

非侵入性脑刺激在脑卒中康复中的研究进展

王艺霏¹, 何佳佳², 田浩³

【关键词】 脑卒中; 非侵入性脑刺激

【中图分类号】 R49; R743 【DOI】 10.3870/zgkf.2021.11.010

在世界范围内,脑卒中是导致全球成人死亡的第二大原因,也是导致残疾的第三大原因。随着医疗水平及科普的进步,越来越多的人在脑卒中后幸存,但经常需要全面的康复治疗,以减少损害和提高生活质量。对那些脑卒中后存活下来的人来说,其继发的功能障碍不仅影响到个人及其家庭,而且还增加了卫生单位资源和社区服务的负担。众所周知,神经细胞不可再生,但可以通过调整神经网络的连接来实现功能上的改变,此为神经可塑性。神经可塑性是脑卒中功能损伤后恢复的基础。这为我们通过非侵入性脑刺激技术调节神经可塑性而改善脑卒中后继发功能障碍提供了依据。

非侵入性脑刺激技术(Noninvasive brain stimulation, NIBS)是相对于侵入性脑刺激(deep brain stimulation, DBS)而言,指使用非侵入、无创伤的方式穿透颅骨对脑组织加以刺激,以达到激动/抑制相应神经细胞产生一定应用效果。广义上来讲,声、光、电、磁等信号,只要能穿透颅骨向神经组织施加刺激的,都可以称之为非侵入性神经刺激技术。目前研究应用较多的是通过放置在头部的刺激装置(线圈、电极等),利用磁、电等原理和手段,经过头颅作用于脑组织的一类技术,最具代表性的为经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)和经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)。非侵入性脑刺激技术由于其便捷、易行、无创、经济、有效等优点,临床应用前景广阔。本文就这两种技术在脑卒中康复中应用的作用原理及研究进展做一综述。

1 常见非侵入性脑刺激技术

1.1 经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS) TMS提供了一种无需侵入性手术即可在大脑中诱发电流的方法,它使用电磁感应作为一种高效、无痛的方式,在大脑中产生电流,使目标神经元群放电。根据法拉第电磁感应定律,磁场可以无衰减地通过头皮或头骨穿透大脑,并在大脑皮层实时地产生亚或阈上电流。来自经颅磁刺激的单一脉冲可以在刺激部位的神经元中触发动作电位。最常见的刺激部位是初级运动皮层(motor area, M1),可以通过表面肌电图电极从患侧肢体肌肉中记录下运动诱发电位(motor evoked potentials, MEPs)。经颅磁刺激的强度,是根据每个病人的运动阈值(motor threshold, MT)的兴奋性量身定制的。MT增加,通常在M1或皮质脊髓束受到损坏(例如脑卒中或运动神经元疾病)时被检测到,而在运动通路过度兴奋(如癫痫)时则被检测到降低。TMS主要有三种刺激模式:单脉冲刺激、双脉冲刺激、重复刺激。重复性经颅磁刺激(rTMS)是指在相同的皮质区域以不同的频率和序列间隔进行一系列连续刺激,包括高频(HF-rTMS)刺激(> 1 Hz)和低频(LF-rTMS)刺激(1 Hz)^[1]。改变经颅磁刺激的刺激频率可达到兴奋或抑制局部大脑皮质功能的目的,高频率刺激可产生刺激部位神经兴奋效果,低频率则产生抑制效果。

1.2 经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS) tDCS是非侵入性脑刺激的一种形式,通过放置在头皮上的电极向脑组织传递低振幅的直流电(通常为0.5~4 mA,最常应用1~2 mA)。tDCS阳极与阴极间形成的恒定电场能对大脑皮层神经元产生影响,促使钠钾泵转运及局部跨膜离子浓度发生变化。其作用是调节刺激区域的兴奋性并改变触发动作电位的概率,但与经颅磁刺激不同, tDCS不诱发动作电位,它的作用被认为主要是调节性的,通过改

基金项目:上海市浦东新区卫生系统重点学科建设项目资助(PWZxq2017-11),上海市医学重点专科项目资助(ZK2019C01),浦东新区卫生健康委员会临床高原学科建设(PWYgy2018-09),国家自然科学基金项目资助(81971753)

收稿日期:2020-10-21

作者单位:复旦大学附属浦东医院康复科,上海 201399

作者简介:王艺霏(1995-),女,硕士研究生,主要从事脑血管病的神经康复研究。

通讯作者:禹宝庆, bqdoctor@163.com

变膜的极性来改变触发动作电位的几率,以调节神经元的兴奋性^[2]。tDCS比TMS的刺激部位更分散^[3]。多数情况下,阳极tDCS使神经元的静息膜电位去极化,从而提高自发神经元放电的速度并增加皮层兴奋性,而阴极tDCS通过将静息膜电位向超极化方向移动,从而降低神经元的兴奋性。

2 非侵入性脑刺激技术应用原理

2.1 作用机制 非侵入脑刺激技术的作用机制较复杂,尚不完全清楚。目前较为公认的机制有以下几方面。

2.1.1 调节大脑可塑性 人脑的结构和功能可随内外环境的变化而发生适应性改变。诱导大脑可塑性发生改变的主要机制包括神经细胞轴突的侧枝出芽、新生的侧枝建立新的突触联系、兴奋性神经递质及受体的变化、脑组织胶质细胞数量的变化等。当掌握某种新的运动技能后,大脑中相关的神经功能区、核团及细胞的结构和形态均可发生可塑性变化^[4]。根据赫布理论,突触前神经元向后神经元持续重复刺激可致传递效能增强,可能是通过构建新的连接或经历代谢变化而提高沟通能力的。此为突触可塑性的一个体现。NIBS能够增强海马突触的可塑性,通过诱导长时程增强(long-term potentiation; LTP)和上调神经可塑性相关蛋白,如脑源性神经营养因子(Brain-derived neurotrophic factor, BDNF)或N-甲基-D-天冬氨酸受体(N-methyl-d-aspartate receptor, NMDARs)实现。海马突触可塑性可直接影响海马功能,尤其是学习和记忆能力的建立和维持。多个动物实验证实NIBS抑制性刺激可使脑源性神经因子的表达降低,且可通过影响刺激皮层区的递质水平,如N-甲基-D-天冬氨酸(N-methyl-d-aspartate, NMDA)和 γ -氨基丁酸(Gamma-aminobutyric acid, GABA),调控大脑神经元活性^[5]。NIBS可调节神经系统可塑性,为其在神经系统疾病中的应用提供了理论基础。

2.1.2 影响膜电位和离子通道 NIBS可直接作用于膜电位和离子通道,使神经元的静息电位发生改变,从而调节皮质兴奋性,发挥调控神经元活动的作用。

2.1.3 调节炎症反应、抗神经细胞凋亡 缺血性脑卒中发生时,脑缺血半暗区(Semidark area of cerebral ischemia, CIP)神经元发生可逆损伤,引起的神经炎症可加重脑损伤程度,从而将损伤转为不可逆。在脑卒中继发神经炎症反应的病理生理过程中,星形胶质细胞和小胶质细胞发挥着重要作用。活化的胶质细胞会释放多种有毒物质,如炎症细胞因子、一氧化氮、活性氧等,使CIP的微环境恶化,加剧神经细胞凋亡,加重

缺血损伤。NIBS在脑卒中超急性期通过影响小胶质细胞极化、抑制CIP星形胶质细胞的活化和抑制炎症反应而降低梗死面积和神经元凋亡,从而加速功能恢复。近期研究发现NIBS治疗可以显著降低CIP中促炎细胞因子的水平(如IL-1 β 、IL-6、TNF- α),提高抗炎因子IL-10的水平,与既往研究一致^[6]。

2.1.4 增加大脑血流量 NIBS可通过改变皮质兴奋性影响神经-血管耦合或调节脑血管反应性,改善脑卒中后损伤大脑的血液灌注及脑代谢,挽救缺血半暗带可逆转的脑组织,从而实现神经保护作用^[7]。

2.1.5 调节神经网络 tDCS诱导的皮层下网络的同步和共振,可以增强脑内不同区域的功能连通性,对脑卒中康复有很大帮助。

2.2 三种脑卒中功能恢复的作用模型

2.2.1 交互性半球间抑制(reciprocal interhemispheric inhibition, rIHI) 正常大脑中,两侧大脑半球作为相对独立的功能单位,通过胼胝体与对侧形成联系,实现相互抑制而达到半球间的功能平衡。有研究发现,一侧大脑半球的初级运动区(M1区)可以通过兴奋性神经元胼胝体与对侧抑制性酪氨酸能的中间神经元形成的突触将抑制信号作用于对侧大脑半球M1区,实现半球间抑制^[8]。脑损伤后,大脑半球间平衡被打破,患侧半球自身兴奋性降低的情况下,健侧半球对患侧半球的过度抑制,使患侧大脑皮质兴奋性进一步降低,使功能障碍难以恢复。NIBS可增加患侧兴奋性,抑制健侧兴奋性,使大脑半球间的皮质兴奋性达到新的平衡,促进卒中后运动功能的恢复。

2.2.2 代偿模型 代偿模型认为未患病的半球活动可能有助于脑卒中后的功能恢复,即健侧大脑半球网络中的活动代替了受损区丧失的那些功能。在NIBS的应用上,认为病变侧皮质网络连接减少,可通过进一步促进和激活健侧大脑皮质来代偿。这与交互性半球间抑制模型支持的治疗模式完全相反。

2.2.3 “双相平衡”恢复模型 由于脑卒中事件发生时间、残留功能、病变大小和位置的变化即个体差异的存在,近几年引入了结构储备概念来将前两种模型合并成一个新的模型——“双相平衡”恢复模型。结构储备描述了患侧半球运动区和皮质脊髓束的剩余功能,可预测个体患者的恢复程度。该模型将大脑半球间的平衡和功能恢复与病变未累及的结构储备联系起来,通过评估卒中后神经通路和连接的保留程度,决定使用哪种策略。结构储备的数量决定了半球间抑制模型是否优于代偿模型:当结构储备高时,选择半球间抑制模型策略;结构储备少的患者中选用代偿模型则更有利于恢复。

3 非侵入脑刺激在卒中后各项功能障碍的应用

3.1 卒中后运动障碍 根据国际上最新的国际临床神经生理学联合会关于 rTMS 治疗用途的指南, LF-rTMS 刺激健侧运动皮层可能在急性运动性脑卒中中产生有利影响, 并且在慢性运动性脑卒中中可能效果更为显著。HF-rTMS 刺激患侧也可能对急性慢性运动性卒中有治疗作用。rTMS 可改善手的灵活性^[9], 主要表现为提高手指的协调性和有效操纵物体的能力。脑卒中患者的步行和平衡能力经常受损, 而 rTMS 可有效帮助步行和平衡功能的恢复^[10]。痉挛是脑卒中后的另一种常见并发症, rTMS 已被提出可作为缓解痉挛的康复工具^[11]。此外, 在卒中后运动障碍方面, 经颅磁刺激技术不仅能用于康复治疗, 还可以用于评估运动功能的恢复。经颅磁刺激运动诱发电位 (motor evoked potential, MEP) 检测不仅可以评价脑卒中患者运动神经功能损伤的程度, 也是判断预后的重要客观指标。若梗死部位累及到了锥体束或大脑皮层运动区, 则 MEP 的异常率高, 肢体运动功能障碍越难恢复。国内外多项研究均证实 MEP 波形消失或运动传导时间延长的患者, 较 MEP 波形正常患者瘫痪程度重, 预后更差^[12]。Keying 等^[13] 验证了 tDCS 可以促进脑缺血模型大鼠脑室下区域 (Subventricular region, SVZ) 中的神经干细胞 (Neural stem cells, NSC) 的增殖, 加速 NSC 从 SVZ 向缺血纹状体迁移, 显著加速了运动功能障碍的康复。阳极 tDCS 刺激慢性卒中患者患侧上肢的运动功能区可以促进患肢的运动功能恢复, 阴极 tDCS 刺激患侧 M1 区有助于上肢较重瘫痪的慢性卒中患者上肢功能的恢复^[14]。阴极阳极刺激对比发现阴极 tDCS 更有利于手功能的恢复。tDCS 也被证明对脑卒中患者的下肢运动能力和学习能力有益^[15]。然而与上肢相比, 下肢 M1 区在半球间裂中更内侧更深, tDCS 电极相对于皮质区的尺寸较大, 可能使电流扩散, 且 tDCS 本身刺激部位就较分散, 刺激易影响到对侧半球。下肢 M1 代表区的深度可能对传统 tDCS 应用中电流的穿透和深度构成挑战。

3.2 卒中后单侧空间忽视 单侧空间忽视 (Unilateral Spatial Neglect, USN) 是一种对侧空间意识障碍, 常伴随单侧大脑损伤。TMS 在 USN 的应用上多用于抑制健侧大脑半球, 通过半球间抑制改善患侧大脑功能。Brighina 等^[16] 将低频 rTMS (1Hz) 作用于单侧空间忽视患者的健侧大脑半球, 发现有明显的治疗效果。后人重复类似试验也有确切效果^[17]。对近些年经颅磁刺激治疗 USN 研究的案例进行分析, 50% 的这些研究被评为高质量研究。使用 tDCS 治疗 USN

的研究较少。在初步研究中, 对患侧半球进行单次兴奋性刺激 (阳极 tDCS) 或对健侧半球行抑制性刺激 (阴极 tDCS) 可提高 USN 患者完成直线二等分及其他任务能力, tDCS 应用于后顶叶皮层的可用于调节视觉空间处理, 而这种效果是通过影响半球间交互网络来发挥的。在双盲随机交叉研究中, Sunwoo 等^[18] 比较了单一模式与双模式的影响 (即阳极作用于患侧半球, 同时阴极作用于健侧半球), 发现单双模 tDCS 治疗 USN 都是安全有效的。另一项双盲, 单例, 交叉研究^[19], 采用双顶叶 tDCS 的组合方法 (阳极应用于右后顶叶皮质, 阴极应用于左后顶叶皮质) 和认知训练的联合方法, 显示双顶叶 tDCS 比单侧的标准治疗更能改善 USN, 且治疗后 3 个月仍观察到有益作用。这些发现也表明经颅直流电刺激诱发的半球间顶叶平衡调节可用于临床改善忽视患者的视觉空间注意缺陷。

3.3 卒中后吞咽障碍 吞咽困难在脑卒中患者中极为常见, 易引起吸入性肺炎等不良后果。近期研究发现, 以代表吞咽肌肉的 M1 区域为靶点的 rTMS 可能有助于卒中后吞咽困难的治疗, 与低频重复经颅磁刺激相比, 高频刺激可能对患者更有利^[20]。此外, 小脑也是 rTMS 改善吞咽困难可应用的靶点^[21]。传统吞咽困难疗法结合低频 rTMS 刺激健侧大脑半球与可显著改善脑卒中后吞咽困难患者的吞咽功能^[22]。阳极 tDCS 无论应用在健侧或患侧半球对改善卒中后吞咽障碍都有积极作用。有研究发现, 连续 10 天予患侧大脑半球阳极经颅直流电刺激 (1mA; 20min) 联合传统吞咽障碍治疗, 治疗组的 DOSS (dysphagic outcome and severity scale; 吞咽功能障碍和严重程度量表) 改善显著^[23]。Suntrup 等^[24] 对卒中后吞咽困难患者的健侧吞咽感觉运动皮质连续 4 天施加阳极的经颅电刺激 (1mA, 20min), 发现治疗组的纤维内镜吞咽困难严重程度量表 (fiberoptic endoscopic dysphagia severity scale, FEDSS) 改善程度显著高于对照组。故改善卒中后吞咽功能障碍, 阳极 tDCS 作用于患侧咽运动皮质或健侧吞咽感觉运动皮质都是可行的。

3.4 卒中后失语 卒中后失语常为累及到优势半球的语言区, 低频 rTMS 作用于非优势半球 (多为右侧大脑半球) Broca 区是当前 rTMS 治疗卒中后失语症最常用的方案, 这些部位与受损的优势半球结构相同, 通常被认为是完好的语言网络的组成部分。在许多研究中, 低频 rTMS 显示出的语言改善在停止刺激后持续了数月。将 rTMS (1Hz) 连续 10d 作用于慢性卒中后失语患者的右侧 Broca 区, 发现可提高患者的图片命名的准确性, 并在第 6 月时效果最佳; 同时功能磁共振成像 (functional magnetic resonance imaging, fM-

RI)发现,长期的 rTMS 刺激可使激活的命名区后移,并且左半球命名区激活也增加^[25],该研究说明用低频 rTMS 作用于右半球,可通过调节右半球词语检索区域的募集来改善命名功能,并非只是通过简单的半球间平衡理论生效的。低频经颅磁刺激在改善言语功能中对命名的改善比复述或理解更有帮助^[26]。高频 tTMS 刺激优势半球的研究较少,原因可能是高频 rTMS 刺激脑卒中患者的患侧半球诱发癫痫的风险更高,因而高频 TMS 更多应用于原发性进行性失语症患者的优势半球。现在的证据表明,tDCS 也可以改善患有慢性左半球脑卒中和非流利失语症的人的言语功能。为了支持语言恢复可以由周围脑区激活驱动的观点,一些研究已经证明阳极 tDCS 提高左半球的兴奋性与语言的持久改善有关。Pestalozzi 等^[27]发现阳极 tDCS 刺激卒中后失语患者左前额叶背外侧皮质,提高了这些患者语言流畅性和高频词的命名速度。随着研究的深入,越来越多的证据支持双侧半球刺激,即在大脑左半球施加阳极电刺激的同时右半球予阴极刺激。Meinzer 等^[28]进行了一项研究,对比了单纯阳极 tDCS、双半球 tDCS 和 sham 的效果,发现在双侧半球刺激条件下,单词检索得到了极大的提高。其他采用双侧刺激方法的研究也支持该观点,证明对右半球 Brodmann 44/45 区进行阴极 tDCS 和对左 Brodmann 44/45 区进行阳极刺激可提高语言能力^[29]。

3.5 卒中后认知功能障碍(post-stroke cognitive impairment,PSCI) NIBS 已被提出作为认知康复的伴随治疗。背外侧前额叶皮质(dorsolateral prefrontal cortex,DLPFC)是执行控制网络的重要区域^[30],对执行能力障碍的脑血管病患者的左侧 DLPFC 和左侧运动皮层予高频 10 Hz rTMS 刺激,发现两组在韦氏成人智力量表中数字符号分测试结果均有改善,左侧 DLPFC 组的改善更为显著,提示高频 rTMS 刺激左侧 DLPFC 可更好地改善患者执行功能^[31]。连续的 rTMS 还可以影响患者的海马-皮质网络,fMRI 可显示这些网络的连接性增加,并伴随记忆的改善^[32]。tDCS 已被证实可以通过海马可塑性直接影响海马功能,从而提高学习和记忆能力。tDCS 预刺激后给予认知训练方案对 PSCI 患者认知功能、ADL 能力有显著改善,且作用优于先认知训练后 tDCS 刺激方案^[33]。动物实验证明 tDCS 可促进脑缺血后小鼠海马神经发生和小胶质细胞活化,促进海马区 NSCs 增殖及向神经元和少突胶质细胞方向分化,改善学习记忆功能^[34]。非侵入神经刺激用于治疗卒中后认知功能障碍仍在探索阶段,仍需高质量的随机对照试验明确其治疗效果。

3.6 卒中后抑郁 (post-stroke depression, PSD)

卒中后抑郁是卒中患者最常见的心理障碍,约三分之一的脑卒中患者都会发生。近年来,非侵入性神经刺激技术已显示出治疗抑郁症的疗效。高频 rTMS 应用于左背外侧前额叶皮层(Prefrontal cortex,DLPFC)可以改善卒中后抑郁。一项双盲随机对照试验对 24 例慢性脑卒中患者随机分为 rTMS 组(10Hz,左侧 DLPFC,共 10 次)和假刺激组,结果显示在干预后试验组患者贝克抑郁量表(Baker depression scale,BDI)和汉密尔顿抑郁评定量表(Hamilton Depression Scale score,HAM-D17)评分均低于治疗前,且试验组较假刺激组下降更明显^[35]。有动物实验证实,高频 rTMS 可能是通过调节脑内 5-羟色胺的代谢进而改善 PSD 症状的。tDCS 对卒中后抑郁的改善安全有效,其阳极作用靶点同为 DLPFC。对脑卒中后抑郁患者随机分为阳极 tDCS 组(2mA,阳极于左侧 DLPFC,共 12 次)和假刺激组,6 周后 HAM-D17 评分明显低于对照组^[36]。An 等^[37]进行了类似的随机对照试验,评价指标为 BDI 量表,也得到了确切效果,证实 tDCS 可以降低卒中患者的抑郁,提高其生活质量。

综上所述,非侵入性脑刺激是一种可行的无创伤工具,有助于脑卒中后运动障碍及非运动障碍等不同临床表现神经康复。还可与其他传统康复方式相结合,可进一步增强卒中幸存者的临床康复和预后。然而,目前尚无确切统一的治疗参数方案。现有研究的显著异质性,特别是在待制定的方案和结果测量方面,使很难比较不同干预措施和预期的结果。这导致在最佳临床和技术设置上缺乏共识,目前较难将其标准化大规模应用。为了克服这些局限性,未来的研究应先对各项方案进行初步评估,通过大量随机对照试验筛选出效果最佳的方案,制定统一的操作规范及标准参数,以便将其最终转化为日常临床实践,可靠应用于不同的群体分层。

【参考文献】

- [1] Rossini PM, Barker AT, Berardelli A, et al. Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord and roots: basic principles and procedures for routine clinical application. Report of an IFCN committee [J]. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 1994, 91(2): 79-92.
- [2] Pellicciari MC, Miniussi C. Transcranial Direct Current Stimulation in Neurodegenerative Disorders [J]. *The journal of ECT*, 2018, 34(3): 193-202.
- [3] Kempe K, Huang Y, Parra LC. Simulating pad-electrodes with high-definition arrays in transcranial electric stimulation [J]. *Journal of neural engineering*, 2014, 11(2): 260-263.
- [4] Chen JL, Zhang CL, Jiang H, et al. Atorvastatin induction of VEGF and BDNF promotes brain plasticity after stroke in mice

- [J]. Journal of cerebral blood flow and metabolism : official journal of the International Society of Cerebral Blood Flow and Metabolism, 2005, 25(2): 281-290.
- [5] Ranieri F, Podda MV, Riccardi E, et al. Modulation of LTP at rat hippocampal CA3-CA1 synapses by direct current stimulation [J]. Journal of neurophysiology, 2012, 107(7): 1868-1880.
- [6] Zhang K, Rui G, Zhang J, et al. Cathodal tDCS exerts neuroprotective effect in rat brain after acute ischemic stroke [J]. BMC neuroscience, 2020, 21(1): 21-29.
- [7] Notturmo F, Pace M, Zappasodi F, et al. Neuroprotective effect of cathodal transcranial direct current stimulation in a rat stroke model [J]. Journal of the neurological sciences, 2014, 342(1-2): 146-151.
- [8] Tzoe T, Endoh T, Kitamura T, et al. Polarity specific effects of transcranial direct current stimulation on interhemispheric inhibition [J]. PloS one, 2014, 9(12): e114244.
- [9] Lefaucheur JP, Andre-Obadia N, Antal A, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) [J]. Clinical Neurophysiology, 2014, 125(11): 2150-2206.
- [10] Fleming MK, Pavlou M, Newham DJ, et al. Non-invasive brain stimulation for the lower limb after stroke; what do we know so far and what should we be doing next [J]. Disability & Rehabilitation, 2016, (1): 714-720.
- [11] Barros G, Silvana C, Costa S, et al. Efficacy of Coupling Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation and Physical Therapy to Reduce Upper-Limb Spasticity in Patients With Stroke: A Randomized Controlled Trial [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2014, 95(2): 222-229.
- [12] Ruohonen J, Karhu J. Navigated transcranial magnetic stimulation [J]. Neurophysiologie clinique-Clinical neurophysiology, 2010, 40(1): 7-17.
- [13] Zhang K, Guo L, Zhang J, et al. tDCS Accelerates the Rehabilitation of MCAO-Induced Motor Function Deficits via Neurogenesis Modulated by the Notch1 Signaling Pathway [J]. Neurorehabilitation and neural repair, 2020, 34(7): 640-651.
- [14] Elsner B, Kugler J, Pohl M, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) for improving function and activities of daily living in patients after stroke [J]. Cochrane database of systematic reviews (Online), 2013, 11(11): 9645-6550.
- [15] Tanaka S, Takeda K, Otaka Y, et al. Single session of transcranial direct current stimulation transiently increases knee extensor force in patients with hemiparetic stroke [J]. Neurorehabilitation and neural repair, 2011, 25(6): 565-569.
- [16] Brighina F, Bisiach E, Oliveri M, et al. 1 Hz repetitive transcranial magnetic stimulation of the unaffected hemisphere ameliorates contralesional visuospatial neglect in humans [J]. Neuroscience Letters, 2003, 336(2): 131-133.
- [17] Kim BR, Chun MH, Kim DY, et al. Effect of high- and low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on visuospatial neglect in patients with acute stroke: a double-blind, sham-controlled trial [J]. Archives of Physical Medicine & Rehabilitation, 2013, 94(5): 803-807.
- [18] Sunwoo H, Kim Y, Chang W, et al. Effects of dual transcranial direct current stimulation on post-stroke unilateral visuospatial neglect [J]. Neuroscience letters, 2013, 554(1): 94-98.
- [19] Brem A, Unterburger E, Speight I, et al. Treatment of visuospatial neglect with biparietal tDCS and cognitive training: a single-case study [J]. Frontiers in systems neuroscience, 2014, 8(1): 180-191.
- [20] Liao X, Xing G, Guo Z, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation as an alternative therapy for dysphagia after stroke: a systematic review and meta-analysis [J]. Clinical rehabilitation, 2017, 31(3): 289-298.
- [21] Vasant D, Sasegbon A, Michou E, et al. Rapid improvement in brain and swallowing behavior induced by cerebellar repetitive transcranial magnetic stimulation in poststroke dysphagia: A single patient case-controlled study [J]. Neurogastroenterology and motility : the official journal of the European Gastrointestinal Motility Society, 2019, 31(7): 609-616.
- [22] Tarameshlu M, Ansari N, Ghelichi L, et al. The effect of repetitive transcranial magnetic stimulation combined with traditional dysphagia therapy on poststroke dysphagia: a pilot double-blinded randomized-controlled trial [J]. International journal of rehabilitation research Internationale Zeitschrift fur Rehabilitationsforschung Revue internationale de recherches de readaptation, 2019, 42(2): 133-138.
- [23] Shigematsu T, Fujishima I, Ohno K. Transcranial direct current stimulation improves swallowing function in stroke patients [J]. Neurorehabilitation and neural repair, 2013, 27(4): 363-369.
- [24] Suntrup-Krueger S, Ringmaier C, Muhle P, et al. Randomized trial of transcranial direct current stimulation for poststroke dysphagia [J]. Annals of neurology, 2018, 83(2): 328-340.
- [25] Harvey D, Podell J, Turkeltaub P, et al. Functional Reorganization of Right Prefrontal Cortex Underlies Sustained Naming Improvements in Chronic Aphasia via Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation [J]. Cognitive and behavioral neurology : official journal of the Society for Behavioral and Cognitive Neurology, 2017, 30(4): 133-144.
- [26] Li Y, Qu Y, Yuan M, et al. Low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for patients with aphasia after stroke: A meta-analysis [J]. Journal of rehabilitation medicine, 2015, 47(8): 675-681.
- [27] Pestalozzi M, Di Pietro M, Martins Gaytanidis C, et al. Effects of Prefrontal Transcranial Direct Current Stimulation on Lexical Access in Chronic Poststroke Aphasia [J]. Neurorehabilitation and neural repair, 2018, 32(10): 913-923.
- [28] Meinzer M, Lindenberg R, Sieg M, et al. Transcranial direct current stimulation of the primary motor cortex improves word-retrieval in older adults [J]. Frontiers in aging neuroscience, 2014, 6(1): 253-255.
- [29] Costa V, Giglia G, Brighina F, et al. Ipsilesional and contralesional regions participate in the improvement of poststroke aphasia: a transcranial direct current stimulation study [J]. Neurocase, 2015, 21(4): 479-488.
- [30] Prado JM, Carp J, Weissman DH. Variations of response time in

- a selective attention task are linked to variations of functional connectivity in the attentional network [J]. *Neuroimage*, 2011, 54(1): 541-549.
- [31] Rektorova I, Megova S, Bares M, et al. Cognitive functioning after repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with cerebrovascular disease without dementia: a pilot study of seven patients [J]. *Journal of the neurological sciences*, 2005, 229(1): 157-161.
- [32] Wang J, Voss J. Long-lasting enhancements of memory and hippocampal-cortical functional connectivity following multiple-day targeted noninvasive stimulation [J]. *Hippocampus*, 2015, 25(8): 877-883.
- [33] 余果, 孙倩倩, 肖阳, 等. tDCS 预刺激增强脑卒中认知功能障碍患者认知康复疗效的临床研究 [J]. *中国康复*, 2020, 35(3): 131-134.
- [34] 芮刚, 张克英, 郭玲, 等. 经颅直流电刺激促进缺血性脑卒中大鼠海马区神经发生 [J]. *神经解剖学杂志*, 2018, 34(6): 672-678.
- [35] Gu S, Chang M. The Effects of 10-Hz Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Depression in Chronic Stroke Patients [J]. *Brain stimulation*, 2017, 10(2): 270-274.
- [36] Valiengo L, Goulart A, De Oliveira J, et al. Transcranial direct current stimulation for the treatment of post-stroke depression: results from a randomised, sham-controlled, double-blinded trial [J]. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 2017, 88(2): 170-175.
- [37] An T, Kim S, Kim K. Effect of transcranial direct current stimulation of stroke patients on depression and quality of life [J]. *Journal of physical therapy science*, 2017, 29(3): 505-507.

· 外刊拾粹 ·

运动技能训练和力量结合柔韧性训练对下腰痛患者的疗效对比

虽然慢性下腰痛(LBP)是成年人最常见的慢性疼痛,但目前仍没有明确的最佳管理方法。本研究比较了特定运动技能训练(MST)与传统力量结合柔韧性训练(SFE)治疗慢性下腰痛的效果。受试者年龄为18~60岁,且下腰痛持续至少12个月。在基础测试之后,受试者随机分配至以下四组,分别是运动技能训练治疗组、运动技能训练加强治疗组、力量与柔韧性训练治疗组、力量与柔韧性训练加强治疗组。每组均进行六次治疗,每周一次,每次一小时。数据收集包括自我评估和实验室结果测量。主要研究结果是改良 Oswestry 功能障碍问卷(MODQ)。在急性期的治疗阶段,运动技能训练组的改良 Oswestry 功能障碍问卷评分比力量与柔韧性训练组改善更佳($P<0.001$),这一优势在6个月与12个月时仍存在。加强治疗对于任何一组的研究结果均无进一步影响。与力量联合柔韧性训练组治疗相比,运动技能训练组患者对治疗的满意度更高,在平均值和最严重的下腰痛、身体机能方面改善更大,同时在日常活动中参与度更大。结论:这项针对慢性下腰痛患者的研究发现,个性化运动技能训练在改善功能和患者满意度方面均优于传统力量结合柔韧性的训练。

(李家蕤 杨雅雯 译)

Van Dillen L, et al. Effect of Motor Skill Training in Functional Activities versus Strength and Flexibility Exercise on Function in People with Chronic Low Back Pain: A Randomized, Clinical Trial. *JAMA Neurol*. 2021, 78(4): 385-395.

中文翻译 由 WHO 康复培训与研究合作中心(武汉)组织
本期由上海交通大学医学院附属瑞金医院 谢青教授主译编