

Investigating the Effectiveness of Direct Anodal Electrical Stimulation in the Dorsolateral Prefrontal Cortex on the Cognitive Emotion Regulation in Adolescents with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder

Kabirifard F¹, Hajikhalili F¹, Arabzadeh M², Khalilzadeh Mahani F¹, Aghaei Meybodi F¹, Rezaei A¹, Sardari A³, *Saeidi S¹

Author Address

1. MA in Clinical Psychology, Science and Arts University, Yazd, Iran;
2. MA in Clinical Psychology, Islamic Azad University, Anar, Iran;
3. Psychiatrist, Assistant Professor, Science and Arts University, Yazd, Iran.

*Corresponding Author Email: Saharsaeidi74@gmail.com

Received: 2023 July 14; Accepted: 2023 July 30

Abstract

Background & Objectives: Attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) is a neurodevelopmental disorder characterized by inappropriate levels of impulsive behavior, hyperactivity, and inattention. Cognitive regulation of emotion refers to regulation strategies and using cognitive strategies to manage emotional experiences, the ability to re-evaluate, and cognitive effort. Disturbance in emotion regulation continues for many people with ADHD until adulthood and can lead to the development of other psychiatric disorders. The treatments that have been used to manage emotion regulation problems in adolescents with ADHD have not been able to solve the problem of these people. The noninvasive technique of direct transcranial electrical stimulation (tDCS) of the brain has been studied very little for problems with cognitive regulation of emotion, and there are also few studies in adolescents with ADHD. Therefore, the effectiveness of direct electrical stimulation of the anode in the dorsolateral prefrontal cortex on the cognitive emotion regulation of adolescents with ADHD was investigated in this study.

Methods: This study was quasi-experimental with a pretest-posttest design with a control group. Among adolescents aged 14 to 18 years with symptoms of ADHD referred to psychiatric clinics in Kerman City, Iran, 30 eligible volunteers were included in the study in a simple random manner. Then, 15 were randomly assigned to the intervention group and 15 in the control group. The inclusion criteria for subjects to enter the research were as follows: having ADHD confirmed by a psychiatrist, having an age range of 14 to 18 years, and not using other treatment methods, such as behavioral therapy and drug therapy. The exclusion criteria were absence for more than one session from transcranial electrical stimulation of the brain and not completing the questionnaire during the study. The cognitive regulation of emotion was compared using the Cognitive Emotion Regulation Questionnaire (CERQ) (Garnefski & Kraaij, 2007) before and after treating anodic electrical stimulation. Data analysis was done using covariance analysis. The significance level of the tests was set at 0.05.

Results: The results showed that the scores of the Cognitive Emotion Regulation Questionnaire scores in adolescents with ADHD in the intervention group and after receiving treatment increased significantly compared to the control group ($p < 0.001$). The results related to the effect size determined that 58% of the difference between the intervention group and the control group in the variable of cognitive emotion regulation was caused by the implementation of brain anodal electrical stimulation.

Conclusion: According to the findings, 10 sessions of 20 minutes of 2-mA tDCS on the left dorsolateral prefrontal cortex significantly affected cognitive emotion regulation in patients with ADHD and can lead to improved cognitive emotion regulation in these patients.

Keywords: Transcranial direct current stimulation, Cognitive emotion regulation, Attention-deficit/hyperactivity disorder.

بررسی اثربخشی تحریک مستقیم الکتریکی آندی در قشر پیش پیشانی پشتی جانبی بر نظم جویی شناختی هیجان در نوجوانان دارای اختلال نقص توجه/بیش فعالی

فریده کبیری فرد^۱، فاطمه حاجی خلیلی^۱، مریم عرب زاده^۲، فروغ خلیلی زاده ماهانی^۱، فاطمه آقائی میبدی^۱، امیرمحمد رضایی^۱، علی محمد سرداری^۳، * سحر سعیدی^۱

توضیحات نویسندگان

۱. کارشناس ارشد روان شناسی بالینی، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران؛

۲. کارشناس ارشد روان شناسی بالینی، دانشگاه آزاد اسلامی، انار، ایران؛

۳. روان پزشک، استادیار، معاونت درمان تاجا، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران.

* رایانامه نویسنده مسئول: Saharsaeidi74@gmail.com

تاریخ دریافت: ۲۳ تیر ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۸ مرداد ۱۴۰۲

چکیده

زمینه و هدف: اختلال نقص توجه/بیش فعالی، اختلالی عصبی رشدی است. پژوهش حاضر باهدف بررسی اثربخشی تحریک مستقیم الکتریکی آندی در قشر پیش پیشانی پشتی جانبی بر نظم جویی شناختی هیجان در نوجوانان دارای اختلال نقص توجه/بیش فعالی انجام شد.

روش بررسی: روش این مطالعه از نوع نیمه آزمایشی با طرح پیش آزمون و پس آزمون همراه با گروه گواه بود. از بین نوجوانان ۱۴ تا ۱۸ سال دارای علائم اختلال نقص توجه/بیش فعالی مراجعه کننده به کلینیک های روان پزشکی شهر کرمان، سی نفر داوطلب واجد شرایط به شکل تصادفی ساده وارد مطالعه شدند. سپس با گمارش تصادفی پانزده نفر در گروه مداخله و پانزده نفر در گروه گواه قرار گرفتند. نمرات متغیر نظم جویی شناختی هیجان از طریق پرسش نامه نظم جویی شناختی هیجان (گرانفسکی و کرایچ، ۲۰۰۷) در دو نوبت زمانی قبل و بعد از درمان تحریک الکتریکی آندی مقایسه شد. تحلیل داده ها با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس صورت گرفت. سطح معناداری آزمون ها ۰/۰۵ بود.

یافته ها: نتایج داد، نمرات پرسش نامه نظم جویی شناختی هیجان در نوجوانان دارای اختلال نقص توجه/بیش فعالی در گروه مداخله و بعد از دریافت درمان در مقایسه با گروه گواه، به طور معناداری افزایش پیدا کرد ($p < 0/001$). نتایج مربوط به اندازه اثر مشخص کرد، ۵۸ درصد از تفاوت بین گروه مداخله و گواه در متغیر نظم جویی شناختی هیجان ناشی از اجرای تحریک الکتریکی آندی مغز بود.

نتیجه گیری: نتایج این پژوهش مشخص کرد، از تحریک الکتریکی مستقیم فراجمه ای مغز می توان به عنوان درمانی مکمل برای بهبود نظم جویی شناختی هیجان در نوجوانان دارای اختلال نقص توجه/بیش فعالی استفاده کرد.

کلیدواژه ها: تحریک الکتریکی مستقیم فراجمه ای مغز، نظم جویی شناختی هیجان، اختلال نقص توجه/بیش فعالی.

اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی^۱، اختلالی عصبی‌رشدی^۲ است که با سطوح نامناسب رفتارهای تکانشی^۳ و بیش‌فعالی و بی‌توجهی مشخص می‌شود (۱). اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، اختلالی رایج در دوران کودکی و نوجوانی و بزرگسالی است. این اختلال نسبتاً شایع است و تقریباً ۱۲ تا ۵ درصد از کودکان مدرسه‌ای را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۲). شیوع جهانی اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی بین ۲ تا ۷ درصد است. شیوع اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی در پسران بیشتر از دختران مشاهده می‌شود و در اکثر مطالعات نسبت جنسی ۲ به ۱ است (۳). پلانژیک و همکاران گزارش دادند، اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی تقریباً ۵ درصد از کودکان مدرسه‌ای را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۴). اکثر کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی حداقل در یکی از حوزه‌های عملکرد هیجانی از جمله تشخیص هیجان^۴، ناتوانی هیجانی^۵ و نظم‌جویی هیجان^۶ دچار نقص هستند (۵). درک سازوکارها و فرایندهای زمینه‌ساز اختلال در تنظیم هیجان در اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، ضروری است؛ زیرا اختلال در تنظیم هیجانی هم‌زمان با افزایش اختلال عملکردی همراه است و به درمان‌های خط اول اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی مانند دارو و رفتاردرمانی مقاومت نشان می‌دهد (۶).

نظم‌جویی هیجان، فرایندی پیچیده است که شامل بیان فیزیولوژیک و تجربی و رفتاری یک احساس و توانایی تعدیل سرعت و شدت تشدید و تنش‌زدایی آن هیجان می‌شود. تقریباً ۴۸ تا ۵۴ درصد از افراد دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، اختلالاتی در نظم‌جویی هیجان دارند (۷). ریچارد-لپوریل و همکاران بیان کردند، درک و کاهش اختلالات هیجانی در اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی با توجه به اینکه بار مشکلات مرتبط با اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی از جمله مشکلات تحصیلی و اجتماعی را افزایش می‌دهد، ضروری است. علاوه‌براین، اختلال در نظم‌جویی هیجان برای بسیاری از افراد مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی تا بزرگسالی ادامه می‌یابد و خطر ابتلا به آسیب‌شناسی روانی همراه مانند اختلال نافرمانی مقابله‌ای و اضطراب و افسردگی را افزایش می‌دهد (۸).

نظم‌جویی شناختی هیجان^۷ به راهبردهای نظم‌جویی و استفاده از راهبردهای شناختی برای مدیریت تجارب هیجانی، توانایی ارزیابی مجدد و تلاش شناختی^۸ گفته می‌شود. ارزیابی مجدد به فرصت‌هایی برای تفسیر مجدد معنایی ذاتی یک محرک اشاره دارد. محرک‌های هیجانی می‌تواند سطوح متفاوتی از توانایی‌های ارزیابی مجدد داشته باشد؛ برای مثال، تصویری از یک استدلال ممکن است به طرق مختلف تفسیر شود؛ درحالی‌که تصویر یک تصادف رانندگی بسیار کمتر احتمال دارد دوباره تفسیر شود. این مطلب بدان معنا است که اولی توانایی

ارزیابی مجدد بیشتری درمقایسه با دومی دارد (۹). در پژوهشی سوری و همکاران دریافتند، ارزیابی مجدد عامل خارجی مهمی بر نظم‌جویی هیجان تأثیر می‌گذارد (۱۰). توانایی بیشتر افراد در ارزیابی مجدد می‌تواند توانایی فرد را در نظم‌جویی هیجان افزایش دهد؛ درحالی‌که توانایی ارزیابی مجدد کم، تمایل به حواس‌پرتی دارد. انحراف از ارزیابی مجدد ممکن است منجر به نشخوار فکری شود که به‌نوبه خود افسردگی را در پی دارد (۹). انعطاف‌پذیری شناختی^۹ در انتخاب بین راهبردهای مختلف تنظیم هیجان بسته به زمینه، عامل مهمی در حفظ سلامت و تندرستی جسمی و روانی است. انتخاب افراد برای راهبردهای نظم‌جویی هیجان با ارزیابی مجدد شناختی تحت‌تأثیر عوامل متعددی مانند تفاوت‌های عاطفی، شناختی، انگیزشی و فردی است (۱۱).

باوجود اختلال درخورتوجه مرتبط با مشکلات نظم‌دهی هیجان برای نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، درمان‌های خط اول فعلی برای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی مانند محرک‌های روانی و آموزش رفتاری والدین اغلب اختلالات تنظیم هیجان را کاهش نمی‌دهند (۸). شواهد نشان داد، فعالیت در مدارهای کنترل شناختی^{۱۰} را می‌توان با استفاده از تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز (tDCS) تعدیل کرد (۱۲، ۱۳). تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز شامل جریان الکتریکی ضعیفی (۱ تا ۲ میلی‌آمپر) است که از طریق الکترودهای رسانا به پوست سر اعمال می‌شود (۱۴). بریتیلینگ و همکاران بیان کردند، یک جلسه تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز با هدف قراردادن قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی چپ باعث بهبود حافظه^{۱۲}، توانایی برنامه‌ریزی^{۱۳}، کنترل مهارتی^{۱۴} و کارایی عصبی^{۱۵} در طول پردازش شناختی با حداقل عوارض جانبی می‌شود (۱۵). وستود و همکاران در مطالعه‌ای نشان دادند، تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز همراه با آموزش شناختی در پسران نوجوان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، علائم این اختلال را کاهش می‌دهد (۱۶). هی و همکاران دریافتند، تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز در ناحیه قشر پیش‌پیشانی شکمی‌جانبی^{۱۶} منجر به بهبود تنظیم هیجان مربوط به احساسات منفی ناشی از طرد اجتماعی می‌شود (۱۷).

اختلال در نظم‌جویی هیجان برای بسیاری از افراد مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی تا بزرگسالی ادامه می‌یابد و می‌تواند سبب توسعه این اختلال، به آسیب‌های دیگر روان‌پزشکی شود (۸). ازطرف دیگر تا به امروز درمان‌های به‌کاررفته برای درمان مشکلات نظم‌دهی هیجان در نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، نتوانسته‌اند مشکل این افراد را حل کنند. تکنیک غیرتهاجمی تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز، برای مشکلات نظم‌دهی شناختی هیجان، بسیار کم هدف مطالعه قرار گرفته و در نوجوانان مبتلا به

9. Cognitive flexibility

10. Cognitive control circuits

11. transcranial Direct Current Stimulation

12. Memory

13. Planning ability

14. Inhibitory control

15. Neural efficiency

16. Ventrolateral prefrontal cortex

1. Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD)

2. Neurodevelopmental disorder

3. Impulsive behaviors

4. Emotion recognition

5. Emotional lability

6. Emotion regulation

7. Cognitive Emotion Regulation

8. Reappraisal affordance and cognitive effort

اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی نیز پژوهش‌ها اندک است. در زمینه کارآمدی تحریک مستقیم الکتریکی فراجمعه‌ای مغز در اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی به مطالعات بیشتری نیاز است (۱۶). از آنجا که پژوهشی به بررسی اثربخشی تحریک مستقیم الکتریکی آندی در قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی بر نظم‌جویی شناختی هیجان در نوجوانان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی نپرداخته است، پژوهش حاضر باهدف بررسی اثربخشی تحریک مستقیم الکتریکی آندی در قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی بر نظم‌جویی شناختی هیجان در نوجوانان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی انجام شد.

۲ روش‌بررسی

روش این مطالعه، نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه گواه بود. جامعه آماری را نوجوانان ۱۴ تا ۱۸ سال دارای علائم اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی مراجعه‌کننده به کلینیک‌های روان‌شناسی و روان‌پزشکی شهر کرمان تشکیل دادند. از بین افراد جامعه، سی نفر داوطلب واجد شرایط به‌شکل تصادفی ساده وارد مطالعه شدند و با گمارش تصادفی پانزده نفر در گروه مداخله و پانزده نفر در گروه گواه قرار گرفتند. معیارهای ورود آزمودنی‌ها به پژوهش عبارت بود از: داشتن اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی و تأیید روان‌پزشک؛ محدوده سنی ۱۴ تا ۱۸ سال؛ استفاده نکردن از روش‌های درمانی دیگر مانند رفتاردرمانی و دارودرمانی. ملاک‌های خروج آزمودنی‌ها از پژوهش شامل غیبت در یک جلسه تحریک الکتریکی فراجمعه‌ای مغز و تکمیل نکردن پرسش‌نامه در طول پژوهش بود. افزون‌براین از طریق بررسی پرونده پزشکی و مصاحبه با خانواده، از نداشتن بیماری‌های تشنجی و روان‌پزشکی دیگر آن‌ها اطمینان حاصل شد. خانواده‌ها فرم رضایت‌نامه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند.

برای انجام پژوهش و ارزیابی متغیرها ابزارهای زیر به‌کار رفت.

– دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه: دستگاه تحریک مستقیم الکتریکی فراجمعه‌ای مغز استفاده‌شده در این پژوهش، دستگاه iOMED ساخت آمریکا (۲۰۱۱) بود که دارای دو الکترود آند و کاتد است. الکترودها در یک پد آغشته به سالین قرار داده شدند تا رسانش الکتریکی صورت پذیرد.

– پرسش‌نامه نظم‌جویی شناختی هیجان^۱: پرسش‌نامه نظم‌جویی شناختی هیجان توسط گرانفسکی و کرایچ در سال ۲۰۰۷ ساخته شد (۱۸). پرسش‌نامه‌ای ۳۶‌آیتمی است که نُه خرده‌مقیاس دارد. این پرسش‌نامه نُه راهبرد متفاوت نظم‌دهی شناختی هیجان شامل ملامت خویش، پذیرش، نشخوارگری، تمرکز مجدد مثبت، تمرکز مجدد بر برنامه‌ریزی، ارزیابی مجدد مثبت، دیدگاه‌پذیری، فاجعه‌سازی و ملامت دیگران را به‌صورت مفهومی از یکدیگر متمایز و ارزیابی می‌کند. هر خرده‌مقیاس از چهار آیتم تشکیل شده است. هر آیتم به‌چگونگی تفکر هر شخص بعد از تجربه رویدادی تهدیدآمیز یا استرس‌آمیز می‌پردازد. پرسش‌نامه نظم‌جویی شناختی هیجان برای اندازه‌گیری راهبردهای شناختی که سبک واکنش به رویدادهای استرس‌آمیز افراد را مشخص می‌کند، کاربرد دارد. پرسش‌نامه نظم‌جویی شناختی هیجان، پرسش‌نامه

خودگزارش‌دهی است که می‌توان در افراد بیشتر از دوازده سال استفاده کرد. هر آیتم براساس مقیاس پنج‌گزینه‌ای لیکرت از اغلب/هرگز=۱ تا تقریباً همیشه/همیشه=۵ نمره‌دهی می‌شود. نمره هر خرده‌مقیاس با جمع کردن چهار آیتم هر خرده‌مقیاس به‌دست می‌آید؛ بنابراین دامنه نمرات برای هر خرده‌مقیاس ۴ تا ۲۰ است. هرچه نمره فرد در خرده‌مقیاس‌ها بیشتر باشد، نشان‌دهنده استفاده بیشتر از آن راهبرد شناختی است (۱۸). این پرسش‌نامه پایایی خوبی را نشان داد و ضریب آلفای کرونباخ آن در پژوهش گرانفسکی و کرایچ در دامنه ۷۱/۰ تا ۸۱/۰ گزارش شد (۱۸). جرمان و همکاران با استفاده از تحلیل عاملی امتیازات پایایی پرسش‌نامه را برای هر خرده‌مقیاس از ۰/۶۸ تا ۰/۸۷ به‌دست آوردند و اعتبار پرسش‌نامه براساس آلفای کرونباخ ۰/۶۹ تا ۰/۸۹ بود (۱۹). نسخه فارسی پرسش‌نامه توسط حسنی هنجاریابی شد. در این مطالعه اعتبار پرسش‌نامه براساس آلفای کرونباخ ۰/۷۶ تا ۰/۹۲ به‌دست آمد و همبستگی بین خرده‌مقیاس‌ها (۰/۳۲ تا ۰/۶۷) و روایی ملاکی مطلوب گزارش شد (۲۰).

ارزیابی اولیه بیمار، روز اول و به‌مدت شصت دقیقه صورت پذیرفت. پروتکل درمانی استفاده‌شده در این پژوهش برای هر بیمار ده جلسه درمانی بیست دقیقه‌ای، ۲ میلی‌آمپر در قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی آندی سمت چپ طی دو هفته بود. الکترود کاتد روی بازوی بیمار قرار گرفت. ناحیه مدنظر برای تحریک، از طریق اندازه‌گیری سر به دست آمد که این روش توسط داسیلوا و همکاران برای مکان‌یابی مغز در تحریک مغزی ابداع و تأیید شد (۲۱). قبل از انجام درمان، افراد نمونه فرم رضایت‌نامه شرکت داوطلبانه در پژوهش را امضا کردند. سپس پرسش‌نامه نظم‌جویی شناختی هیجان (۱۸) برای افراد نمونه اجرا شد و ثبت نتایج در پرونده بیمار صورت گرفت. در جلسات بعدی طبق برنامه زمانی هماهنگ‌شده با افراد نمونه، بیماران دو روز مداوم، تحریک مستقیم الکتریکی فراجمعه‌ای مغز بیست دقیقه‌ای ۲ میلی‌آمپر در قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی آند چپ را دریافت کردند. برای گروه گواه درحالت ساختگی دستگاه خاموش ماند. در پایان درمان، پرسش‌نامه نظم‌جویی شناختی هیجان (۱۸) ارزیابی مجدد شد و ثبت نتایج در پرسش‌نامه بیمار صورت گرفت. تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس انجام شد. سطح معناداری آزمون‌ها ۰/۰۵ بود.

۳ یافته‌ها

در این پژوهش، سی نوجوان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، انتخاب شدند. میانگین و انحراف معیار سنی افراد نمونه در گروه مداخله (۲/۰۵ ±) ۱۵/۷۲ سال و در گروه گواه (۱/۸۸ ±) ۱۵/۸۹ سال بود.

میانگین و انحراف معیار نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیر نظم‌جویی شناختی هیجان در دو گروه مداخله و گواه به‌همراه نتایج تحلیل کوواریانس در جدول ۱ ارائه شده است. لازم به‌ذکر است، قبل از اجرای آزمون تحلیل کوواریانس پیش‌فرض‌های مربوط به آن بررسی شد. آزمون کلموگروف-اسمیرنف نرمال بودن توزیع نمرات را نشان داد

^۱. Cognitive Emotion Regulation Questionnaire (CERQ)

($p > 0/05$)؛ درضمن طبق آزمون لون فرض تساوی واریانس‌های نمرات دو گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون نظم‌جویی شناختی هیجان تأیید شد ($p > 0/05$). همچنین پیش‌فرض مربوط به همگنی شیب

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیر نظم‌جویی شناختی هیجان به همراه نتایج آزمون تحلیل کوواریانس

حیطه	گروه	پیش‌آزمون		پس‌آزمون		مقایسه پس‌آزمون	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	مقدار F	مقدار p
نظم‌جویی شناختی هیجان	مداخله	۶۷/۷۱	۱۴/۴۲	۸۹/۶۳	۱۶/۳۱	۶۷/۲۱	< ۰/۰۰۱
	گواه	۶۲/۹۳	۱۳/۶۴	۶۱/۶۵	۱۲/۴۸		۰/۵۸

مرتبط است و آمیگدال ارتباط نورونی زیادی با قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی دارد. بهبود نظم‌جویی هیجان بعد از تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز می‌تواند ناشی از فعال‌سازی قوی‌تر ارزیابی مجدد رویدادهای هیجانی در زندگی فرد باشد؛ این امر منجر به واکنش هیجانی منطقی‌تر در افراد بعد از مداخله می‌شود و نظم‌جویی هیجانی در آن‌ها را بهبود می‌بخشد (۲۲).

ژانگ و همکاران دریافتند، انعطاف‌پذیری شناختی افراد با انجام تحریک جریان مستقیم بین‌جمجمه‌ای قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی افزایش می‌یابد و این امر سبب تسریع جداسازی محرک‌های منفی هیجانی می‌شود. علاوه بر این، ممکن است منجر به تغییرات نوروپلاستیک ناشی از تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز شود که اتصال عملکردی بیشتر بین شبکه‌های مغزی را ارتقا می‌دهد و کارایی عصبی را بهبود می‌بخشد؛ این موضوع، بهبود عملکرد در معیارهای عینی کنترل شناختی را به دنبال دارد (۹).

روپا و همکاران گزارش کردند، در سال‌های اخیر تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز به عنوان اثری بهبودبخش بر علائم اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی در نظر گرفته شده است (۲۳). نجاتی و همکاران دریافتند، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز آندی قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی سمت چپ، عملکرد اجرایی را در بیماران اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی نوجوانان بهبود می‌بخشد. پس از تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز، آن‌ها کنترل مهارتی، کنترل تداخل، حافظه کاری و انعطاف‌پذیری شناختی بهتری را نشان دادند (۲۴). تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز علائم را نه تنها در بیماران نوجوان، بلکه در بیماران اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی بالغ نیز بهبود می‌بخشد. تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز آندی در ناحیه قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی چپ در بیماران بالغ اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی می‌تواند سبب بهبود علائم تکانشگری شود و تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز دوطرفه (آند روی قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی سمت راست، کاتد روی قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی سمت چپ) علائم بی‌توجهی را بهبود می‌بخشد (۲۳).

بانکز و همکاران نشان دادند، کنترل موفقیت‌آمیز هیجان تاحدی به ظرفیت تعدیل پاسخ‌های هیجانی منفی از طریق استفاده از راهبردهای شناختی (برای مثال، ارزیابی مجدد) بستگی دارد (۲۵). ژانگ و همکاران گزارش کردند، نواحی قشر پیشانی در تعدیل واکنش آمیگدال و میانجیگری تنظیم مؤثر هیجانی نقش دارد. فعالیت در نواحی خاص قشر پیشانی با فعالیت آمیگدال در ارتباط است و این اتصال عملکردی

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در پس‌آزمون، میانگین گروه مداخله در متغیر نظم‌جویی شناختی هیجان بیشتر از گروه گواه بود. نتایج تحلیل کوواریانس با تعدیل اثر پیش‌آزمون نشان داد، در پس‌آزمون بین گروه مداخله دریافت‌کننده تحریک الکتریکی مغز و گروه گواه بدون هیچ‌نوع مداخله‌ای، در میانگین نظم‌جویی شناختی هیجان تفاوت معنادار وجود داشت ($p < 0/001$)؛ یعنی این درمان باعث افزایش نمره نظم‌جویی شناختی هیجان در نوجوانان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی شد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای آندی بیست دقیقه‌ای ۲ میلی‌آمپر در ناحیه لوب قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی چپ بر نظم‌جویی شناختی هیجان در بیماران دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی اثر داشت. همچنین نتایج مربوط به اندازه اثر مشخص کرد، ۵۸ درصد از تفاوت بین گروه مداخله و گواه در متغیر نظم‌جویی شناختی هیجان ناشی از اجرای تحریک الکتریکی آندی مغز بود.

۴ بحث

هدف پژوهش حاضر، بررسی اثربخشی تحریک مستقیم الکتریکی آندی در قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی بر نظم‌جویی شناختی هیجان در نوجوانان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد، تحریک مستقیم الکتریکی آندی در قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی بر نظم‌جویی شناختی هیجان در نوجوانان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی تأثیر معناداری داشت و منجر به بهبود نظم‌جویی شناختی هیجان در این بیماران شد. نتایج این پژوهش با مطالعات زیر همسوست: بریتیلینگ و همکاران دریافتند، تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز با هدف قراردادن قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی چپ باعث بهبود حافظه، توانایی برنامه‌ریزی، کنترل مهارتی و کارایی عصبی در طول پردازش شناختی با حداقل عوارض جانبی می‌شود (۱۵)؛ وستوود و همکاران نشان دادند، تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز همراه با آموزش شناختی در پسران نوجوان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، علائم این اختلال را کاهش می‌دهد (۱۶)؛ هی و همکاران بیان کردند، تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز در ناحیه قشر پیش‌پیشانی شکمی‌جانبی منجر به بهبود تنظیم هیجان مربوط به احساسات منفی ناشی از طرد اجتماعی می‌شود (۱۷).

در تبیین نتایج پژوهش حاضر، ببلو و همکاران عنوان کردند، ارزیابی مجدد شناختی برای نظم‌دهی هیجان با کاهش فعالیت در آمیگدال

موجب ارزیابی مجدد شناختی می‌شود. علاوه بر این، قدرت جفت شدن آمیگدال با قشر اوربیتوفرونتال و قشر جلوی پیشانی میانی پشتی میزان کاهش هیجان منفی را پس از ارزیابی مجدد پیش‌بینی می‌کند. این یافته‌ها اهمیت اتصال عملکردی در مدارهای لیمبیک-پیشانی را در طول نظم‌دهی برجسته می‌سازد (۹). به عقیده مک کلینتوک و همکاران، می‌توان استدلال کرد که تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای آندی مغز در قشر پیش‌پیشانی سمت چپ بر کنترل و مهار هیجانات تأثیر می‌گذارد؛ به‌طوری‌که راهبردهای نظم‌دهی شناختی هیجان را به‌وسیله تأخیر در واکنش‌های هیجانی راهبری می‌کند (۲۶).

نتایج مطالعه حاضر و پژوهش‌های مشابه نشان داد، فعالیت در مدارهای کنترل شناختی را می‌توان با استفاده از تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز تعدیل کرد؛ این امر از طریق تغییر قطبیت قشر زیرین الکترودها و با رهاسازی و تعدیل نوروترنسمیترهای مغز از جمله گابا و گلوتامات صورت می‌گیرد و منجر به تعدیل سیناپسی و نوروپلاستیسیته مغز می‌شود (۱۲، ۱۳).

۵ نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد، ده جلسه بیست دقیقه‌ای ۲ میلی‌آمپری تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای آندی منطقه قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی چپ، بر نظم‌جویی شناختی هیجان بیماران دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی تأثیر معناداری دارد و منجر به بهبود نظم‌جویی شناختی هیجان در این بیماران می‌شود؛ بنابراین می‌توان از تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای به‌عنوان درمانی مکمل برای بهبود نظم‌جویی شناختی هیجان در بیماران دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی استفاده کرد.

۶ تشکر و قدردانی

از بیمارستان و کلینیک‌های روان‌پزشکی شهرستان کرمان و افرادی که

در انجام پژوهش یاری کردند، سپاسگزاری می‌شود.

۷ بیانیه‌ها

تأییدیه اخلاقی و رضایت‌نامه از شرکت‌کنندگان

از تمامی افراد حاضر در این پژوهش، رضایت‌نامه گرفته شد. همچنین درباره محرمانه‌ماندن اطلاعات آن‌ها اطمینان خاطر داده شد.

رضایت برای انتشار

این امر غیرقابل اجرا است.

دردسترس بودن داده‌ها و مواد

در این پژوهش به افراد اطمینان داده شد که اطلاعات آن‌ها محرمانه می‌ماند و تحلیل داده‌های ایشان به‌صورت گروهی انجام می‌شود؛ اما نویسندگان متعهد شدند امکان دسترسی به داده‌های اولیه پژوهش را از طریق لینک برای داوران و سردبیر محترم فراهم آورند.

تضاد منافع

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی است و نویسندگان اعلام می‌کنند، هیچ‌گونه تضاد منافی ندارند.

منابع مالی

تمامی منابع مالی این تحقیق توسط نویسندگان پژوهش و با هزینه‌های شخصی تأمین شده است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول فرایندهای اجرای پژوهش را انجام داد. نویسنده دوم جمع‌آوری داده‌ها و آنالیز و تحلیل داده‌ها را بر عهده داشت. نویسندگان سوم و چهارم در نگارش نسخه دست‌نوشته دارای نقش اصلی بودند. نویسنده پنجم در طراحی مطالعه نقش داشت و ایده پژوهش را ارائه کرد. نویسنده ششم تفسیر نتایج را انجام داد و در نگارش نسخه دست‌نوشته همکار اصلی بود. لازم به‌ذکر است، همه شروط مندرج در نشریه برای مشارکت نویسندگان رعایت شد. همچنین نویسندگان نسخه دست‌نوشته نهایی را خواندند و تأیید کردند.

References

1. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. Arlington, VA: American Psychiatric Association; 2013.
2. Robberecht H, Verlaet AAJ, Breynaert A, De Bruyne T, Hermans N. Magnesium, iron, zinc, copper and selenium status in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Molecules*. 2020;25(19):4440. <https://doi.org/10.3390/molecules25194440>
3. Rojo-Marticella M, Arijia V, Alda JA, Morales-Hidalgo P, Esteban-Figuerola P, Canals J. Do children with attention-deficit/hyperactivity disorder follow a different dietary pattern than that of their control peers? *Nutrients*. 2022;14(6):1131. <https://doi.org/10.3390/nu14061131>
4. Polanczyk GV, Willcutt EG, Salum GA, Kieling C, Rohde LA. ADHD prevalence estimates across three decades: an updated systematic review and meta-regression analysis. *Int J Epidemiol*. 2014;43(2):434–42. <https://doi.org/10.1093/ije/dyt261>
5. Graziano PA, Garcia A. Attention-deficit hyperactivity disorder and children's emotion dysregulation: a meta-analysis. *Clin Psychol Rev*. 2016;46:106–23. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2016.04.011>
6. Groves NB, Wells EL, Soto EF, Marsh CL, Jaisle EM, Harvey TK, et al. Executive functioning and emotion regulation in children with and without ADHD. *Res Child Adolesc Psychopathol*. 2022;50(6):721–35. <https://doi.org/10.1007/s10802-021-00883-0>
7. Groves NB, Chan ESM, Marsh CL, Gaye F, Jaisle EM, Kofler MJ. Does central executive training and/or inhibitory control training improve emotion regulation for children with attention-deficit/hyperactivity disorder? A randomized controlled trial. *Front Psychiatry*. 2022;13:1034722. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.1034722>

8. Richard-Lepouriel H, Etain B, Hasler R, Bellivier F, Gard S, Kahn JP, et al. Similarities between emotional dysregulation in adults suffering from ADHD and bipolar patients. *J Affect Disord.* 2016;198:230–6. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.03.047>
9. Zhang N, Zhang K, Wang J, Sun X. Distract or reappraise? the mechanism of cognitive emotion regulation choice and its influential factors. *Psychol Res Behav Manag.* 2022;15:3699–708. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S389835>
10. Suri G, Sheppes G, Young G, Abraham D, McRae K, Gross JJ. Emotion regulation choice: the role of environmental affordances. *Cogn Emot.* 2018;32(5):963–71. <https://doi.org/10.1080/02699931.2017.1371003>
11. Kashdan TB, Rottenberg J. Psychological flexibility as a fundamental aspect of health. *Clin Psychol Rev.* 2010;30(7):865–78. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2010.03.001>
12. Demirtas-Tatlidede A, Vahabzadeh-Hagh AM, Pascual-Leone A. Can noninvasive brain stimulation enhance cognition in neuropsychiatric disorders? *Neuropharmacology.* 2013;64:566–78. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2012.06.020>
13. Dedoncker J, Brunoni AR, Baeken C, Vanderhasselt MA. A systematic review and meta-analysis of the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) over the dorsolateral prefrontal cortex in healthy and neuropsychiatric samples: influence of stimulation parameters. *Brain Stimul.* 2016;9(4):501–17. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2016.04.006>
14. Allenby C, Falcone M, Bernardo L, Wileyto EP, Rostain A, Ramsay JR, et al. Transcranial direct current brain stimulation decreases impulsivity in ADHD. *Brain Stimul.* 2018;11(5):974–81. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.04.016>
15. Breitling C, Zaehle T, Dannhauer M, Bonath B, Tegelbeckers J, Flechtner HH, et al. Improving interference control in ADHD patients with transcranial direct current stimulation (tDCS). *Front Cell Neurosci.* 2016;10:72. <https://doi.org/10.3389/fncel.2016.00072>
16. Westwood SJ, Criaud M, Lam SL, Lukito S, Wallace-Hanlon S, Kowalczyk OS, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) combined with cognitive training in adolescent boys with ADHD: a double-blind, randomised, sham-controlled trial. *Psychol Med.* 2021;53(2):497–512. <https://doi.org/10.1017/s0033291721001859>
17. He Z, Lin Y, Xia L, Liu Z, Zhang D, Elliott R. Critical role of the right VLPFC in emotional regulation of social exclusion: a tDCS study. *Soc Cogn Affect Neurosci.* 2018;13(4):357–66. <https://doi.org/10.1093/scan/nsy026>
18. Garnefski N, Kraaij V. The Cognitive Emotion Regulation Questionnaire: psychometric features and prospective relationships with depression and anxiety in adults. *Eur J Psychol Assess.* 2007;23(3):141–9. <http://dx.doi.org/10.1027/1015-5759.23.3.141>
19. Jermann F, Van Der Linden M, d'Acremont M, Zermatten A. Cognitive Emotion Regulation Questionnaire (CERQ). *Eur J Psychol Assess.* 2006;22(2):126–31. <https://doi.org/10.1027/1015-5759.22.2.126>
20. Hasani J. The psychometric properties of the Cognitive Emotion Regulation Questionnaire (CERQ). *Journal of Clinical Psychology*, 2010;2(3):73–84. [Persian] https://jcp.semnan.ac.ir/article_2031.html?lang=en
21. DaSilva AF, Volz MS, Bikson M, Fregni F. Electrode positioning and montage in transcranial direct current stimulation. *J Vis Exp.* 2011;(51):2744. <https://doi.org/10.3791/2744>
22. Beblo T, Fernando S, Klocke S, Griepenstroh J, Aschenbrenner S, Driessen M. Increased suppression of negative and positive emotions in major depression. *J Affect Disord.* 2012;141(2–3):474–9. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2012.03.019>
23. Rubia K, Westwood S, Aggensteiner PM, Brandeis D. Neurotherapeutics for attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD): a review. *Cells.* 2021;10(8):2156. <https://doi.org/10.3390/cells10082156>
24. Nejati V, Salehinejad MA, Nitsche MA, Najian A, Javadi AH. Transcranial direct current stimulation improves executive dysfunctions in ADHD: implications for inhibitory control, interference control, working memory, and cognitive flexibility. *J Atten Disord.* 2020;24(13):1928–43. <https://doi.org/10.1177/1087054717730611>
25. Banks SJ, Eddy KT, Angstadt M, Nathan PJ, Phan KL. Amygdala–frontal connectivity during emotion regulation. *Soc Cogn Affect Neurosci.* 2007;2(4):303–12. <https://doi.org/10.1093/scan/nsm029>
26. McClintock SM, Martin DM, Lisanby SH, Alonzo A, McDonald WM, Aaronson ST, et al. Neurocognitive effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) in unipolar and bipolar depression: findings from an international randomized controlled trial. *Depress Anxiety.* 2020;37(3):261–72. <https://doi.org/10.1002/da.22988>