

# Investigating the Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation of the Brain on Working Memory and Attention in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder

Hosseini SS<sup>1</sup>, Saeidmanesh M<sup>2,3</sup>, Gholamali Lavasani M<sup>2,4</sup>

## Author Address

1. PhD Student of General Psychology, Department of Psychology, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran;

2. Associate Professor, Department of Psychology, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonakabon, Iran;

3. Associate Professor, Department of Psychology, Science and Arts University, Yazd, Iran;

4. Associate Professor, Department of Psychology, University of Tehran, Tehran, Iran.

\*Corresponding Author E-mail: [M.saeidmanesh@yahoo.com](mailto:M.saeidmanesh@yahoo.com)

Received: 2023 June 10; Accepted: 2023 July 23

## Abstract

**Background & Objectives:** Attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) is a neurodevelopmental disorder associated with certain types of behavioral and neurological problems. Working memory deficits are present in most children with ADHD. Working memory refers to the active, top-down manipulation of information in short-term memory. Attention deficit is one of the symptoms associated with ADHD. Attention is conscious concentration on a phenomenon to the exclusion of other stimuli. Until now, various drug and non-drug treatments could not introduce a golden standard of treatment in ADHD children. Considering the high prevalence of ADHD children and their many neurological and behavioral problems, which can endanger their future both academically and professionally, new and diverse treatment techniques are needed to help them. Therefore, this study aimed to investigate the effectiveness of transcranial direct current brain stimulation on working memory and attention in children with ADHD.

**Methods:** This quasi-experimental study employed a pretest-posttest design with a control group. Among children aged 6 to 9 years with symptoms of ADHD referred to psychology and psychiatry clinics in Yazd City, Iran, 30 qualified volunteers were randomly chosen and included in the study. Then, 15 were randomly assigned to the intervention group and 15 people in the control group. The inclusion criteria were as follows: having ADHD with a psychiatrist's approval, age range of 6 to 9 years, not using other treatment methods such as behavioral therapy and drug therapy, and lacking motivation of the child's family to participate in the research. In both groups, in the pretest and posttest stages, the variable of working memory was evaluated with the Working Memory Test (Damin & Carpenter, 1980), and the variable of attention was assessed using the Test of Everyday Attention (Robertson et al., 1996). Data analysis was done using covariance analysis in SPSS 17. The significance level of the tests was set at 0.05.

**Results:** Data analysis showed that the mean scores of active memory and attention tests in children with ADHD in the intervention group and after treatment increased significantly compared to the control group ( $p < 0.001$ ). Based on the effect size results, 58% of the difference between the intervention group and the control group in the variable of working memory was due to the transcranial direct current stimulation of the brain. This amount for the attention intensity variable was 54%.

**Conclusion:** The results of the present study showed that transcranial direct current stimulation of the brain could be used as a complementary therapy to improve working memory and attention in children with attention-deficit/hyperactivity disorder.

**Keywords:** Transcranial direct current stimulation, Working memory, Attention, Attention-deficit/hyperactivity disorder.

## بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر حافظه فعال و توجه کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی

سیده صحرا حسینی<sup>۱</sup>، \*محسن سعیدمنش<sup>۲</sup>، مسعود غلامعلی لواسانی<sup>۲</sup>

### توضیحات نویسندگان

۱. دانشجوی دکتری روان‌شناسی عمومی، گروه روان‌شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران؛

۲. دانشیار، گروه روان‌شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران؛

۳. دانشیار، گروه روان‌شناسی، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران؛

۴. دانشیار، گروه روان‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

\*ارایانه نویسنده مسئول: [M.saeidmanesh@yahoo.com](mailto:M.saeidmanesh@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۲۰ خرداد ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱ مرداد ۱۴۰۲

### چکیده

**زمینه و هدف:** اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، اختلالی عصبی‌رشدی به‌شمار می‌رود که با انواع خاصی از مشکلات رفتاری و نورولوژیک همراه است. پژوهش حاضر باهدف بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر حافظه فعال و توجه کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی انجام شد.

**روش‌بررسی:** روش مطالعه از نوع نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه گواه بود. از بین کودکان ۹ تا ۶ سال دارای علائم اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی مراجعه‌کننده به کلینیک‌های روان‌پزشکی شهر یزد، سی نفر داوطلب واجد شرایط به‌شکل تصادفی ساده وارد مطالعه شدند. سپس به‌طورگمارش تصادفی پانزده نفر در گروه مداخله و پانزده نفر در گروه قرار گرفتند. در هر دو گروه در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون، متغیر حافظه فعال با آزمون حافظه فعال (دانیمن و کارپنتر، ۱۹۸۰) و متغیر توجه با آزمون توجه روزمره (رابرتسون و همکاران، ۱۹۹۶) ارزیابی شد. تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس صورت پذیرفت. سطح معناداری آزمون‌ها ۰/۰۵ بود.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد، میانگین نمرات آزمون‌های حافظه فعال و توجه در کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی در گروه مداخله بعد از دریافت درمان درمقایسه با گروه گواه، به‌طور معناداری افزایش پیدا کرد ( $p < 0/001$ ). براساس نتایج مربوط به اندازه اثر، ۵۸ درصد از تفاوت بین گروه مداخله و گروه گواه در متغیر حافظه فعال ناشی از اجرای تحریک الکتریکی مغز بود؛ این میزان برای متغیر شدت توجه ۵۴ درصد بود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج پژوهش مشخص کرد، از تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز می‌توان به‌عنوان درمانی مکمل برای بهبود حافظه فعال و توجه در کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی استفاده کرد.

**کلیدواژه‌ها:** تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز، حافظه فعال، توجه، اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی.

توجه هستند؛ این موضوع ریشه در عملکردهای شناختی<sup>۷</sup> سطح بالاتری دارد که برای رفتارهای هدفمند بزرگسالان بالغ ضروری هستند و به اصطلاح عملکردهای اجرایی<sup>۸</sup> نامیده می‌شوند. هدایت عملکردهای اجرایی توسط شبکه‌های فرونتو-استریاتو-پاریتال<sup>۹</sup> و فرونتو-مخچه<sup>۱۰</sup> صورت می‌گیرد. نقایص اصلی در عملکردهای اجرایی شامل مهار حرکتی<sup>۱۱</sup>، حافظه فعال، توجه پایدار<sup>۱۲</sup>، تغییرپذیری پاسخ<sup>۱۳</sup> و انعطاف شناختی<sup>۱۴</sup> است (۸).

مداخلات غیردارویی نیز برای بهبود عملکرد شناختی در اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی بررسی شده است. شارما و همکاران دریافته‌اند، مکمل‌های غذایی با مواد معدنی و امگا ۳ منجر به بهبود جزئی در علائم رفتاری اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی و بی‌ثباتی عاطفی می‌شود. همچنین بیان کردند، تمرینات مبتنی بر مدیتیشن مانند یوگا و ذهن‌آگاهی<sup>۱۵</sup> معمولاً در بیماران مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی انجام می‌گیرد. مشخص شد، یوگا فعالیت سیستم عصبی خودمختار را تعدیل می‌کند و تحریک‌کننده فعالیت پاراسمپاتیک است و در نتیجه باعث بهبود اضطراب و خلق‌وخو می‌شود؛ به علاوه رفتار تکانشی<sup>۱۶</sup> را کاهش می‌دهد (۹). امروزه تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز (tDCS)<sup>۱۷</sup> در درمان اختلالات نورولوژیک مدنظر قرار گرفته است. تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز، یک تکنیک تحریک مغزی غیرتهاجمی و بدون درد و تحمل‌پذیر به‌شمار می‌رود که در دهه گذشته محبوبیت فزاینده‌ای در تحقیقات علوم اعصاب انسانی در جمعیت‌های سالم و بالینی به‌دست آورد. تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز، جریان مستقیم ضعیف اعمال‌شده به پوست سر را القا می‌کند که تحریک‌پذیری قشر مغز را با جابه‌جایی پتانسیل غشاء استراحت<sup>۱۸</sup> تعدیل می‌کند و می‌تواند تغییرات حاد و نوروپلاستیک تحریک‌پذیری قشر را در سطح ماکروسکوپی القا سازد (۱۰). کاربرد آن در جمعیت‌های با اختلال رشدی عصبی، به‌ویژه اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، در سال‌های اخیر مدنظر قرار گرفته است (۱۱، ۱۲). نجاتی و همکاران در مطالعه‌ای متقاطع و دوسوکور همراه با گروه گواه، تحریک تک‌جلسه‌ای را در پانزده نوجوان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، روی قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی<sup>۱۹</sup> اعمال کردند که موجب بهبود زمان واکنش در آزمون حافظه فعال شد؛ ولی بر دقت افراد تأثیری نداشت (۱۳). پرهن-کریستنسن و همکاران در یک مطالعه متقاطع دوسوکور، کنترل‌شده با شم ۲۰ نشان دادند، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز آندی بر قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی چپ و راست، درمقایسه با شم، حافظه بیانی را در دوازده کودک با اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی بهبود بخشید (۱۴).

تاکنون درمان‌های مختلف دارویی و غیردارویی نتوانسته‌اند یک

اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی<sup>۱</sup> در ویرایش پنجم راهنمای تشخیصی و آماری اختلالات روانی<sup>۲</sup>، به‌عنوان اختلال رشد عصبی طبقه‌بندی شده است و علائم آن از همان سال‌های پیش‌دبستانی آشکار می‌شود. انواع آن شامل عمدتاً بیش‌فعال/تکانشی، عمدتاً بی‌توجه و ترکیبی از آن، سه نوع اصلی اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی است (۱)؛ به‌طورکلی این اختلال در کودکان سن مدرسه تشخیص داده می‌شود؛ بااین‌حال، اکثر والدین کودکانی که برای ارزیابی علائم اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی مراجعه می‌کنند، شروع علائم را در سن چهارسالگی یا زودتر گزارش می‌دهند (۲). رشد غیرعادی قشر مغز در کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی در اوایل سال‌های پیش‌دبستانی مشاهده شده است (۳). شیوع تخمینی تشخیص اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی گزارش‌شده توسط والدین در سال ۲۰۱۶ در کودکان پیش‌دبستانی ۲/۴ درصد بود که به ۹/۶ درصد در کودکان مدرسه‌ای (۶ تا ۱۱ سال) و ۱۳/۶ درصد در نوجوانان (۱۲ تا ۱۷ سال) افزایش یافت (۴). اختلال مذکور در مردان درمقایسه با زنان بیشتر تأثیر می‌گذارد. این اختلال عمیقاً پیشرفت تحصیلی، رفاه و تعاملات اجتماعی کودکان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و در نتیجه هزینه‌های زیادی برای افراد و نیز برای جامعه به‌همراه دارد (۵).

اختلالات حافظه فعال<sup>۳</sup> در اکثر کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی وجود دارد. حافظه فعال به دست‌کاری فعال و از بالا به پایین اطلاعاتی اشاره می‌کند که در حافظه کوتاه‌مدت<sup>۴</sup> نگهداری می‌شود؛ به‌علاوه شامل عملکردهای به‌هم‌پیوسته قشر جلوی پیشانی میانی‌جانبی<sup>۵</sup> است که رفتار را از طریق به‌روزرسانی و پردازش دوگانه و دست‌کاری زمانی/متوالی درونی هدایت می‌کند. نقایص حافظه فعال در اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی به‌خوبی ثابت شده است (۶). اروین و همکاران گزارش کردند که براساس شواهد تجربی و طولی، نمایش رفتاری فنوتیپی اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی احتمالاً حداقل تاحدی ناشی از نقص در حافظه فعال است. ارتباط بین اختلالات حافظه فعال و پیامدهای تحصیلی در اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی به‌طور درخور توجهی مدنظر قرار گرفته است؛ همچنین شواهد علی بین حافظه فعال و مشکلات تحصیلی کودکان با اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی وجود دارد. علاوه‌بر نتایج تحصیلی، شواهد نشان داده است که اختلالات حافظه فعال در اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، مشکلات اجتماعی را پیش‌بینی می‌کند (۷).

نقص توجه<sup>۶</sup> یکی از علائم همراه با اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی است. توجه شامل تمرکز آگاهانه بر یک پدیده به‌استثنای محرک‌های دیگر است. بیماران با اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی دارای نقص در

11. Motor inhibition

12. Sustained attention

13. Response variability

14. Cognitive flexibility

15. Mindfulness

16. Impulsive behavior

17. Transcranial Direct Current Stimulation

18. Resting membrane potential

19. Dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC)

20. Sham

1. Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD)

2. The Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-5)

3. Working memory

4. Short-term memory

5. Mid-lateral prefrontal cortex

6. Attention

7. Cognitive functions

8. Executive functions

9. Fronto-striato-parietal

10. Fronto-cerebellar

استاندارد طلایی درمان را در کودکان با اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی معرفی کنند. باتوجه به شیوع فراوان کودکان با اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی و به‌علت مشکلات متعدد نورولوژیک و رفتاری آن‌ها که آینده‌ایشان را چه از نظر تحصیلی و چه از لحاظ شغلی دچار مخاطره‌ی زیادی می‌کند، نیاز به کاربرد تکنیک‌های درمانی جدید و متنوع برای کمک به این مشکل بیش از پیش احساس می‌شود تا بتواند مشکلات رفتاری و نیز مشکلات نورولوژیک آن‌ها را درمان کند. ازطرفی دیگر، در روش درمانی تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز، پژوهش روی کودکان بسیار کم انجام شده است. درباره‌ی پروتکل به‌کاررفته در این پژوهش نیز کاربرد هم‌زمان الکترودهای آند و کاتد در ناحیه‌ی قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی چپ و راست در کودکان با اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، بررسی نشده و در تمامی مطالعات گذشته از جریان ۱ میلی‌آمپر استفاده شده است (۱۲، ۱۴)؛ ولی در این پژوهش، جریان ۲ میلی‌آمپر به‌کار رفت که براساس پژوهش‌های پیشین ایمنی آن اثبات شده بود (۱۱، ۱۲). کارایی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز در اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی هنوز نامشخص است و نیاز به تحقیقات بیشتر دارد (۱۰)؛ همچنین تاکنون مطالعات کافی برای بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر حافظه‌ی فعال و توجه کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی صورت نگرفته است؛ لذا در پژوهش حاضر به بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر حافظه‌ی فعال و توجه کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی پرداخته شد.

## ۲ روش بررسی

روش این پژوهش از نوع نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه گواه بود. جامعه‌ی آماری را کودکان ۶ تا ۹ ساله دارای علائم اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی مراجعه‌کننده به کلینیک‌های روان‌شناسی و روان‌پزشکی شهر یزد تشکیل دادند. از بین افراد جامعه، سی نفر داوطلب واجد شرایط به‌شکل تصادفی ساده وارد مطالعه شدند و به‌طور گمارش تصادفی پانزده نفر در گروه مداخله و پانزده نفر در گروه گواه قرار گرفتند. تعداد نمونه در مطالعات نیمه‌آزمایشی مشابه، سی نفر یا کمتر است (۱۳، ۱۴). معیارهای ورود آزمودنی‌ها به پژوهش عبارت بود از: داشتن اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی و تأیید روان‌پزشک؛ محدوده‌ی سنی ۶ تا ۹ سال؛ استفاده‌نکردن از روش‌های درمانی دیگر مانند رفتاردرمانی و دارودرمانی؛ انگیزه‌نداشتن خانواده‌ی کودک برای شرکت در پژوهش. ملاک‌های خروج از پژوهش شامل غیبت در یک جلسه تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز و تکمیل‌نکردن پرسش‌نامه در طول پژوهش بود. افزون‌براین براساس گزارش فردی همراه بیمار و خود بیمار و پرونده‌ی پزشکی وی، از وجودنداشتن بیماری‌های تشنجی و روان‌پزشکی دیگر آن‌ها اطمینان حاصل شد. هریک از خانواده‌ها فرم رضایت‌نامه‌ی شرکت در پژوهش را تکمیل کردند.

برای انجام پژوهش، ابزارهای زیر به‌کار رفت.

-دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم از روی مجموعه: دستگاه استفاده‌شده دستگاه iOMED ساخت آمریکا (۲۰۱۱) بود که دارای

دو الکتروآند و کاتد با مساحت ۳۵ سانتی‌متر مربع است. الکترودها در پدی آغشته به سالی‌ن قرار گرفتند تا رسانش الکتریکی صورت پذیرد و بتوانند جریان الکتریکی را به‌جمعه منتقل کنند.

آزمون حافظه‌ی فعال<sup>۱</sup> (دانیمن و کارپنتر، ۱۹۸۰): آزمون سنجش ظرفیت حافظه‌ی فعال (آزمون بازه‌ی خواندن)<sup>۲</sup> برای سنجش ظرفیت حافظه‌ی فعال توسط دانیمن و کارپنتر در سال ۱۹۸۰ ساخته شد (۱۵). آزمون مذکور ۲۷ جمله دارد که در شش بخش، از بخش دوجمله‌ای تا بخش هفت‌جمله‌ای طبقه‌بندی شده است. ویژگی اصلی این آزمون، سنجش هم‌زمان دو بخش حافظه‌ی فعال (پردازش و اندوزش) در ضمن انجام فعالیت ذهنی است. در این آزمون از آزمودنی‌ها خواسته می‌شود در هر مرحله به رشته‌ای از جملات مختلف و نسبتاً دشوار خوانده‌شده برای آن‌ها، با دقت گوش کنند. سپس دو کار ذهنی (پردازش و اندوزش) را به‌طور هم‌زمان و به‌ترتیب زیر انجام دهند: الف. معنا و مفهوم جملات بیان‌شده را به‌درستی تشخیص دهند؛ ب. آخرین کلمه‌ی بیان‌شده در جملات را به‌خاطر بسپارند؛ البته این آزمون به‌شکل‌های دیگر نیز اجرا می‌شود. آزمودنی‌ها، در تمام مراحل آزمون، حاصل فعالیت ذهنی خود را در پاسخ‌نامه‌ی ویژه‌ای که در اختیار آن‌ها قرار می‌گیرد، منعکس می‌سازند؛ برای نمونه، آزمودنی‌ها در مرحله‌ی اول به بخش دوجمله‌ای با دقت توجه و گوش می‌کنند و تنها پس از خاتمه‌ی قرائت دو جمله، اقدام به زدن علامت و نوشتن آخرین کلمه می‌کنند. پس از اتمام این مرحله نوبت به بخش سه‌جمله‌ای می‌رسد. در این مرحله نیز آزمودنی‌ها با دقت به سه‌جمله‌ای که قرائت می‌شود گوش می‌دهند و پس از اتمام قرائت جملات، اقدام به پاسخ‌گویی می‌کنند. به‌همین ترتیب این روند تا مرحله‌ی پایانی، یعنی مرحله‌ی ششم (بخش هفت‌جمله‌ای) ادامه می‌یابد. بدیهی است، به‌موازات افزایش تعداد جملات در هر جمله زمان بیشتری به این امر اختصاص داده می‌شود. در این آزمون ارزش همه‌ی جملات واحد است و به هر پاسخ درست یک نمره تعلق می‌گیرد و به پاسخ‌های غلط یا سفید نمره‌ای داده نمی‌شود؛ بنابراین هر آزمودنی براساس موفقیت در هر جمله، دو نمره می‌گیرد؛ یکی نمره‌ی پردازش که درقبال تشخیص درستی جملات قرائت‌شده کسب می‌کند و دیگری نمره‌ی اندوزش که به‌دلیل درست نوشتن آخرین کلمه‌ای که شنیده است. در مجموع، چون تعداد جملات این آزمون ۲۷ و ارزش سؤال‌ها یکسان است، دامنه‌ی نمره‌ی هر آزمودنی در پردازش و نیز در اندوزش از نمره‌ی ۲۷ محاسبه می‌شود. نمره‌ی حافظه‌ی فعال هر آزمودنی نیز از میانگین مجموع دو نمره (پردازش و اندوزش) به‌دست می‌آید که به‌صورت درصد نوشته می‌شود (۱۵). دانیمن و کارپنتر ضریب همبستگی آزمون را ۰/۸۸ و پایایی آزمون خود را ۰/۸۸ اعلام کردند (۱۵). مجتبی‌زاده و همکاران، پایایی آزمون را در تحقیق خود روی دانش‌آموزان سال سوم متوسطه شهر زنجان از طریق کودریچاردسون ۰/۸۷ به‌دست آوردند (۱۶). اسدزاده نیز پایایی آزمون را از طریق دونه‌کردن ۰/۸۵ محاسبه کرد (به‌نقل از ۱۶). آزمون توجه روزمره<sup>۳</sup> (رابرتسون و همکاران، ۱۹۹۶): به‌منظور ارزیابی اختصاصی توجه، رابرتسون و همکارانش در سال‌های ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۶ آزمون توجه را برای بزرگسالان طراحی کردند (۱۷).

3. Test of Everyday Attention

1. Working Memory Test

2. Reading Span Test

به‌نحوی که الکترواندی در ناحیه قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی چپ و الکترواندی در ناحیه قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی راست قرار گرفت. ناحیه مدنظر برای تحریک از طریق اندازه‌گیری سر به‌دست می‌آید. برای این کار معمولاً از سیستم EEG ۱۰/۲۰ استفاده می‌شود. قبل از انجام درمان، خانواده افراد نمونه، فرم رضایت‌نامه شرکت داوطلبانه در پژوهش را امضا کردند. سپس از افراد نمونه، آزمون حافظه فعال (۱۵) و خرده‌آزمون‌های توجه پایدار آزمون توجه روزمره (۱۶) گرفته شد و ثبت نتایج در پرسش‌نامه بیمار صورت گرفت. در جلسات بعدی که طبق برنامه زمانی با افراد نمونه هماهنگ شد، افراد گروه مداخله ده روز مداوم، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز را دریافت کردند. برای گروه گواه در حالت ساختگی دستگاه خاموش ماند (سی ثانیه دستگاه روشن بود و بعد خاموش شد)؛ در ضمن چون الکترودها با مایع الکترولیتی خیس بودند، حوله‌ای دور گردن بیمار قرار داده شد. در پایان درمان، آزمون حافظه فعال (۱۵) و آزمون توجه روزمره (۱۶) هدف ارزیابی مجدد قرار گرفت و نتایج در پرسش‌نامه بیمار ثبت شد. تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس صورت پذیرفت. سطح معناداری آزمون‌ها ۰/۰۵ بود.

### ۳ یافته‌ها

در این پژوهش، سی کودک دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، وارد مطالعه شدند. میانگین و انحراف معیار سنی افراد نمونه در گروه گواه ۷/۸۶۱±۰/۸۶۱ سال و در گروه مداخله ۷/۴۳±۰/۸۶۱ سال بود. میانگین و انحراف معیار نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای حافظه فعال و توجه در دو گروه مداخله و گواه به‌همراه نتایج آزمون 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 اسمیرنوف نرمال بودن توزیع نمرات را نشان داد ( $p > 0/05$ )؛ در ضمن طبق آزمون لون، تساوی واریانس‌های نمرات دو گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای حافظه فعال و توجه تأیید شد ( $p > 0/05$ ). همچنین پیش‌فرض مربوط به همگنی شیب رگرسیون برقرار بود ( $p = 0/143$  برای متغیر حافظه فعال؛  $p = 0/531$  برای متغیر توجه).

باتوجه به جدول ۱، میانگین نمرات گروه مداخله در متغیرهای حافظه فعال و توجه بیشتر از گروه گواه بود. نتایج تحلیل کوواریانس با تعدیل اثر پیش‌آزمون نشان داد، بین گروه مداخله دریافت‌کننده تحریک الکتریکی مغز و گروه گواه بدون هیچ‌نوع مداخله‌ای، در پس‌آزمون، در میانگین نمرات متغیرهای حافظه فعال و توجه تفاوت معنادار وجود داشت ( $p < 0/001$ )؛ یعنی این درمان باعث بهبود حافظه فعال و توجه در کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی شد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، ده جلسه درمانی بیست‌دقیقه‌ای ۲ میلی‌آمپری تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز در ناحیه قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی آند چپ/کاتد راست، بر حافظه فعال و توجه کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی اثر داشت. نتایج مربوط به اندازه اثر نیز مشخص کرد، ۵۸ درصد از تفاوت بین گروه مداخله و گروه گواه در متغیر حافظه فعال

به‌دنبال آن در سال ۲۰۰۱ مانلی و همکاران آزمون توجه روزمره را برای کودکان<sup>۱</sup> مطابقت دادند؛ بنابراین آزمون توجه روزمره برای کودکان براساس مدل مانلی و همکاران (۱۸) و همچنین مدل کولی و موریس (۱۹)، انواع توجه پایدار، انتخابی، کنترل توجه و توجه تقسیم‌شده را در دامنه سنی ۱۶ تا ۶ سال ارزیابی می‌کند. کولی و موریس در سال ۱۹۹۰ این آزمون را روی ۲۹۳ کودک استرالیایی سالم استانداردسازی کردند؛ براین اساس اعتبار همبستگی آزمون و بازآزمون برای ۷ تا ۹ خرده‌آزمون ۰/۵۷ تا ۰/۸۵ به‌دست آمد (۱۹). فتحی و همکاران در سال ۱۳۹۵ به بررسی روایی و پایایی این آزمون در ایران پرداختند و محتوای نسخه فارسی آزمون را تأیید کردند. پایایی آزمون و بازآزمون متوسط تا مطلوب (۰/۴۰ تا ۰/۸۲) گزارش شد. ارتباط نمره‌دهی دو آزمونگر در آزمون ۰/۷۸ تا ۱ بود که پایایی مطلوب بین دو آزمونگر را نشان داد (۲۰). از آنجا که بررسی و تأیید اعتبار و روایی خرده‌آزمون‌ها صورت گرفت (۱۹، ۱۸) و در مطالعه با توجه به نظر استاد راهنما بر توجه پایدار از سوی محققان تأکید شد، آزمون‌های توجه پایدار این آزمون برای ارزیابی توجه کودکان به‌کار رفت. خرده‌آزمون‌های زیر نیز استفاده شد. ۱. خرده‌آزمون تکلیف دوگانه امتیاز: کودک به نوار صوتی گوش می‌دهد که هم‌زمان دو محرک شنیداری را پخش می‌کند؛ یکی صدای شلیک و یکی نام حیوان است. سپس تعداد صداهای شلیک از یک محرک شنیداری و نام حیوان از محرک دیگر را بیان می‌کند. نمره‌دهی به‌صورت مجموع تعداد شمارش صحیح شلیک‌های پخش‌شده از نوار صوتی و تعداد پاسخ‌های صحیح بازگرفتن نام حیوانات پخش‌شده از نوار است. ده تکلیف شنیداری وجود دارد که باید شنیده شود. در صورت بیان جواب صحیح در هر بار پاسخ‌دهی، کودک ۱ نمره دریافت می‌کند و در صورت صحیح‌نبودن پاسخ، نمره صفر می‌گیرد.

۲. خرده‌آزمون امتیاز: فقط یک محرک شنیداری توسط نوار صوتی پخش می‌شود و کودک تعداد صداهای شلیک شنیده‌شده را شمارش و بیان می‌کند. ده تکلیف شنیداری وجود دارد و نمره‌دهی از طریق تعداد شمارش صحیح صورت می‌گیرد؛ هر بار که کودک جواب درست دهد، ۱ امتیاز کسب می‌کند و در صورت صحیح‌نبودن پاسخ نمره صفر می‌گیرد.

۳. خرده‌آزمون گزارش‌کد: کودک به اعدادی به‌طور تصادفی گوش می‌دهد و به‌محض شنیدن دو عدد پنج پشت‌سرهم باید عدد قبل از پنج را بیان کند. نمره‌دهی به تعداد هدف شناسایی‌شده تعلق می‌گیرد؛ یعنی به‌ازای هر جواب صحیح ۱ نمره کسب می‌کند. ده تکلیف شنیداری وجود دارد و نمره‌دهی از طریق تعداد شمارش صحیح صورت می‌گیرد؛ هر بار که کودک جواب درست دهد، ۱ امتیاز به‌دست می‌آورد و در صورت صحیح‌نبودن پاسخ، نمره صفر می‌گیرد. دامنه نمرات خرده‌آزمون توجه پایدار صفر تا ۳۰ است.

ارزیابی اولیه بیمار، روز اول و به‌مدت ۱/۵ ساعت انجام پذیرفت. همچنین پرونده بیمار و اطلاعاتی مانند درمان‌های صورت‌گرفته تا به حال، تکمیل شد. پروتکل درمانی استفاده‌شده در این پژوهش برای هر بیمار ده جلسه درمانی بیست‌دقیقه‌ای ۲ میلی‌آمپری تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز در ناحیه قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی بود؛

2. Electroencephalogram

1. Test of Everyday Attention for Children

ناشی از اجرای تحریک الکتریکی مغز بود؛ این میزان برای متغیر شدت توجه ۵۴ درصد بود.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای حافظه فعال و توجه به‌همراه نتایج تحلیل کواریانس

متغیر	گروه	پیش‌آزمون		پس‌آزمون		مقایسه پس‌آزمون	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	مقدار F	مقدار p
حافظه فعال	مداخله	۱۱/۳۳	۲/۲۵	۱۴/۱۵	۳/۰۲	۱۶/۹۷	<۰/۰۰۱
	گواه	۱۱/۲۰	۱/۷۸	۱۰/۹۰	۱/۹۴		
توجه	مداخله	۱۴/۹۳	۳/۱۹	۱۸/۸۶	۳/۵۳	۱۷/۶۴	<۰/۰۰۱
	گواه	۱۵/۹۳	۱/۷۵	۱۵/۲۶	۲/۳۵		

#### ۴ بحث

هدف این پژوهش، بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر حافظه فعال و توجه کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر حافظه فعال و توجه کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی تأثیر معناداری داشت و منجر به بهبود حافظه فعال و توجه در این بیماران شد. نتایج این پژوهش با مطالعات بندریا و همکاران مبنی بر تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر بهبود سرعت پردازش و تشخیص بهتر محرک‌ها و بهبود توانایی جابه‌جایی بین یک فعالیت در حال انجام و فعالیتی جدید (۱۱) و بریتلینگ و همکاران مبنی بر تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای در قشر پیشانی بر پردازش حافظه فعال (۱۲) همسوست.

صالحی‌نژاد و همکاران در پژوهش خود گزارش کردند، براساس یافته‌های تصویربرداری عصبی و عصب‌روان‌شناختی، می‌توان مناطق نسبتاً متمایزی از مغز را برای توضیح علائم مشخصه اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی شناسایی کرد. کنترل ضعیف بازدارنده ناشی از اختلالات اجرایی (یعنی مدل مبتنی بر بازداری) و کمبودهای کنترل تکانه منجر به بیش‌فعالی، دو نظریه تأثیرگذار برای پایه‌های عصبی اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی است. این علائم اصلی با ناهنجاری‌های مدار پیشانی و قشر پیش‌پیشانی مرتبط است. براساس این فرضیه، نواحی جلوی پیشانی شامل قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی و قشر اوربیتوفرونتال<sup>۱</sup> و شکنج فرونتال تحتانی<sup>۲</sup> فعالیت در اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی دچار اختلال هستند (۱۰).

یکی از اهداف بسیار رایج قشر مغز برای تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز، قشر جلوی پیشانی پشتی جانبی است. فرگتی و همکاران گزارش کردند، قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی از نظر ساختاری و عملکردی، منطقه‌ای ناهمگن است و ارتباطی نزدیک با عملکردهای شناختی دارد: توجه، تصمیم‌گیری، حافظه فعال و تنظیم هیجان. قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی در شکنج فرونتال میانی قرار می‌گیرد و بخشی از قشر پیش‌پیشانی است که ناحیه پاداش حاشیه‌ای را تنظیم می‌کند و در عملکرد اجرایی سطح بالاتر و رفتارهای تکانشی دخالت دارد (۲۱). قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی سمت چپ به ناحیه حرکتی اولیه، ناحیه حسی اولیه و غیره متصل می‌شود و عمدتاً در درک درد و پردازش شناختی عاطفی از طریق شبکه‌ای عصبی از بالا به پایین شرکت می‌کند.

قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی مناسب به‌طور انتخابی در پردازش احساسات بدبینانه، منفی و واسطه‌هشیاری و برانگیختگی نقش دارد. قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی به هدفی مهم در درمان اختلالات روانی تبدیل شده است (۲۲).

برای تبیین نتایج این پژوهش می‌توان گفت، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز در ناحیه قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی باعث بهبود عملکردی این ناحیه می‌شود که احتمالاً از طریق تعدیل نوروترنسمیتری ناشی از تحریک و نوروپلاستیستی صورت می‌پذیرد؛ درضمن در اکثر ملاحظات اخلاقی این نتیجه به‌دست آمده است که هیچ دلیل اخلاقی علیه تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز در کودکان و نوجوانان دارای شرایط پزشکی ناتوان‌کننده، موجود نیست و روش مذکور ایمنی و اثربخشی لازم را برای کاربرد به‌عنوان وسیله درمان دارد (۲۳). دیو و همکاران بیان کردند، فرض می‌شود این کم‌فعالی قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی، زمینه‌ساز نقص توجه و اختلال در کنترل مهارتی و اختلالات اجرایی در اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی است؛ بنابراین، منطق پاتوفیزیولوژیک برای کاربرد درمانی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز، افزایش فعال‌سازی قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی با تحریک آندی است؛ همچنین از نظریه «اختلال عملکرد شناختی یا مدل مبتنی بر بازداری» اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی پشتیبانی می‌کند که نشان می‌دهد نقایص اجرایی مبتنی بر بازداری، نقیصه اصلی در اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی است (۲۴). درباره اثرات درخور توجه تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز کاتدی استدلال شد که تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز کاتدی روی قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی سمت راست احتمالاً با افزایش فعالیت قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی سمت چپ از طریق پیوند بازدارنده بین مناطق قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی طرف مقابل به‌کمک ارتباط بین‌نیمکره‌ای<sup>۳</sup>، در بهبود توجه در اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی مؤثر است (۱۰).

روپا و همکاران گزارش کردند که در سال‌های اخیر، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز به‌عنوان 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 پشتی جانبی سمت چپ، عملکرد اجرایی را در بیماران با اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی نوجوانان بهبود می‌بخشد. پس از تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز، آن‌ها کنترل مهارتی، کنترل تداخل، حافظه کاری و

3. Transcallosal

1. Orbitofrontal cortex  
2. Inferior frontal gyrus

## ۷ بیانیه‌ها

### تأییدیه اخلاقی و رضایت‌نامه از شرکت‌کنندگان

هریک از خانواده‌های افراد نمونه، فرم رضایت‌نامه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند؛ همچنین درباره محرمانه‌ماندن اطلاعات به آن‌ها اطمینان خاطر داده شد. پژوهش حاضر دارای شناسه کد اخلاق IR.IAU.TON.REC.1402.016 از کارگروه کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن است.

### رضایت برای انتشار

این امر غیرقابل اجرا است.

### دردسترس‌یودن داده‌ها و مواد

در این پژوهش به افراد اطمینان داده شد که اطلاعات آن‌ها محرمانه باشد و تحلیل داده‌های آن‌ها به شکل گروهی صورت گیرد؛ اما نویسندگان متعهد شدند که امکان دسترسی به داده‌های اولیه پژوهش را از طریق لینک برای داوران و سردبیر محترم فراهم آورند.

### تضاد منافع

این مقاله مستخرج از رساله مقطع دکتری روان‌شناسی است. نویسندگان اعلام می‌کنند، هیچ‌گونه تضاد منافی ندارند.

### منابع مالی

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

### مشارکت نویسندگان

نویسنده اول همه فرایندهای اجرای پژوهش، جمع‌آوری داده‌ها، آنالیز و تحلیل داده‌ها را انجام داد. نویسنده دوم در طراحی مطالعه سهم بود و نتایج را تفسیر کرد. نویسنده سوم در طراحی مطالعه نقش داشت و جمع‌آوری داده‌ها و هماهنگی‌های لازم برای ارائه آزمایش‌ها را انجام داد؛ همچنین تفسیر و بررسی صحت داده‌ها و نتایج تحقیق را بر عهده و در آن همکاری داشت. همه نویسندگان نسخه دست‌نوشته نهایی را خواندند و تأیید کردند.

انعطاف‌پذیری شناختی بهتری را نشان دادند (۱۳). تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز علائم را نه‌تنها در بیماران نوجوان، بلکه در بیماران با اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی بالغ نیز بهبود بخشید.

تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز آندی در ناحیه قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی چپ در بیماران بالغ با اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، علائم تکانشگری را بهبود می‌بخشد و تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز دوطرفه (آند روی قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی سمت راست، کاند روی قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی سمت چپ) موجب بهبود علائم بی‌توجهی می‌شود (۲۳). تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز آندی، در ناحیه قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی بزرگ‌ترین اندازه اثر را برای بهبود کنترل مهارى در اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی به‌همراه داشت؛ حتی گفته شده است، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز کاندی بر مهار پاسخ اثرات درخور توجهی دارد؛ همچنین همان‌طور که استدلال شد، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز کاندی روی قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی راست احتمالاً با افزایش فعالیت قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی سمت چپ از طریق ارتباط بازدارنده بین مناطق قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی طرف مقابل به‌کمک ارتباط بین‌نیمکره‌ای در بهبود کنترل مهارى در اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی مؤثر است؛ این امر خود منجر به بهبود عملکردهای اجرایی و توجه در اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی می‌شود (۱۰). نتایج پژوهش حاضر مشخص کرد، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر بهبود حافظه فعال و توجه کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی تأثیر معناداری دارد.

## ۵ نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد، ده جلسه درمانی بیست دقیقه‌ای ۲ میلی‌آمپری تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز در ناحیه قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی آند چپ/کاند راست منجر به بهبود حافظه فعال و توجه کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی می‌شود؛ همچنین می‌توان از تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز به‌عنوان درمان مکمل در کنار سایر روش‌های درمانی برای معالجه مشکلات کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی استفاده کرد.

## ۶ تشکر و قدردانی

از کلینیک‌های روان‌پزشکی و روان‌شناسی شهرستان یزد و تمامی عزیزانی که در انجام پژوهش یاری کردند، سپاسگزار می‌شود.

## References

1. Wigal S, Chappell P, Palumbo D, Lubaczewski S, Ramaker S, Abbas R. Diagnosis and treatment options for preschoolers with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Child Adolesc Psychopharmacol*. 2020;30(2):104-18. <https://doi.org/10.1089/cap.2019.0116>
2. Connor DF. Preschool attention deficit hyperactivity disorder: a review of prevalence, diagnosis, neurobiology, and stimulant treatment. *J Dev Behav Pediatr*. 2002;23(1 Suppl):S1-9. <https://doi.org/10.1097/00004703-200202001-00002>
3. Jacobson LA, Crocetti D, Dirlikov B, Slifer K, Denckla MB, Mostofsky SH, et al. Anomalous brain development is evident in preschoolers with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Int Neuropsychol Soc*. 2018 Jul;24(6):531-9. <https://doi.org/10.1017/s1355617718000103>
4. Danielson ML, Bitsko RH, Ghandour RM, Holbrook JR, Kogan MD, Blumberg SJ. Prevalence of parent-reported ADHD diagnosis and associated treatment among U.S. children and adolescents, 2016. *J Clin Child Adolesc Psychol*. 2018;47(2):199-212. <https://doi.org/10.1080/15374416.2017.1417860>

5. Kessi M, Duan H, Xiong J, Chen B, He F, Yang L, et al. Attention–deficit/hyperactive disorder updates. *Front Mol Neurosci*. 2022;15:925049. <https://doi.org/10.3389/fnmol.2022.925049>
6. Kofler MJ, Singh LJ, Soto EF, Chan ESM, Miller CE, Harmon SL, et al. Working memory and short–term memory deficits in ADHD: a bifactor modeling approach. *Neuropsychology*. 2020;34(6):686–98. <https://doi.org/10.1037/neu0000641>
7. Irwin LN, Soto EF, Chan ESM, Miller CE, Carrington–Forde S, Groves NB, et al. Activities of daily living and working memory in pediatric attention–deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Child Neuropsychol*. 2021;27(4):468–90. <https://doi.org/10.1080/09297049.2020.1866521>
8. Rubia K. Cognitive neuroscience of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) and its clinical translation. *Front Hum Neurosci*. 2018;12:100. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00100>
9. Sharma A, Gerbarg PL, Brown RP. Non–pharmacological treatments for ADHD in youth. *Adolesc Psychiatry (Hilversum)*. 2015;5(2):84–95. <https://doi.org/10.2174/221067660502150430154937>
10. Salehinejad MA, Wischniewski M, Nejati V, Vicario CM, Nitsche MA. Transcranial direct current stimulation in attention–deficit hyperactivity disorder: a meta–analysis of neuropsychological deficits. *PLoS One*. 2019;14(4):e0215095. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215095>
11. Bandeira ID, Guimarães RSQ, Jagersbacher JG, Barretto TL, de Jesus–Silva JR, Santos SN, et al. Transcranial direct current stimulation in children and adolescents with attention–deficit/hyperactivity disorder (ADHD): a pilot study. *J Child Neurol*. 2016;31(7):918–24. <https://doi.org/10.1177/0883073816630083>
12. Breitling C, Zaehle T, Dannhauer M, Tegelbeckers J, Flechtner HH, Krauel K. Comparison between conventional and HD–tDCS of the right inferior frontal gyrus in children and adolescents with ADHD. *Clin Neurophysiol*. 2020;131(5):1146–54. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.12.412>
13. 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>
14. Prehn–Kristensen A, Munz M, Göder R, Wilhelm I, Korr K, Vahl W, et al. Transcranial oscillatory direct current stimulation during sleep improves declarative memory consolidation in children with attention–deficit/hyperactivity disorder to a level comparable to healthy controls. *Brain Stimul*. 2014;7(6):793–9. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2014.07.036>
15. Daneman M, Carpenter PA. Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*. 1980;19(4):450–66. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(80\)90312-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(80)90312-6)
16. Mojtabazadeh M, Asadzadeh H, Karimi Y, Delavar A. The relationship between working memory, anxiety and students academic performance. *Journal of Educational Psychology*. 2021;1(1):59. [Persian] <https://sanad.iau.ir/en/Journal/psyedu/DownloadFile/953294>
17. Robertson IH, Ward T, Ridgeway V, Nimmo–Smith I. The structure of normal human attention: the test of everyday attention. *J Int Neuropsychol Soc*. 1996;2(6):525–34. <https://doi.org/10.1017/s1355617700001697>
18. Manly T, Anderson V, Nimmo–Smith I, Turner A, Watson P, Robertson IH. The differential assessment of children's attention: the test of everyday attention for children (TEA–Ch), normative sample and ADHD performance. *J Child Psychol Psychiatry*. 2001;42(8):1065–81. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00806>
19. Cooley EL, Morris RD. Attention in children: a neuropsychologically based model for assessment. *Developmental Neuropsychology*. 1990;6(3):239–74. <https://doi.org/10.1080/87565649009540465>
20. Fathi N, Mehraban AH, Akbarfahimi M, Mirzaie H. Validity and reliability of the test of everyday attention for children (TEACH) in iranian 8–11 year old normal students. *Iran J Psychiatry Behav Sci*. 2017;11(1):e2854. <https://doi.org/10.5812/ijpbs.2854>
21. Fregni F, Liguori P, Fecteau S, Nitsche MA, Pascual–Leone A, Boggio PS. Cortical stimulation of the prefrontal cortex with transcranial direct current stimulation reduces cue–provoked smoking craving: a randomized, sham–controlled study. *J Clin Psychiatry*. 2008;69(1):32–40. <https://doi.org/10.4088/jcp.v69n0105>
22. Li Q, Fu Y, Liu C, Meng Z. Transcranial direct current stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex for treatment of neuropsychiatric disorders. *Front Behav Neurosci*. 2022;16:893955. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2022.893955>
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. Depue BE, Burgess GC, Willcutt EG, Ruzic L, Banich MT. Inhibitory control of memory retrieval and motor processing associated with the right lateral prefrontal cortex: evidence from deficits in individuals with ADHD. *Neuropsychologia*. 2010;48(13):3909–17. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.013>