

# 经颅直流电疗法在脑瘫儿童康复中的应用现状

姜美玲<sup>1</sup>, 许洪伟<sup>1,2</sup>, 晁亦全<sup>1</sup>, 李昇闯<sup>1</sup>

【关键词】 脑瘫; 经颅直流电; 康复

【中图分类号】 R49; R742.3 【DOI】 10.3870/zgkf.2020.10.011

脑性瘫痪(Cerebral Palsy, CP), 简称脑瘫, 是一组持续存在的中枢性运动和姿势发育障碍、活动受限症候群, 核心症状是运动障碍, 是一种具有致残性、终身性的疾病, 它导致的功能障碍从各方面对个体、家庭、社会产生影响, 脑瘫的发病率在世界范围内是 2%, 在我国的发病率为 2.48%<sup>[1-2]</sup>。根据脑瘫运动障碍的类型及瘫痪的部位将脑瘫分为六型, 分别是痉挛型四肢瘫、痉挛型双瘫、痉挛型偏瘫、不随意运动型、共济失调型和混合型<sup>[1]</sup>。脑瘫作为一种中枢性运动和姿势发育障碍、活动受限症候群, 目前并未发现彻底根治脑瘫的疗法, 仅仅是康复手段可以减轻脑瘫的病理性表现。脑瘫的预防与康复已经成为世界性难题。

经颅直流电(Transcranial Direct Current Stimulation, tDCS)疗法作为一种非侵入性的脑刺激技术, 通过微弱持续的电流调节大脑目标区域神经元群的兴奋性, 改变大脑的活动性, 达到促进治疗的目的<sup>[3]</sup>。经颅直流电刺激装置由一个低水平电流刺激器(电压为 9V)和两个表面电极组成, 一个是目标电极, 一个是参照电极, 两个电极通过浸泡在盐水中的海绵将直流电输送到头皮和脑外区域, 电流在两个电极之间流动, 引起神经元膜的去极化或超极化, 引起神经元兴奋性的改变, 神经元兴奋性的改变引起大脑皮层兴奋性的改变<sup>[4]</sup>。这一技术在过去的几十年里面在神经康复领域引起极大的关注。本文主要从作用机制、康复疗效、影响疗效的因素以及安全性等方面综述经颅直流电疗法在脑瘫儿童康复中的应用现状。

## 1 tDCS 的作用机制

tDCS 的作用机制未完全清楚, 普遍认为电流在阳极和阴极之间的流动会对受刺激区域下神经元的静息膜电位产生调节作用, 可能与神经回路中长时间增

强(long-term potentiation, LTP)和长时程抑制(long-term depression, LTD)有关<sup>[5]</sup>。LTP/LTD 效应是大脑可塑性的关键机制, 尤其在学习和记忆方面<sup>[6]</sup>。在阳极的刺激下, 神经元的兴奋性通常增加, 细胞膜去极化, 而在阴极的情况下, 兴奋性下降, 从而产生超极化, 但是电流方向和电流强度的变化可以使其效果发生逆转。研究显示 tDCS 还可以通过调节皮质内和皮质脊髓神经元来改变大脑的兴奋性<sup>[7-8]</sup>。

tDCS 单次刺激 20min 后的效果可以维持至少 1h, 所以作用机制不仅仅归为神经元的变化<sup>[9]</sup>。进一步的研究表明, tDCS 会引起刺激区域血流量的增加, 离子浓度的局部变化、跨膜蛋白的特殊变化以及氢质子浓度的微小变化<sup>[10]</sup>。另外多项研究都显示 tDCS 的兴奋作用至少部分是通过  $\gamma$ -氨基丁酸能活性的显著降低和谷氨酸受体的促进而介导的, 但阴极 tDCS 可能是通过谷氨酸能系统兴奋的降低来介导的<sup>[11-12]</sup>。研究发现长时间的神经化学变化会导致神经功能的改变<sup>[13]</sup>, 多种动物和人类研究中得到证实, tDCS 的学习巩固可能是由儿茶酚胺能递质介导的<sup>[14-16]</sup>, 尤其是肾上腺素能递质, 是儿茶酚胺能作用 N-甲基-D-天冬氨酸受体的依赖性受体<sup>[17]</sup>, 这是 tDCS 产生长期疗效的关键。

有研究报道脑瘫患儿的皮质下活动减少, 皮质感觉回路受到了损害, 运动皮层的兴奋性降低<sup>[18]</sup>, 大脑半球中 NAA(N-乙酰天门冬氨酸)含量明显低于正常儿童<sup>[19]</sup>。2017 年 Paradee 等<sup>[20]</sup>经过研究发现, 在经左侧初级运动皮层(MI)的阳极 tDCS 治疗后, 痉挛型脑瘫患儿左侧基底神经节中几种脑代谢物 NAA(N-乙酰天门冬氨酸)、Cho(胆碱)、MI(肌醇)及 Glx( $\gamma$ -氨基丁酸的前体)浓度显著增高。而 NAA 被认为是突触过程的神经元功能的标志物, MI 则被认为是一种神经胶质标记物, 提示这些物质的增加与脑瘫运动功能呈正相关<sup>[21]</sup>, Glx 活性增强则提示神经激活和代谢的增加<sup>[22]</sup>, 证实阳极 tDCS 可以提高脑瘫患儿大脑运动皮层的兴奋性。

## 2 tDCS 在脑瘫儿童康复中的应用

### 2.1 脑瘫儿童运动障碍 运动障碍和姿势异常是脑

收稿日期: 2019-10-23

作者单位: 1. 佳木斯大学康复医学院, 黑龙江 佳木斯 154000; 2. 佳木斯大学附属第三医院, 黑龙江 佳木斯 154000

作者简介: 姜美玲(1994-), 女, 硕士研究生在读, 主要从事脑瘫康复方面的研究。

通讯作者: 许洪伟, xuhongwei777@163.com

瘫儿童最主要的表现,这直接影响到脑瘫儿童的日常生活能力,从而影响脑瘫儿童的生活质量。目前有关tDCS对脑瘫儿童的治疗大都是tDCS结合运动训练提升脑瘫儿童的运动功能,从而达到提高康复治疗效果的目的。

**2.1.1 粗大运动功能** 脑瘫儿童的步行能力一直是家长最为关心的问题之一,其与患儿的生命长度和生存质量密切相关。Grecco等<sup>[23]</sup>研究报道阳极tDCS(1mA)刺激5~10岁痉挛型脑瘫儿童初级运动皮层,结合其他的步行训练可以改善脑瘫儿童的步行能力和平衡能力。Grecco等<sup>[24]</sup>又经过进一步的研究发现阴极(1mA)小脑区(枕骨隆突下1cm)tDCS刺激结合跑步机训练则可以使共济失调型脑瘫儿童在其平衡能力上取得改善,其结果优于单纯的跑步机训练。

**2.1.2 精细运动功能** 手功能障碍是脑瘫儿童常见的障碍,多表现为拇指内收、抓、握、捏异常,使得患儿穿脱衣服、进食、如厕、书写等活动受限。Moura<sup>[25]</sup>等通过研究发现,阳极tDCS(1mA)刺激6~12岁痉挛型偏瘫儿童偏瘫侧对侧半球初级运动皮层(M1)结合上肢功能训练比单纯的进行上肢训练可以更显著地提高偏瘫型脑瘫患儿的上肢功能。也有学者发现单纯的阳极tDCS(1.5mA)同样可以改善痉挛型偏瘫脑瘫儿童的手功能<sup>[26]</sup>,另外有两项研究则发现阴极tDCS(1.5mA)刺激7~21岁的痉挛型偏瘫儿童偏瘫侧对侧半球初级运动皮层(M1)与手功能训练同样提升了参与脑瘫患儿的手功能<sup>[27-28]</sup>。

**2.1.3 肌张力** 肌张力是维持身体各种姿势及正常活动的基础,是进行各种复杂活动的必要条件,肌张力异常主要包括肌张力增高(包括痉挛和僵持)、肌张力降低和肌张力障碍<sup>[29]</sup>。脑瘫儿童大都存在各种各样的肌张力异常,痉挛最常见,这是影响脑瘫儿童康复训练效果的重要因素之一。目前对脑瘫儿童肌张力异常并没有完全根治的有效方法。临床上的康复治疗师主要是通过康复手法或者是其他的康复治疗技术,降低肌张力异常对训练的影响。研究表明单纯的阳极tDCS刺激(无论是否结合运动训练)初级运动皮层(M1)都可以改善痉挛型脑瘫儿童上肢痉挛状况<sup>[20,30]</sup>。tDCS因其简便的特性,可以在训练的同时进行佩戴,如若在佩戴时可以降低肌张力对康复效果的影响,相信对脑瘫儿童的康复具有积极的意义。虽然也有文献报道了置于初级运动皮层(M1)的阴极和阳极tDCS刺激都可以改善脑瘫儿童的肌张力障碍,但在阳极tDCS刺激治疗肌张力障碍的6人中5人病情恶化,阴极tDCS也有加重患儿病情的报道<sup>[31-32]</sup>。此外之前的有关tDCS对脑瘫儿童粗大运动功能和手

功能的改善,虽没有明确的对参与者的肌张力进行评估,但考虑其活动能力和功能的提高,也从一定程度上提示对脑瘫患儿肌张力异常的改善。

**2.2 其他障碍** 除了运动障碍以外,多数的脑瘫儿童还伴随着各种各样的其他问题,包括智力障碍、语言障碍、癫痫、心理行为异常、听觉障碍、视觉障碍等,这对脑瘫儿童的生存质量有着重要的影响。目前有关tDCS对脑瘫儿童智力障碍、癫痫和行为异常的研究尚未报道,但是有研究指出tDCS可以提高健康人、帕金森、老年痴呆和卒中人群的认知功能<sup>[6,33]</sup>。如今关于脑瘫儿童进行tDCS刺激的所有研究均排除伴发癫痫的儿童,但是多项报道指出tDCS可以治疗癫痫,而且只有1例诱发脑瘫儿童癫痫的报道,所以tDCS对脑瘫儿童癫痫的治疗有待我们进一步深入研究<sup>[34-35]</sup>。80%的脑瘫儿童都具有不同程度的言语障碍,主要包括言语发育迟缓、发音器官功能障碍、流涎、咀嚼、吞咽等问题。2016年Vania等<sup>[36]</sup>发现阳极tDCS刺激Broca区结合言语训练可以使痉挛型脑瘫患儿获得的正确辅音和音素的模仿次数增多,也有研究报道指出tDCS刺激可以改善脑卒中患者的吞咽障碍和失语症<sup>[33]</sup>,tDCS对脑瘫儿童语言功能的影响仍需大量的实验探明。

### 3 影响tDCS对脑瘫儿童康复效果的因素

多项研究表明刺激部位、电极选择、电极片大小、电流强度、刺激周期及是否结合其他康复手段均能影响tDCS的效果。目前大部分都是将tDCS阳极作用于初级运动皮层(M1),但应该放置在受影响较小的一侧还是放在受影响较大的一侧存在争议。有神经生理学分析显示,即使脑瘫患儿的大脑病变为单侧,其皮质兴奋性也会发生整体性的改变<sup>[37]</sup>,所以无论你刺激大脑皮层的任何部位,都会使得整个大脑皮层的兴奋性发生变化,达到提高训练效果的目的,这能从一定程度上解释为何两种放置方法都取得了一定的效果,但是关于两种方式的疗效对比尚未有报道。

关于阴极和阳极的作用,目前研究人员的普遍观点是阳极tDCS可以提升大脑皮层兴奋性,阴极tDCS可以抑制其兴奋性。但是Moliadze等<sup>[38]</sup>通过对19例健康儿童和青少年的左侧初级运动皮层进行阳极或阴极tDCS处理探究发现:1mA阳极和阴极tDCS均可显著增加运动诱发电位(MEP)振幅,并且可以维持1h以上;但是0.5mA阳极刺激则没有产生任何效果,而0.5mA阴极tDCS却降低了皮质脊髓兴奋性。不止一篇文献报道tDCS刺激强度在运动和认知领域有非线性依赖效应,单纯电流强度的增强并不会得到更好

的效果<sup>[39-40]</sup>。2016年 Grecco 等<sup>[41]</sup>通过研究发现 MEP(运动诱发电位)的变化和皮质下损伤是阳极 tDCS 联合步态训练产生良好效果的重要因素。此外有研究报道 tDCS 只能到达大脑皮层区域,不能直接诱导神经元动作电位,故 tDCS 需要搭配运动训练任务一起使用,可以在训练前启动大脑回路,增强运动训练效果<sup>[42]</sup>。但是同样有研究报道称单纯 tDCS 也可以改善脑瘫患儿功能<sup>[26]</sup>。目前关于单纯的 tDCS 治疗与 tDCS 治疗配合运动训练之间效果对比的研究尚未有报道。

#### 4 经颅直流电疗法在脑瘫儿童康复中使用的安全性

经颅直流电在脑瘫儿童的研究中,其适应症主要是存在运动障碍的儿童,其他障碍如肌张力异常、语言障碍也见少数报道<sup>[23-25,30,36]</sup>。禁忌症主要是近一年内有手术史和神经阻滞史者,脑内植入金属物者,有畸形者,有癫痫史者<sup>[23,25]</sup>。目前 tDCS 对儿童人群的强度范围为 0.3~2mA(最常见为 1mA),持续时间多为 20min<sup>[43]</sup>。Andrade 等<sup>[44]</sup>曾针对经颅直流电刺激对 5~12 岁儿童的可行性,耐受性和短期不良反应进行研究,他们发现 tDCS 主要副作用是刺痛(28.6%)、瘙痒(28.6%)、急性情绪变化(42.9%)和烦躁不安(35.7%),其中大部分为轻度。也有研究预估 2mA 的电流儿童也能够很好地耐受<sup>[45]</sup>。在一篇有关 tDCS 在小儿运动障碍的 Meta 分析中也取得了类似的结果,进一步确认了 tDCS 在脑瘫患儿中使用的安全性。但是 2017 年有学者发表了 1 例阴极 tDCS 诱发癫痫的临床报道,并且他预测随着 tDCS 在脑瘫儿童中应用的增多,tDCS 诱发癫痫的频率也会增多<sup>[40]</sup>。有文献报道阴极 tDCS 可以减轻儿童癫痫的发病强度和发病频率<sup>[46-47]</sup>。但是目前针对脑瘫患儿运动功能的 tDCS 都会排除癫痫,这值得引起各位学者和临床工作者的注意,促使我们更加详尽的研究。此外目前有关 tDCS 对脑瘫患儿康复效果的研究最长的时间仅仅有 6 个月,无法探明其是否存在更深入的、潜伏的、长期的对大脑有害的神经生物学影响。

#### 5 小结

脑瘫的康复方法一直是临床工作者和学术研究人员多年探讨的问题。目前有关 tDCS 在脑瘫患儿中应用的研究主要集中在西方国家,我国目前相关的报道很少。近些年来,大部分研究结果发现 tDCS 在脑瘫的治疗方面取得了良好的效果,为脑瘫的治疗与研究提供了新的手段,同时也为 tDCS 在脑瘫儿童中的进一步研究奠定了基础。目前 tDCS 在脑瘫康复中目标

电极的选择、刺激部位及电流强度的意见并不统一。正确的强度是在保证安全的情况下达到治疗效果的重要因素,在现有的研究中脑瘫儿童使用的强度范围是 0.3~2mA,其中使用最多的是 1mA,在保证安全和效果的前提下建议强度在 0.5~1.5mA 之间。电极的选择大多是阳极作为目标电极,阴极作为参照电极。介入年龄一般要求在 6 岁及以上。介入的时机和介入目的相关,在没有禁忌症的情况下,以改善粗大运动功能和精细运动功能为目的,一般要求儿童的脑瘫粗大运动功能分级(Gross Motor Function Classification System, GMFCS)在 III 级及以上,并且能听懂简单指令;以改善肌张力异常为目的则要求存在肌张力异常且没有挛缩者;以改善构音障碍为目的,则要求其存在语言障碍且没有构音器官的器质性病变。但为求得最佳的治疗效果,tDCS 在脑瘫儿童中使用的目标电极、最佳刺激部位、最合适的电流强度、介入年龄、介入时机、适应症和禁忌症,仍需要进一步的研究证实。tDCS 针对脑瘫患儿的临床设计也存在些许不足,纳入的患儿多为痉挛型脑瘫,其他类型的患儿偏少,缺乏长期的跟踪随访。为了进一步明确 tDCS 在脑瘫患儿中的治疗效果,需要更多的研究人员及患儿参与进来,同时与磁共振波谱等技术相结合,以求得到更加直观、可信的结果,为进一步研究提供理论基础,从而形成一个针对脑瘫患儿 tDCS 治疗通用的标准,弥补理论和实践的缺陷。

#### 【参考文献】

- [1] 李晓捷,唐久来,马丙祥,等. 脑性瘫痪的定义、诊断标准及临床分型[J]. 中华实用儿科临床杂志,2014,29(19):1520-1520.
- [2] 李晓捷. 中国脑性瘫痪康复的现状,挑战及发展策略[J]. 中国康复医学杂志,2016,31(1):6-8.
- [3] 陈创,唐朝正,王桂丽,等. 经颅直流电刺激结合任务导向性训练对慢性期脑卒中患者上肢及手功能障碍的影响[J]. 中国康复,2017,32(3):202-204.
- [4] Sanchez-Kuhn A, Pérez-Fernández C, Cánovas R, et al. Transcranial direct current stimulation as a motor neurorehabilitation tool: an empirical review [J]. Biomedical engineering online, 2017, 16(1): 76-76.
- [5] Hoffman R E, Cavus I. Slow transcranial magnetic stimulation, long-term depotentiation, and brain hyperexcitability disorders [J]. Am J Psychiatry, 2002, 159(7): 1093-1102.
- [6] 雷幸幸,顾彬,宋鲁平. 经颅直流电刺激对老化和阿尔茨海默病认知功能影响的研究进展. [J]. 中国康复理论与实践, 2019, 25(3): 255-260.
- [7] Creutzfeldt O D, Fromm G H, Kapp H. Influence of transcortical d-c currents on cortical neuronal activity [J]. EXPTL NEUROL, 1962, 5(6): 436-452.
- [8] Monte-Silva K, Kuo MF, Thirugnanasambandam N, et al. Dose-

- dependent inverted U-shaped effect of dopamine (D<sub>2</sub>-like) receptor activation on focal and nonfocal plasticity in humans[J]. *J Neurosci*, 2009, 29(19): 6124-6131.
- [9] Brunoni A R, Nitsche M A, Bolognini N, et al. Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): challenges and future directions[J]. *Brain stimulation*, 2012, 5(3): 175-195.
- [10] 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]. *The Journal of physiology*, 2005, 568(2): 653-663.
- [11] Antal A, Kincses T Z, Nitsche M A, et al. Excitability changes induced in the human primary visual cortex by transcranial direct current stimulation: direct electrophysiological evidence[J]. *Investigative ophthalmology & visual science*, 2004, 45(2): 702-707.
- [12] Ferrucci R, Marceglia S, Vergari M, et al. Cerebellar transcranial direct current stimulation impairs the practice-dependent proficiency increase in working memory[J]. *Cogn Neurosci* 2008, 20(9): 1687-1697.
- [13] Nitsche M A, Doemkes S, Karakose T, et al. Shaping the effects of transcranial direct current stimulation of the human motor cortex[J]. *Journal of neurophysiology*, 2007, 97(4): 3109-3117.
- [14] Nitsche M A, Kuo M F, Karrasch R, et al. Serotonin affects transcranial direct current-induced neuroplasticity in humans[J]. *Biological psychiatry*, 2009, 66(5): 503-508.
- [15] Izumi Y, Zorumski CF. Direct cortical inputs erase long-term potentiation at Schafer collateral synapses[J]. *J Neurosci*, 2008, 28(38): 9557-9563.
- [16] Márquez-Ruiz J, Leal-Campanario R, Sánchez-Campusano R, et al. Transcranial direct-current stimulation modulates synaptic mechanisms involved in associative learning in behaving rabbits[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012, 109(17): 6710-6715.
- [17] Nitsche M A, Grundev J, Liebetanz D, et al. Catecholaminergic consolidation of motor cortical neuroplasticity in humans[J]. *Cereb Cortex*, 2004, 14(11): 1240-1245.
- [18] Burton H, Dixit S, Litkowski P, et al. Functional connectivity for somatosensory and motor cortex in spastic diplegia[J]. *Somatosensory & Motor Research*, 2009, 26(4): 90-104.
- [19] Carlson H L, MacMaster F P, Harris A D, et al. Spectroscopic biomarkers of motor cortex developmental plasticity in hemiparetic children after perinatal stroke[J]. *Human brain mapping*, 2017, 38(3): 1574-1587.
- [20] Auvichayapat P, Aree-uea B, Auvichayapat N, et al. Transient changes in brain metabolites after transcranial direct current stimulation in spastic cerebral palsy: a pilot study[J]. *Frontiers in neurology*, 2017, 8: 366-366.
- [21] Kirton A. Modeling developmental plasticity after perinatal stroke: defining central therapeutic targets in cerebral palsy[J]. *Pediatric neurology*, 2013, 48(2): 81-94.
- [22] Rae C D. A guide to the metabolic pathways and function of metabolites observed in human brain 1 H magnetic resonance spectra[J]. *Neurochemical Research*, 2014, 39(1): 1-36.
- [23] Grecco L A C, Duarte N A C, Mendona M E, et al. Transcranial direct current stimulation during treadmill training in children with cerebral palsy: a randomized controlled double-blind clinical trial[J]. *Research in developmental disabilities*, 2014, 35(11): 2840-2848.
- [24] Grecco L A C, Oliveira C S, Duarte N A C, et al. Cerebellar transcranial direct current stimulation in children with ataxic cerebral palsy: A sham-controlled, crossover, pilot study[J]. *Developmental neurorehabilitation*, 2017, 20(3): 142-148.
- [25] Moura R C F, Santos C, Collange Grecco L, et al. Effects of a single session of transcranial direct current stimulation on upper limb movements in children with cerebral palsy: A randomized, sham-controlled study[J]. *Developmental neurorehabilitation*, 2017, 20(6): 368-375.
- [26] Inguaggiato E, Bolognini N, Fiori S, et al. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) in Unilateral Cerebral Palsy: A Pilot Study of Motor Effect[J]. *Neural plasticity*, 2019: 2184398.
- [27] Rich T L, Nemanich S, Chen M, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) paired with occupation-centered bimanual training in children with unilateral cerebral palsy: a preliminary study[J]. *Neural plasticity*, 2018: 9610812.
- [28] Nemanich S T, Rich T L, Gordon A M, et al. Bimanual Skill Learning after Transcranial Direct Current Stimulation in Children with Unilateral Cerebral Palsy: A Brief Report[J]. *Developmental neurorehabilitation*, 2019: 1-5.
- [29] 王玉龙, 高晓平, 李雪萍, 等. 康复功能评定学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 158.
- [30] Areeuea B, Auvichayapat N, Janyacharoen T, et al. Reduction of spasticity in cerebral palsy by anodal transcranial direct current stimulation. [J]. *Journal of the Medical Association of Thailand Chotmaihet thangphaet*, 2014, 97(9): 954-962.
- [31] Young S J, Bertucco M, Sheehan-Stross R, et al. Cathodal Transcranial Direct Current Stimulation in Children With Dystonia: A Pilot Open-Label Trial[J]. *Journal of Child Neurology*, 2013, 28(10): 1238-1244.
- [32] Bhanpuri N H, Bertucco M, Young S J, et al. Multiday transcranial direct current stimulation causes clinically insignificant changes in childhood dystonia: a pilot study[J]. *Journal of child neurology*, 2015, 30(12): 1604-1615.
- [33] 段国平, 张旭, 汪洁, 等. 经颅直流电刺激在神经系统疾病康复中的应用现状[J]. *中国康复医学杂志*, 2019, 34(9): 1106-1111.
- [34] 杨冬菊. 经颅直流电刺激治疗癫痫性痉挛的临床研究[C]. 第五届 CAAE 脑电图与神经电生理大会, 北京, 2016.
- [35] Ekici, B. Transcranial Direct Current Stimulation-Induced Seizure: Analysis of a Case[J]. *Clinical EEG and Neuroscience*, 2015, 46(2): 169-169.
- [36] Lima V L C C, Grecco L A C, Valéria C. Marques, et al. Transcranial direct current stimulation combined with integrative speech therapy in a child with cerebral palsy: A case report[J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2016, 20(2): 252-257.
- [37] Nevalainen P, Pihko E, Menp H, et al. Bilateral alterations in somatosensory cortical processing in hemiplegic cerebral palsy.

- [J]. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2012, 54(4): 361-367.
- [38] Moliadze V, Schmanke T, Andreas S, et al. Stimulation intensities of transcranial direct current stimulation have to be adjusted in children and adolescents[J]. *Clinical Neurophysiology*, 2015, 126(7):1392-1399.
- [39] Jamil A, Batsikadze G, Kuo H I, et al. Systematic evaluation of the impact of stimulation intensity on neuroplastic after-effects induced by transcranial direct current stimulation [J]. *Physiol*, 2017, 595(4):1273-1288.
- [40] Hoy K E, Emonson M R L, Arnold S L, et al. Testing the limits; investigating the effect of tDCS dose on working memory enhancement in healthy controls[J]. *Neuropsychologia*, 2013, 51(9): 1777-1784.
- [41] Grecco L A C, Oliveira C S, Galli M, et al. Spared primary motor cortex and the presence of MEP in cerebral palsy dictate the responsiveness to tDCS during gait training[J]. *Frontiers in human neuroscience*, 2016, 10: 361-361.
- [42] Giacobbe V, Krebs H I, Volpe B T, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) and robotic practice in chronic stroke; the dimension of timing[J]. *NeuroRehabilitation*, 2013, 33(1): 49-56.
- [43] Krishnan C, Santos L, Peterson M D, et al. Safety of noninvasive brain stimulation in children and adolescents[J]. *Brain stimulation*, 2015, 8(1):76-87.
- [44] Andrade A C, Magnavita G M, Allegro J V B N, et al. Feasibility of transcranial direct current stimulation use in children aged 5 to 12 years[J]. *Journal of child neurology*, 2014, 29(10): 1360-1365.
- [45] Gillick B T, Kirton A, Carmel J B, et al. Pediatric stroke and transcranial direct current stimulation: methods for rational individualized dose optimization[J]. *Frontiers in human neuroscience*, 2014, 8: 739-793.
- [46] Meiron O, Gale R, Namestnic J, et al. High-Definition transcranial direct current stimulation in early onset epileptic encephalopathy: a case study[J]. *Brain injury*, 2018, 32(1): 135-143.
- [47] Auvichayapat N, Rotenberg A, Gersner R, et al. Transcranial direct current stimulation for treatment of refractory childhood focal epilepsy[J]. *Brain stimulation*, 2013, 6(4):696-700.

• 外刊拾粹 •

## 膝骨关节炎的体外冲击波疗法

体外冲击波疗法(ESWT)通常用于缓解肌肉骨骼疾病患者的疼痛。此外,动物研究表明 ESWT 可能具有软骨保护作用。这项研究旨在更好地了解 ESWT 对膝关节有症状的膝骨关节炎(OA)患者的疗效。

受试者是在门诊就诊的确诊为膝骨关节炎的患者。参与者被随机分配接受 ESWT 或假 ESWT。ESWT 组患者每周接受 2000 次 2.0—3.0 bar 的冲击波脉冲,持续 3 周。两组均接受膝关节热敷 40 分钟及经皮电神经刺激 30 分钟,每周 1 次,持续 3 周。此外,所有人均完成家庭锻炼计划,每天 30 分钟,持续 3 周。一名不参与治疗的医师在基线、治疗结束、治疗后 1 个月和 3 个月时对受试者进行评估。评估工具包括评估疼痛的视觉模拟量表(VAS)和西安大略麦克马斯特大学骨关节炎指数(WOMAC)。

与对照组相比,治疗组在 3 个月处的休息时( $P < 0.001$ )、活动时( $P < 0.001$ )和 20 米步行测试时( $P < 0.001$ )的 VAS 评分均显著改善。治疗组在 3 个月处的 WOMAC 疼痛评分明显改善( $P < 0.001$ )。WOMAC 功能评分显示出与 WOMAC 疼痛评分相同的结果。此外,在 3 个月时,治疗组的股四头肌力量明显强于对照组。

结论:这项对膝骨关节炎患者的随机对照研究发现,每周体外冲击波治疗可缓解疼痛、改善功能,并在 3 个月时观察到持续疗效。

(王宁华、傅龙译)

Uyal, A, et al. Effects of Radial Extracorporeal Shockwave Therapy on Clinical Variables and Isokinetic Performance in Patients with Knee Osteoarthritis: A Prospective, Randomized, Single Blind and Controlled Trial. *Intern Ortho*. 2020, July (7): 1311-1319.

中文翻译 由 WHO 康复培训与研究合作中心(武汉)组织

本期由北京大学第一医院 王宁华教授主译编