

·临床研究·

# 多肌群协同收缩的功能性电刺激治疗系统对早期脑卒中患者下肢运动功能的影响\*

徐冬艳<sup>1</sup> 王卫宁<sup>2</sup> 刘加鹏<sup>1</sup> 范文可<sup>1</sup> 陈颖<sup>1</sup> 吴毅<sup>1</sup> 朱玉连<sup>1,3</sup>

## 摘要

**目的:**探讨多肌群协同收缩的功能性电刺激治疗系统对早期脑卒中患者下肢运动功能的影响。

**方法:**70例早期脑卒中患者随机分为治疗组和对照组,对照组采用常规康复治疗,治疗组在常规康复治疗的基础上,增加多肌群协同收缩的功能性电刺激治疗系统治疗,分别在入组时、入组治疗2周和4周后对患侧髋关节屈曲肌力(MMT)、股四头肌肌张力(MAS)、下肢Fugl-Meyer评分(FMA-LE)及Barthel指数(BI)进行评定,并进行统计学分析。

**结果:**治疗前两组患者的一般资料及MMT、MAS、FMA-LE和BI评定结果均无显著性差异( $P>0.05$ );治疗2周、4周后,两组MMT、MAS、FMA-LE和BI与治疗前对比,均有显著性意义( $P<0.05$ );治疗2周后,治疗组MMT、MAS和FMA-LE评分显著高于对照组,具有显著性意义( $P<0.05$ ),但是两组间BI评分无显著差异;治疗4周后,治疗组MMT、FMA-LE和BI评分显著高于对照组,具有显著性意义( $P<0.05$ ),但两组间MAS无显著性差异。

**结论:**多肌群协同收缩的功能性电刺激治疗系统对早期脑卒中患者下肢运动功能具有明显的临床促进作用。

**关键词** 多肌群协同收缩;功能性电刺激;早期;脑卒中;下肢运动功能

中图分类号:R493,R743.3 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2019)-10-1162-06

**The effects of multi-muscles co-contraction based functional electrical stimulation on the lower extremities' motor function among early stroke patients/XU Dongyan, WANG Weining, LIU Jiapeng, et al// Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2019, 34(10): 1162—1167**

## Abstract:

**Objective:** To explore the effects of multi-muscles co-contraction based functional electrical stimulation(FES) on the lower extremities' motor function among early stroke patients.

**Method:** Seventy stroke patients were admitted. Eligible patients were randomly assigned in a 1:1 ratio to receive either routine rehabilitation therapy plus multi-muscles co-contraction based FES (intervention group) or routine rehabilitation therapy only (control group). The measurements were taken respectively at the first interview, 2 weeks and 4 weeks after intervention, to explore if any significant difference between the results of two groups pre-and post-treatment. The Manual Muscle Test (MMT) on hip flexion of the involved side, the modified Ashworth scores (MAS) of quadriceps, FMA-LE (Fugl-Meyer Assessment Lower Extremities) and BI (Barthel index) were recruited as outcome measurements of this study.

**Result:** Baseline characteristics and all initial measurements results were comparable between two groups( $P>0.05$ ). After analysis, there was great increase in all outcome measurements of post-treatment compared with baseline. Except BI, the increase in the MMT, MAS and FMA-LE scores was found significantly different between two groups two weeks later, with higher scores in the intervention group( $P<0.05$ ). Moreover, the statistical-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2019.10.005

\*基金项目:上海市科学技术委员会项目(17411953900,18411962300)

1 复旦大学附属华山医院康复医学科,上海市,200040; 2 上海体育学院运动科学学院; 3 通讯作者  
作者简介:徐冬艳,男,中级物理治疗师; 收稿日期:2018-08-09

ly improvement in MMT,FMA-UE and BI were observed in intervention group 4 weeks later( $P<0.05$ ).However, no obvious difference was found in MAS.

**Conclusion:** Lower limb dysfunction after stroke is an important issue to which rehabilitation clinicians should pay more attention. The clinical application of multi-muscles co-contraction based FES on the lower extremities' motor function among early stroke patients is proved to be useful and may facilitate its recovery.

**Author's address** Department of Rehabilitation Medicine,Huashan Hospital,Fudan University,Shanghai,200040

**Key word** functional electrical stimulation; multi-muscle groups co-contraction; early; stroke; lower extremities' motor function

脑卒中是目前引起肢体运动功能障碍的主要疾病之一,具有发病率、致残率和复发率很高的特点<sup>[1]</sup>。55%—75%的脑卒中患者会存在运动障碍<sup>[2]</sup>,下肢运动功能是影响脑卒中患者日常生活活动能力最常见和最明显的因素。据报道,偏瘫患者中有70%以上可恢复步行能力,但其中大部分未获得良好的步态和步行速度<sup>[3]</sup>,成为日后跌倒的最大诱因。因此,纠正偏瘫步态相关机制的研究越来越受到康复专业人员的关注。

本研究以临床上常见的脑卒中偏瘫患者为研究对象,以受到国家科技部“九五”攻关和“十五”攻关证明的脑卒中急性期康复治疗方案和脑血管病三级综合康复治疗方案等研究成果为基础,在上海市科委支持下,采用平行对照分组试验研究方法,通过4周多肌群协同收缩的功能性电刺激治疗系统对早期脑卒中患者进行康复治疗并进行疗效评估,探讨多肌群协同收缩的FES治疗系统在早期脑卒中患者下肢运动功能康复中的意义。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选择2017年1月—2018年5月在复旦大学附属华山医院东院康复医学诊疗中心住院的早期脑卒中偏瘫患者,共计70例,随机分为治疗组35例,对照组35例,70例患者均完成了临床观察。治疗组男20例(占57.14%);年龄30—80岁,平均 $54.09\pm 14.73$ 岁,其中脑梗死17例;对照组男25例(占74.28%),年龄38—76岁,平均年龄 $57.49\pm 9.96$ 岁,其中脑梗死16例,具体资料见表1。伦理批准号:(2014)临审第(279)号。

纳入标准:根据1995年第四届全国脑血管病学术会议通过的各类脑血管病诊断标准<sup>[4]</sup>,诊断为首

表1 两组患者一般资料比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	性别(例)		年龄(岁)	发病类型(例)		病程(月)
		男	女		脑梗死	脑出血	
治疗组	35	20	15	$54.09\pm 14.73$	17	18	$2.91\pm 2.32$
对照组	35	25	10	$57.49\pm 9.96$	16	19	$2.40\pm 1.67$
<i>P</i>		0.22		0.27	0.81		0.29

次发生脑卒中或既往发生过腔隙性脑梗死而无后遗症存在的患者,经头颅CT或MRI检查证实,同时具备以下条件:病程 $\leq 3$ 月;存在下肢体运动功能障碍;下肢屈髋肌力 $\leq 2$ 级,Brunnstrom分期(下肢)I—II期,不具备独立步行的能力;年龄30—80岁;愿意本人或其直系亲属代签知情同意书。

排除标准:意识不清、认知障碍、感觉性失语、精神疾患等不能配合评估及治疗的患者;心、肺等严重原发性疾病、有限制患侧下肢运动的疾病、依从性不好而不能完成基本疗程的患者;患侧股四头肌肌张力改良Ashworth(modified Ashworth scale, MAS)分级 $\geq 3$ 级。

剔除标准:不符合纳入标准而误入者;未按规定完成治疗疗程者。

### 1.2 治疗方法

两组患者均采用基础治疗和常规康复治疗,治疗组在常规康复治疗的基础上,增加多肌群协同收缩的功能性电刺激治疗系统治疗。

**1.2.1 基础治疗和常规康复治疗:**基础治疗:两组患者均接受过神经内科的药物治疗,其中部分患者已经进行一段时间的急性期康复治疗,入组时生命体征均稳定。

常规康复治疗:主要采用部分“脑血管病三级康复治疗方案”<sup>[5]</sup>。物理治疗主要有:①被动训练:各种体位下正确体位的摆放,患侧肢体各关节和躯干的被动运动,包括跟腱的牵伸,髌膝关节被动屈伸训练等,强度因人而异,以不引起疼痛为宜,进阶

型床上坐起训练至床边和轮椅坐起训练;②辅助运动:床上自我辅助练习,Bobath握手时进行翻身和体位转换训练;③主动训练:臀桥运动,呼吸控制练习和独立坐站等体位转移训练。作业治疗主要依据患者各阶段的实际功能情况,从而对患者进行相应的进食、修饰、穿衣、从床到轮椅的互相转移等日常生活活动,以及上肢拼积木、拿木棒或者上肢机器人训练。

**1.2.2 多肌群协同收缩的FES治疗系统:**治疗系统主要采用美国多通道功能性电刺激康复治疗系统(FES restorative therapy system)RT300进行治疗。RT300原型机由美国Dr MacDonal于1999年发明,2006年获得美国食品药品监督管理局的认证,目前经过多次更新升级,已经较为广泛应用<sup>[6-7]</sup>于神经系统疾病控制患者的临床康复治疗中。

FES治疗系统包括评估和训练两部分,由12通道FES刺激器、核心控制器和下肢功率自行车三部分组成,可以评估训练肌肉的电刺激强度、感知痉挛的发生,并控制多块肌肉协同运动而完成效率更好的多肌群协同收缩,实现功能性电刺激与主/被动运动结合。基本参数包括:速度,15—55转/min,扭矩:1—22NM,每个通道的输出电流:0—140mA(1mA调节);波形类型:脉冲、连续;脉冲频率:10—100Hz,脉冲宽度50—500 $\mu$ s(10 $\mu$ s调节),所有治疗参数和治疗时间实时可调。

FES治疗系统使用步骤如下:首先,患者取坐位,面对仪器,并开始选择肌群,对于脑卒中患者,一般采用单侧6组肌群,分别是患侧竖脊肌、臀大肌、股四头肌、腓绳肌、胫前肌和腓肠肌,然后根据患者肢体的维度选择合适大小的电极片并将贴好;其次,调节强度,将电极片借助电缆连接到FES刺激器上,通过强度调节选项,根据不同患者的情况,评估每一组患侧肌群的收缩能力,患者在进行第一次训练前需进行肌群电流强度耐受量的测试,以确定患侧躯干和下肢肌群所能耐受的最大与最小电流量,保证患者在训练过程中始终处于有效且安全的电流刺激,避免电击伤;第三步,固定双侧足部于功率车脚踏板上,使用腿部固定装置支撑腿部,手部无需支撑,自然放置于身体前方即可;然后设置功率自行车的扭矩,即自行车的阻力、大小为中等强度;第四步,输

出电流,开始训练,测力计可帮助患者完成踏板动作,SAGE系统在两者之间协调同步,开始进行多肌群的协同收缩治疗,使患者完成重复的标准化动作。下肢FES治疗系统处方是:脉冲式、宽度200—350 $\mu$ s,频率均为40—50Hz,转速40—50r/min,扭矩为10Nm,大小为阻力0.5—8Nm,阻力控制方式选自动加手动,痉挛检测打开,检测强度选平均,刺激反应选正常,自主神经反射异常选无,训练频次:30min/次,1次/天,5天/周,持续4周。

如果训练过程中,患者出现痉挛,FES治疗系统则会自动根据患者痉挛程度,往相反方向运动或者暂停设备的运转,以保护患者。训练前的预热运动和训练后放松运动,均可有效避免患者训练时的肌肉损伤和缓解训练中的肌群疲劳。

### 1.3 评定指标

①患侧下肢髋关节屈曲肌力,采用徒手肌力评定(manual muscle testing, MMT);②患侧下肢股四头肌肌张力MAS;③Fugl-Meyer下肢运动功能评分(Fugl-Meyer assessment lower extremity, FMALE),每个项目0分表示不能做某一动作,1分表示能部分做,2分表示能充分完成,总分66分,分值越高代表功能越好;④Barthel指数(Barthel index, BI)评分,包括10项内容,得分越高,独立性越强、依赖性越小<sup>[8]</sup>。对每一位患者于入组即时、治疗2周后、治疗4周次后共3次评定,每位患者的前后3次评定由同一名医生完成,参加评定的医生,均经过规范化康复评定方案的培训和质量控制监督,同时评定医生不参与患者的任何康复治疗,以达到盲法评测。

### 1.4 统计学分析

采用SPSS 20.0统计软件进行统计学分析,计量资料用均数 $\pm$ 标准差表示,治疗组和对照组内治疗前后比较采用重复测量方差分析,组间比较经方差齐性检验后采用独立样本 $t$ 检验,计数资料应用 $\chi^2$ 检验,等级资料应用秩和检验,设定显著性水平 $\alpha=0.05$ , $P<0.05$ 表示差异有显著性意义。

## 2 结果

对两个组别的性别、年龄、发病类型和病程分别进行比较,采用单因素方差分析,结果均无显著性差异( $P>0.05$ ),两组患者一般资料及治疗前各项评定

结果无显著性差异;治疗2周、4周后,两组患者MMT、MAS、FMA-LE、BI较治疗前均有明显变化( $P < 0.05$ )。组内不同时间点比较:治疗2周与治疗前,治疗4周后与治疗前、治疗2周后比较均有明显

变化( $P < 0.05$ );两组组间、同时时间点比较:治疗前无显著性差异( $P > 0.05$ );治疗2周,除BI,其余指标具有显著性差异( $P < 0.05$ ),治疗4周,除MAS,其余指标具有显著性差异( $P < 0.05$ )。见表2。

表2 两组患者治疗前(T0)、治疗2周(T1)、治疗4周(T2)临床疗效比较

( $\bar{x} \pm s, n=35$ )

组别	MMT	MAS	FMA-LE	BI
治疗组				
治疗前	1.01±1.15	1.57±1.20	12.49±4.68	30.57±13.38
治疗2周	2.17±0.92 <sup>①③</sup>	1.66±1.06 <sup>①③</sup>	15.43±4.83 <sup>①③</sup>	39.86±16.47 <sup>①</sup>
治疗4周	3.14±0.85 <sup>①②③</sup>	1.80±1.11 <sup>①②</sup>	22.00±6.64 <sup>①②③</sup>	46.29±20.3 <sup>①②③</sup>
对照组				
治疗前	0.91±1.02	1.06±0.94	10.54±5.28	29.29±12.20
治疗2周	1.20±1.02 <sup>①</sup>	1.01±0.80 <sup>①</sup>	11.83±5.84 <sup>①</sup>	33.00±13.18 <sup>①</sup>
治疗4周	1.65±1.06 <sup>①②</sup>	1.54±1.12 <sup>①②</sup>	12.83±6.02 <sup>①②</sup>	37.29±15.26 <sup>①②</sup>

注:①与治疗前比较 $P < 0.05$ ;②与治疗2周比较 $P < 0.05$ ;③同一时间点组间比较 $P < 0.05$

### 3 讨论

据统计大约有1/3—1/2脑卒中患者出院后3个月内仍不能独立步行<sup>[9]</sup>,这跟脑卒中患者偏瘫侧肢体肌力下降、肌张力异常、运动控制能力减弱、平衡功能下降以及下肢异常运动模式等因素有关。多学科研究表明,康复训练的干预作用,及机体自发性脑功能区重建和肢体功能恢复,使脑卒中偏瘫侧肢体运动功能在发病后3个月内恢复最快<sup>[10-12]</sup>。

近年来,功率自行车被应用到脑卒中患者的下肢康复训练中,You<sup>[13]</sup>研究发现功率自行车运动可改善亚急性期脑卒中偏瘫患者的运动功能和日常生活活动能力。电刺激技术作为一种常用技术,主要作用于神经肌肉,通过预定的电脉冲序列诱发肌肉运动,来完成特定的任务<sup>[14]</sup>。FES引导下的功率自行车也被应用于脑卒中恢复期或后遗症期,其有效性已被证实<sup>[15-16]</sup>。多项研究<sup>[17-19]</sup>表明,传统FES训练或者FES结合减重平板等其他技术的治疗方案在脑卒中运动功能康复中疗效显著。但是FES结合减重平板训练是在患者站立状态下进行,对入组患者功能要求较高,必须屈髋伸膝肌力达到3级以上,站立平衡达到2级或以上,或通过健侧下肢来触发患侧FES的刺激。所以对于早期无步行能力的脑卒中患者如何运用多肌群FES治疗更好的改善下肢运动功能是值得深入研究的。

多肌群协同收缩的FES治疗系统可以提供重复性模拟步行的双侧多肌群协同收缩和情景互动性治

疗,提高患者参与康复治疗的兴趣,改变了传统的单一关节或单一运动方式,同时避免过早进行步行训练带来的过度疲劳和跌倒风险增加<sup>[20]</sup>。Kawakami K等<sup>[21]</sup>研究显示下肢重复性训练可以减少肌肉萎缩,改善下肢肌力,维持正常关节活动度,减少和预防并发症的发生。另外,可以根据患者下肢在功率自行车上的运动轨迹和时效,基于任务导向性要求,对多肌群进行协同收缩刺激,从而唤起瘫痪的肌肉。

经过2周、4周的治疗后,两组MMT下肢较治疗前有增加;同时,也发现治疗组的改善程度高于对照组,这跟大强度的FES引发患侧下肢神经和肌肉激活早于对照组有关。有研究发现早期使用FES踏板训练,可以增加选定肌肉的运动模式单元募集数量<sup>[22]</sup>,相关研究表明,肌电活动增加,肌肉的力量也越大<sup>[23]</sup>。Abdollahi等<sup>[24-25]</sup>认为,尽管脑卒中后肌力训练有可能使偏瘫侧肢体的痉挛加重,但对偏瘫侧肢体进行肌力训练仍然是重要的,而且对于偏瘫侧肌力训练和痉挛的关系尚存在诸多争议。也有研究证实,偏瘫下肢肌力对患者运动功能、平衡功能、步行速度和ADL的恢复有影响,脑卒中患者步行能力与偏瘫下肢肌力密切相关<sup>[26-28]</sup>。MAS的结果说明随着治疗组训练强度增加,患侧股四头肌的兴奋性增加较快,并可能与收缩的程度呈正比关系;另一方面,FES治疗系统强调患者主动参与训练,随着训练速度和阻力增加,治疗组下肢MAS也逐渐增高,当然这可能也跟早期患者的正常恢复有关。肌张力的

适当增加,可以辅助早期脑卒中患者站立,预防下肢静脉血栓,减缓下肢肌群萎缩等。而对照组的肌张力变化较小,基本符合早期下肢肌张力缓慢变化的常规趋势。

FMA-LE结果表明治疗组相较对照组有显著增加,这对步行功能恢复将会有很大促进作用;部分患者辨距不良得到较大改善,随着主动运动的逐渐增多,不同体位下的分离运动也逐步增多。BI在治疗2周、4周后,两组评分均较治疗前对比有显著差异,但是相互之间没有显著性的差异;4周后两组BI较之前均有显著性提高,而治疗组较对照组相比有更显著的提高,这可能是由于治疗组采用的竖脊肌和臀大肌FES治疗提升了患者躯干后伸能力,同时减缓了臀大肌的萎缩,增强了躯干稳定性和坐位平衡能力,使患者坐位下ADL能力得到提升。

在训练的过程中,大部分患者未出现明显疲劳、疼痛等不适情况;偶有出现踝阵挛或者用力不当等情况,经过现场的调整和FES治疗系统参数的调整,均恢复正常治疗。

#### 4 结论

本研究对脑卒中后下肢运动功能开展新方案摸索型研究,多肌群协同收缩FES训练系统可以显著改善早期脑卒中患者下肢运动功能,也为后期步行训练做了充分的前期准备,使步行训练时间窗提前,缩短下肢恢复的周期,逐步形成一套新的脑卒中患者早期下肢运动功能治疗方案。但是本研究尚未分析中、长期疗效,未进行半年乃至一年的随访工作,对于后遗症期患者尚不了解疗效,希望在以后的研究中可以逐步开展相应研究。

#### 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] 孟茜,乔雨,刘媛,等.脑卒中居家护理评估的研究进展[J].现代临床护理,2016,15(4):55—60.  
[3] 张绍华,张天奉,王玉龙,等.头针联合下肢康复机器人对脑卒中患者足底静态平衡的影响[J].南京中医药大学学报,2018,34(1):58—62.  
[4] 全国第四届脑血管病学术会议.各类脑血管病诊断要点[J].中华神经科杂志,1996,29(6):379—380.

[5] 脑血管病三级康复治疗方案研究课题组(A组).三级康复治疗改善脑卒中偏瘫患者综合功能的临床研究[J].中国康复医学杂志,2007,22(1):3—8.  
[6] Bao X, Bi Z, Wang H, et al. An alternating controlled functional electrical stimulation strategy based on sample entropy for rehabilitation of lower extremity hemiplegia[C]. IEEE, international conference on wearable and implantable body sensor networks, 2016:25—30.  
[7] Dujović SD, Malešević J, Malešević N, et al. Novel multi-pad functional electrical stimulation in stroke patients: A single-blind randomized study[J]. Neurorehabilitation, 2017, 41(4):791—800.  
[8] 徐冬艳,田茹锦,刘珏,等.上肢智能能力反馈康复机器人联合常规康复治疗改善脑卒中患者上肢运动功能临床研究[J].康复学报,2018,28(2):11—17.  
[9] 李岩,陈迎春,顾旭东,等.功能性电刺激结合减重平板训练对脑卒中患者步行及步态的影响[J].中国康复医学杂志,2016,31(1):83—85.  
[10] Van Peppen RP, Kwakkel G, Wood- Dauphinee S, et al. The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence?[J]. Clin Rehabil, 2004, 18: 833—862.  
[11] Howlett OA, Lannin NA, Ada L, et al. Functional electrical stimulation improves activity after stroke: a systematic review with meta- analysis[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2015, 96(5):934—943.  
[12] Kesar TM, Reisman DS, Perumal R, et al. Combined effects of fast treadmill walking and functional electrical stimulation on post-stroke gait[J]. Gait Posture, 2011, 33(2): 309—313.  
[13] You G, Liang H, Yan T. Functional electrical stimulation early after stroke improves lower limb motor function and ability in activities of daily living[J]. Neurorehabilitation, 2014, 35(3):381—389.  
[14] 陈沫,董璐洁,刘雅丽.对侧控制型功能性电刺激在脑卒中偏瘫康复中应用与研究[J].中国康复,2018,33(1):56—59.  
[15] 迟银鼎,邹任玲,徐秀林,等.功能性电刺激结合其他疗法在下肢康复的研究现状[J].生物医学工程学进展,2014,35(3):160—162.  
[16] 陈迎春,李岩,李辉,等.功能性电刺激对早期脑卒中偏瘫患者步行功能的影响[J].中国康复理论与实践,2015,21(2): 212—215.  
[17] Qiu S, Yi W, Xu J, et al. Event-related beta EEG changes during active, passive movement and functional electrical stimulation of the lower limb[J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2016, 24(2):283—290.  
[18] van Bloemendaal M, Bus SA, de Boer CE, et al. Gait

- training assisted by multi-channel functional electrical stimulation early after stroke: study protocol for a randomized controlled trial[J]. *Trials*, 2016, 17(1):477.
- [19] Sharif F, Ghulam S, Malik AN, et al. Effectiveness of Ffunctional electrical stimulation (FES) versus conventional electrical stimulation in gait rehabilitation of patients with stroke[J]. *J Coll Physicians Surg Pak*, 2017, 27(11):703—706.
- [20] Celinskis D, Grabiner MD, Honeycutt CF. Bilateral early activity in the hip flexors associated with falls in stroke survivors: Preliminary evidence from laboratory-induced falls [J]. *Clin Neurophysiol*, 2018, 129(1):258—264.
- [21] Kawakami K, Miyasaka H, Nonoyama S, et al. Randomized controlled comparative study on effect of training to improve lower limb motor paralysis in convalescent patients with post-stroke hemiplegia[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(9):2947—2950.
- [22] 王颖娜,李哲,郭钢花,等.功能性电刺激恢复性治疗踏板对脑卒中患者下肢电信号的影响[J].*中国康复医学杂志*, 2018, 33(5):565—568.
- [23] Kim KS, Seo JH, Song CG. Potable measurement system for the objective evaluation of the spasticity of hemiplegic patients based on the tonic stretch reflex threshold[J]. *Med Eng Phys*, 2011, 33:62—69.
- [24] Abdollahi I, Taghizadeh A, Shakeri H, et al. The relationship between isokinetic muscle strength and spasticity in the lower limbs of stroke patients[J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2015, 19(2):284—290.
- [25] Mustalampi S, Ylinen J, Korniloff K, et al. Reduced neck muscle strength and altered muscle mechanical properties in cervical dystonia following botulinum neurotoxin injections: a prospective study[J]. *J Mov Disord*, 2016, 9(1): 44—49.
- [26] Aaron SE, Hunnicutt JL, Embry AE, et al. POWER training in chronic stroke individuals: differences between responders and nonresponders[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2017, 24(7):496—502.
- [27] 何雯雯,李岩,顾旭东,等. Thera-Band抗阻肌力训练对脑卒中患者下肢运动功能及步态的影响[J].*中华物理医学与康复杂志*, 2018, 40(2):106—109.
- [28] 张学慧,邵静雯,孙丹,等.下肢闭链等速肌力训练对脑卒中患者下肢肌肉功能及步行能力的影响[J].*中国康复医学杂志*, 2018, 33(6):693—697.

(上接第1161页)

- liminary investigation of an electromyography-controlled video game as a home program for persons in the chronic phase of stroke recovery[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2014, 95(8): 1461—1469.
- [13] 罗梦,周国平,杨路,等.表面肌电图在脑卒中后运动功能障碍康复中的应用[J].*中国康复*, 2017, 32(01):67—70.
- [14] 朱海杰,龚立君,严浩硕,等.脑卒中偏瘫患者上肢肌肉功能表面肌电图评价[J].*全科医学临床与教育*, 2017, 15(04):401—403+408.
- [15] 王芑斌,陈剑,李天骄,等.不同频率电针对脑卒中下肢痉挛患者肌电图及步行能力的影响:随机对照研究[J].*中国针灸*, 2011, 31(07):580—584.
- [16] 姜帆,卢柳西,姜中碧,等.表面肌电图在脑卒中后肌张力障碍康复的应用进展[J].*临床合理用药杂志*, 2017, 10(20):180—181, 177.
- [17] 钟文珊,齐婧蕾,张欣怡,等.针刺手法对健康志愿者穴区表面肌电图的影响[J].*针灸临床杂志*, 2016, 32(12):42—45.
- [18] 金佳然,朱玉连.表面肌电图在脑卒中康复中的应用与研究进展[J].*中国康复*, 2016, 31(03):197—200.
- [19] 黄志强,赵宁,苏昭元,等.刺络拔罐联合康复训练对脑卒中后上肢屈肘痉挛状态及肌电积分值的临床研究[J].*中国针灸*, 2018, 38(02):119—124.
- [20] 李志远,李玉章,黄朋.表面肌电信号(SEMG)分析在生物力学领域中的应用[J].*南京体育学院学报(自然科学版)*, 2012, 11(02):30—33.
- [21] 徐嘉,谢利.表面肌电图对卒中病人患侧下肢肌张力评价的研究[J].*中国伤残医学*, 2012, 20(02):5—7.