

·短篇论著·

末端驱动型下肢机器人联合高频重复经颅磁刺激改善恢复期脑卒中患者步行功能的临床研究*

田 飞¹ 赵晨光¹ 孙晓龙¹ 琚 芬¹ 孙 玮¹ 胡 旭¹ 薛艺珂² 牟 翔¹ 袁 华^{1,3}

脑卒中是一种常见的神经系统疾病,全球每年有约1690万人新发脑卒中^[1]。脑卒中后的步行功能异常通常会严重致残,影响患者的生活质量^[2]。因此,步行功能的恢复对脑卒中患者至关重要。

几种康复方法结合比单独的地面步行训练更有效^[3]。单独的末端驱动型机器人(G-EO)可以改善卒中后步行功能障碍^[4]。但是,尚未见报道G-EO联合重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)治疗步行功能障碍。因此,我们拟观察这种联合治疗的临床疗效,为康复治疗提供新思路和新方法。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2017年6月—2018年6月在我科住院的116例脑卒中患者中符合纳入标准和排除标准的89例,拒绝签署知情同意的9例,未能按要求完成治疗的14例,最终有66例参与此次试验。按照随机数字法分为G-EO组、rTMS组和G-EO+rTMS组,每组各22例。三组患者的性别、年龄、诊断、病程、病灶部位比较均无显著性意义($P>0.05$),具有可比性,见表1。

纳入标准:①首次发病,符合中华神经科学会和中华神

表1 三组患者基线资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄 ($\bar{x}\pm s$,岁)	诊断(例)		病程 ($\bar{x}\pm s$,周)	偏瘫侧(例)	
		男	女		脑梗死	脑出血		左	右
G-EO组	22	10	12	57.09 $\pm$ 12.57	9	13	10.73 $\pm$ 6.26	8	14
rTMS组	22	14	8	58.59 $\pm$ 7.65	11	11	11.68 $\pm$ 4.37	12	10
G-EO+rTMS组	22	9	13	59.18 $\pm$ 6.79	12	10	12.77 $\pm$ 4.62	7	15
χ^2/F		2.545		0.292	0.849		0.869	2.632	
P		0.280		0.748	0.654		0.424	0.268	

经外科学会2004年全国第六次脑血管病会议制定的关于脑卒中的诊断和分类标准;②经头颅CT或MRI检查确诊为脑出血或脑梗死,病灶位于一侧大脑半球(皮层、皮层下);③生命体征平稳,意识清楚,无严重失语,配合治疗;④发病后2—24周;⑤年龄30—70岁;⑥身高1.1—2.0m;⑦单侧下肢运动功能障碍。

排除标准:①病情不稳定,进展性或继发性脑损伤;②不能保持上身直立7min以上;③不能无辅助独坐3s以上;④偏侧忽略;⑤体位性低血压;⑥既往存在脑血管病变、颅脑损伤或周围神经病变;⑦既往有严重的心、肺等重要脏器功能障碍;⑧因其他病因导致肢体运动功能障碍,包括神经、肌肉、骨骼损伤的;⑨体重 $>150\text{kg}$;⑩严重的骨质疏松。所有患者均签署知情同意书。

1.2 治疗方法

每组患者都进行常规的康复治疗。包括脑中频治疗仪等物理因子疗法;关节活动技术、肌力训练技术、神经发育法等运动治疗。根据患者实际的肢体功能恢复情况,让治疗师进行康复训练,每天1次,每次20min,每周6天,共4周。

G-EO组在常规康复治疗的基础上,每天进行20min(不包括机器的调试和患者的准备)的G-EO机器人步行功能训练。由经过专业培训的治疗师,根据患者下肢的配合程度,选择被动、主动还是协助模式,最终完成机器人辅助下的步行功能训练。

rTMS组在常规康复治疗的基础上,每天进行1次导航下的rTMS治疗。具体方案:刺激部位为偏瘫对侧腿部运动区,刺激频率为10Hz,强度为80%RMT,刺激时间为1s,间歇时间为3s,脉冲总数为1200次。

G-EO+rTMS组在常规康复治疗的基础上,每天先进行1

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2020.08.018

*基金项目:脑控穿戴式共融康复机器人的研制(16CXZ022);陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2019JQ-043)

1 空军军医大学西京医院康复理疗科,西安,710032; 2 空军军医大学西京医院放射科; 3 通讯作者

第一作者简介:田飞,男,硕士研究生,住院医师; 收稿日期:2019-12-12

次rTMS治疗,具体方案同rTMS组。间隔30min后,再进行20min的G-EO训练,具体方案同G-EO组。

1.3 评价标准

治疗开始前和治疗4周时,分别采用功能性步行量表(functional ambulation category,FAC)、步速(gait velocity, GV)、Berg平衡量表(Berg balance scale,BBS)、改良Barthel指数(Barthel index,BI)对患者的步行功能、步行速度、平衡功能及日常生活活动能力进行评价^[5]。

下肢功能性步行量表总共分为6级(0—5级)。分级越高,患者的步行能力越好。步速=步幅/步行周期,步行周期指一侧下肢完成从足落地到再次落地的时间过程。Berg平衡量表共14个项目,总分56分。低于40分表明有跌倒的危险。改良Barthel指数由10个项目组成,满分为100分,得分越高,生活自理能力越强。

1.4 统计学分析

采用SPSS20.0统计软件进行数据分析。计量资料使用均数±标准差表示,符合正态分布且方差齐可行 t 检验或方差分析;计数资料使用百分率表示,采用 χ^2 检验;等级资料用秩和检验。所有资料 $P < 0.05$ 为差异具有显著性意义。

2 结果

2.1 三组患者治疗前后FAC比较

经秩和检验,三组患者治疗前FAC差异无显著性意义($P > 0.05$)。治疗4周后,G-EO组和rTMS组FAC差异无显著性意义($P > 0.05$),但G-EO+rTMS组比其他两组FAC高,且差异有显著性意义($P < 0.05$),变化大的分布在0级、1级、2级和3级,4级、5级差别不大,见表2。

2.2 三组患者治疗前后GV比较

表2 三组患者治疗前后功能性步行量表(FAC)分级比较

组别	例数	治疗前(分级)						治疗4周后(分级)						P
		0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	
G-EO组	22	11	7	3	1	0	0	2	9	8	1	2	0 ^②	< 0.05
rTMS组	22	14	4	2	2	0	0	4	8	6	2	2	0 ^②	< 0.05
G-EO+rTMS组	22	13	6	1	1	1	0	1	2	13	5	1	0 ^{①②}	< 0.05
P					0.775								< 0.05	

①组间比较 $P < 0.05$;②同组治疗前后比较 $P < 0.05$

经方差分析,三组患者治疗前GV差异无显著性意义($P > 0.05$)。治疗4周后,三组患者GV差异无显著性意义($P > 0.05$)。同组患者治疗4周后GV较治疗前均提高,且差异有显著性意义($P < 0.05$)。见表3。

2.3 三组患者治疗前后BBS比较

经方差分析,三组患者治疗前BBS差异无显著性意义($P > 0.05$)。治疗4周后,G-EO组和rTMS组BBS评分差异无显著性意义($P > 0.05$),G-EO+rTMS组比其他两组BBS评分高,且差异有显著性意义($P < 0.05$);同组患者治疗4周后BBS较治疗前均提高,且差异有显著性意义($P < 0.05$)。见表4。

2.4 三组患者治疗前后BI比较

经方差分析,三组患者治疗前BI差异无显著性意义($P > 0.05$)。治疗4周后,三组患者BI差异无显著性意义($P > 0.05$);同组患者治疗4周后BI较治疗前均提高,且差异有显著性意义($P < 0.05$)。见表5。

3 讨论

步行功能障碍是脑卒中患者的一种典型后遗症^[6]。研究表明,卒中后步行功能的恢复与大脑神经可塑性变化相关^[7]。最近的证据表明,大量重复和精确的感觉运动反馈对于脑卒中患者产生神经可塑性变化和步行功能恢复是必要的^[8]。

有研究发现,早期下肢康复机器人结合运动疗法能明显

表3 三组患者治疗前后步速(GV)比较 ($\bar{x} \pm s$, m/s)

组别	例数	治疗前	治疗4周后	t	P
G-EO组	22	0.43±0.28	1.22±0.40 ^①	-19.028	< 0.05
rTMS组	22	0.46±0.30	1.26±0.38 ^①	-15.965	< 0.05
G-EO+rTMS组	22	0.43±0.25	1.10±0.32 ^①	-15.357	< 0.05
F		0.113	1.014		
P		0.893	0.369		

①同组治疗前后比较 $P < 0.05$

表4 三组患者治疗前后BBS比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	例数	治疗前	治疗4周后	t	P
G-EO组	22	6.27±5.37	18.50±7.39 ^①	-12.336	< 0.05
rTMS组	22	7.41±5.11	18.23±6.58 ^①	-18.310	< 0.05
G-EO+rTMS组	22	7.91±4.12	23.73±8.42 ^{①②}	-14.25	< 0.05
F		0.646	3.756		
P		0.527	0.029		

①组间比较 $P < 0.05$;②同组治疗前后比较 $P < 0.05$;

表5 三组患者治疗前后BI比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	例数	治疗前	治疗4周后	t	P
G-EO组	22	9.59±5.23	39.41±12.81 ^①	-16.253	< 0.05
rTMS组	22	10.73±6.02	43.00±16.60 ^①	-13.747	< 0.05
G-EO+rTMS组	22	10.82±4.19	46.09±13.07 ^{①②}	-18.142	< 0.05
F		0.381	1.209		
P		0.685	0.305		

①同组治疗前后比较 $P < 0.05$

提高脑卒中患者的下肢运动功能及步行能力^[9]。Cho等^[4]的meta分析表明:G-EO辅助训练能有效改善亚急性脑卒中患者的步行能力,这说明联合G-EO治疗比常规治疗更有效。而路芳等^[10]的研究发现,下肢康复机器人联合虚拟现实技术能有效改善脑卒中患者的步行能力。

传统的步态训练往往是劳动密集型的、昂贵的,并且不能提供准确的感觉运动反馈。G-EO系统基于末端效应器原理,旨在将重新学习步行和爬楼梯所需的治疗工作量降至最低,而且它的步行轨迹和垂直和水平运动都是可编程的^[11]。G-EO机器人还可以通过对肢体远端施加机械力来工作,具有安装简单的优点^[4]。

rTMS是一种无痛、非创伤的物理治疗设备,通过不同刺激频率而分别达到兴奋或抑制局部大脑皮质功能的目的。Kakuda使用高频双锥线圈rTMS刺激双侧腿部运动区,改善了脑卒中后偏瘫患者的步行功能^[12]。Wang等^[13]的研究发现,在患侧半球的腿部运动皮层上施加5Hz高频rTMS可以增强步行功能。Rastgoo等^[14]的研究认为,干预后至少1周,未受影响的大脑半球每天接受5次抑制性rTMS治疗后,下肢痉挛和运动功能改善。因此,我们选择高频rTMS刺激病灶侧初级运动皮层,评估rTMS对步行功能及其他功能的作用。

本研究通过G-EO机器人联合rTMS治疗技术作用于脑卒中步行功能障碍的患者,观察临床效果。我们的研究表明,G-EO+rTMS联合治疗的疗效比单独使用G-EO或rTMS疗效更佳。三组患者经过4周的规范治疗后,FAC、BBS、BI的评分较前提高,差异有显著性意义,提示三组患者的步行能力、平衡能力、日常生活活动能力较治疗前提高。G-EO+rTMS组的FAC、BBS评分均高于其他两组,差异有统计学意义,提示G-EO+rTMS组对患者的步行能力、平衡能力有积极作用。以往的研究认为,脑损伤后功能恢复与神经重塑有关,Nudo^[15]的研究指出,康复训练会影响病灶周围皮质连接处神经重塑。Sun等的研究认为^[16],神经可塑性可通过不同的神经策略来改善各种功能。据此我们推测,G-EO联合rTMS可能通过改变脑卒中患者的皮质可塑性,进而促进患者的步行功能恢复。

但是关于G-EO和rTMS治疗的先后顺序是否对最终步行能力有影响还没有一致的结论。当同时应用两种治疗时,两种治疗的间隔时间对治疗的影响也没有定论。未来的研究还可以分析步行障碍患者治疗前后脑功能的变化,为机器人治疗步行障碍提供更多的理论依据。

参考文献

- [1] Bejot Y, Daubail B, Giroud M. Epidemiology of stroke and transient ischemic attacks: Current knowledge and perspectives[J]. Rev Neurol (Paris), 2016,172(1):59—68.
- [2] Mazzoleni S, Focacci A, Franceschini M, et al. Robot-assist-

- ed end-effector-based gait training in chronic stroke patients: A multicentric uncontrolled observational retrospective clinical study[J]. Neuro Rehabilitation, 2017,40(4):483—492.
- [3] Chaparro S, Lozano A, Ramirez J, et al. A review in gait rehabilitation devices and applied control techniques[J]. Disabil Rehabil Assist Technol, 2018,13(8):819—834.
- [4] Cho JE, Yoo JS, Kim KE, et al. Systematic review of appropriate robotic intervention for gait function in subacute stroke patients[J]. Biomed Res Int, 2018,20(18):585—598.
- [5] Lefeber N, De Buyzer S, Dassen N, et al. Energy consumption and cost during walking with different modalities of assistance after stroke: a systematic review and meta-analysis[J]. Disabil Rehabil, 2019,1(22):1—17.
- [6] Roth EJ, Merbitz C, Mroczek K, et al. Hemiplegic gait relationships between walking speed and other temporal parameters[J]. Am J Phys Med Rehabil, 1997,76(2):128—133.
- [7] Guzik A, Druzicki M, Przysada G, et al. Relationships between walking velocity and distance and the symmetry of temporospatial parameters in chronic post-stroke subjects[J]. Acta Bioeng Biomech, 2017,19(3):147—154.
- [8] McDougall SD, Ivry RB, Taylor JA, et al. Taking aim at the cognitive side of learning in sensorimotor adaptation tasks[J]. Trends Cogn Sci, 2016,20(7):535—544.
- [9] 高春华, 黄晓琳, 黄杰, 等. 下肢康复机器人训练对早期脑卒中偏瘫患者下肢功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2014,29(4):351—353.
- [10] 路芳, 朱琳, 宋为群. 下肢康复机器人联合虚拟现实技术对脑卒中患者下肢功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2018,33(11):1301—1306.
- [11] Hesse S, Waldner A, Tomelleri C. Innovative gait robot for the repetitive practice of floor walking and stair climbing up and down in stroke patients[J]. J Neuroeng Rehabil, 2010,7:30.
- [12] Kakuda W, Abo M, Nakayama Y, et al. High-frequency rTMS using a double cone coil for gait disturbance[J]. Acta Neurol Scand, 2013,128(2):100—106.
- [13] Wang RY, Wang FY, Huang SF, et al. High-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation enhanced treadmill training effects on gait performance in individuals with chronic stroke: A double-blinded randomized controlled pilot trial[J]. Gait Posture, 2019,68(5):382—387.
- [14] Rastgoo M, Naghdi S, Nakhostin AN, et al. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on lower extremity spasticity and motor function in stroke patients[J]. Disabil Rehabil, 2016,38(19):1918—1926.
- [15] Nudo RJ, Wise BM, SiFuentes F, et al. Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct[J]. Science, 1996,272(5269):1791—1794.
- [16] Sun Y, Zehr EP. Training-induced neural plasticity and strength are amplified after stroke[J]. Exerc Sport Sci Rev, 2019,47(4):223—229.