

- and all-cause mortality in patients undergoing a post-cardiac surgery rehabilitation program[J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2015, 22(1): 20-26. DOI:10.1177/2047487313502405.
- [2] 李四维. 心肺运动试验在心脏康复评估中的应用[J]. 中国循环杂志, 2017, 32(4): 331-333. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2017.04.006.
- [3] Wasserman K, Hanwen JE, Sue DY, et al. Principles of exercise testing and interpretation[M]. 5th Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
- [4] 沈嘉渝, 张尔永, 胡佳. 体外循环急性肺损伤与肺保护策略的研究进展[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2019, 26(2): 186-191. DOI:10.7507/1007-4848.201805007.
- [5] 刘华, 刘遂心. 住院期康复治疗对心脏外科手术后患者运动能力的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2016, 38(4): 287-291. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2016.04.011.
- [6] 陈惠卿, 陶爱敏, 董小群, 等. 围手术期多学科协作康复干预对冠状动脉旁路移植患者术后疗效的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2020, 42(3): 252-254. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.03.015.
- [7] Doyle MP, Indraratna P, Tardo DT, et al. Safety and efficacy of aerobic exercise commenced early after cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2019, 26(1): 36-45. DOI:10.1177/2047487318798924.
- [8] 车琳, 龚朱, 蒋金法, 等. 无氧阈强度运动治疗对慢性缺血性心脏病患者运动耐力的影响[J]. 中华医学杂志, 2011, 91(24): 1659-1662. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2011.24.002.
- [9] ERS Task Force, Palange P, Ward SA, et al. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice[J]. *Eur Respir J*, 2007, 29(1): 185-209. DOI:10.1183/09031936.00046906.
- [10] Weber KT, Kinasevitz GT, Janicki JS, et al. Oxygen utilization and ventilation during exercise in patients with CHF[J]. *Circulation*, 1982, 65(6): 1213-1223. DOI:10.1161/01.cir.65.6.1213.
- [11] Petersen J, Vettorazzi E, Winter L, et al. Physical and mental recovery after conventional aortic valve surgery[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2016, 152(6): 1549-1556. DOI:10.1016/j.jtcvs.2016.07.072.
- [12] Kothmann E, Danjoux G, Owen SJ et al. Reliability of the anaerobic threshold in cardiopulmonary exercise testing of patients with abdominal aortic aneurysms[J]. *Anaesthesia*, 2009, 64(1): 9-13. DOI: 10.1111/j.1365-2044.2008.05690.x.
- [13] Oliveira GU, Carvalho VO, de Assis Cacau LP, et al. Determinants of distance walked during the six-minute walk test in patients undergoing cardiac surgery at hospital discharge[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2014, 9:95. DOI:10.1186/1749-8090-9-95.
- [14] 高墨涵, 钱星星, 王若冰, 等. 心脏外科手术后患者出院前 6 分钟步行试验结果及影响因素分析[J]. 中华护理杂志, 2018, 53(4): 428-432. DOI:10.3761/j.issn.0254-1769.2018.04.010.

(修回日期:2020-12-28)

(本文编辑:汪 玲)

阴极经颅直流电刺激联合机器人治疗对脑卒中后上肢功能障碍的影响

张洁¹ 王春方¹ 杨飞² 于洪丽³ 孙长城¹ 张颖¹ 杜金刚¹

¹天津市人民医院康复医学科, 天津市康复医学研究所, 天津 300121; ²天津体育学院健康与运动科学系, 天津 301617; ³河北工业大学省部共建电工装备可靠性与智能化国家重点实验室, 天津 300401

通信作者: 王春方, Email: chfwang@tju.edu.cn

【摘要】 目的 观察阴极经颅直流电刺激(tDCS)联合上肢机器人(RT)治疗对脑卒中患者上肢和手运动功能以及日常生活活动(ADL)能力的影响。**方法** 选取脑卒中后上肢功能障碍患者 40 例,按随机数字表法随机分为试验组(20 例)和对照组(20 例)。2 组患者均接受基础药物治疗和常规康复治疗,在此基础上,试验组采用 tDCS 联合 RT 治疗,对照组则采用假 tDCS 联合 RT 治疗。2 组患者均每周治疗 5 次,连续治疗 2 周。于治疗前、治疗 1 周后和治疗 2 周后(治疗后)采用 Fugl-Meyer 运动功能评定量表(FMA)(上肢部分)和组块试验(BBT)评价 2 组患者的上肢和手功能,采用动作活动记录量表(MAL)评价 2 组患者 ADL 能力。**结果** 治疗 1 周后和治疗后,2 组患者的 FMA、AOU、QOM 评分和 BBT 与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。治疗 1 周后,试验组患者的 FMA、AOU、QOM 评分和 BBT 与对照组治疗 1 周后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$);治疗后,试验组患者的 FMA、AOU、QOM 评分和 BBT 分别为(45.50±4.75)分、(3.10±1.01)分、(3.32±0.97)分和(23.75±6.97)个,与对照组治疗后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 阴极 tDCS 联合 RT 机器人治疗可显著改善脑卒中患者上肢和手的运动功能,提高其 ADL 能力。

【关键词】 经颅直流电刺激; 机器人治疗; 脑卒中; 上肢康复

基金项目:国家自然科学基金(81871469, 51877068);天津市中医药重点领域科技项目(2017009)

Funding: National Natural Science Foundation of China(81871469, 51877068); Tianjin Traditional Chinese Medi-

cine Key Areas Science and Technology Program(2017009)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.03.009

脑卒中是我国成年人致死、致残的首位病因,具有发病率高、死亡率高、致残率高的特点^[1]。脑卒中后上肢功能障碍是导致患者日常生活活动能力下降的最主要因素之一,严重影响患者的生存质量。研究表明,脑卒中后上肢功能障碍的发生率高达 80%,其中仅 30% 的患者可实现上肢功能的完全康复^[2-3]。高发生率、低康复率使得上肢功能康复成为脑卒中后临床医生亟待解决的关键难题。脑卒中后上肢康复的主要目标之一就是恢复手臂和手掌的功能,使患者能够自主地完成日常生活,而如何通过有效的方法促进患者的上肢功能,是运动康复的难点。

经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)作为一种非侵入式脑刺激技术(non-Invasive brain stimulation, NIBS),为调节大脑神经活动、促进功能康复开辟了新途径。tDCS 采用弱直流电(1~2 mA)调节皮质兴奋性,依据其直流电极性、神经放电频率来增加(促进)或减少(抑制)神经突触传递活动,从而调控大脑皮质神经元的可塑性以满足神经功能康复的需求。tDCS 目前已应用于脑卒中后上肢运动功能康复且证实有效^[4-5],但其作用效果因刺激模式、时间等因素而呈现多样性变化^[6-7]。

研究表明,tDCS 作用于大脑初级运动皮质(primary motor cortex, M1 区)的同时加入重复性康复训练或运动再学习等技术可明显改善受试者的上肢运动功能,且改善效果具有一定的持续效应^[8-9]。机器人康复治疗(robotic therapy, RT)可科学、有效地满足对肢体康复的重复任务,因此与 tDCS 结合已受到越来越多临床研究者的关注。tDCS 用于脑卒中后上肢功能康复通常有三种不同的电极安放模式,一是阳极安放于患侧大脑半球 M1 区,上调患侧半球的神经兴奋性,阴极做参考;二是阴极安放于健侧大脑半球 M1 区,下调健侧半球的神经兴奋性,阳极做参考;三是阳极安放于患侧,同时阴极安放于健侧^[4-7]。本研究旨在探讨阴极 tDCS 安放模式联合 RT 康复对脑卒中患者上肢功能的康复效果。

资料与方法

一、研究对象及分组

纳入标准:①年龄 50~70 岁;②符合 2007 年《中国脑血管病防治指南》的缺血性脑卒中诊断标准^[10],且均为首次发病,经 CT 或 MRI 确诊为基底节区缺血性脑卒中;③非急性期,且病程 2 周~1 年;④上肢远端中度或重度功能障碍(Fugl-Meyer 上肢运动功能量表评分 10~50 分);⑤意识清醒,无认知障碍,简易精神状况量表(mini-mental state examination, MMSE)评分>25 分;⑥签署知情同意书。

排除标准:①严重的心、肝、肺、肾和造血系统原发疾病或癫痫病史;②病情不稳定的心脑血管疾病患者;③肩部视觉模拟评分法(visual analogue score, VAS)评分>4 分;④严重的上肢肌张力异常及关节挛缩畸形;⑤皮肤情况不佳者(可能因接触电极片而加重的感染或湿疹);⑥依从性差,不能完成本次研究者。

选取 2018 年 3 月至 2018 年 10 月就诊于天津市人民医院康复科且符合上述标准的脑卒中患者 40 例,按随机数字表法

随机分为试验组(20 例)和对照组(20 例)。2 组患者的平均年龄、平均病程、性别等一般资料就经统计学分析,组间差异均无统计学意义($P>0.05$),详见表 1。

表 1 2 组患者一般资料

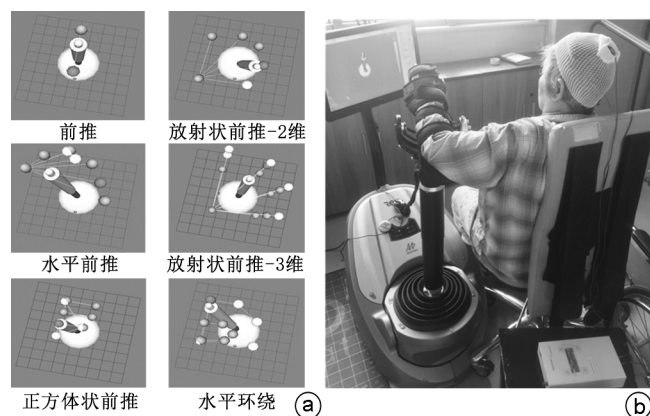
组别	例数	性别		平均年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	平均病程 (月, $\bar{x}\pm s$)
		男	女		
试验组	20	12	8	63.30 $\pm$ 4.62	5.10 $\pm$ 2.53
对照组	20	14	6	61.00 $\pm$ 4.33	4.65 $\pm$ 1.78

二、干预方法

2 组患者均接受基础药物治疗和常规康复治疗,常规康复治疗包括运动治疗、作业治疗、言语治疗等。在此基础上,试验组采用 tDCS 联合 RT 治疗,对照组则采用假 tDCS 联合 RT 治疗。2 组患者均每周治疗 5 次,连续治疗 2 周。

tDCS 采用德国产 NeuroConn 经颅直流电刺激仪。刺激模式为阴极刺激,具体操作参数为,刺激部位选择阴极置于健侧头部初级运动皮质(M1 区),本研究对左侧 M1 区的定位根据国际脑电图 10-20 标准定位法^[11],定位为 C3 位置,右侧 M1 区定位为 C4 位置;阳极置于对侧眼眶上区域。电流强度 1.5 mA,刺激时间 30 min。对照组电极安放方法与试验组相同,通电 10 s 后关闭电源,不移除设备。

RT 治疗采用美国产 ReoGo 上肢康复机器人,该机器人含有目标导向下的被动运动、单点触发、多点触发、连续运动、和主动控制等 5 种不同难度的训练模式,RT 的机器臂采用三轴 Forcell 技术的伸缩臂,可灵活完成三维空间内任意方向的上肢运动,并实时显示操纵杆的位置。治疗时根据患者上肢障碍程度选择合适的训练模式,RT 治疗时间为每次 30 min,治疗的同时进行 tDCS 刺激,详见图 1。



注:a 为 ReoGo 上肢康复机器人运动轨迹示意图;b 为经颅直流电刺激联合上肢康复机器人治疗场景图

图 1 经颅直流电刺激联合上肢机器人康复治疗的界面和场景

三、康复评定

于治疗前、治疗 1 周后和治疗 2 周后(治疗后)采用 Fugl-Meyer 运动功能评定量表(Fugl-Meyer Assessment, FMA)(上肢部分)和组块试验(box and block test, BBT)评价 2 组患者的上

肢和手功能;采用动作活动记录量表 (motor activity log, MAL) 评价 2 组患者日常生活活动 (activity of daily living, ADL) 能力。康复治疗前、中、后期的评定工作均由本科室同一名经验丰富的康复医师完成,旨在控制由不同评定人员评定所造成的评定结果的主观偏差。

1. FMA 评分:该量表涉及五大项肢体功能,包括平衡能力、运动能力、感觉、疼痛和关节活动度,本研究采用该量表上肢部分对 2 组患者的上肢运动功能进行评估,该部分包含 33 个项目,总分 66 分,得分越高则运动功能越好^[12]。

2. BBT:该试验常用来测试手部总体的灵活性。要求为患者以最快的速度将一边盒子里的小方块移到另一边没有木块的盒子里,每次转移 1 个,操作时间为 60 s,最终计算 60 s 内移动的木块总数量,60 s 内转移的木块越多表示手部的灵活性越好^[13]。

3. MAL 评分:该量表是将实验室或者医院的环境转移到患者日常、熟悉的生活环境中,对日常生活中常见的生活活动项目进行评分,如打开电视、抽拉抽屉、穿衣服和袜子等 30 项内容。MAL 量表包括对某一项活动的使用次数 (amount of use, AOU) 和使用质量 (quality of movement, QOM) 的评估,可更直观地观测患者对患侧上肢在实际日常生活中的使用情况。AOU 和 QOM 评分分别除以执行的活动项目数量,就得到 AOU 和 QOM 的平均分。AOU 平均分则越高则使用量越多,QOM 平均分越高则动作质量越好^[14]。

四、统计学分析

采用 SPSS 20.0 版统计学软件进行数据分析。组内治疗前、后的数据比较采用配对样本 Wilcoxon 检验,组间数据比较采用独立样本 Mann-Whitney U 检验。以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

治疗前,2 组患者的 FMA、AOU、QOM 评分和 BBT 组间比较,差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。治疗 1 周后和治疗后,2 组患者的 FMA、AOU、QOM 评分和 BBT 均显著改善,与组内治疗前比较,差异均有统计学意义 ($P<0.05$),且试验组患者治疗 1 周后和治疗后的 FMA、AOU、QOM 评分和 BBT 与对照组同时时间点比较,差异均有统计学意义 ($P<0.05$),详见表 2。

讨 论

本研究结果显示,经阴极 tDCS 联合 RT 治疗的试验组患者其 FMA、AOU、QOM 评分和 BBT 均显著改善,且显著优于仅采用 RT 治疗的对照组,该结果提示,阴极 tDCS 联合 RT 可显著改善脑卒中患者的上肢和手的运动功能和 ADL 能力。

单侧半球脑卒中后,半球间原有的运动皮质神经功能平衡状态被打破,即患侧半球 M1 区神经功能活动受到自身器质损伤和健侧半球通过胼胝体抑制 (transcallosal inhibition, TCI) 作用的双重影响而大为减弱,导致健侧半球 M1 区激活而功能明显增强^[15-16]。基于上述单侧脑卒中后半球间功能不平衡效应,通过阳极 tDCS 上调患侧半球大脑皮质运动皮质兴奋性,或通过阴极 tDCS 抑制健侧半球大脑半球兴奋性均可起到康复治疗作用。研究表明,将阴极 tDCS 应用于未受损的健侧半球,可下调因脑卒中负担过重运动功能份额而过度兴奋的活动状态,并重建相应的两侧大脑半球脑功能网络^[17]。对于阴极 tDCS 作用于健侧半球改善上肢运动功能的研究结果显示,与单纯的作业治疗相比,对健侧 M1 区进行阴极 tDCS 刺激结合作业治疗,可更显著地改善脑卒中患者的上肢关节活动度,且效果可持续 1 周以上,同时对侧运动皮质的功能活动性降低^[18]。还有研究对健侧半球 M1 区进行阴极 tDCS 刺激与患侧半球 M1 区进行阳极 tDCS 刺激的康复效果进行了比较,结果显示,治疗后 6 个月,阴极 tDCS 组的疗效优于阳极 tDCS 组^[19]。本研究进一步证实了阴极 tDCS 对脑卒中患者上肢功能的改善作用。

强化、特定、重复性任务训练对脑卒中后上肢恢复效果显著,使用 RT 机器人治疗可以对同一肢体动作进行科学性地重复且适用于不同上肢功能受损程度的患者。研究发现,tDCS 作用于大脑皮质 M1 区的同时加入重复性康复训练、运动再学习等训练技术,可更有效地改善上肢的运动功能^[8,19]。其可能的作用机制在于利用 tDCS 平衡患者双侧半球平衡性的同时加入科学、重复的康复训练内容,可以达到较单一疗法更优的康复效果。基于此,一些研究学者也开展了针对 tDCS 与 RT 联合干预脑卒中患者上肢功能的研究^[20-22]。目前针对联合治疗的康复效果尚无定论,不同研究学者使用的 RT 设备也不统一。主要影响因素有 tDCS 电极安放模式、脑卒中受损部位、脑卒中时

表 2 2 组患者各时间点评估指标比较 ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	FMA 评分(分)	BBT(个)	MAL 评分(分)	
				AOU 评分	QOM 评分
试验组					
治疗前	20	28.15±8.99	7.75±5.79	0.63±0.50	2.00±0.47
治疗 1 周后	20	41.10±5.13 ^{ab}	18.95±6.74 ^{ab}	1.89±0.88 ^{ab}	3.26±0.65 ^{ab}
治疗后	20	45.50±4.75 ^{ab}	23.75±6.97 ^{ab}	3.10±1.01 ^{ab}	3.32±0.97 ^{ab}
对照组					
治疗前	20	30.25±6.22	8.35±6.13	0.75±0.44	1.85±0.58
治疗 1 周后	20	37.30±6.26 ^a	12.95±5.35 ^a	1.25±0.64 ^a	2.65±0.93 ^a
治疗后	20	40.05±5.71 ^a	15.60±4.97 ^a	2.50±1.15 ^a	2.73±1.16 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组同时时间点比较,^b $P<0.05$

间、RT 设备类型等^[20,23-24]。本研究以慢性期基底节区缺血性脑卒中患者为研究对象,观察了阴极 tDCS 配合三轴多轨迹上肢 RT 治疗的康复效果,证实了两者结合使用对上肢功能的改善优于单纯的上肢 RT 机器人治疗。

本研究也存在着一定的局限性,如仅纳入了 40 例受试者,样本量偏小,且受试者运动功能障碍程度跨度较大,所得联合疗效的可靠性还需要加大样本量做进一步临床验证。本课题组下一步将在增加样本量的基础上,比较不同 tDCS 电极安放模式结合 RT 的脑卒中后功能障碍患者的疗效,以期得到更为全面的观察结果。

参 考 文 献

- [1] 王陇德,刘建民,杨弋,等.《中国脑卒中防治报告 2017》概要[J]. 中国脑血管病杂志, 2018, 15(11): 56-62. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2018.11.010.
- [2] Beebe JA, Lang CE. Active range of motion predicts upper extremity function 3 months after stroke[J]. Stroke, 2009, 40(5): 1772-1779. DOI: 10.1161/STROKEAHA.108.536763.
- [3] Franceschini M, La Porta F, Agosti M, et al. Is health-related-quality of life of stroke patients influenced by neurological impairments at one year after stroke[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2010, 46(3): 389-399. DOI: 10.1111/j.1365-2354.2009.01171.x.
- [4] Fritsch B, Reis J, Martinowich K, et al. Direct current stimulation promotes BDNF-dependent synaptic plasticity: potential implications for motor learning[J]. Neuron, 2010, 66: 198-204. DOI: 10.1016/j.neuron.2010.03.035.
- [5] Lefaucheur JP, Antal A, Ayache SS, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS)[J]. Clin Neurophysiol, 2016, 128(1): 56-92. DOI: 10.1016/j.clinph.2016.10.087.
- [6] Dmochowski JP, Datta A, Bikson M, et al. Optimized multi-electrode stimulation increases focality and intensity at target[J]. J Neural Eng, 2011, 8(4): 046011. DOI: 10.1088/1741-2560/8/4/046011.
- [7] 杨飞,田蓉,王春方,等.经颅直流电刺激联合机器人治疗对脑卒中患者上肢功能康复的研究进展[J]. 国际生物医学工程杂志, 2018, 41(4): 325-330. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4181.2018.04.010.
- [8] Reis J, Schambra HM, Cohen LG, et al. Noninvasive cortical stimulation enhances motor skill acquisition over multiple days through an effect on consolidation[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2009, 106(5): 1590-1595. DOI: 10.1073/pnas.0805413106.
- [9] Kim YH, You SH, Kwon YH, et al. Longitudinal fMRI study for locomotor recovery in patients with stroke[J]. Neurology, 2006, 67(2): 330-333. DOI: 10.1212/01.wnl.0000225178.85833.0d.
- [10] 饶明俐. 中国脑血管病防治指南[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2007: 25-27.
- [11] American Electroencephalographic Society. Guideline thirteen: guidelines for standard electrode position nomenclature[J]. J Clin Neurophysiol, 1994, 11(1): 111-113. DOI: 10.1097/00004691-200604000-00006.
- [12] Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The Fugl-Meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2002, 16(3): 232-240. DOI: 10.1177/154596802401105171.
- [13] Desrosiers J. Validation of the box and block test as a measure of dexterity of elderly people: reliability, validity, and norms studies[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1994, 75(7): 751-755. DOI: 10.1177/036354659402200427.
- [14] Uswatte G, Taub E, Morris D, et al. Reliability and validity of the upper-extremity motor activity log-14 for measuring real-world arm use[J]. Stroke, 2005, 36(11): 2493-2496. DOI: 10.1161/01.STR.0000185928.90848.2e.
- [15] Hashemirad F, Zoghi M, Fitzgerald PB, et al. The effect of anodal transcranial direct current stimulation on motor sequence learning in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis[J]. Brain Cogn, 2016, 102: 1-12. DOI: 10.1016/j.bandc.2015.11.005.
- [16] Li S. Spasticity, Motor Recovery, and Neural Plasticity after Stroke[J]. Front Neurol, 2017, 8(10): 120. DOI: 10.3389/fneur.2017.00120.
- [17] Wessel MJ, Zimerman M, Hummel FC. Non-invasive brain stimulation: an interventional tool for enhancing behavioral training after stroke[J]. Front Hum Neurosci, 2015, 9: 265. DOI: 10.3389/fnhum.2015.00265.
- [18] Nair DG, Renga V, Lindenberg R, et al. Optimizing recovery potential through simultaneous occupational therapy and non-invasive brain-stimulation using tDCS[J]. Restor Neurol Neurosci, 2011, 29(6): 411-420. DOI: 10.3233/RNN-2011-0612.
- [19] Kim DY, Ohn SH, Yang EJ, et al. Enhancing motor performance by anodal transcranial direct current stimulation in subacute stroke patients[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2009, 8(10): 829-836. DOI: 10.1097/PHM.0b013e3181b811e3.
- [20] Ochi M, Saeki S, Oda T, et al. Effects of anodal and cathodal transcranial direct current stimulation combined with robotic therapy on severely affected arms in chronic stroke patients[J]. J Rehabil Med, 2013, 45(2): 137-140. DOI: 10.2340/16501977-1099.
- [21] Hesse S, Werner C, Schonhardt EM, et al. Combined transcranial direct current stimulation and robot-assisted arm training in subacute stroke patients: a pilot study[J]. Restor Neurol Neurosci, 2007, 25(1): 9-15. PMID: 17473391.
- [22] Hesse S, Waldner A, Mehrholz J, et al. Combined transcranial direct current stimulation and robot-assisted arm training in subacute stroke patients: an exploratory, randomized multicenter trial[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2011, 25(9): 838-846. DOI: 10.1177/1545968311413906.
- [23] Giacobbe V, Krebs HI, Volpe BT, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) and robotic practice in chronic stroke: the dimension of timing[J]. NeuroRehabilitation, 2013, 33(1): 49-56. DOI: 10.3233/NRE-130927.
- [24] Powell ES, Carrico C, Westgate PM, et al. Time configuration of combined neuromodulation and motor training after stroke: a proof-of-concept study[J]. NeuroRehabilitation, 2016, 39(3): 439-449. DOI: 10.3233/NRE-161375.

(修回日期: 2020-10-23)

(本文编辑: 阮仕衡)