

小脑间歇性 θ 脉冲刺激对脑卒中后下肢功能障碍患者步行功能的影响

孔晴 郭壮丽 高呈飞 柳希芹 伊传建

青岛大学附属医院康复医学科, 青岛 266003

通信作者: 郭壮丽, Email: guozhuangli@qdu.edu.cn

【摘要】 目的 观察小脑半球间歇性 θ 脉冲刺激 (iTBS) 对脑卒中后下肢功能障碍患者步行功能的影响, 并对其可能的机制进行初步探讨。**方法** 将符合纳入标准的脑卒中后步行功能障碍患者 30 例按随机数字表法分为试验组和对照组, 每组患者 15 例。2 组患者均给予常规康复治疗, 在此基础上, 试验组在每次常规康复训练之前给予 iTBS 干预, 对照组则仅给予假 iTBS 干预。iTBS 治疗每日 1 次, 每次共产生 600 个脉冲, 用时 200 s, 每周训练 5 d, 连续治疗 3 周。治疗前和 3 周的治疗后, 采用 Berg 平衡量表 (BBS)、Fugl-Meyer 评估量表下肢部分 (FMA-LE)、改良 Barthel 指数 (MBI)、功能性步行量表 (FAC) 分别评估 2 组患者的平衡功能、下肢运动功能、日常生活活动能力和步行功能, 同时对其进行步态分析, 并采集 2 组患者运动诱发电位的波幅和潜伏期, 以评估其皮质脊髓兴奋性。**结果** 治疗后, 试验组患者的 BBS 评分、FMA-LE 评分、MBI 评分、FAC 分级、步幅、步速、步频、摆动期占步行周期百分比、MEP 的波幅和潜伏期均显著优于组内治疗前和对照组治疗后, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 对照组除治疗后的摆动期占步行周期百分比为 (27.83 ± 4.82)%, 与组内治疗前的 (27.18 ± 6.30)% 比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 剩余上述各项指标均显著优于组内治疗前, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。**结论** 小脑半球 iTBS 可改善脑卒中后下肢功能障碍患者的步行功能, 其机制可能与小脑通过某种通路来调控大脑皮质的脊髓兴奋性有关。

【关键词】 间歇性 θ 脉冲刺激; 小脑; 下肢功能障碍; 脑卒中

基金项目: 山东省医药卫生科技发展计划项目 (2013ws0268)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2024.03.007

Intermittent theta burst stimulation of the cerebellum can improve the walking of stroke survivors with lower limb dysfunction

Kong Qing, Guo Zhuangli, Gao Chengfei, Liu Xiqin, Yi Chuanjian

Department of Rehabilitation Medicine, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266003, China

Corresponding author: Guo Zhuangli, Email: guozhuangli@qdu.edu.cn

【Abstract】 Objective To observe any effect of intermittent theta burst stimulation (iTBS) of a cerebellar hemisphere on the walking of stroke survivors with lower limb dysfunction, and to explore its possible mechanism.

Methods Thirty stroke survivors with walking dysfunction were randomly divided into an experimental group and a control group, each of 15. Before their daily routine rehabilitation, the control group received fake iTBS while the experimental group was given 600 pulses of iTBS over 200s. The experiment continued 5 days a week for 3 weeks. The Berg Balance Scale (BBS), the Fugl-Meyer lower extremity assessment (FMA-LE), the Modified Barthel Index (MBI) and Functional Ambulation Categories (FAC) were used before and after the treatment to evaluate the subjects' balance, lower extremity motor function, walking and ability in the activities of daily living. Gait analysis was also performed. The amplitude of motor evoked potentials (MEPs) and the cortical silent period (CSP) were also noted to assess corticospinal excitability. **Results** After the treatment, the average BBS, FMA-LE and MBI scores, FAC grading, stride length, stride speed, stride frequency, and the percentage of swing period in the walking cycle, as well as MEP amplitude and latency had improved significantly in the experimental group. All were then significantly better, on average, than in the control group. The control group also demonstrated significant improvement in all of the outcomes except the percentage of swing period in the walking cycle. **Conclusion** iTBS of the cerebellum can improve the walking of stroke survivors with lower limb dysfunction. The mechanism may be related to the cerebellar regulation of spinal cord excitation of the cerebral cortex.

【Key words】 Theta burst stimulation; Cerebellum; Lower limb dysfunction; Stroke

Funding: A Shandong Medical and Health Science and Technology Development Plan Project (2013ws0268)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2024.03.007

脑卒中是成人残疾的主要原因之一^[1]。约72%的卒中患者出院时须在辅助下步行,严重者甚至无法步行^[2],因此改善步行功能是脑卒中康复的重要目标之一^[3]。众所周知,脑卒中根源是脑部问题,而以运动再学习和强制运动为主的传统康复治疗多局限于肢体本身,是针对外周的治疗^[4]。因此,寻找一种新的、中枢与外周相结合的、改善下肢功能障碍的治疗方法势在必行。

经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)是一种无创脑刺激技术,已广泛应用于临床康复治疗及研究中。重复TMS(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)是一系列TMS脉冲,以恒定的刺激强度持续作用于局部大脑^[5]。其中,间歇性 θ 脉冲刺激(intermittent theta burst stimulation, iTBS)是rTMS的一种特殊形式,具有刺激时间短、刺激强度低以及不良反应(如癫痫)发生率低等优点^[6],可提高患侧半球的皮质兴奋性,从而使两侧大脑半球皮质的兴奋性达到新的平衡^[7]。研究显示,受损大脑对侧小脑的活动与脑卒中患者的步态恢复呈正相关^[8-9]。另外,小脑iTBS可影响大脑可塑性,并改善脑卒中患者的步态和平衡功能^[5,10-11]。然而,上述研究结果仅验证了iTBS治疗的有效性,并未对其机制进行充分的阐明^[12]。基于此,本研究观察了小脑半球iTBS对脑卒中后下肢功能障碍患者步行功能的疗效,并对其可能的脑功能网络机制进行了初步探讨,以期为iTBS治疗脑卒中后步行功能障碍提供理论依据。

资料和方法

一、研究对象及分组

纳入标准:①符合中华医学会第四届全国脑血管病学术会议修订的《各类脑血管疾病诊断要点》的诊断标准^[13],并且经CT和/或MRI诊断为脑卒中;②病程2周~6个月,首次出现单侧大脑半球缺血性/出血性卒中;③年龄在40~75岁;④功能性步行量表(functional ambulation category, FAC)分级为2~4级,且能完成10 m步行测试(独立或辅助下);⑤无严重本体感觉、前庭或视力障碍;⑥能够遵循简单的口头指

示;⑦签署知情同意书。
排除标准:①有TMS禁忌证(如颅内植入物、心脏起搏器、植入药泵和妊娠);②患有小脑或脑干卒中;③脑卒中前有以下功能障碍;④患有可能导致病情进展的严重疾病(如严重颈椎病、严重颈椎椎管狭窄等);⑤严重缺乏沟通或执行命令的能力,妨碍对其进行评估和治疗;⑥有癫痫病史^[10,14];⑦有严重本体感觉、前庭或视力障碍;⑧正在服用精神类药物;⑨目前正在参加其他临床试验。

本研究经青岛大学附属医院伦理委员会批准(伦理号为QYFYWZLL27917)。选取2022年7月至2023年7月在青岛大学附属医院康复医学科接受治疗并符合上述标准的脑卒中后下肢功能障碍患者30例,采用随机数字表法将其随机分为试验组和对照组,每组患者15例。2组患者的例数、平均年龄、性别、平均病程、病变侧别和病变性质等一般资料组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),详见表1。

二、试验设计

本试验通过随机、双盲、对照的方法,治疗3周(每天一次,每周5次)。

2组患者均给予常规康复治疗,试验组在此基础上在每次传统康复训练之前给予iTBS干预^[10],对照组则同时给予假iTBS干预。

1. 常规康复治疗方法:包括下肢主动和被动活动、坐位和站立平衡训练、重心转移训练、步行训练、躯干肌肉训练、上下台阶训练、日常生活活动能力的训练等,常规康复治疗每日1次,每周训练5 d,连续治疗3周^[15-16]。

2. iTBS治疗方法:采用武汉依瑞德医疗设备新技术有限公司生产的YRD CYY-1型经颅磁刺激仪,将iTBS的强度设置为静息运动阈值(resting motor threshold, RMT)的80%,RMT则为连续10次试验中,至少5次诱发 $>50\text{ }\mu\text{V}$ MEP的最低刺激强度^[18]。本研究选择患者健侧小脑枕骨隆突下方1 cm,中线外侧3 cm处作为刺激靶点^[5],将圆形线圈置于该点,注意线圈与枕骨相切,然后进行iTBS。为降低癫痫的发生率,以5 Hz频率重复的3个50 Hz脉冲组成的iTBS,每刺激2 s后休息8 s,共产生600个脉冲,用时200 s。

表1 2组患者一般资料比较

组别	例数	平均年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	性别[例(%)]		平均病程 (月, $\bar{x}\pm s$)	病变侧别[例(%)]		病变性质[例(%)]	
			男	女		左	右	缺血	出血
试验组	15	59.60 $\pm$ 8.85	10(67)	5(33)	2.17 $\pm$ 1.68	7(47)	8(53)	13(87)	2(13)
对照组	15	62.87 $\pm$ 8.91	9(60)	6(40)	1.83 $\pm$ 1.56	11(73)	4(27)	14(93)	1(7)

iTBS治疗每日 1 次,每周治疗 5 d,连续治疗 3 周。对照组给予假 iTBS,刺激部位、时间、刺激强度和疗程等均与真 iTBS 相同,但不接通电源。

三、评估指标

治疗前和治疗 3 周后(治疗后),采用 Berg 平衡量表(Berg balance scale, BBS)、Fugl-Meyer 评估量表下肢部分(Fugl-Meyer assessment scale for lower extremity, FMA-LE)、改良 Barthel 指数(modified Barthel index, MBI)、FAC 分级分别评估 2 组患者的平衡功能、下肢运动功能、日常生活活动能力和步行功能,同时对其进行步态分析,并采集 2 组患者运动诱发电位的波幅和潜伏期(cortical silent period, CSP)以评估其皮质脊髓兴奋性。

- 1. BBS 评分:该量表共包含 14 个项目^[19],每个项目有 5 个等级,分别对应 0~4 分,满分为 56 分。BBS 最终得分越高则平衡功能越好^[20]。
- 2. FMA-LE 评分:FMA-LE 在运动功能领域中使用 3 分等级量表,总分 34 分。分数越高则代表髋关节、膝关节和踝关节的运动功能越好^[21]。
- 3. MBI 评分:该量表包括进食、洗澡、修饰、更衣、控制大便、控制小便、用厕、床椅转移、活动(步行)、上下楼梯等 10 个小项目,满分为 100 分。分数越低则患者的日常生活活动能力越差^[22]。
- 4. FAC 分级:该量表可以在临床实践中快速评估脑卒中或其他神经系统疾病患者的步行功能^[21]。FAC 分为 6 个等级,等级越高,患者步行功能越好^[23]。

5.步态分析:采用深圳产 XZ-POS4040 型鞋垫式步态分析仪进行测量。根据患者鞋码选取鞋垫,将芯片安装入鞋垫后,将鞋垫垫入舒适合脚的系带运动鞋中。选取直线距离≥15 m 的平滑地面,嘱患者在 3 s 倒计时后以舒适状态往返行走 2 min。记录患者步行过程中的步速、步频、步幅、摆动期占行走时相百分比等^[24]。

6.运动诱发电位波幅和潜伏期的采集:根据既往文献^[5,10],本研究选择拇短展肌作为靶肌肉。嘱患者取坐位,着定位帽,于偏瘫侧肢体的拇短展肌肌腱、肌

腹以及前臂掌侧腕关节上 10 cm 处,使用 75% 的酒精脱脂,并分别贴上参考电极、记录电极和接地电极贴,电极贴放置如图 1 所示。将磁场刺激仪的圆形线圈放置在患侧大脑的主要运动皮质(M1 区域),手柄与头部中矢状线成约 45°角。运动诱发电位的波幅及潜伏期的取值方法同 RMT 测试方法相似。在患侧大脑半球 M1 区给予阈上强度磁刺激,于对侧拇短展肌处记录运动诱发电位,一般选择波幅比较大、重复性比较好的 5 条波形,取其平均值,记录波幅和潜伏期。

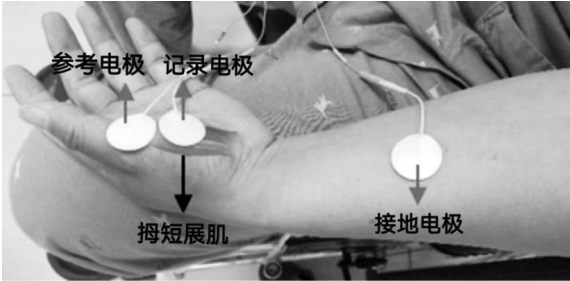


图 1 电极贴放置位置

四、统计分析

采用 SPSS 26 版统计学软件进行对本研究所得数据进行分析,计量资料均符合正态分布,以($\bar{x} \pm s$)表示,采用 *t* 检验,计数资料以率(%)表示,采用 χ^2 检验,等级资料采用秩和检验。以 $P < 0.05$ 时差异具有统计学意义。

结 果

治疗前,2 组患者的 BBS 评分、FMA-LE 评分、MBI 评分、FAC 分级、步幅、步速、步频、摆动期占步行周期百分比、MEP 的波幅和潜伏期组间比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。治疗后,除对照组摆动期占步行周期百分比外,2 组患者上述其余各项指标与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),且试验组患者治疗后的 BBS 评分、FMA-LE 评分、MBI 评分、FAC 分级、步幅、步速、步频、摆动期占步行周期百分比、MEP 的波幅和潜伏期均显著有优于对照组治疗后,差异均有统计学意义($P < 0.05$),详见表 2~表 4。

表 2 2 组患者治疗前、后 BBS 评分、FMA-LE 评分、MBI 评分和 FAC 分级比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	BBS 评分(分)	FMA-LE 评分(分)	MBI 评分(分)	FAC 分级(级)
试验组					
治疗前	15	36.40±14.91	21.67±3.63	57.67±10.30	2.40±1.02
治疗后	15	46.60±16.67 ^{ab}	26.20±4.02 ^{ab}	72.33±12.7 ^{ab}	3.67±0.94 ^{ab}
对照组					
治疗前	15	42.40±13.23	21.40±3.77	62.67±7.27	2.27±0.77
治疗后	15	46.27±13.63 ^a	23.00±3.72 ^a	71.33±8.84 ^a	3.07±0.68 ^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 3 2 组患者治疗前、后步态分析数据比较 ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	步幅 (m)	步速 (m/s)	步频 (步/min)	摆动期占行走时相百分比 (%)
试验组					
治疗前	15	0.72±0.26	0.5±0.29	82.56±22.26	26.80±4.46
治疗后	15	0.99±0.26 ^{ab}	0.85±0.31 ^{ab}	94.75±21.82 ^{ab}	33.28±3.92 ^{ab}
对照组					
治疗前	15	0.55±0.23	0.37±0.20	81.56±21.48	27.18±6.30
治疗后	16	0.64±0.24 ^a	0.46±0.22 ^a	85.09±20.12 ^a	27.83±4.82

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 组患者治疗前、后运动诱发电位的波幅和潜伏期比较 ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	波幅 (μV)	潜伏期 (ms)
试验组			
治疗前	15	145.83±30.96	24.54±1.01
治疗后	15	183.90±38.53 ^{ab}	22.63±0.83 ^{ab}
对照组			
治疗前	15	139.50±37.21	24.47±1.94
治疗后	15	157.03±43.38 ^a	23.29±1.89 ^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

本研究结果显示,经过 3 周的治疗后,试验组患者的 BBS 评分、FMA-LE 评分、MBI 评分、FAC 分级、步幅、步速、步频、摆动期占步行周期百分比、MEP 的波幅和潜伏期均显著优于组内治疗前和对照组治疗后,差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。该结果提示,小脑 iTBS 联合常规康复可显著改善脑卒中后下肢功能障碍患者的平衡功能、下肢运动功能、日常生活活动能力、步行功能,并增强运动诱发电位的波幅,缩短其潜伏期,这与 Wang 等的研究结果一致^[25]。

脑卒中后,大脑运动中枢或皮质脊髓束受损,神经肌肉调控过程出现异常,从而导致肌群运动失调,造成肢体运动功能障碍^[26]。约 22%~50% 的脑卒中患者康复后仍不能独立行走,影响其生活质量^[1]。通过治疗有效地改善患者步行功能,提高其生活质量,成为了目前康复治疗的重要目标之一^[1]。

TBS 是一种具备单位时间脉冲数相对多、刺激时间相对短、患者配合度更高等优点的 TMS 治疗技术^[6]。TBS 包括 iTBS 和持续性脉冲刺激 (continuous theta burst stimulation, cTBS),其中 iTBS 可提高皮质兴奋性^[27],目前已应用于疼痛、吞咽困难、认知障碍、抑郁等领域,且有不错的疗效^[28]。近几年有关 iTBS 治疗脑卒中后功能障碍的文献多聚焦于刺激大脑半球,而对于刺激小脑半球的文献较罕见。且由于刺激大脑半球易诱发癫痫,这一定程度上会影响 TMS 的疗效,而刺激小脑则可减少此类不良反应的发生率^[29]。另外,

对于大脑去骨瓣减压术后、脑外伤等患者,无法给予大脑半球经颅磁刺激,而小脑是人类行走的主要神经控制中心之一,在运动执行和控制中起着重要作用^[30]。因此,本研究观察小脑半球 iTBS 对于卒中后步行功能障碍的疗效。

Koch 等^[10]的研究通过 BBS、FMA-LE、红外步态分析仪、脑电图等证明了小脑半球 iTBS 治疗脑卒中后患者下肢步行功能的有效性,其研究结果也与本研究结果相近。Xie 等^[6]的研究也发现,对健侧小脑半球进行 iTBS 并结合物理治疗可以改善脑卒中后患者的步态和下肢运动功能,但该研究入组患者的年龄跨度太大,无法排除年轻人与老年人在自身恢复能力 (包括大脑神经可塑性、大脑代谢能力等) 上的差距对试验结果的影响,而本研究则缩小了年龄跨度,旨在减少客观因素对试验结果的影响。

小脑与对侧大脑存在多突触环路相互连接^[31]。既往关于大脑-小脑间环路的经典理论是,大脑皮质的信息传入丘脑底核后,通过脑桥核传递并交叉后到达小脑^[32]。而小脑接收到的信息,先投射到小脑深部核 (齿状核为主),经对侧红核到达丘脑不同区域,再通过丘脑腹侧核传输到大脑的 M1 区等部位^[33]。Koch 等^[10]的研究显示,小脑半球 iTBS 能够调节对侧大脑 M1 的兴奋性。Luft 等^[8]的研究认为,脑卒中患者的健侧小脑活动与偏瘫侧肢体步态恢复呈正相关。这些研究为健侧小脑半球 iTBS 应用于脑卒中后患者的下肢步行功能的康复提供了支持依据,故本研究选取将健侧小脑半球作为刺激部位。

脑卒中后患者步行功能恢复的机制可能与小脑-大脑相关回路有关^[34]。一种可能是,通过小脑与大脑初级运动皮质 (M1 区) 间的某些通路,如“小脑-丘脑-M1 通路”等,调节不同的氨基丁酸能和谷氨酸能中间神经元的活动,提高受损大脑半球皮质兴奋性。本研究结果显示, iTBS 刺激小脑可调节对侧大脑 M1 区神经活动的兴奋性。因此,本课题组推测,小脑与对侧大脑之间有某种通路相连。还有研究发现,小脑可能通过“小脑-丘脑-M1 通路”与对侧大脑 M1 区进行联系,并影响其皮质脊髓兴奋性^[35]。有研究发现,小脑通过

其苔藓纤维接收磁刺激,传导至颗粒细胞,颗粒细胞轴突在分子层呈 T 形分叉,形成与小脑叶片长轴平行的平行纤维,而平行纤维间的突触竞争,可促进小脑皮质浦肯野细胞回路的成熟,改变浦肯野细胞树突棘的结构,浦肯野细胞发出轴突,与小脑深部齿状核连接,再经丘脑腹侧到达大脑运动皮质,形成“小脑-丘脑-M1”通路^[36]。还有研究发现,浦肯野细胞可抑制齿状核中的齿状细胞,向丘脑腹侧和大脑 M1 区发送兴奋性刺激,从而改变对侧大脑皮质 M1 区运动神经元的兴奋性^[37-38]。研究显示,TMS 可通过调节小脑可塑性,经“小脑-丘脑-M1 通路”作用于对侧大脑 M1 区域神经元突触,可调节神经元兴奋性,促进损伤细胞的修复,调节大脑可塑性,从而改善脑卒中患者大脑血液循环和脑组织局部水肿,提高代谢,起到促进脑卒中患者功能恢复的作用^[39]。

综上所述,小脑半球 iTBS 结合常规康复可有效地改善脑卒中后下肢功能障碍患者的步行功能。本研究尚存在局限性,首先,本课题样本量较小,且探索的是小脑半球 iTBS 联合常规康复治疗的短期影响,在今后的研究中应增加样本量、延长干预期,进行更细致地分层分析,以探索 iTBS 的长期疗效。另外,本研究缺乏功能磁共振等脑功能网络的客观检查方法,未来将结合脑功能检查进一步对小脑与大脑间功能网络进行研究,以便为 iTBS 治疗脑卒中后步行功能障碍的康复提供更为客观的理论依据。

参 考 文 献

- [1] Chieffo R, Comi G, Leocani L, et al. Noninvasive neuromodulation in poststroke gait disorders: rationale, feasibility, and state of the art [J]. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 2016, 30 (1): 71-82. DOI: 10.1177/1545968315586464.
- [2] Paolucci S, Bragoni M, Coiro P, et al. Quantification of the probability of reaching mobility independence at discharge from a rehabilitation hospital in nonwalking early ischemic stroke patients: a multivariate study [J]. *Cerebrovasc Dis*, 2008, 26 (1): 16-22. DOI: 10.1159/000135648.
- [3] Allison R, Shelling L, Dennett R, et al. The effectiveness of various models of primary care-based follow-up after stroke: a systematic review [J]. *Prim Health Care Res Dev*, 2011, 12 (3): 214-222. DOI: 10.1017/S146342361100003X.
- [4] Charalambous CC, Bowden MG, Adkins DL. Motor cortex and motor cortical interhemispheric communication in walking after stroke: the roles of Transcranial Magnetic Stimulation and animal models in our current and future understanding [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2016, 30 (1): 94-102. DOI: 10.1177/1545968315581418.
- [5] Liao LY, Xie YJ, Chen Y, et al. Cerebellar Theta-Burst Stimulation combined with physiotherapy in subacute and chronic stroke patients: a pilot randomized controlled trial [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2021, 35 (1): 23-32. DOI: 10.1177/1545968320971735.
- [6] Xie YJ, Wei QC, Chen Y, et al. Cerebellar Theta Burst Stimulation on walking function in stroke patients: a randomized clinical trial [J]. *Front Neurosci*, 2021, 15: 688569. DOI: 10.3389/fnins.2021.688569.
- [7] Hu R, Zhu Y, Tang X, et al. Continuous theta burst stimulation inhibits the bilateral hemispheres [J]. *Neurosci Lett*, 2017, 657: 134-139. DOI: 10.1016/j.neulet.2017.07.018.
- [8] Luft AR, Forrester L, Macko RF, et al. Brain activation of lower extremity movement in chronically impaired stroke survivors [J]. *NeuroImage*, 2005, 26 (1): 184-194. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2005.01.027.
- [9] Rehme AK, Eickhoff SB, Rottschy C, et al. Activation likelihood estimation meta-analysis of motor-related neural activity after stroke [J]. *NeuroImage*, 2012, 59 (3): 2771-2782. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.10.023.
- [10] Koch G, Bonni S, Casula EP, et al. Effect of cerebellar stimulation on gait and balance recovery in patients with hemiparetic stroke: a randomized clinical trial [J]. *JAMA Neurol*, 2019, 76 (2): 170-178. DOI: 10.1001/jamaneurol.2018.3639.
- [11] Wang L, Huang G, Zhang L, et al. Effects of the intermittent theta burst stimulation of the cerebellar vermis on balance recovery after stroke: a study protocol for a randomized controlled trial [J]. *Front Aging Neurosci*, 2022, 14: 881311. DOI: 10.3389/fnagi.2022.881311.
- [12] Wessel MJ, Hummel FC. Non-invasive Cerebellar Stimulation: a promising approach for stroke recovery [J]? *Cerebellum*, 2018, 17 (3): 359-371. DOI: 10.1007/s12311-017-0906-1.
- [13] Iwański S, Leśniak M, Polanowska K, et al. Neuronavigated 1 Hz rTMS of the left angular gyrus combined with visuospatial therapy in post-stroke neglect. *NeuroRehabilitation*, 2020, 46 (1): 83-93. DOI: 10.3233/NRE-192951.
- [14] 孙申, 黄绍强, 梁伟民. 电刺激运动诱发电位 (MEP) 临床研究进展 [J]. *复旦学报*, 2013, 40 (01): 112-115+120. DOI: 10.3969/j.issn.1672-8467.2013.01.024.
- [15] Kraft GH, Fitts SS, Hammond MC. Techniques to improve function of the arm and hand in chronic hemiplegia [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1992, 73 (3): 220-227. PMID: 1543423.
- [16] 戚龙凤. 重复经颅磁刺激对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能的影响 [D]. 青岛: 青岛大学, 2019. DOI: 10.27262/d.cnki.gqda.2019.001601.
- [17] Del Olmo MF, Cheeran B, Koch G, et al. Role of the cerebellum in externally paced rhythmic finger movements [J]. *J Neurophysiol*, 2007, 98 (1): 145-152. DOI: 10.1152/jn.01088.2006.
- [18] Rossi S, Antal A, Bestmann S, et al. Safety and recommendations for TMS use in healthy subjects and patient populations, with updates on training, ethical and regulatory issues: expert guidelines [J]. *Clin Neurophysiol*, 2021, 132 (1): 269-306. DOI: 10.1016/j.clinph.2020.10.003.
- [19] Miranda-Cantellops N, Tiu TK. *Berg Balance Testing*. Stat Pearls Publishing, 17 February 2023. PMID: 34662032. Bookshelf ID: NBK574518.
- [20] Blum L, Korner-Bitensky N. Usefulness of the Berg Balance Scale in stroke rehabilitation: a systematic review [J]. *Phys Ther*, 2008, 88 (5): 559-66. DOI: 10.2522/ptj.20070205.
- [21] Yoo YJ, Lim SH. Assessment of lower limb motor function, ambulation, and balance after stroke [J]. *Brain Neurorehabil*, 2022, 15 (2): e17. DOI: 10.12786/bn.2022.15.e17.

- [22] 俞风云.重复 Theta 节律磁刺激对脑皮质兴奋性的影响[D]. 上海:上海体育学院,2021. DOI: 10.27315/d.cnki.gstyx.2021.000540.
- [23] Choi YK, Kim K, Choi JU. Effects of stair task training on walking ability in stroke patients[J]. Phys ther,2017,29(2):235-237. DOI: 10.1589/jpts.29.235.
- [24] Yang YR, Yen JG, Wang RY, et al.Gait outcomes after additional backward walking training in patients with stroke: a randomized controlled trial[J]. Clin Rehabil,2005,19(3):264-273. DOI: 10.1191/0269215505cr860oa.
- [25] Wang RY, Tseng HY, Liao KK, et al.rTMS combined with task-oriented training to improve symmetry of interhemispheric corticomotor excitability and gait performance after stroke: a randomized trial[J]. Neurorehabil Neural Repair,2012,26(3):222-230. DOI: 10.1177/1545968311423265.
- [26] Fisher CM.Concerning the mechanism of recovery in stroke hemiplegia [J]. Can J Neurol Sci,1992,19(1):57-63. PMID: 1562908.
- [27] Chen G, Wu M, Lin T, et al. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on sequelae in patients with chronic stroke: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Front Neurosci,2022,16:998820. DOI: 10.3389/fnins.2022.998820.
- [28] Xia Y, Xu Y, Li Y, et al. Comparative efficacy of different repetitive transcranial magnetic stimulation protocols for stroke: A network Meta-Analysis[J]. Front Neurol,2022,13:918786. DOI: 10.3389/fneur.2022.918786.
- [29] Rossi S, Hallett M, Rossini PM, et al. Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research[J]. Clin Neurophysiol,2009,120(12):2008-2039. DOI: 10.1016/j.clinph.2009.08.016.
- [30] Manto M, Bower JM, Conforto AB, et al. Consensus paper: roles of the cerebellum in motor control--the diversity of ideas on cerebellar involvement in movement [J]. Cerebellum,2012, 11(2):457-487. DOI: 10.1007/s12311-011-0331-9.
- [31] Li N, Masic-Flogel TD. Cortico-cerebellar interactions during goal-directed behavior[J]. Curr Opin Neurobiol,2020,65:27-37. DOI: 10.1016/j.conb.2020.08.010.
- [32] Wagner MJ, Luo L. Neocortex-Cerebellum Circuits for Cognitive Processing[J]. Trends Neurosci,2020,43(1):42-54. DOI: 10.1016/j.tins.2019.11.002.
- [33] Takahashi N, Moberg S, Zolnik TA, et al. Thalamic input to motor cortex facilitates goal-directed action initiation[J]. Curr Biol,2021,31(18):4148-4155.e4144. DOI: 10.1016/j.cub.2021.06.089.
- [34] Montgomery EB. Practice parameter: diagnosis and prognosis of new onset Parkinson disease (an evidence-based review): report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology[J]. Neurology,2006,67(12):2266. DOI: 10.1212/01.wnl.0000252726.13187.63.
- [35] Chen TW, Wardill TJ, Sun Y, et al. Ultrasensitive fluorescent proteins for imaging neuronal activity[J]. Nature,2013,499(7458):295-300. DOI: 10.1038/nature12354.
- [36] Koch G, Mori F, Marconi B, et al. Changes in intracortical circuits of the human motor cortex following theta burst stimulation of the lateral cerebellum[J]. Clin Neurophysiol,2008,119(11):2559-2569. DOI: 10.1016/j.clinph.2008.08.008.
- [37] Hoxha E, Lippiello P, Scelfo B, et al. Maturation, refinement, and serotonergic modulation of cerebellar cortical circuits in normal development and in murine models of autism [J]. Neural Plast,2017,2017:6595740. DOI: 10.1155/2017/6595740.
- [38] Hirano T, Kawaguchi SY. Regulation and functional roles of rebound potentiation at cerebellar stellate cell-Purkinje cell synapses[J]. Front Cell Neurosci,2014,8:42. DOI: 10.3389/fncel.2014.00042.
- [39] Rickels E, von Wild K, Wenzlaff P. Head injury in Germany: a population-based prospective study on epidemiology, causes, treatment and outcome of all degrees of head-injury severity in two distinct areas [J]. Brain Inj,2010,24(12):1491-1504. DOI: 10.3109/02699052.2010.498006.

(修回日期:2024-01-02)

(本文编辑:阮仕衡)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

呼唤伯乐——《中华物理医学与康复杂志》常年诚聘审稿专家

随着物理医学与康复学科的迅猛发展以及广大读者与作者对《中华物理医学与康复杂志》认知度的不断提升,近年来我刊稿源呈现迅速大幅增长的态势。为了进一步提高审稿质量,加快审稿速度,缩短论文发表时差,提高论文发表时效性,满足广大作者与读者的热切需求,本刊现面向全国诚聘审稿专家。要求如下:

1. 从事物理医学与康复、物理治疗、作业治疗、语言治疗及各相关学科(如神经科、神经外科和骨科、疼痛科等)的高级专业人员(硕士或以上学历,并有正高或副高职称),具有丰富的临床经验和较深的学术造诣,熟知国内、外康复医学或其相关领域的最新理论、最新技术和发展趋势。

2. 精于科学研究和论文写作,并且在本刊或相同级别的其他医学杂志上发表过多篇学术论文。

3. 熟悉学术论文审稿标准,态度严谨、认真、公正,有较充裕的时间和充沛的精力,能按时反馈审稿意见。

如果您具备上述条件,同时又愿意用您的慧眼帮助我们发掘物理医学与康复研究领域的千里马,就请填写下面的表格,连同个人简历电邮传送给: cjpmr@tjh.tjmu.edu.cn。

我们也热诚欢迎您向我们推荐您的同事加入我们的审稿专家队伍。

一旦入选,即发聘书。