

阳极经颅直流电刺激治疗脑梗死后失语症疗效的 Meta 分析

徐丹 陶陶 张继荣 凌会敏

【摘要】 目的 应用 Meta 分析评价阳极经颅直流电刺激治疗脑梗死后失语症的疗效。**方法** 利用计算机检索中国生物医学文献数据库、中国知网及万方数据库、维普数据库、PubMed、MEDLINE、Embase 及 Cochrane Library,同时手工检索相关杂志和资料中关于阳极经颅直流电刺激治疗脑梗死后失语症的临床随机对照试验,截止日期为 2016 年 11 月。由 2 位研究者按照纳入和排除标准筛选文献、整理资料、提取数据、质量评价,并交叉核对,随后采用 RevMan5.3 软件进行 Meta 分析。**结果** 共纳入文献 7 篇,包括 101 例患者,Meta 分析结果显示试验组患者经阳极经颅直流电刺激后,其失语症评分较对照组明显改善, $SMD = 0.50, 95\%CI$ 为 $(0.09, 0.90)$, $P = 0.02 < 0.05$, 差异具有统计学意义。阳极经颅直流电刺激能显著提高卒中后失语症患者的图命名能力 ($P = 0.03$)。治疗过程中仅有 11 例患者出现轻微不良反应,但都在患者耐受范围内,不需特殊处理。**结论** 阳极经颅直流电刺激对脑梗死后失语症患者的语言恢复具有显著疗效,并且还具有操作简单、安全性高等优点,是一种值得推广、应用的康复治疗技术。受纳入研究的文献数量及其他因素限制,本文结论还有待更多大样本、高质量临床随机对照试验加以验证,以期临床应用阳极经颅直流电刺激提供参考资料。

【关键词】 阳极经颅直流电刺激; 脑梗死; 失语症; Meta 分析; 随机对照试验

Anodal transcranial direct current stimulation can relieve aphasia among stroke survivors: A meta-analysis of randomized and controlled trials Xu Dan*, Tao Tao, Zhang Jirong, Ling Huimin. *Department of Rehabilitation Medicine, The Affiliated People's Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550002, China
Corresponding author: Tao Tao, Email: 835707237@qq.com

【Abstract】 Objective To systematically review the efficacy of anodal transcranial direct current stimulation (A-tDCS) for relieving aphasia among stroke survivors. **Methods** The Chinese BioMedical Literature database, China National Knowledge Infrastructure, WanFang database, Chinese Scientific Journals full-text database, PubMed, Embase, MEDLINE and the Cochrane Library for clinical randomized and controlled trials were searched for reports about the use of A-tDCS in the treatment of aphasia after stroke. The resulting reports were retrieved manually and evaluated by two independent reviewers according to pre-set inclusion and exclusion criteria. The reports covered the period to November 2016. A meta-analysis was then conducted using RevMan software version 5.3. **Results** Seven studies covering 101 patients were selected for analysis. Meta-analysis showed that the average aphasia function score improved after A-tDCS significantly more than in the control group. Picture naming ability in stroke survivors with aphasia showed particular improvement. Only 11 patients in the 7 studies presented light adverse effects from A-tDCS, always within the patients' tolerance range. **Conclusion** A-tDCS can significantly improve the speech of patients with aphasia after cerebral infarction. It is safe and easy to administer and is a rehabilitation technology worth popularizing and applying. Considering the limited number of articles, the conclusion remains to be further verified with randomized clinical trials of higher quality and a larger sample.

【Key words】 Transcranial direct current stimulation; Stroke; Aphasia; Meta-analyses

近年来由于溶栓、微创等治疗技术以及卒中单元

在临床不断普及,脑卒中死亡率有所下降,但其致残率仍居高不下,患者遗留有不同程度功能障碍,70%~80%患者因为残疾而不能独立生活^[1-2]。失语症是脑卒中患者临床表现之一,有报道显示卒中后约 1/3 患者出现失语症^[3],大部分失语症患者不能准确表达与交流,降低了生活质量,给临床治疗带来诸多不便,影响患者身心健康。

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2017.08.018

作者单位:550002 贵阳,贵州省人民医院康复医学科[徐丹(现在贵州医科大学附属医院康复医学科读研究生)、陶陶];贵州医科大学附属医院康复医学科(张继荣);漯河医专第二附属医院内一科(凌会敏)

通信作者:陶陶,Email: 835707237@qq.com

随着医疗技术发展,非侵入性脑刺激技术包括经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)、经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)等已成为失语症治疗热点。tDCS 通过电极刺激颅骨外不同部位,利用恒定低强度直流电调节患者皮质兴奋性。tDCS 包括阳极和阴极两个表面电极,通常阳极刺激(anodal tDCS, A-tDCS)能提高刺激部位神经元兴奋性,而阴极刺激(cathodal tDCS, C-tDCS)则相反。正常情况下,机体左、右大脑半球神经兴奋性通过经胼胝体抑制(transcallosal inhibition, TI)而处于平衡状态^[4],脑卒中后患侧半球由于损伤及对侧半球过度抑制而导致兴奋性降低,健侧兴奋性增高。大多数报道显示,利用 A-tDCS 刺激损伤区域来提高患侧大脑皮质兴奋性对卒中后失语症疗效良好,但也有研究报道 A-tDCS 治疗失语症无显著疗效^[5]。目前国内关于 A-tDCS 治疗失语症还缺乏有力的循证医学证据,存在样本量少、未控制临床随机对照、质量参差不齐等不足。基于上述背景,本研究主要采用 Meta 分析探讨 A-tDCS 治疗脑梗死后失语症的临床效果及不良反应,以期为临床治疗卒中后失语症提供可靠治疗依据。

资料与方法

一、文献检索

(一)检索策略

选择中国生物医学文献数据库(CBM base)、中国知网(CNKI)、万方数据库、维普数据库、PubMed、MEDLINE、EMbase 和 Cochrane Library,同时采用主题词结合自由词进行检索,以阳极经颅直流电刺激、直流电刺激或电刺激,脑卒中、脑缺血或脑梗死,失语症或言语障碍为中文检索词;以“anodal transcranial direct current stimulation”OR “transcranial direct current stimulation”OR “direct current stimulation”OR “A-tDCS”OR “tDCS”, “stroke” OR “post-stroke”, “aphasia”或“anomia”为英文检索词;并同时手工检索相关专业杂志并追溯纳入文章的参考文献以扩大检索量,检索日期从数据库建库至 2016 年 11 月。

(二)纳入及排除标准

纳入标准:①患者年龄 18 岁以上,右利手,首次左侧大脑半球缺血性卒中,通过 CT 或 MRI 影像学检查确认,符合 1978 年世界卫生组织颁布的脑卒中诊断标准^[6]或第 4 次全国脑血管疾病会议制订的脑卒中诊断标准^[7];②卒中后伴有失语症,失语症诊断采用专业失语评定量表进行判定;③为临床随机对照研究或随机交叉研究;④试验组给予 A-tDCS 或 A-tDCS 及言语治疗,对照组给予假刺激或假刺激加言语治疗;⑤文献

中明确指出评定试验组及对照组患者言语功能的相关量表,并报道与治疗相关的不良反应发生情况;⑥中、英文已发表文献。

排除标准:①研究对象既往有脑卒中病史或非卒中后失语症等情况;②生命体征不平稳;③既往有癫痫病史;④既往有精神疾病史或正在服用抗精神类药物;⑤体内有金属植入物;⑥不配合治疗;⑦非随机对照研究(如综述、会议报告、Meta 分析、个案报告等);⑧无法获取全文或数据资料不完整等。

(三)数据提取与文献质量评价

由 2 位研究人员独立完成文献筛选、数据提取、文献质量评价及风险评估。当出现分歧时,则与第 3 位研究人员讨论以达成共识。必要时与原文献作者联系,以获取更多可靠信息。数据提取应包括以下信息:①一般资料,如文题、作者姓名、期刊名称、发表日期、疗效评价时间等;②试验组及对照组患者基本信息;③试验组与对照组具体治疗方案;④试验组与对照组治疗评价指标;⑤治疗过程中不良反应等。采用 PEDro 量表对纳入文献进行质量评价,该量表共包括 11 个条目,其中第一项不纳入 PEDro 计分,其余每个条目为 1 分,均按“是”、“否”进行评价,满分为 10 分,其中得分 9~10 分视为“极高质量”,得分 6~8 分视为“高质量”,得分 4~5 分视为“中度质量”,得分 ≤ 3 分视为“低质量”。

(四)结局指标

结局指标包括波士顿诊断性失语症检查法评分(Boston Diagnostic Aphasia Examination, BDAE)、韩国西部失语症成套测验(the Korean-Western Aphasia Battery, K-WAB)、亚琛失语检查(Aachen Aphasia Test, AAT)、西方失语症成套测验(the Western Aphasia Battery-Revised, WAB-R)。

二、结果评价内容

根据研究目的对下列两种结果进行分析报告:①语言功能整体评分;②不良反应评价。

三、统计学分析

采用 RevMan5.3 版软件对所提取数据进行整合及 Meta 分析,采用 χ^2 检验评估各研究间异质性大小,检验水准设为 $\alpha = 0.1$,同时结合 I^2 判断异质性大小;若 $P \geq 0.1$, $I^2 \leq 50\%$,则表明各研究间异质性小,采用固定效应模型进行分析;若 $P < 0.1$, $I^2 > 50\%$ 时,表明各研究间存在异质性,则采用随机效应模型进行分析;若 $P < 0.1$,且不能判断其异质性时,仅进行描述性分析。若各项研究间异质性很大,则需采用敏感性分析来检验结果稳定性。通过计算标准化均数差(standardized mean difference, SMD)来评估合并效应量的大小,区间估计采用 95%可信区间(confidence interval, CI);同时

采用漏斗图评估有无发表偏倚。

结 果

一、文献检索结果分析

初检出相关文献 160 篇(包括英文 137 篇,中文 21 篇,手动检索 2 篇),通过阅读题目和摘要排除不符合要求的文献,得到 43 篇文献,再通过仔细阅读全文,排除重复发表和无法获取全文的文献,得到 11 篇文献,剔除 3 篇前瞻性文献和同一作者发表的 1 篇文献,最终有 7 篇文献纳入本研究^[8-14],均为英文文献。具体文献检索流程图详见图 1。所纳入文献基本特征详见表 1,方法学质量评价结果见表 2。

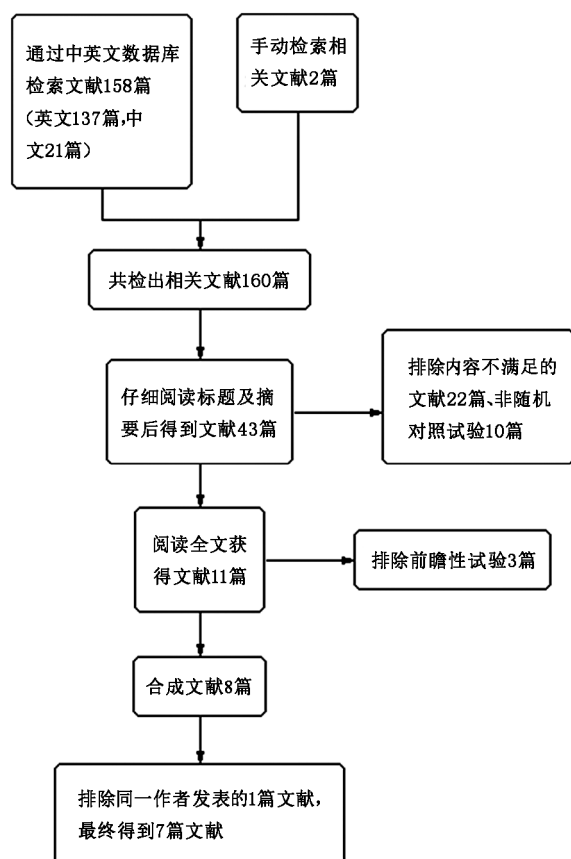


图 1 文献筛选流程示意图

二、tDCS 治疗脑梗死后失语症的疗效

7 篇文献都对受试者进行了失语评分,试验组与对照组总评分采用 SMD 进行分析,试验组与对照组间无异质性($P=0.59, I^2=0\%$),应用固定效应模型进行分析。Meta 分析结果显示合并 $SMD=0.50$, 95% CI 为 (0.09, 0.90), 总体效果检验 (test for overall effect) $Z=2.40, P=0.02<0.05$, 治疗后试验组与对照组失语量表评分组间差异具有统计学意义。具体情况见图 2。

7 篇文献所报道的研究均对受试者进行命名评

分,对治疗后 2 组患者的命名评分进行 SMD 分析,发现试验组与对照组间存在轻度异质性($P=0.35, I^2=10\%$),应用固定效应模型进行分析。Meta 分析结果显示合并 $SMD=0.44$, 95% CI 为 (0.03, 0.85), 总体效果检验 (test for overall effect) $Z=2.11, P=0.03<0.05$ 。治疗后试验组与对照组命名评分组间差异具有统计学意义。具体情况见图 3。

三、tDCS 治疗的安全性

7 篇文献报道的所有研究中仅有 11 例患者出现轻微不良反应(5 人发麻,4 人发痒,2 人出现轻微灼热感),但都在患者耐受范围内,无需特殊处理,其他患者无明显不良反应。

讨 论

失语症是一种影响表达、听力、阅读及书写能力的后天获得性语言功能障碍,脑卒中患者常由于语言中枢及相关区域损伤而引起失语症,给患者本人、家庭及社会都带来沉重负担。失语症是评价卒中患者社会结局最重要的参考指标之一。脑梗死后病灶部位决定患者失语症类型,临床上以 Broca 失语和 Wernicke 失语较常见,病灶大小影响失语症严重程度,但并不是病灶越大则失语症病情越严重,如梗死灶较小、但语言中枢完全损伤比梗死灶较大但未伤及语言功能区引起的失语更严重、且更难恢复^[15]。

由于大脑具有神经可塑性,致使脑卒中后失语症有一定自愈趋势,但自然恢复期长短目前国内、外尚无统一意见,临床上常采取各种措施来改善患者语言及交流功能,使其功能最大限度恢复,早日重返社会。失语症常规治疗主要包括言语训练、针灸、理疗、计算机辅助治疗以及药物治疗等,但疗效均有待提高^[16]。而 TMS、tDCS 等无创式脑功能调节技术能可逆性改变神经电导率,且对神经组织无损伤,越来越受到国内、外康复医师青睐^[17]。

tDCS 的作用机制主要是通过不同极性刺激大脑皮质引起静息膜电位变化,进而改变皮质神经元兴奋性而发挥治疗作用。采用 A-tDCS 刺激损伤区皮质可使刺激部位邻近神经元膜电位去极化而提高兴奋性, C-tDCS 刺激健侧半球则通过降低其兴奋性而发挥治疗作用。有研究报道 A-tDCS 刺激能增加患侧脑血流量,且其作用效果明显强于 C-tDCS 刺激^[18]。tDCS 刺激后作用可持续 1 h 甚至更长,这可能与正、负两极间形成的恒定电场促使钠-钾泵运转和局部跨膜离子浓度改变有关,但其确切机制目前尚未明确^[19]。另外 tDCS 的治疗作用也可能与促进脑源性神经生长因子 (brain-derived neurotrophic factor, BDNF) 生成有关^[20]。

表 1 纳入文献的基本特征

文献特征	Polanowska(2013)	You(2011)	Meinzer(2016)	Marangolo(2011)	Baker(2010)	Volpato(2013)	Darkow(2016)
病例数	14/10	7/7	13/13	3	10	8	16
实验设计	RCT	RCT	RCT	随机交叉试验, 假刺激对照	随机交叉试验,假 刺激对照	随机交叉试验, 假刺激对照	随机交叉试验, 假刺激对照
年龄(岁)							
E	56.1±12.1	70.4±23.2	59.2±11.7	66.0±12.5	65.50±11.44	58.6±12.7	56.7±10.1
C	61.0±14.4	63.4±18.3	60.8±12.3				
受教育年限							
E	14.6±3.4	10.4±1.2	10.4±1.51	14.3±2.6	14.0±2.31	12.4±1.35	12.6±1.5
C	12.6±3.3	12.1±1.5	13.5±1.63				
平均病程							
E	59.6±48.7(d)	14.6±3.41(d)	54.2±42.3(m)	22.3±7.2(m)	64.60±68.42(m)	27±2.63(m)	54.3±45.3(m)
C	81.2±47.6(d)	12.6±2.98(d)	37.2±36.4(m)				
失语症类型	Broca 6/5	Global	Broca 5/6	Nonfluent 3	anomia 6	Wernicke 2	未区分
E/C	Mixed 5/2		Wernicke 5/4		Broca 4	Broca 1	
	Transcort 3/3		Global 3/3			Anomia 2	
						Transcort 3	
失语严重程度	1.9±1.0	未描述	未描述	未描述	未描述	轻度 4	未描述
E/C	2.0±0.9					中度 4	
试验组干预措施	A-tDCS(1 mA, 10 min)联合 SLT(45 min)	A-tDCS(2 mA, 30 min)联合 SLT(30 min)	A-tDCS(1 mA, 15 min)联合 SLT(30 min)	A-tDCS(1 mA, 20 min)联合 SLT(20 min)	A-tDCS(1 mA, 20 min)联合命名障 碍治疗(20 min)	A-tDCS(2 mA, 20 min)联合 SLT	A-tDCS(1 mA, 20 min)
对照组干预措施	假刺激(1 mA, 25 s)联合 SLT (45 min)	假刺激(2 mA, 30 s)联合 SLT (30 min)	假刺激(1 mA, 30 s)联合 SLT (30 min)	假刺激(1 mA, 30 s)联合 SLT (20 min)	假刺激(1 mA, 20 min)联合命名障 碍治疗(20 min)	假刺激(2 mA, 20 min)联合 SLT	假刺激(1 mA, 30 s)
刺激部位	阳极刺激左半 球额前叶皮质; 阴极刺激对侧 眼眶上	阳极刺激左半 球额上回皮质; 阴极刺激对侧 眼眶上	阳极刺激左半 球运动区皮质; 阴极刺激对侧 眼眶上	阳极刺激左半 球 Broca 区;阴 极刺激对侧眼 眶上	阳极刺激 fMRI 引 导下的左额叶位 置;阴极刺激对侧 肩上	阳极刺激左半 球 Broca 区;阴 极刺激对侧眼 眶上	阳极刺激左半球 M1 区皮质;阴极 刺激对侧眼眶上
疗程	3 周	2 周	2 周	2 个月	10 d	4 周	3 周
不良反应	无	无	无	无	无	无	11 例出现轻微 不良反应
评定量表	BDAE	K-WAB(AQ)	AAT	AAT	WAB-R(AQ)	AAT	AAT

注:E 为试验组(experimental group);C 为对照组(control group);Broca 为运动性失语;Wernicke 为感觉性失语;Global 为全脑失语;Mixed 为混合性失语;Transcort 为经皮质失语;SLT 为言语-语言训练(speech and language therapy)

表 2 纳入文献的质量评价结果

PEDro 量表条目	Polanowska (2013)	You (2011)	Meinzer (2016)	Marangolo (2011)	Baker (2010)	Volpato (2013)	Darkow (2016)
1	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
2	1	0	1	1	1	1	1
3	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1
6	0	0	0	0	0	0	0
7	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1
总分	8	7	8	8	8	8	8
质量	高	高	高	高	高	高	高

注:1 表示符合标准,不纳入总分计算;2 表示随机分配;3 表示分配隐匿;4 表示基线情况相似;5 表示被试者盲法;6 表示治疗人员盲法;7 表示评估人员盲法;8 表示超过 85%的被试者完成全部试验;9 表示治疗意向分析;10 表示组间统计比较;11 表示点估计和可变性分析

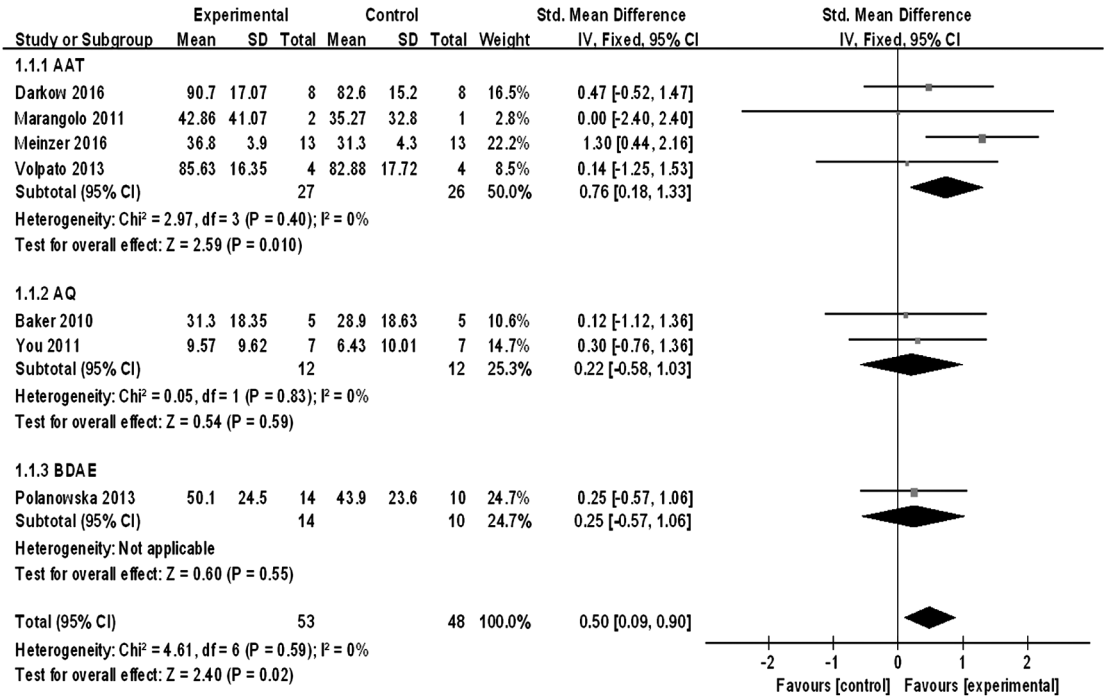


图 2 治疗后试验组与对照组失语量表评分比较的森林图

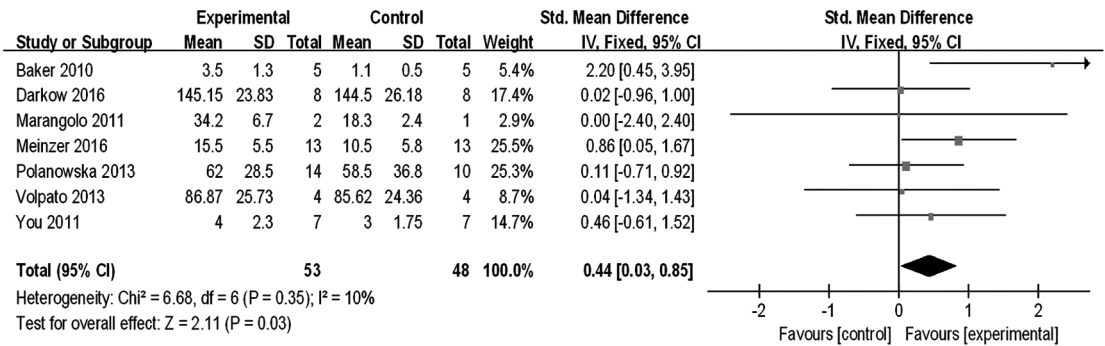


图 3 治疗后试验组与对照组命名评分比较的森林图

临床上应用 tDCS 治疗失语症的疗效并不完全一致,这与患者失语类型、电极放置部位、刺激时间及刺激强度等密切相关。目前关于 tDCS 治疗卒中后失语症多采用阳极刺激,为了明确 A-tDCS 治疗脑梗死后失语症的临床疗效,本研究检索了相关中、英文数据库,共纳入 7 篇临床相关随机对照文献,选择更适合对物理疗法进行评价的 PEDro 评分^[21]对纳入文献进行质量评价,结果显示 7 篇文献均为高质量研究报道,但 7 篇文献都未描述分配隐匿情况,且 tDCS 治疗过程中很难做到干预者盲法,因此所有研究均在这两项失分,但总体质量仍较高。Meta 分析结果显示:治疗后 SMD = 0.50, 95% CI 为 (0.09, 0.90), $P = 0.02 < 0.05$, 提示 A-tDCS 能明显改善脑梗死患者失语评分。由于试验组与对照组间无异质性 ($P = 0.59$, $I^2 = 0\%$), 故未进行敏感性分析。命名障碍是指患者对词随意提取障碍,是左侧大脑半球损伤时最常见伴随症状之一,所有失

语症患者均不同程度存在命名障碍。本研究纳入的 7 篇文献均报道了受试者图命名评分情况,Meta 分析结果提示 A-tDCS 能显著改善卒中后失语症患者命名能力 [SMD = 0.44, 95% CI 为 (0.03, 0.85), $P = 0.03 < 0.05$], 这与 A-tDCS 提高损伤区皮质兴奋性密切相关。本研究由于纳入文献数量较少,因此未对漏斗图进行发表偏倚检测。

安全性是 tDCS 应用于临床必须考虑的重要因素之一,既往研究显示 tDCS 的常见不良反应包括发痒、发麻及灼烧感等,但持续时间较短,一般不需特殊处理,目前尚无关于其诱发癫痫的报道;本研究 Meta 分析也未发现严重不良反应。与 TMS 不同, tDCS 不会导致神经元细胞自发放电,不会产生离散效应,且 tDCS 只作用于处于活动状态的神经元,不会影响处于休眠状态的神经元,因此具有较高安全性^[22]。另外治疗过程中需严格按照使用说明进行操作,通常使用的电

极板规格为 5 cm×7 cm,持续刺激时间不超过 30 min,电流强度设置为 1.0~2.0 mA 是相对安全的,但其长期作用效果还需更多随访研究进一步验证^[23]。

结 语

本研究仍存在一些不足:①该 Meta 分析最终纳入文献数量较少,对失语症患者理解、表达及复述方面的疗效还有待探讨;②各研究在患者失语类型、时间、严重程度、治疗强度、电极放置部位及治疗时间等方面均存在差异,需要更多临床随机对照试验来确定最佳治疗参数;③评价失语症的量表存在一定主观性,且每个研究使用的评定量表不统一,可能给结果带来偏倚;④有关研究证实 C-tDCS 治疗失语症也具有一定疗效^[24],但缺乏大样本随机对照试验支持,有待进一步研究观察;⑤虽然 tDCS 引起皮质兴奋性变化被证明与皮质神经元活动变化有关,但具体机制还有待深入探讨,需要更多临床研究来阐述 tDCS 的作用与意义。总之 tDCS 是一种无创、安全且有效的康复治疗手段,能显著提高脑卒中失语患者言语功能,值得临床推广、应用。

参 考 文 献

- [1] 彭源,燕铁斌.脑卒中康复治疗研究现状及进展[J].中华物理医学与康复杂志,2009,31(6):421-423. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2009.06.021.
- [2] 吴兆苏,姚崇华,赵冬.我国人群脑卒中发病率、死亡率的流行病学研究[J].中华流行病学杂志,2003,24(3):236-239.
- [3] Lesniak M, Bak T, Czepiel W, et al. Frequency and prognostic value of cognitive disorders in stroke patients[J]. Dement Geriatr Cogn Disord, 2008, 26(4):356-363. DOI: 10.1159/000162262.
- [4] Duque J, Murase N, Celnik P, et al. Intermanual differences in movement-related interhemispheric inhibition[J]. J Cogn Neurosci, 2007, 19(2):204-213. DOI: 10.1162/jocn.2007.19.2.204.
- [5] Polanowska KE, Leśniak M, Seniów JB, et al. No effects of anodal transcranial direct stimulation on language abilities in early rehabilitation of post-stroke aphasic patients[J]. Neurol Neurochir Pol, 2013, 47(5):414-422. DOI: 10.5114/ninp.2013.38221.
- [6] World Health Organisation. Cerebrovascular Disorders (Off set Publications) [M]. Geneva: World Health Organization, 1978:17-20.
- [7] 中华医学会全国第四届脑血管病学术会议组. 各类脑血管病诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 1996, 26(6):379-381.
- [8] Polanowska KE, Lesniak MM, Seniów JB, et al. Anodal transcranial direct current stimulation in early rehabilitation of patients with post-stroke non-fluent aphasia: A randomized, double-blind, sham-controlled pilot study[J]. Restor Neurol Neurosci, 2013, 31(6):761-771. DOI: 10.3233/RNN-130333.
- [9] You DS, Kim DY, Chun MH, et al. Cathodal transcranial direct current stimulation of the right Wernicke's area improves comprehension in subacute stroke patients[J]. Brain Lang, 2011, 119(1):1-5. DOI: 10.

1016/j.bandl.2011.05.002.

- [10] Meinzer M, Darkow R, Lindenberg R, et al. Electrical stimulation of the motor cortex enhances treatment outcome in post-stroke aphasia[J]. Brain, 2016, 139(4):1152-1163. DOI: 10.1093/brain/aww002.
- [11] Marangolo P, Marinelli CV, Bonifazi S, et al. Electrical stimulation over the left inferior frontal gyrus (IFG) determines long-term effects in the recovery of speech apraxia in three chronic aphasics[J]. Behav Brain Res, 2011, 225(2):498-504. DOI: 10.1016/j.bbr.2011.08.008.
- [12] Baker JM, Rorden C, Fridriksson J. Using transcranial direct-current stimulation to treat stroke patients with aphasia[J]. Stroke, 2010, 41(6):1229-1236. DOI: 10.1161/STROKEAHA.109.576785.
- [13] Volpato C, Cavinato M, Piccione F, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) of Broca's area in chronic aphasia: A controlled outcome study[J]. Behav Brain Res, 2013, 247:211-216. DOI: 10.1016/j.bbr.2013.03.029.
- [14] Darkow R, Martin A, Wurtz A, et al. Transcranial direct current stimulation effects on neural processing in post-stroke aphasia[J]. Hum Brain Mapp, 2017, 38(3):1518-1531. DOI: 10.1002/hbm.23469.
- [15] 张彬,侯宇峰.脑卒中患者失语症研究进展[J].中国老年学杂志, 2014, 3(34):1435-1436. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2014.05.138.
- [16] Gialanella B, Bertolinelli M, Lissi M, et al. Predicting outcome after stroke: the role of aphasia[J]. Disab Rehabil, 2011, 33(2):122-129. DOI: 10.3109/09638288.2010.488712.
- [17] 翁春晓,范肖冬,侯冰.经颅刺激对脑功能的调节作用[J].生物医学工程与临床, 2015, 19(2):196-200. DOI: 10.13339/j.cnki.sgcl.2015.02.025.
- [18] Zheng X, Alsop DC, Schlaug G. Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on human regional cerebral blood flow[J]. Neuroimage, 2011, 58(1):26-33. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.06.018.
- [19] 吴春薇,谢瑛.经颅直流电刺激的研究进展[J].中国康复理论与实践, 2015, 21(2):171-73. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2015.02.011.
- [20] 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(2):198-204. DOI: 10.1016/j.neuron.2010.03.035.
- [21] 曾宪涛,包翠萍,曹世义,等. Meta 分析系列之三:随机对照试验的质量评价工具[J].中国循证心血管医学杂志, 2012, 4(3):183-185. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2012.03.003.
- [22] 杨远滨,肖娜,李梦瑶,等.经颅磁刺激与经颅直流电刺激比较[J].中国康复理论与实践, 2011, 17(12):1131-1135. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2011.12.010.
- [23] 李懿,屈云,苟巍,等.阳极经颅直流电刺激治疗脑卒中后手功能障碍的 meta 分析[J].中国康复医学杂志, 2016, 31(9):1001-1007. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2016.09.014.
- [24] Rosso C, Perlberg V, Valabregue R, et al. Broca's area damage is necessary but not sufficient to induce after-effects of cathodal tDCS on the unaffected hemisphere in post-stroke aphasia[J]. Brain Stimul, 2014, 7(5):627-635. DOI: 10.1016/j.brs.2014.06.004.

(修回日期:2017-04-20)

(本文编辑:易 浩)