC, Fitts SS, Kraft GH, et al. Co-contraction in the hemiparetic forearm: quantitative EMG evaluation[J].

(下转第928页)