

- 2015, z(1):228-228.
- [25] Yucel U, Kucuksen S, Cingoz HT, et al. Full-length silicone insoles versus ultrasound-guided corticosteroid injection in the management of plantar fasciitis: a randomized clinical trial [J]. *Prosthetics and Orthotics International*, 2013, 37(6):471-476.
- [26] Lynch DM, Goforth WP, Martin JE, et al. Conservative treatment of plantar fasciitis. A prospective study [J]. *The American Podiatric Medical Association*, 1998, 88(8):375-380.
- [27] Martin JE, Hosch JC, Goforth WP, et al. Mechanical treatment of plantar fasciitis. A prospective study [J]. *The American Podiatric Medical Association*, 2001, 91(2):55-62.
- [28] Fu HC, Lie CW, Ng TP, et al. Prospective study on the effects of orthotic treatment for medial knee osteoarthritis in Chinese patients: clinical outcome and gait analysis [J]. *Hong Kong Med*, 2015, 21(2):98-106.
- [29] Pfeffer G, Bacchetti P, Deland J, et al. Comparison of custom and prefabricated orthoses in the initial treatment of proximal plantar fasciitis [J]. *Foot Ankle Int*, 1999, 20(4):214-221.
- [30] 方征宇, 张勇. 体外冲击波联合矫形鞋垫治疗足底筋膜炎症疗效观察[J]. *山东医药*, 2015, 55(1):93-94.
- [31] 严文广, 孙绍丹, 李旭红. 体外冲击波联合矫形鞋垫治疗足底筋膜炎症的疗效观察[J]. *中南大学学报:医学版*, 2014, 39(12):1326-1330.
- [32] 王江山, 何明伟, 倪家骧. 体外冲击波疼痛治疗的进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2011, 26(8):788-791.
- [33] 吴焱, 杨东旭. 体外冲击波治疗软组织慢性疼痛的临床观察[J]. *临床医药实践*, 2014, 23(4):280-281.

经颅直流电刺激技术及其在脑卒中运动功能康复中的应用

薛翠萍, 郗淑燕

【关键词】 经颅直流电刺激; 脑卒中; 运动功能

【中图分类号】 R49;R743.3 【DOI】 10.3870/zgkf.2018.02.024

经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)是一种非侵入性的,利用恒定、低强度直流电(1~2mA)调节皮质神经元活动的技术。于1960年开始应用于心理学研究^[1],1998年Prior等^[2]发现,微弱的tDCS可以引起皮层双相、极性依赖性的改变,随后有研究证实了这一发现^[3],从而为tDCS在神经疾病中的临床研究拉开了序幕。本世纪,tDCS技术在卒中康复领域中的应用逐渐得到推广。研究发现,tDCS对于脑卒中后肢体运动障碍、认知障碍、失语症以及老年痴呆、帕金森病等都有不同的治疗作用,是神经康复领域一项非常有发展前景的无创性脑刺激技术。另有研究证实,tDCS联合康复治疗共同使用可以提高常规康复治疗的效果^[4]。近年来脑卒中发病率逐年上升,且运动障碍严重影响患者生活质量,阻碍患者回归家庭、回归社会的进程。本文将对tDCS在卒中患者运动功能康复中的研究进展予以综述。

1 tDCS的作用机制和临床应用的安全性

1.1 tDCS作用机制研究 tDCS刺激装置由阳、阴极

两个表面电极组成,通过软件设置输出的刺激类型,以微弱极化直流电作用于大脑皮质。由于其成本低、应用便捷、尺寸较小,在康复领域得到广泛应用。与其它非侵入性脑刺激技术如经颅磁刺激(Transcranial Magnetic Stimulation, TMS)不同,tDCS不是通过阈上刺激引起神经元放电,而是通过调节神经网络的活性而发挥作用^[5]。在神经元水平,tDCS的基本机制是依据刺激的极性不同引起静息膜电位超极化或去极化的改变。阳极刺激通常使皮质的兴奋性提高,阴极刺激则降低皮质的兴奋性^[3]。膜电位极化的改变是tDCS刺激后即刻作用的主要机制。

然而,除了即刻作用外,tDCS同样具有刺激后效应。Nitsche等^[6]报道,单次治疗刺激结束后皮质兴奋性的改变可持续达1h,并且运动诱发电位(Motor Evoked Potential, MEP)检测也发现阳极刺激促进皮质兴奋达90min,阴极刺激能抑制皮质兴奋60min。进一步的研究证实,tDCS除了改变膜电位的极性外,还可以调节突触的微环境^[7],如改变N-甲基-D-天冬氨酸(N-Methyl-D-aspartic acid, NMDA)受体或γ-氨基丁酸(γ-aminobutyric acid, GABA)的活性,从而起到调节突触可塑性的作用。皮层兴奋性的调节在tDCS刺激时依赖膜极化的水平,而刺激结束后的后效应作用主要是由于皮层内突触活性的变化。

tDCS还可能通过其它方式发挥作用。对周围神

收稿日期:2016-07-19

作者单位:首都医科大学附属北京康复医院,北京 100144

作者简介:薛翠萍(1988-),女,住院医师,主要从事脑卒中康复方面的研究。

通讯作者:郗淑燕,13810510280@163.com

经及脊髓进行 tDCS 的实验发现^[8-9], tDCS 可以使刺激电极下蛋白质通道的密度发生暂时性改变。Rango 等^[10]应用 MRI 扫描成像发现, tDCS 阳极刺激后脑内肌醇明显增加, 而 NMDA 没有明显变化, 推测 tDCS 可以通过神经-化学性改变发生作用。

也有研究也对 tDCS 的间接作用进行了观察。研究发现, tDCS 可以调节远隔皮层及皮层下区域兴奋性。研究显示 tDCS 阳极刺激前运动皮层区可影响有连接的远隔皮层区域兴奋性变化^[11], tDCS 刺激左半球 M1 区不仅影响参与产生 MEP 的皮质脊髓环路, 而且通过抑制性中间神经元调节对侧半球的经胼胝体抑制^[12]。

1.2 tDCS 临床应用安全性研究 tDCS 的安全性与电流的强度、刺激时间和电极片的大小有关, 这是影响疗效的决定性因素。目前 tDCS 刺激器通常使用锂离子电池供电, 输出小于 2mA 的恒定电流, 刺激电极使用等渗盐水明胶海绵电极, 最大 57 μ A/cm², 刺激时间设置为 20min^[13]。有研究应用 MRI 成像观察安全模式下 tDCS 刺激后大脑的变化, 发现大脑并没有出现组织水肿、血脑屏障失衡等现象^[14]。只有一项研究记录了 2 例不良事件^[15]: 头痛(阳极刺激)和头晕(阴极刺激), 10 次强度为 2mA 的 tDCS 已达到患者耐受阈值。迄今为止, 尚未有 tDCS 诱发癫痫的报道。但以下情况应禁忌进行 tDCS 治疗: 使用植入式电子装置; 颅内金属植入器件; 生命体征不稳定; 孕妇、儿童; 局部皮肤损伤或炎症; 有出血倾向; 有颅内压增高; 存在严重心脏疾病; 急性大面积脑梗塞; 癫痫; 治疗区域有带金属部件的植入器; 刺激区域有痛觉过敏。

电极的放置位置对于电流的空间分布及电流方向至关重要。常用的刺激电极面积为 20~35mm², 其目的为尽量使刺激局限化, 较大面积的电极可以使电流密度下降, 从而保证刺激的安全性^[16]。另外, 表面电极的面积影响 tDCS 的作用疗效^[17-18]。例如, 增加参考电极的面积同时减少刺激电极的面积可以增加局部的治疗作用, 增加电极间的距离可以提高流向大脑的电流以及电流的深度。综上所述, tDCS 可以潜在的影响神经网络功能, 可通过调节刺激电极面积大小、电极间距离来提高治疗安全性。

2 tDCS 在脑卒中运动功能康复中的应用

近年来, 许多研究聚焦于 tDCS 对皮层兴奋性的调节作用, 热点领域为卒中后肢体运动功能的康复。大脑两半球运动皮质神经元兴奋性是均衡的, 每一个处于活跃状态的初级运动皮质都会通过胼胝体路径抑制对侧半球初级运动皮质并且阻止镜像运动的发生。

脑卒中后, 这种相互的经胼胝体抑制变得不均衡。目前两种 tDCS 模式用于脑卒中患者运动的康复研究: 阳极刺激损伤侧 M1 区, 阴极放在对侧眼眶上缘, 提高其兴奋性; 阴极刺激未损伤侧 M1 区, 阳极放在对侧眼眶上缘, 降低其兴奋性。也有部分研究者开始探讨双侧 tDCS 联合刺激(即阳极放在损伤侧 M1 区, 阴极放在未损伤侧 M1 区)、extracephalic 刺激模式(阳极放在损伤侧运动皮层, 阴极放在对侧三角肌, 目的是上调损伤周围区域的兴奋性)或 tDCS 与其他康复技术联合应用的临床疗效^[19]。

2.1 阳极 tDCS 与卒中后肢体功能康复 已有许多研究探讨了阳极 tDCS(anodal tDCS, a-tDCS)在卒中康复中的作用。Dumont 等^[20]对一例慢性卒中患者进行 20min、2mA 的 tDCS 联合运动平板训练, tDCS 放置于损伤侧运动皮层, 发现训练后可减少重心前后摇摆幅度(6.18%)、位移轨迹(3.3%)和摇摆速度(3.3%)。同样, 一项关于亚急性期卒中后运动恢复的研究^[21], 发现对 10 例梗死后约 12 周的卒中患者损伤侧运动皮层区进行 20min 的 a-tDCS 后, 患者的运动功能出现了明显的改善, 手的运动速度在刺激后 30min 仍有持续改善, BBT 测试(Box and Block test)的改善可维持到刺激后 60min。Satow^[22]对 a-tDCS 联合神经肌肉电刺激进行了单病例报道, 研究发现两项训练结合可以提高计时“起立-行走”测试和 10m 步行测验的成绩, 并且可保持到训练后 1 个月。上述研究均发现阳极 tDCS 可以促进患者肢体功能恢复。

a-tDCS 在卒中后不同时间段的治疗作用不同, 而且 a-tDCS 如果避开卒中后急性期可能会有更好的治疗作用。动物实验发现大鼠缺血性损伤后 1 周行 a-tDCS 较损伤后 1d 功能恢复更为显著^[23]。人类研究也表明, 对急性卒中患者进行 a-tDCS 对于功能改善无明显作用; 而在亚急性期(发病 3d~2 周)对运动功能的恢复有益^[24]。Rossi 等^[25]探讨在损伤侧进行 a-tDCS 对于急性卒中患者的安全性和临床疗效, 25 名急性卒中患者在卒中后第 2 天即开始接受 M1 区每周 5 次的 a-tDCS(2mA, 20min), 伪刺激组放置于 M1 区的电极无电流刺激, 结果表明, a-tDCS 应用于卒中急性期是安全的, 但与伪刺激组比较功能改善不明显。2013 年一项 Meta 分析纳入了 8 个有关试验^[26], 分析结果显示与治疗前或伪刺激相比, a-tDCS 治疗后上肢功能评分明显改善, 从而肯定了 a-tDCS 对慢性卒中患者上肢运动功能恢复的作用。上述研究表明, 在卒中后亚急性期或慢性恢复期应用 a-tDCS 可能更有利于卒中后神经重组。

2.2 阴极 tDCS 与卒中后肢体功能康复 由于半球

间抑制作用的存在,未损伤侧半球的兴奋性同样可以影响卒中患者的运动恢复。研究证实,阴极 tDCS (cathodal tDCS, c-tDCS)可以降低未损伤侧皮层的兴奋性,从而通过下调对侧抑制通路对同侧半球的抑制、增加特定脑区域半球间连接而发挥作用^[27]。有研究对 12 例皮层下卒中患者应用 c-tDCS,评估其对未损伤侧运动皮层的作用^[28],评价指标为瘫痪侧手复杂的手指运动能力。研究者发现 c-tDCS 可以使运动技能的获得能力明显提高,运动能力的改善与 tDCS 诱导的皮层内抑制的改变明显相关。近来一项研究评价了 c-tDCS 联合虚拟现实训练对亚急性期卒中患者上肢功能的影响^[29],将 59 例患者分为阴极刺激组、虚拟现实训练组、阴极刺激联合虚拟现实训练组。结果显示阴极刺激联合虚拟现实训练组较其它两组对上肢功能提高更明显,因此认为这种联合疗法对卒中后康复更有益。Uehara 等^[30]也发现患侧 c-tDCS 通过选择性抑制拮抗肌兴奋性,提高肌肉间协同作用,从而提高运动功能。动物实验模型也探讨了 c-tDCS 的作用,对 12 只脑缺血大鼠进行 c-tDCS,发现 c-tDCS 能够减少梗死面积,从而对脑卒中急性期的大鼠提供神经保护^[31]。

除此之外,也有研究探讨 c-tDCS 刺激小脑对运动功能的影响。Gironell 等^[32]研究 tDCS 对特发性震颤的作用,对 10 例特发性震颤患者小脑进行阴极 tDCS 刺激(2mA, 20min, 连续 10d),分别在刺激前、刺激结束 5min 后、刺激结束后 30min 对患者进行评估,有研究证实小脑病变是造成特发性震颤的因素之一,但该研究没有发现阴极刺激小脑可以改善特发性震颤症状。尽管如此,该研究开辟了对小脑进行 tDCS 改善运动障碍的新途径,该研究为患者的康复提供了新的干预措施。

有研究发现, c-tDCS 疗效与卒中程度相关^[33],研究对象为 12 例伴有不同程度上肢功能障碍的皮层下卒中患者,所有患者均进行 MRI 检查以评价损伤程度及内囊后肢皮质脊髓束的完整性, c-tDCS 刺激部位为损伤对侧 M1 区。研究发现, c-tDCS 仅在轻度损伤的卒中患者中选择性提高上肢近端肌肉的控制能力,在中度至重度损伤患者中则会加重损伤程度。朱毅等^[34]对 10 篇有关 c-tDCS 改善脑卒中患者上肢功能障碍的研究进行 Meta 分析,发现没有证据显示 c-tDCS 比伪刺激更有效地改善脑卒中患者上肢运动功能障碍。但该分析没有对不同病程的病例进行研究,且因研究数量有限,数据并没有采用漏斗分析,因此未来需要开展大样本、多中心试验设计更完善的高质量随机对照研究来进一步验证 c-tDCS 对脑卒中患者上

肢障碍的康复效果。

2.3 阳极和阴极 tDCS 对卒中后肢体功能的疗效对比 有研究者比较了 a-tDCS 和 c-tDCS 对卒中患者的疗效,但结论不一。如 Kim 等^[35]对 18 例亚急性卒中患者进行研究,将患者分为阳极刺激组、阴极刺激组和伪刺激组,均进行 10d 的 tDCS 治疗。结果发现刺激后阴极刺激组 Fugl-Meyer 运动功能评分较另外两组提高更明显,而 Rocha S 等^[36]对 21 例慢性期卒中患者上肢功能进行研究,患者随机分为阳极刺激组、阴极刺激组和伪刺激组 3 组,分别在训练前、训练后即刻、训练后一个月进行运动功能评分。结果发现训练前后即刻相比,阳极刺激、阴极刺激组均可观察到运动功能的提高,但训练后一个月只有阳极刺激组可观察到运动功能提高,研究结果表明阳极刺激对慢性中风患者运动功能恢复影响更大。上述研究表明 tDCS 可以提高患者运动功能,但是对运动功能恢复的疗效持续时间、疗效随时间变化规律尚无报道,建议后续研究对训练后 1 个月、2 个月、6 个月进行对比,观察疗效变化规律,指导临床工作中 tDCS 的应用时间。阴、阳极刺激疗效不同考虑与卒中后不同时期神经网络活性不同有关, Kim 等^[35]针对亚急性期患者进行研究,而 Rocha 等^[36]是针对慢性期患者进行研究。可能的原因是亚急性期患者损伤对侧大脑皮层活性异常增高占主导,而慢性期患者损伤侧大脑皮层活性降低为主。

2.4 阴极和阳极 tDCS 联合应用与卒中后肢体功能康复 部分研究者探讨了双侧联合 tDCS 对卒中后运动功能的作用:阳极 tDCS 作用于损伤侧区域,而阴极 tDCS 置于未损伤侧对应区域。有研究显示,对 19 例中至重度卒中患者双侧半球联合应用 tDCS,可提高手功能的精确性与灵活性^[37]。联合应用的疗效也在其他研究中得到证实^[38],该研究中联合应用 tDCS 可以提高患者阅读与书写能力,从而提高患者日常生活沟通能力,对患者运动功能及认知功能恢复产生积极影响。由此可见阴极和阳极 tDCS 联合应用可以有效的提高患者康复效果。近来,一项对照研究探讨了多次双侧 tDCS 联合 PT 和 OT 训练的治疗作用^[39],中至重度偏瘫的卒中患者接受了 1 组连续 5d 的联合干预治疗,研究发现,双侧 tDCS 组较伪刺激组运动功能恢复更明显,在治疗停止 1 周后作用仍持续存在。这些研究者继续对该组患者进行研究,探讨第 2 组连续 5d 的双侧 tDCS 治疗联合康复训练的效果^[40],研究发现,第 2 组治疗效果尽管较第 1 组的治疗效果要弱一些,但仍表现出了显著的功能进展。Lee 等^[41]对比了双侧 tDCS 与单侧应用 tDCS 对失语症的作用,发现双侧刺激较单侧对失语症患者更有效。但双侧 tDCS 较单

侧刺激对运动功能恢复是否更有效尚无报道。双侧 tDCS 的作用可能通过调节双侧半球间竞争而实现^[42]。然而,到目前为止,其确切的生理学机制仍不明确,尚需进一步研究以更好地理解半球间的交互作用,以及如何利用这种机制以优化 tDCS 和运动治疗的治疗参数。

3 展望

综上所述,tDCS 作为一种无创性刺激技术对卒中后患者的肢体运动功能产生了积极作用,能够一定程度上提高患者康复效果,但作用大小与刺激方式、不同损伤程度、病程等有密切关系,未来需开展大样本、多中心试验来进一步探讨 tDCS 在脑卒中患者康复中的刺激方式、应用范围、参数设置等,相信随着科学技术的发展,tDCS 技术的临床应用也会逐渐完善,为卒中患者提供新的治疗思路。

【参考文献】

- [1] Redfearn JW, Lippold OC, Costain R. A preliminary account of the clinical effects of polarizing the brain in certain psychiatric disorders[J]. *Br J Psychiatry*, 1964,110(469):773-785.
- [2] Priori A, Berardelli A, Rona S, et al. Polarization of the human motor cortex through the scalp[J]. *Neuroreport*, 1998,9(10):2257-2260.
- [3] Nitsche M A, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation [J]. *J Physiol*, 2000,527(Pt 3):633-639.
- [4] Mortensen J, Figlewski K, Andersen H. Combined transcranial direct current stimulation and home-based occupational therapy for upper limb motor impairment following intracerebral hemorrhage: a double-blind randomized controlled trial[J]. *Disabil Rehabil*, 2016,38(7):637-643.
- [5] Priori A, Hallett M, Rothwell J C. Repetitive transcranial magnetic stimulation or transcranial direct current stimulation? [J]. *Brain Stimul*, 2009,2(4):241-245.
- [6] Nitsche M A, Liebetanz D, Antal A, et al. Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation—technical, safety and functional aspects[J]. *Suppl Clin Neurophysiol*, 2003,56(2):255-276.
- [7] Stagg C J, Best J G, Stephenson M C, et al. Polarity-sensitive modulation of cortical neurotransmitters by transcranial stimulation[J]. *J Neurosci*, 2009,29(16):5202-5206.
- [8] Ardolino G, Bossi B, Barbieri S, et al. Non-synaptic mechanisms underlie the after-effects of cathodal transcutaneous direct current stimulation of the human brain[J]. *J Physiol*, 2005,568(Pt 2):653-663.
- [9] Cogiamanian F, Vergari M, Pulecchi F, et al. Effect of spinal transcutaneous direct current stimulation on somatosensory evoked potentials in humans[J]. *Clin Neurophysiol*, 2008,119(11):2636-2640.
- [10] Rango M, Cogiamanian F, Marceglia S, et al. Myoinositol content in the human brain is modified by transcranial direct current stimulation in a matter of minutes: a 1H-MRS study[J]. *Magn Reson Med*, 2008,60(4):782-789.
- [11] Boros K, Poreisz C, Munchau A, et al. Premotor transcranial direct current stimulation (tDCS) affects primary motor excitability in humans[J]. *Eur J Neurosci*, 2008,27(5):1292-1300.
- [12] Lang N, Nitsche M A, Paulus W, et al. Effects of transcranial direct current stimulation over the human motor cortex on corticospinal and transcallosal excitability[J]. *Exp Brain Res*, 2004,156(4):439-443.
- [13] 钱龙, 吴东宇. 经颅直流电刺激在脑损伤临床中的应用[J]. *中国康复医学杂志*, 2011,26(9):878-881.
- [14] Nitsche M A, Niehaus L, Hoffmann K T, et al. MRI study of human brain exposed to weak direct current stimulation of the frontal cortex[J]. *Clin Neurophysiol*, 2004,115(10):2419-2423.
- [15] Kim D Y, Lim J Y, Kang E K, et al. Effect of transcranial direct current stimulation on motor recovery in patients with subacute stroke[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2010,89(11):879-886.
- [16] Nitsche M A, Liebetanz D, Lang N, et al. Safety criteria for transcranial direct current stimulation (tDCS) in humans[J]. *Clin Neurophysiol*, 2003,114(11):2220-2222, 2222-2223.
- [17] Been G, Ngo T T, Miller S M, et al. The use of tDCS and CVS as methods of non-invasive brain stimulation[J]. *Brain Res Rev*, 2007,56(2):346-361.
- [18] Nitsche M A, Doemkes S, Karakose T, et al. Shaping the effects of transcranial direct current stimulation of the human motor cortex[J]. *J Neurophysiol*, 2007,97(4):3109-3117.
- [19] Marquez J, van Vliet P, McElduff P, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS): does it have merit in stroke rehabilitation? A systematic review[J]. *Int J Stroke*, 2015,10(3):306-316.
- [20] Dumont A J, Araujo M C, Lazzari R D, et al. Effects of a single session of transcranial direct current stimulation on static balance in a patient with hemiparesis: a case study[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015,27(3):955-958.
- [21] Kim D Y, Ohn S H, Yang E J, et al. Enhancing motor performance by anodal transcranial direct current stimulation in subacute stroke patients[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2009,88(10):829-836.
- [22] Satow T, Kawase T, Kitamura A, et al. Combination of Transcranial Direct Current Stimulation and Neuromuscular Electrical Stimulation Improves Gait Ability in a Patient in Chronic Stage of Stroke[J]. *Case Rep Neurol*, 2016,8(1):39-46.
- [23] Yoon K J, Oh B M, Kim D Y. Functional improvement and neuroplastic effects of anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) delivered 1 day vs. 1 week after cerebral ischemia in rats [J]. *Brain Res*, 2012,1452(26):61-72.
- [24] Kim D Y, Lim J Y, Kang E K, et al. Effect of transcranial direct current stimulation on motor recovery in patients with subacute stroke[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2010,89(11):879-886.
- [25] Rossi C, Sallustio F, Di Legge S, et al. Transcranial direct current stimulation of the affected hemisphere does not accelerate re-

- covery of acute stroke patients[J]. *Eur J Neurol*, 2013,20(1):202-204.
- [26] Butler A J, Shuster M, O'Hara E, et al. A meta-analysis of the efficacy of anodal transcranial direct current stimulation for upper limb motor recovery in stroke survivors[J]. *J Hand Ther*, 2013, 26(2):162-170, 171.
- [27] Park C H, Chang W H, Park J Y, et al. Transcranial direct current stimulation increases resting state interhemispheric connectivity[J]. *Neurosci Lett*, 2013,539(8):7-10.
- [28] Zimmerman M, Heise K F, Hoppe J, et al. Modulation of training by single-session transcranial direct current stimulation to the intact motor cortex enhances motor skill acquisition of the paretic hand[J]. *Stroke*, 2012,43(8):2185-2191.
- [29] Lee S J, Chun M H. Combination transcranial direct current stimulation and virtual reality therapy for upper extremity training in patients with subacute stroke[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2014,95(3):431-438.
- [30] Uehara K, Coxon J P, Byblow W D. Transcranial direct current stimulation improves ipsilateral selective muscle activation in a frequency dependent manner [J]. *PLoS One*, 2015, 10 (3): e122434.
- [31] Notturmo F, Pace M, Zappasodi F, et al. Neuroprotective effect of cathodal transcranial direct current stimulation in a rat stroke model[J]. *J Neurol Sci*, 2014,342(1-2):146-151.
- [32] Gironell A, Martinez-Horta S, Aguilar S, et al. Transcranial direct current stimulation of the cerebellum in essential tremor: a controlled study[J]. *Brain Stimul*, 2014,7(3):491-492.
- [33] Bradnam L V, Stinear C M, Barber P A, et al. Contralesional hemisphere control of the proximal paretic upper limb following stroke[J]. *Cereb Cortex*, 2012,22(11):2662-2671.
- [34] 朱毅, 郭佳宝, 顾一煌, 等. 阴极经颅直流电刺激改善脑卒中患者上肢功能障碍的系统评价[J]. *中国康复理论与实践*, 2014,20(4):311-317.
- [35] Kim D Y, Lim J Y, Kang E K, et al. Effect of transcranial direct current stimulation on motor recovery in patients with subacute stroke[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2010,89(11):879-886.
- [36] Rocha S, Silva E, Foerster A, et al. The impact of transcranial direct current stimulation (tDCS) combined with modified constraint-induced movement therapy (mCIMT) on upper limb function in chronic stroke: a double-blind randomized controlled trial [J]. *Disabil Rehabil*, 2016,38(7):653-660.
- [37] Lefebvre S, Thonnard J L, Laloux P, et al. Single session of dual-tDCS transiently improves precision grip and dexterity of the paretic hand after stroke[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2014, 28(2):100-110.
- [38] De Tommaso B, Piedimonte A, Caglio M M, et al. The rehabilitative effects on written language of a combined language and parietal dual-tDCS treatment in a stroke case[J]. *Neuropsychol Rehabil*, 2015:1-15.
- [39] Lindenberg R, Renga V, Zhu L L, et al. Bihemispheric brain stimulation facilitates motor recovery in chronic stroke patients [J]. *Neurology*, 2010,75(24):2176-2184.
- [40] Lindenberg R, Zhu L L, Schlaug G. Combined central and peripheral stimulation to facilitate motor recovery after stroke: the effect of number of sessions on outcome[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2012,26(5):479-483.
- [41] Lee S Y, Cheon H J, Yoon K J, et al. Effects of dual transcranial direct current stimulation for aphasia in chronic stroke patients [J]. *Ann Rehabil Med*, 2013,37(5):603-610.
- [42] Kasashima Y, Fujiwara T, Matsushika Y, et al. Modulation of event-related desynchronization during motor imagery with transcranial direct current stimulation (tDCS) in patients with chronic hemiparetic stroke[J]. *Exp Brain Res*, 2012,221(3):263-268.

作者·读者·编者

论文书写要求

引言(也称前言、序言或概述)经常作为科技论文的开端,提出文中要研究的问题,引导读者阅读和理解全文。

引言的写作要求:开门见山,避免大篇幅地讲述历史渊源和立题研究过程;言简意赅,突出重点,不应过多叙述同行熟知教科书中的常识性内容,确有必要提及他人的研究成果和基本原理时,只需以参考引文的形式标出即可;尊重科学,实事求是,在论述本文的研究意义时,应注意分寸,切忌使用“有很高的学术价值”、“填补了国内外空白”、“首次发现”等不当之词;引言一般应与结论相呼应,在引言中提出的问题,在结论中应有解答,但也应避免引言与结论雷同;简短的引言,最好不要分段论述。