**Journal of Clinical Psychology & Personality**
Vol. 24, No. 2, Serial 47, Autumn & Winter 2026-27, pp 17-30
DOI: 10.22070/cpap.2026.20742.1746

**Research Article**

# Investigating the Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) of the Brain on Impulsivity and Working Memory in Adolescents with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD)

**Authors**

**Mina Mosallaei Pour Yazdi [1], Mohsen Saeidmanesh [2*]**

*1. PhD Student in psychology, Science and Arts University, Yazd, Iran. m.mosallayi71@gmail.com*

*2. PhD in Cognitive Neurosciences, Associate Professor, Science and Arts University, Yazd, Iran. (Corresponding Author)*

**Abstract**

**Introduction:** Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) is a non-invasive brain stimulation technique that modulates cortical excitability by applying a low-intensity electrical current to the scalp. This study aimed to evaluate the effectiveness of tDCS on impulsivity and working memory in adolescents with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD).

**Method:** This study employed a quasi-experimental design with pretest-posttest measures and a control group. The statistical population comprised adolescent clients from counseling centers in Yazd in 2024. The sample included 30 adolescents aged 12 to 18 years diagnosed with ADHD, selected through convenience sampling. Participants were randomly assigned to either the intervention group (n = 15) or the control group (n = 15). The research instruments consisted of the N-back working memory test and the Barratt Impulsiveness Scale (BIS-11). Data were analyzed using analysis of covariance (ANCOVA) with SPSS version 25.

**Results:** The findings demonstrated that transcranial direct current stimulation significantly affected impulsivity and working memory in adolescents with ADHD. After controlling for pretest scores, a significant difference was observed between the two groups, indicating a reduction in impulsivity and an improvement in working memory (Impulsivity: $F(1,27) = 53.21$, $p = 0.001$; Working Memory: $F(1,27) = 50.23$, $p = 0.001$). The effect sizes were $\eta^2 = 0.47$ for impulsivity and $\eta^2 = 0.39$ for working memory, highlighting the strong impact of the intervention.

**Discussion and conclusion:** Transcranial direct current stimulation (tDCS) of the brain had a significant effect on impulsivity and working memory in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). After controlling for pre-test effects on post-test scores, there was a significant difference between the two groups at the 0.05 significance level, indicating a decrease in impulsivity and an improvement in working memory. The findings indicate that transcranial direct current stimulation effectively reduces impulsivity and enhances working memory in adolescents with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD).

**Receive Date:** 24/11/2025

**Accept Date:** 17/05/2026

CC BY NC

**Keywords**

Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS), Impulsivity, Working Memory, Adolescents, Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD)

**Corresponding Author's E-mail**

m.saeidmanesh@yahoo.com

Journal of Clinical Psychology & Personality
Vol. 24, No. 2, Serial 47, Autumn & Winter 2026-27, pp 17-30

## Extended Abstract

**Introduction**

Attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) is the most common neurodevelopmental disorder, with an estimated prevalence of 11% among school-aged adolescents. ADHD is primarily characterized by symptoms of hyperactivity, impulsivity, and various cognitive impairments that often persist into adolescence and adulthood. In addition to hyperactivity and inattention, individuals with ADHD exhibit a wide range of cognitive deficits, including difficulties with attention, working memory, inhibitory control, planning, problem-solving, and executive functions. Executive dysfunctions—particularly impairments in inhibitory control and working memory—are pervasive and play a significant role in the pathophysiology of ADHD, to the extent that the disorder has been described as a cognitive control disorder. The estimated prevalence of parent-reported ADHD diagnosis in 2016 was 2.4% among preschool children, increasing to 9.6% in school-aged children (6–11 years) and 13.6% in adolescents (12–17 years). ADHD significantly impacts well-being, social interactions, academic and occupational achievement, and imposes substantial costs on individuals and society.

**Method**

This quasi-experimental study employed a pre-test-post-test design with a control group. The study population consisted of individuals diagnosed with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) who visited psychology clinics in Yazd in 2024. Following recommendations that each experimental and quasi-experimental group include at least 15 participants, 30 eligible volunteers were recruited. Participants were randomly assigned to either the treatment or control group. Inclusion criteria were: a confirmed diagnosis of ADHD by a psychiatrist and psychologist; age between 12 and 18 years; absence of any metal objects in the body or head; no intracranial implants such as electrodes or shunts; informed consent obtained from both the patient and their family; no use of antipsychotic or anticonvulsant medications; and no history of epilepsy, seizures, head trauma, or brain surgery. Exclusion criteria included missing more than one treatment session, insufficient cooperation from the participant, or inability to comprehend the pre-test concepts. Prior to the intervention, participants completed working memory and impulsivity scales as a pre-test. The intervention group then received ten 20-minute sessions of transcranial direct current stimulation (tDCS) over five weeks, while the control group underwent sham stimulation with the device turned off. Following treatment, the two questionnaires were administered again, and results were recorded in the participants' files. All research data were kept confidential, with access restricted solely to the researcher for data analysis.

**Results**

The aim of this study was to investigate the effectiveness of transcranial direct current stimulation of the brain on working memory and impulsivity in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. The results of the present study showed that transcranial direct electrical stimulation of the brain has a significant effect on working memory and impulsivity in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). The results demonstrated that transcranial direct electrical stimulation of the brain significantly improves working memory and reduces impulsivity in these adolescents. Previous research has shown that the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) is closely associated with cognitive functions such as attention, decision-making, working memory, and emotion regulation. Located in the middle frontal gyrus, the DLPFC is a key region of the prefrontal cortex involved in higher-level executive functions and impulsive behavior. Consequently, the DLPFC is a common cortical target for transcranial electrical stimulation. The findings of this study can be explained by the fact that tDCS applied to the DLPFC enhances the function of this critical area, which plays a central role in cognitive control. Reduced activity in the DLPFC is linked to emotional dysregulation and impulsive behavior; thus, extracranial electrical stimulation increases cortical activity, enabling individuals to better regulate their emotions and behavior. In other words, when individuals attempt to control their emotions, activity in frontal lobe regions involved in cognitive control—particularly the DLPFC—increases, while activity in subcortical regions that typically drive those emotions decreases. Additionally, anodic stimulation can alter the resting membrane potential of neurons, shortening their resting time, which increases neuronal excitability and firing rate. Brain imaging studies have also shown that stimulation of the DLPFC elevates dopamine release in this region. Since dopamine is a key neurotransmitter involved in memory processes, increased dopamine levels during heightened cortical excitability in the frontal cortex enhance working memory performance.

**Conclusion**

The results of the present study demonstrated that ten 20-minute sessions of transcranial electrical stimulation applied to the left anode–right cathode prefrontal cortex significantly improved working memory and reduced impulsivity in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). Furthermore, this method was used as a complementary treatment alongside other therapeutic approaches to address the challenges faced by adolescents with ADHD.

Journal of Clinical Psychology & Personality
Vol. 24, No. 2, Serial 47, Autumn & Winter 2026-27, pp 17-30

## Ethical Considerations

**Compliance with Ethical Guidelines:** Informed consent was obtained from all participants in this study and assurance was given that their information would remain confidential.

**Funding:** No funding.

**Authors' Contribution:** Design and conceptualization: Mina Mosallaei Pour Yazdi, Mohsen Saeidmanesh

**Methodology and data analysis:** Mina Mosallaei Pour Yazdi, Mohsen Saeidmanesh. Supervision and final writing: Mohsen Saeidmanesh.

**Conflict of Interest:** The authors declared no conflict of interest.

**Acknowledgments:** The authors would like to thank the patients who participated in this study for their cooperation and time.

**دوفصلنامه علمی «روان‌شناسی بالینی و شخصیت»**
**دوره ۲۴، شماره ۲، پیاپی ۴۷، پاییز و زمستان ۱۴۰۵، صص ۳۰-۱۷**
DOI: 10.22070/cpap.2026.20742.1746

**مقاله پژوهشی**

# اثربخشی تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای بر تکانش‌گری و حافظه فعال در نوجوانان دارای ADHD: یک مطالعه نیمه‌تجربی

**نویسندگان**

**مینا مصلائی پوریزدی [۱]، محسن سعید منش [۲*]**

۱. دانشجوی دکتری تخصصی روان‌شناسی، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران. m.mosallayi71@gmail.com
۲. دکتری علوم اعصاب شناختی، دانشیار، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران. (نویسنده مسئول)

**چکیده**

**تاریخ دریافت:**
۱۴۰۴/۰۹/۰۳

**تاریخ پذیرش:**
۱۴۰۵/۰۲/۲۷

**مقدمه:** تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه ای مغز یک روش غیرتهاجمی تحریک مغز است که می‌تواند با اعمال جریان الکتریکی ضعیف به جمجمه، تغییراتی در تحریک‌پذیری نواحی قشر مغز ایجاد کند. پژوهش حاضر، با هدف بررسی اثربخشی تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای مغز بر تکانش گری و حافظه فعال در نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه بیش‌فعالی انجام شد.

**روش:** طرح پژوهش حاضر از نوع نیمه آزمایشی و با روش پیش آزمون - پس‌آزمون با گروه گواه بود. جامعه آماری این پژوهش شامل مراجعان نوجوان مراکز مشاوره شهر یزد در سال ۱۴۰۳ است. نمونه این پژوهش متشکل از ۳۰ نفر از نوجوانان دارای اختلال نقص توجه بیش‌فعالی رده سنی ۱۲ تا ۱۸ سال بود که به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. مطالعه کنونی، شامل دو گروه مداخله و کنترل بود که ۱۵ نفر در هر گروه به صورت تصادفی تخصیص داده شدند. ابزارهای این پژوهش، شامل آزمون حافظه فعال N-back و پرسش نامه تکانشگری بارت-۱۱ بود. تحلیل داده ها با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس در نرم‌افزار spss نسخه ۲۵ صورت پذیرفت.

**نتایج:** درمان تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه ای مغز، تأثیر معناداری بر تکانش گری و حافظه فعال در نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه بیش فعالی داشت. پس از کنترل اثر پیش‌آزمون بر نمرات پس‌آزمون، برای مقایسه نمرات بین دو گروه، تفاوت معناداری در متغیرها مشاهده شد؛ به‌گونه‌ای که تکانش گری کاهش پیدا کرد و حافظه فعال نیز بهبود یافت (تکانش گری: $F(1,27)=53.21, p=0.001$ ، حافظه فعال: $F(1,27)=50.23, p=0.001$). اندازه اثر برای تکانش گری $\eta2=0.47$ و برای حافظه فعال $\eta2=0.39$ بود که نشان‌دهنده اندازه اثر قابل توجه مداخله بر این متغیرها است.

**بحث و نتیجه‌گیری:** نتایج این پژوهش نشان داد که تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای مغز، منجر به کاهش تکانشگری و بهبود حافظه فعال در نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه بیش‌فعالی شده است.

CC BY NC

**کلیدواژه‌ها**

تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای مغز، تکانشگری، حافظه فعال، نوجوانان، اختلال نقص توجه، بیش‌فعالی

**پست الکترونیکی نویسنده مسئول**

m.saeidmanesh@yahoo.com

دوفصلنامه علمی روان‌شناسی بالینی و شخصیت، دوره ۲۴، شماره ۲، پیاپی ۴۷، پاییز و زمستان ۱۴۰۵، صص ۳۰-۱۷
Journal of Clinical Psychology & Personality, Vol. 24, No. 2, Serial 47, Autumn & Winter 2026-27, pp 17-30

**مقدمه**

اختلال نقص توجه - بیش فعالی[1] (ADHD) یکی از شایع‌ترین اختلال‌های عصبی - رشدی در دوران کودکی و نوجوانی است که حدود ۱۱ درصد از دانش آموزان را درگیر می‌کند. این اختلال عمدتاً با بی‌توجهی، بیش‌فعالی و تکانش‌گری مشخص می شود و اغلب تا بزرگسالی ادامه می‌یابد. علاوه بر این علائم رفتاری، ناهنجاری در کارکرد و رشد مغز نیز در افراد مبتلا مشاهده می‌شود. طیف گسترده ای از اختلالات شناختی شامل مشکلات توجه، حافظه کاری، کنترل مهاری، برنامه‌ریزی و حل مسئله در این افراد شایع است. به ویژه اختلالات اجرایی مانند کنترل مهاری و حافظه فعال نقش مهمی در پاتوفیزیولوژیADHD دارند، تا جایی که این اختلال گاه به عنوان یک اختلال کنترل شناختی توصیف می‌شود [ ۱۱، ۱۰،۱]. مطالعات تصویربرداری مغزی نشان داده‌اند که رشد غیرعادی قشر مغز در کودکان مبتلا به ADHD از اوایل سال‌های پیش‌دبستانی آغاز می‌شود [۱۳،۱۲]. در آمریکا، شیوع ADHDدر کودکان پیش دبستانی (۳–۵ سال) حدود ۲.۴٪، در کودکان سنین مدرسه‌ای (۶–۱۱ سال) ۸.۶٪ و در نوجوانان ۱۲–۱۷ سال ۱۴.۳٪ گزارش شده است[۱۴ -۱۷]. در نوجوانان ۱۲ تا ۱۷ ساله، شیوع تشخیص اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی ۱۴.۳٪ است [۱۶،۱۷]. این اختلال رفاه روانی، تعاملات اجتماعی و پیشرفت تحصیلی و شغلی افراد را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و هزینه‌های اجتماعی و فردی قابل‌توجهی به همراه دارد [۱۸، ۱۹].

یکی از مؤلفه‌های مهم در نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی (ADHD) تکانش‌گری[2] است. مطالعات نشان می‌دهند که رفتارهای تکانشی نه تنها در ADHD، بلکه در طیف وسیعی از اختلال های روانی مانند اختلال سلوک، اختلال کنترل تکانه، سوءمصرف مواد، بولیمیا، رفتار خودآسیب گر و اختلالات شخصیت نقش دارند. امروزه تکانش‌گری به‌عنوان یک بُعد شناختی مفهوم‌پردازی می‌شود و با ضعف بازداری شناختی، تصمیم‌گیری کند یا ناقص و بی‌ثباتی هیجانی همراه است [۲۰، ۲۱]. در سطح عصبی، کاهش فعالیت سیستم شبکه‌ای ساقه مغز[3] ، به‌ویژه لئوکوس سرولئوس[4] که مسئول تولید نوراپی‌نفرین و نورآدرنالین است، فعالیت قشر پیش‌پیشانی را کاهش می‌دهد. این کاهش فعالیت به طور مستقیم با اختلالات توجه و کنترل تکانش‌گری مرتبط است. همچنین، مطالعات تصویربرداری عصبی نشان داده‌اند که در ADHD اختلالاتی در شبکه‌های کلیدی مغز شامل شبکه حالت پیش‌فرض[5]، شبکه کنترل اجرایی[6] و شبکه توجه[7] وجود دارد که عملکردهای شناختی و تنظیم هیجان را مختل می‌کند [۱، ۱۸]. برای مثال، فعالیت ناکافی شبکه کنترل اجرایی باعث کاهش مهارت‌های برنامه‌ریزی و کنترل مهاری و اختلالات شبکه توجه موجب پراکنده شدن تمرکز و بی‌توجهی می‌شود [۱۹-۲۲].

از دیگر مواردی که در نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه - بیش فعالی زیاد مشاهده شده است، مشکلات حافظه فعال[8] است. حافظه فعال به پردازش فعال اطلاعات از بالا به پایین اشاره می‌کند که در حافظه کوتاه مدت[9] نگهداری می‌شود؛ به علاوه شامل عملکردهای به‌هم‌پیوسته قشر جلوی پیشانی میانی - جانبی[10] است که رفتار را از طریق به روزرسانی و پردازش دوگانه و دست‌کاری زمانی - متوالی درونی هدایت می‌کند. نقایص حافظه فعال در اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی به خوبی مستند شده است و با پیامدهای تحصیلی و اجتماعی منفی در نوجوانان مرتبط است [۳، ۳۰،۲۹].

با وجود روش‌های درمانی موجود، داروهای محرک مانند متیل‌فنیدات در کاهش علائم مؤثر هستند، اما عوارض جانبی، خطر سوءمصرف و عدم قطعیت درباره اثربخشی بلند مدت دارند [۳۱]. همچنین، مداخلات غیردارویی شامل درمان‌های رفتاری، شناختی و آموزش‌های عصب - روان‌شناختی، اگرچه برخی جنبه‌های شناختی - رفتاری را بهبود می‌دهند، اثر پایدار و همه‌جانبه‌ای ندارند و پاسخ‌دهی بین افراد متغیر است. علاوه بر این، این روش ها اغلب نیازمند جلسات طولانی و مشارکت فعال خانواده و بیمار

1 . Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD)
2 . Impulsivity

3 . Reticular Activating System
4 . Locus Coeruleus
5 . Default Mode Network
6 . Executive Control Network
7 . Attention Networks
8 . Working Memory
9 . Short Term Memory
10 . Mid-Lateral Prefrontal Cortex

هستند و پایداری اثرات طولانی‌مدت آن‌ها هنوز به طور کامل مشخص نشده است[۲۹ – ۳۱]. این محدودیت‌ها باعث شد که محققان به دنبال روش های درمانی نوین و هدفمند برای تعدیل مستقیم فعالیت عصبی و بهبود فرایندهای شناختی مغز باشند. تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای[1](tDCS) به‌عنوان یک روش غیرتهاجمی[2]، بدون بدون درد و نسبتاً ایمن در دهه اخیر توجه زیادی را در حوزه علوم اعصاب شناختی به خود جلب کرده است [۱۰]. تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای (tDCS)[3]، می‌تواند مسیرهای عصبی را هدف قرار دهد. جریان ضعیف الکتریکی اعمال شده از طریق الکترودها، توانایی نورون‌ها برای رسیدن به آستانه فعال‌سازی را تعدیل می‌کند و در نتیجه می‌تواند فعالیت لوب پیش‌پیشانی و شبکه‌های مرتبط با کنترل اجرایی را افزایش دهد. به‌ویژه، تحریک ناحیه قشر پیش‌پیشانی جانبی - پشتی(DLPFC) [4] می‌تواند با افزایش فعالیت نوراپی‌نفرین و نورآدرنالین در شبکه‌های پیش‌پیشانی، توانایی کنترل تکانشگری و بهبود حافظه فعال را ارتقا دهد[۲]. سازوکارهای احتمالی شامل تغییر در پتانسیل غشای نورونی، افزایش پلاستیسیتی سیناپسی و تعدیل فعالیت شبکه‌ای است. این تغییرات عصبی بالقوه می‌توانند منجر به بهبود توجه، کاهش تکانش‌گری و ارتقای عملکرد حافظه فعال در افراد مبتلا به ADHD شوند [۱۷، ۲۵].

مطالعات صورت گرفته در سال‌های اخیر نشان دادند که tDCSمی‌تواند علائم تکانش‌گری را کاهش دهد و اهمیت تحریک نواحی خاص مغزی در بهبود کنترل تکانش‌گری را برجسته سازد و تأثیرات مثبتی بر حافظه کاری و توجه داشته باشد[۲۷، ۲۸]. پژوهش های کریسیکو[5] و همکاران [۳۲]، سالوی[6] و همکاران [۳۳] و کاسمو[7] و همکاران [۲۵] [۲۵] نشان داده‌اند که تحریک فرا جمجمه‌ای مغز می‌تواند با افزایش تحریک‌پذیری قشر پیش‌پیشانی و بهبود عملکردهای مرتبط با تنظیم هیجانی، توجه، تکانش‌گری و حافظه کاری، عملکردهای شناختی و حل مسئله را بهبود بخشد. این یافته‌ها توسط مرورهای سیستماتیک و متاآنالیزهای اخیر نیز تأیید شده است؛ به‌عنوان مثال، شواهد نشان می‌دهند که tDCS توانایی‌های توجه و کنترل بازداری را در کودکان و نوجوانان مبتلا به ADHD بهبود می‌بخشد، هرچند تأثیر آن بر علائم بالینی و سرعت پردازش اطلاعات محدود بوده و نیازمند تحقیقات بیشتر است[۳۶-۳۴]. بااین حال، شکاف پژوهشی در این حوزه همچنان قابل توجه است. بیشتر مطالعات پیشین بر کودکان یا بزرگسالان متمرکز بوده و داده‌های اندکی درباره نوجوانان که در دوره‌ای بحرانی از رشد شناختی و هیجانی قرار دارند، در دسترس است. شواهد موجود درباره اثر tDCS بر تکانش‌گری و حافظه فعال در این گروه سنی محدود و پراکنده است و نتایج برخی مطالعات نیز متناقض گزارش شده است. علاوه بر این، تفاوت در عامل های تحریک (شدت، مدت و محل قرارگیری الکترودها) مقایسه نتایج مطالعات مختلف را دشوار ساخته و تاکنون پروتکل درمانی استانداردی برای نوجوانان تدوین نشده است. در ایران، پژوهش‌های محدودی به بررسی اثر tDCS در نوجوانان مبتلا به ADHD پرداخته‌اند و بیشتر مطالعات داخلی بر مداخلات دارویی یا درمان های رفتاری و شناختی تمرکز داشته اند[۹-۶]. این کمبود داده‌ها در جمعیت نوجوان ایرانی، نشان دهنده خلأ پژوهشی داخلی است. نوآوری پژوهش حاضر در تمرکز بر تکانش‌گری و حافظه فعال نوجوانان ایرانی و ارائه شواهد کنترل شده و هدفمند نسبت به مطالعات پیشین است.

ازآنجایی که اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی می تواند مشکلات روان شناختی، اجتماعی و تحصیلی گسترده ای برای نوجوانان ایجاد کند و با توجه به شیوع بالای آن و محدودیت داده های داخلی، نیاز به روش های درمانی نوین بیش‌ازپیش احساس می‌شود؛ بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه ای مغز بر تکانش‌گری و حافظه فعال نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه - بیش فعالی در ایران انجام شد و تلاش دارد بخشی از خلأ موجود در این حوزه را پر کند.

## مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه آزمایشی با پیش‌آزمون -

1 . Transcranial Direct Current Stimulation (Tdcs)
2 . Non-Invasive Technique
3 . Transcranial Direct Current Stimulation (Tdcs)
4 . Dorsolateral Prefrontal Cortex (Dlpfc)
5 . Chrysikou
6 . Salvi
7 . Cosmo

پس‌آزمون و گروه گواه است. جامعه آماری این پژوهش، شامل نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی (ADHD) **نوع ترکیبی**[1] مطابق با معیارهای DSM-5 با نشانه‌های کمبود توجه و بیش‌فعالی/تکانش‌گری بود که در سال ۱۴۰۳ به درمانگاه های روان شناسی شهر یزد مراجعه کرده بودند. از آنجا که در پژوهش‌های آزمایشی و نیمه آزمایشی در هر گروه پیشنهاد می‌شود که حداقل ۱۵ نفر حضور داشته باشند [۳۷] در نتیجه، در این پژوهش ۳۰ نفر داوطلب واجد شرایط، به روش نمونه‌گیری در دسترس، از دو درمانگاه تخصصی روان‌شناسی در شهر یزد، وارد پژوهش شدند. آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی ساده با استفاده از روش قرعه‌کشی، در ۲ گروه درمان و کنترل قرار گرفتند.

تشخیص ADHD توسط روان‌پزشک یا روان‌شناس متخصص با استفاده از مصاحبه بالینی ساختاریافته SCID-I و ابزارهای استاندارد Conners' Rating Scales – Third Edition و ADHD-RS انجام شد تا نوع اختلال و شدت آن به طور دقیق تأیید شود [۸-۶]. شدت اختلال در شرکت‌کنندگان از خفیف تا متوسط بود و بر اساس نمره کلی Conners 3 و ADHD-RS تعیین گردید. رده سنی آزمودنی‌ها بین ۱۲ تا ۱۸ سال و سن تشخیص اولیه ADHD بین ۷ تا ۱۲ سال با میانگین ۹/۵ سال بود. از نظر تحصیلی، تمامی شرکت‌کنندگان دانش‌آموزان دوره اول و دوم متوسطه با میانگین معدل ۱۵/۴ از ۲۰ بودند و سطح هوش آن‌ها با آزمون وکسلر کوتاه (WISC-V) میانگین 8 ± 105 گزارش شد. سازگاری اجتماعی نیز با استفاده از مقیاس Vineland-3 در دامنه متوسط ارزیابی شد [۱۰]. از نظر دارویی، 60٪ از شرکت‌کنندگان پیش‌تر متیل فنتیدات[2] مصرف کرده بودند، با میانگین مدت مصرف ۱۸ ماه؛ اما تمامی آنان حداقل ۲ هفته پیش از شروع مداخله، داروهای خود را قطع کرده بودند تا اثر احتمالی دارو بر نتایج مطالعه به حداقل برسد؛ هیچ یک از شرکت‌کنندگان داروی آنتی‌سایکوتیک یا ضدتشنج مصرف نمی‌کردند[۱۳]. همچنین، تمامی شرکت‌کنندگان، پیش از مطالعه هیچ درمان tDCS دریافت نکرده بودند که این موضوع از طریق مصاحبه بالینی و بررسی پرونده پزشکی تأیید شد. هیچ‌یک از شرکت‌کنندگان اجسام فلزی یا ایمپلنت‌های داخل جمجمه‌ای نداشتند، رضایت آگاهانه از سوی خود و والدین آن‌ها اخذ شد و هیچ یک از شرکت‌کنندگان سابقه‌ای از صرع، تشنج، ضربه‌مغزی یا جراحی مغزی نداشتند.

ملاک‌های خروج آزمودنی‌ها از مطالعه، شامل غیبت بیش از یک جلسه، نبود همکاری کافی و ناتوانی در انجام آزمون حافظه فعال N-back بود. بااین‌حال، هیچ‌یک از آزمودنی‌ها در طول مطالعه از ادامه همکاری منصرف نشدند و درصد ریزش نمونه صفر بود.

### ثبت اطلاعات پایه و پیش‌آزمون

پیش از آغاز مداخله، اطلاعات دموگرافیک شامل سن، جنس، سطح تحصیلات، وضعیت اشتغال، وضعیت تحصیلی، نمره IQ (WISC-V) و سازگاری اجتماعی شرکت‌کنندگان (Vineland-3) ثبت شد. سپس آزمودنی‌ها در مرحله پیش‌آزمون به پرسش‌نامه حافظه فعال N-back و پرسش‌نامه تکانش‌گری BIS-11 پاسخ دادند تا معیارهای پایه شناختی-رفتاری هر شرکت‌کننده مشخص گردد. این مرحله توسط پژوهشگر متخصص و تحت نظارت مستقیم انجام شد تا اطمینان حاصل شود داده‌های پیش‌آزمون برای مقایسه با پس‌آزمون معتبر و قابل‌اعتماد هستند.

### ابزارهای سنجش

#### آزمون حافظه فعال N-back

برای سنجش عملکرد حافظه فعال از آزمون N-back استفاده شد. این آزمون برای نخستین بار توسط کرچنر[3] در در سال ۱۹۵۸ م. معرفی شد [۲۴]. این آزمون، شامل حفظ و دست کاری اطلاعات در حافظه کوتاه مدت است [۳۹]. این تکلیف می‌تواند در سطوح مختلف (1-back، 2-back و 3- back) اجرا شود که با افزایش سطح، دشواری تکلیف نیز بیشتر می‌شود؛ به‌گونه‌ای که در سطح 1.back، آزمودنی باید محرک فعلی را با محرک یک گام قبل مقایسه کند، در سطح 2.back، با محرک دو گام قبل و در سطح 3. back با سه گام قبل مقایسه نماید. در پژوهش حاضر، از سطح 1.back استفاده شد؛ زیرا این سطح برای نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه - بیش فعالی مناسب تر است و فشار شناختی کمتری ایجاد می کند. محرک ها، شامل

1 Combined Type
2 Methylphenidate
3 Kirchner

حروف بینایی بودند که به‌صورت متوالی بر روی صفحه نمایشگر رایانه ظاهر می‌شدند؛ هر محرک به مدت ۲ ثانیه نمایش داده شد و ۵۰۰ میلی‌ثانیه فاصله بین محرک‌ها در نظر گرفته شد. آزمودنی در صورت تشابه هر محرک با محرک قبل کلید (؟) و در صورت نبود تشابه کلید (z) صفحه کلید را فشار می‌داد. روش نمره‌گذاری بر اساس درصد پاسخ‌های صحیح[1] و میانگین زمان واکنش[2] انجام شد. در سال ۲۰۰۸ م. بوش[3] و همکاران پایایی این آزمون را ۰/۷۸ گزارش کردند [۳۸]، در این مطالعه، همبستگی نتایج N-back با سایر معیارهای حافظه فعال نشان داد که آزمون از روایی سازه و همگرای مناسبی برخوردار است. همچنین، در سال ۱۳۹۳ تقی زاده و همکاران در پژوهشی از این آزمون استفاده کردند و پایایی آن را تأیید نمودند؛ ضرایب اعتبار در دامنه ۰/۵۴ تا ۰/۸۴ گزارش شد[۴۱] که نشان‌دهنده اعتبار و روایی قابل‌قبول آزمون N-back در سنجش حافظه فعال است.

**پرسش‌نامه تکانشگری بارت ۱۱ (Bis-11)**

ویرایش یازدهم آزمون در سال ۲۰۰۴ م. توسط بارت[4] ساخته شده است[۴۲]. این پرسش‌نامه شامل ۳۰ گویه ۴ درجه‌ای لیکرت بود که از هرگز (۱) تا همیشه (۴) نمره‌گذاری می‌گردد. این مقیاس، شامل سه خرده مقیاس عدم برنامه‌ریزی، تکانش‌گری حرکتی و تکانش‌گری شناختی می‌شود. تکانش‌گری شناختی به معنای تمایل به اقدام سریع و بدون تفکر کافی در موقعیت‌های پیچیده یا هنگام تصمیم‌گیری است. تکانش‌گری حرکتی، نشان‌دهنده عمل بدون فکر و تأمل است و تکانش‌گری مبتنی بر عدم برنامه‌ریزی، معرف بی‌توجهی به آینده‌نگری در رفتار و اعمال است. نحوه محاسبه نمرات در این پرسش‌نامه به این صورت هست که نمره کل پرسش‌نامه از جمع نمرات تمام گویه‌ها به دست می‌آید؛ نمره بالاتر بیانگر تکانش‌گری بیشتر در فرد است. همچنین، نمرات هر خرده مقیاس به صورت جداگانه از مجموع نمرات گویه‌های مربوط به همان خرده مقیاس محاسبه می‌شود. در سال ۱۹۹۵ م. پاتون، استنفورد و بارت[5] پایایی درونی برای نمرهٔ کل آن از ۰/۷۹ تا ۰/۸۳ را گزارش کردند[۴۳]. در پژوهش جاوید و همکاران، پایایی نسخه فارسی پرسش‌نامه تکانش‌گری از دو روش آلفای کرونباخ و بازآزمایی مورد تحلیل قرار گرفت که به ترتیب ۰/۸۱ و ۰/۷۷ به دست آمد. همچنین، روایی سازه پرسش‌نامه تکانش‌گری (BIS-11) از طریق تحلیل عاملی اکتشافی (EFA) بررسی شد و سه عامل اصلی آن شامل تکانش‌گری حرکتی، تکانش‌گری شناختی و تکانش‌گری بدون برنامه‌ریزی شناسایی شد که مجموعاً ۳۲/۶۰ از واریانس کل را توضیح دادند و نشان‌دهنده ساختار سازه‌ای مناسب ابزار بود[۴۴].

**دستگاه تحریک مستقیم الکتریکی مغز**

در این پژوهش از دستگاه تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای مغز (tDCS) مدل Stim Segal ، ساخت ایران استفاده شد. این دستگاه دوکاناله بوده و امکان اعمال جریان مستقیم ضعیف و پایدار را از طریق الکترودهای آغشته به محلول سالین (NaCl 0.9%) فراهم می‌کند. اندازه هر الکترود ۵×۷ سانتی‌متر بود و برای جلوگیری از تحریک پوستی، اسفنج های مرطوب روی آن ها قرار داده شد. الکترود آند بر روی ناحیه قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی[6] چپ ( DLPFC چپ؛ معادل ناحیه F3 بر اساس سیستم بین‌المللی ۱۰-۲۰) و الکترود کاتد بر روی DLPFC راست (F4) قرار داده شد. شدت‌جریان ۲ میلی‌آمپر با افزایش تدریجی طی ۳۰ ثانیه آغازین و کاهش تدریجی در ۳۰ ثانیه پایانی اعمال شد تا از ایجاد ناراحتی پوستی جلوگیری شود [۳۷].

شرکت‌کنندگان گروه مداخله، طی پنج هفته، در مجموع ده جلسه (دو جلسه در هفته) تحریک الکتریکی دریافت کردند. هر جلسه ۲۰ دقیقه به طول انجامید و در طول جلسه، افراد در وضعیت نشسته و آرام بودند. پیش از شروع مداخله، ارزیابی پایه شامل جمع‌آوری اطلاعات دموگرافیک (سن، جنس، سطح تحصیلات، وضعیت اشتغال و سابقه درمانی) انجام شد. سپس فرم رضایت نامه آگاهانه و داوطلبانه توسط تمامی شرکت‌کنندگان امضا گردید. پس از آن، دو پرسش نامه مربوط به متغیرهای پژوهش در مرحله پیش آزمون اجرا شد و نتایج در پرونده هر فرد ثبت گردید. در گروه شم (sham) نیز همان شرایط مربوط به قرارگیری الکترودها شامل محل، اندازه، نوع و استفاده از اسفنج

1 . Accuracy
2 . Reaction Time
3 . Bush
4 . Barratt Impulsivity Questionnaire
5 . Potton, Stanford & Barratt
6 . Dorsolateral Prefrontal Cortex (DLPFC)

مرطوب رعایت شد تا احساس مشابه تحریک واقعی ایجاد شود. در این گروه، دستگاه تنها به مدت ۳۰ ثانیه جریان ۲ میلی‌آمپر را اعمال کرد تا حس سوزن‌سوزن شدن اولیه مشابه گروه مداخله ایجاد شود، اما جریان پس از آن قطع شد. این روش بر اساس پروتکل استاندارد گاندی و همکاران[۴۵] به کار گرفته شد و در پژوهش‌های متعددی به‌ع نوان روش معتبر کورسازی شرکت‌کنندگان (placebo-controlled tDCS) مورد استفاده قرار گرفته است؛ بنابراین گروه گواه در این پژوهش عملاً همان گروه شم ( sham tDCS) محسوب شد.

**یافته‌ها**

در این پژوهش، ۳۰ نوجوان دختر دارای اختلال نقص توجه - بیش فعالی وارد مطالعه شدند. میانگین و انحراف معیار سنی افراد نمونه در گروه کنترل (۲/۵۷۵±)۱۶/۵۸ سال و در گروه مداخله (۲/۶۶۸±)۱۶/۷۸ سال بود. پیش از اجرای مداخله، برای اطمینان از همگونی گروه‌ها از لحاظ ویژگی‌های دموگرافیک و نمرات پیش‌آزمون متغیرهای پژوهش، از آزمون‌های تی مستقل برای متغیرهای کمی و آزمون کای - دو برای متغیرهای کیفی استفاده شد. نتایج نشان داد که تفاوت معناداری در ویژگی‌های دموگرافیک و نمرات پیش‌آزمون متغیرهای پژوهش بین گروه‌ها وجود ندارد ($p > 0.05$) که امکان مقایسه اثر مداخله را فراهم می‌کند.

**جدول ۱. توصیف نمرات پیش‌آزمون – پس‌آزمون متغیرهای پژوهش به تفکیک گروه**

| متغیر | مرحله | آزمایش | | کنترل | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | میانگین | انحراف معیار | میانگین | انحراف معیار |
| تکانشگری | پیش‌آزمون | ۹۵/۸۹ | ۴۳/۲۲ | ۸۸/۷۹ | ۸۶/۱۶ |
| | پس‌آزمون | ۸۱/۶۵ | ۶۴/۹ | ۳۱/۷۷ | ۷۶/۱۴ |
| حافظه فعال | پیش‌آزمون | ۵۷/۷۰ | ۸۷/۱۰ | ۵۰/۷۲ | ۰۴/۱۳ |
| | پس‌آزمون | ۷۸/۸۸ | ۳۳/۲۱ | ۶۸/۷۰ | ۹۸/۱۰ |

**جدول ۲. بررسی پیش‌فرض‌های استفاده از تحلیل کوواریانس**

| | آزمون شاپیروویلک | | آزمون لوین برای تساوی واریانس‌ها | | یکسانی شیب رگرسیون | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| متغیرها | مقدار F | سطح معناداری | مقدار F | سطح معناداری | مقدار F | سطح معناداری |
| تکانش‌گری | ۰/۹۳ | ۰/۳۸ | ۱/۵۵ | ۰/۲۲ | ۱/۱۸ | ۰/۶۲ |
| حافظه فعال | ۰/۹۴ | ۰/۲۱ | ۱/۶۶ | ۰/۲۱ | ۱/۸۶ | ۰/۵۶ |

برای تحلیل داده‌ها، از شاخص‌های آمار توصیفی و روش تحلیل کوواریانس چند متغیره[1] استفاده شد. تحلیل داده‌ها با SPSS نسخه ۲۵ انجام شد و سطح معناداری آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. پیش از انجام تحلیل کوواریانس، پیش‌فرض‌های آماری شامل نرمال بودن توزیع متغیرهای وابسته (آزمون شاپیرو – ویلک)، همگنی واریانس‌ها (آزمون لوین) و همگنی شیب رگرسیون (بررسی اثر تعاملی پیش‌آزمون و متغیر مستقل بر پس‌آزمون) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تمامی پیش‌فرض‌ها برقرار هستند ($p > 0.05$)؛ بنابراین انجام تحلیل کواریانس امکان‌پذیر است.

توصیف آماری نمرات تکانشگری و حافظه فعال نوجوانان دارای اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی به تفکیک گروه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس آنچه در جدول ۱ آمده است، گروه مداخله پس از مداخله، بهبود قابل‌توجهی در میانگین نمرات هر دو متغیر مشاهده کرد.

بررسی پیش‌فرض‌های آماری تحلیل کوواریانس در جدول ۲ ارائه شده است و نشان می‌دهد که نرمال بودن توزیع، همگنی واریانس‌ها و همگنی شیب رگرسیون برای متغیرها برقرار است ($p > 0.05$).

1 . Mancova

**جدول۳. نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره در مرحله پس‌آزمون بین گروه‌های آزمایش و کنترل**

| نام آزمون | ارزش | F | DF فرضیه | DF خطا | سطح معناداری | اندازه اثر | توان آزمون |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آزمون اثر پیلایی | ۰/۴۸ | ۲۲/۲۱ | ۸ | ۲۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۴۷ | ۰/۸۹ |
| لامبدای ویلکز | ۰/۵۱ | ۲۲/۲۱ | ۸ | ۲۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۴۷ | ۰/۸۹ |
| اثر هتلینگ | ۰/۹۳ | ۲۲/۲۱ | ۸ | ۲۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۴۷ | ۰/۸۹ |
| ریشه روی | ۰/۹۳ | ۲۲/۲۱ | ۸ | ۲۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۴۷ | ۰/۸۹ |

**جدول۴. نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیره برای بررسی تأثیر تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای مغز بر تکانش‌گری و حافظه فعال در مرحله پس‌آزمون بین گروه‌های آزمایش و کنترل**

| متغیر | | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | آماره F | سطح معنی‌داری | مجذور اتا |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکانش‌گری | پیش‌آزمون | ۱۳۳۲/۱۵ | ۱/۵۳ | ۸۷۰/۶۸ | ۶۸/۴۴ | ۰/۰۰۱ | ۰/۵۸ |
| | گروه | ۹۵۱/۱۲ | ۱/۵۳ | ۶۲۱/۶۴ | ۵۳/۲۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۴۷ |
| | خطا | ۲۳۰۵/۶۷ | ۲۷ | ۸۵/۳۹ | | | |
| | کل | ۴۹۸۲۲/۰۰ | ۱۶ | | | | |
| حافظه فعال | پیش‌آزمون | ۸۷۲/۱۵ | ۱/۵۳ | ۵۷۰/۰۳ | ۶۶/۴۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۴۸ |
| | گروه | ۳۵۴/۱۳ | ۱/۵۳ | ۲۳۱/۴۵ | ۵۰/۲۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۳۹ |
| | خطا | ۳۰۵/۶۴ | ۲۷ | ۱۱/۳۲ | | | |
| | کل | ۱۹۶۲۵/۰۰ | ۱۶ | | | | |

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، تحلیل کوواریانس چند متغیره نشان داد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، عضویت در گروه مداخله تأثیر معناداری بر ترکیب متغیرهای تکانشگری و حافظه فعال دارد ( $p < 0.001$، اندازه اثر = ۰.۴۷–۰.۴۸). به عبارت دیگر، تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای باعث بهبود قابل توجه هر دو متغیر در گروه مداخله نسبت به گروه کنترل شده است.

همچنین، به منظور تعیین این‌که در کدامیک از متغیرها تفاوتی معنادار بین گروه های آزمایش و کنترل در مرحله پس آزمون وجود دارد، آزمون کوواریانس تک متغیره به کار گرفته شد که نتایج آن در جدول ۴ بیان شده است.

بر اساس نتایج جدول ۴، تحلیل کوواریانس تک‌متغیره نیز نشان داد که بین گروه آزمایش و کنترل در متغیرهای تکانش‌گری و حافظه فعال تفاوت معناداری وجود دارد و گروه مداخله پس از مداخله پیشرفت قابل توجهی داشته است ($p < 0.001$). در گروه کنترل که مداخله دریافت نکرد، تفاوت معنادار بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشاهده نشد ($p > 0.05$). اندازه اثر برای تکانش‌گری 0.47 و برای حافظه فعال 0.39 بود که نشان می‌دهد tDCS بر این متغیرها مؤثر بوده است.

نتایج نشان داد تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای مغز (tDCS) موجب کاهش تکانشگری و بهبود حافظه فعال در نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه - بیش فعالی شد. از دیدگاه عصب روان‌شناختی، این یافته بیانگر افزایش

تحریک‌پذیری قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی (DLPFC) و بهبود کارکردهای اجرایی مرتبط با بازداری پاسخ، نگهداری و دست‌کاری اطلاعات در حافظه فعال است. کاهش تکانش‌گری احتمالاً ناشی از تقویت کنترل شناختی و خودتنظیمی رفتاری از طریق فعال‌سازی شبکه‌های پیش پیشانی – ساب کورتیکال بوده است. همچنین، بهبود حافظه فعال می‌تواند با افزایش ترشح دوپامین در قشر پیش‌پیشانی در پی تحریک آندی مرتبط باشد؛ بنابراین اثر مداخله تنها آماری نبوده، بلکه از نظر روان‌شناختی و عصب‌زیستی نیز معنادار است[۱، ۳، ۴۲، ۴۸].

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر، بررسی اثربخشی تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه ای مغز بر حافظه فعال و تکانشگری نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی بود. یافته‌های این پژوهش را می‌توان در چارچوب مدل‌های عصب روان‌شناختی اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی تبیین کرد. بر اساس مدل بازداری بارکلی [۱۱]، نقص در کنترل بازداری و ضعف در کارکردهای اجرایی نظیر حافظه فعال، ریشه در کاهش فعالیت نواحی پیش‌پیشانی دارد. تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای مغز (tDCS) با افزایش تحریک‌پذیری قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی، می‌تواند ظرفیت بازداری رفتاری و نگهداری اطلاعات در حافظه فعال را تقویت کند؛ بنابراین نتایج آماری به دست آمده در این پژوهش، بازتابی از بهبود در پردازش‌های اجرایی و تنظیم‌شناختی هیجان در نوجوانان مبتلا به ADHD است و نشان می‌دهد تغییرات مشاهده شده صرفاً آماری نیست، بلکه دارای اهمیت روان‌شناختی و عصب‌زیستی است.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه ای مغز بر حافظه فعال و تکانشگری نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی تأثیر معناداری دارد و می تواند منجر به بهبود حافظه فعال و کاهش تکانشگری در این نوجوانان گردد. بر اساس نتایج تحلیل واریانس، تفاوت‌ها در سطح بسیار معنادار ($p < 0.001$) بوده و اندازه اثر جزئی (Partial Eta Squared) برای متغیرهای حافظه فعال و تکانشگری به ترتیب حدود $\eta^2p = 0.47$ و $\eta^2p = 0.39$ محاسبه شد که به ترتیب در محدوده‌ی «قوی» و «متوسط تا قوی» قرار می گیرند. این مقادیر نشان می‌دهند که مداخله انجام شده سهم قابل توجهی از واریانس تغییرات را تبیین کرده است.

نتایج این پژوهش با پژوهش‌های کریسیکو و همکاران[۳۲] که بر روی افراد سالم بزرگسال انجام شده بود، همسو است. آنان گزارش کردند، تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای مغز در بهبود کنترل بازداری و حافظه فعال مؤثر است. همچنین، با مطالعه سالوی و همکاران[۳۳] که نشان دادند تحریک فرا جمجمه ای مغز باعث بهبود فرایندهای تنظیم هیجانی، توجه، تکانشگری و حافظه کاری می شود، همسو است. نتیجه این پژوهش هم راستا با مطالعه کاسمو و همکاران[۲۵] مبنی بر کاهش تکانشگری و بهبود حافظه فعال بود.

علاوه بر پژوهش های بین‌المللی، نتایج این مطالعه با یافته‌های پژوهش‌های داخلی نیز هم‌راستا است. برای نمونه، پژوهش کرد و همکاران (۱۴۰۴) نشان داد که تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای قشر پیش‌پیشانی در نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی موجب بهبود حافظه کاری و کاهش رفتارهای تکانشی می شود [۶]. همچنین، مطالعه نجاتی و همکاران در سال ۱۴۰۰ تأیید کرد که استفاده از تحریک الکتریکی فرا جمجمه ای در ترکیب با آموزش مهارت‌های شناختی، کارکردهای اجرایی و توجه پایدار را در دانش‌آموزان دارای ADHD بهبود می‌بخشد [۷]. پژوهش آموزاده و همکاران در سال ۱۴۰۰ نشان داد که تحریک tDCS قشر پیش‌پیشانی بر انعطاف‌پذیری شناختی دانش‌آموزان بیش‌فعال ورزشکار تأثیر معناداری دارد[۸] و مطالعه آموزاده، مرادی‌سبزوار و همکاران در سال ۱۴۰۱ نیز نشان داد که تحریک tDCS می‌تواند توجه مداوم دیداری در دانش‌آموزان ADHD را بهبود بخشد[۹]. بااین حال، تاکنون مطالعه ای داخلی با نمونه نوجوانان ۱۲–۱۸ سال، تمرکز بر حافظه فعال و تکانشگری و با طراحی مشابه پژوهش حاضر در سال های ۱۴۰۲–۱۴۰۴ منتشر نشده است؛ این امر فرصت مناسبی را برای انجام پژوهش‌هایی در آینده نزدیک فراهم می‌کند.

طبق تصویربرداری های عصب روان شناختی می‌توان مناطقی از مغز را برای توضیح علائم اختلال نقص توجه - بیش فعالی شناسایی کرد. دو نظریه تأثیرگذار برای پایه‌های عصبی اختلال نقض توجه - بیش‌فعالی مدل مبتنی بر

بازداری و عدم کنترل تکانه است. این علائم اصلی با ناهنجاری‌های مدار پیشانی و قشر پیش پیشانی مرتبط است. طبق این فرضیه در اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی نواحی جلو پیشانی شامل قشر پیش پیشانی پشتی جانبی و قشر اوربیتو فرونتال[1] و شکنج فرونتال تحتانی[2] دچار اختلال هستند [۱۰]. مطالعات نشان دادند که قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی ارتباط نزدیکی با عملکردهای شناختی از جمله توجه، تصمیم‌گیری، حافظه فعال و تنظیم هیجان دارد. قشر پیش پیشانی پشتی جانبی در شکنج فرونتال میانی قرار می‌گیرد و بخشی از قشر پیش پیشانی است که در عملکرد اجرایی سطح بالاتر و رفتارهای تکانشی دخالت دارد در نتیجه یکی از اهداف رایج قشر مغز برای تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای مغز، قشر جلوی پیشانی پشتی جانبی است [۴۶].

برای تبیین نتایج این پژوهش می‌توان گفت، تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای مغز در ناحیه قشر پیش پیشانی پشتی جانبی، باعث بهبود عملکرد این ناحیه از مغز می‌شود؛ زیرا این ناحیه یکی از مناطق مهم مغز است که در کنترل شناختی دخیل است. در نتیجه، کاهش فعالیت این ناحیه با بد تنظیمی هیجانی و رفتارهای تکانه‌ای همراه است و تحریک الکتریکی برون جمجمه‌ای این ناحیه با افزایش فعالیت قشری موجب می‌شود که فرد کنترل بیشتری بر هیجانات و رفتار خود داشته باشد. به عبارت دیگر، زمانی که افراد سعی می‌کنند هیجان های خود را کنترل کنند، فعالیت مناطق لوب پیشانی درگیر در کنترل شناختی، به ویژه پیش پیشانی پشتی جانبی، افزایش و فعالیت مناطق زیر قشری که به طور معمول در پردازش و تنظیم آن هیجان دخیل هستند، کاهش می‌یابد[۲۳]. همچنین، تحریک آندی می تواند بر پتانسیل استراحت غشای سلول های عصبی تأثیر بگذارد و موجب تغییر در زمان استراحت نورونی شود و در نتیجه باعث کاهش زمان استراحت سلول، تحریک پذیری و نرخ شلیک عصبی را افزایش می‌دهد. به‌علاوه، مطالعات تصویربرداری مغز نشان داده است که هنگام تحریک ناحیه قشر پیش پیشانی پشتی جانبی مغز، ترشح دوپامین در آن منطقه افزایش می‌یابد و از آنجا که دوپامین یکی از انتقال دهنده‌های دخیل در فرایندهای حافظه است، افزایش دوپامین در هنگام افزایش تحریک‌پذیری سطحی در کورتکس پیشانی، به تقویت عملکرد حافظه فعال کمک می‌کند[۴۷].

در مطالعه‌ای که توسط روبیا و همکارانش انجام شده است، آنان به این نتیجه رسیدند که تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای مغز می‌تواند به عنوان روشی برای بهبود علائم اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی مؤثر باشد. بر این اساس، تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای مغز به صورت آندی در ناحیه قشر پیش پیشانی پشتی جانبی چپ در بیماران بزرگسال مبتلا به اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی، علائم تکانشگری را بهبود بخشید[۴۸]. همچنین، تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای مغز به صورت کاتدی، بر مهار پاسخ، اثرات درخور توجهی دارد. براین اساس، می‌توان این‌گونه استدلال کرد که تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای مغز کاتدی در ناحیه قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی راست، احتمالاً با افزایش فعالیت قشر پیش پیشانی پشتی جانبی سمت چپ از طریق ارتباط بازدارنده بین مناطق قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی طرف مقابل، با بهره‌گیری ارتباط بین نیمکره‌ای، در بهبود کنترل مهار در افراد مبتلا به اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی، مؤثر است[۱۰].

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ده جلسه درمان ۲۰ دقیقه‌ای تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای مغز در ناحیه قشر پیش پیشانی (آند چپ – کاتد راست)، منجر به بهبود حافظه فعال و کاهش تکانشگری در نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه– بیش‌فعالی شد. بر اساس این یافته‌ها، می‌توان از این روش به‌عنوان یک درمان مکمل در کنار سایر مداخلات درمانی بهره گرفت. به‌طورکلی، می‌توان نتیجه گرفت که تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه ای مغز، با تعدیل فعالیت قشر پیش‌پیشانی، موجب بهبود کارکردهای اجرایی و کنترل شناختی در نوجوانان مبتلا به ADHD می‌شود. این یافته‌ها، ضمن حمایت از مدل‌های عصب روان‌شناختی اختلال، نشان می‌دهد مداخله tDCS می‌تواند به‌عنوان مکمل درمان‌های دارویی و شناختی - رفتاری به کار رود. از دیدگاه بالینی، افزایش حافظه فعال و کاهش تکانشگری می تواند به ارتقای عملکرد تحصیلی، خود نظم دهی هیجانی و روابط اجتماعی نوجوانان مبتلا منجر شود.

1 . Orbitofrontal Cortex
2 . Inferior Frontal Gyrus

این پژوهش با چند محدودیت همراه بود. روش نمونه گیری در دسترس موجب کاهش تعمیم پذیری نتایج به کل جامعه نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی شد. همچنین، نبود دوره پیگیری[1] امکان بررسی پایداری اثرات مداخله در بلندمدت را محدود کرد. ازسوی دیگر، حجم نمونه نسبتاً کم می تواند بر توان آماری پژوهش تأثیرگذار باشد و احتمال بروز خطای نوع دوم را افزایش دهد. افزون بر این، پژوهش حاضر تنها از ابزارهای خودگزارشی و آزمون های شناختی استفاده کرده است و از روش‌های تصویربرداری عصبی برای بررسی تغییرات فیزیولوژیکی مغز بهره نبرده است که این امر دقت نتایج بررسی تبیین عصب روان‌شناختی را کاهش می‌دهد.

در این پژوهش، توان آماری آزمون‌ها باتوجه‌به اندازه اثر مشاهده شده ( $\eta^2p = 0.47$ و ۰.۳۹) مورد بررسی قرار گرفت. با فرض سطح معناداری ۰.۰۵ و حجم نمونه موجود، توان آزمون بیش از ۰.۸۰ برآورد شد که نشان دهنده کفایت توان برای شناسایی تفاوت‌های واقعی میان گروه‌هاست. بااین‌حال، در صورت افزایش حجم نمونه، توان آزمون افزایش یافته و احتمال بروز خطای نوع دوم کاهش می‌یابد؛ بنابراین در پژوهش های آینده توصیه می شود، از نمونه های بزرگ‌تر برای افزایش دقت نتایج استفاده شود.

برای گسترش و تعمیق نتایج این مطالعه، پیشنهاد می شود پژوهش های مشابه با حجم نمونه بیشتر و گروه های کنترل فعال انجام شود. همچنین، طراحی مطالعات طولی[2] به منظور بررسی پایداری اثرات تحریک در بازه های زمانی طولانی تر، توصیه می گردد. بهره گیری از ابزارهای عصب تصویربرداری (fMRI, EEG) می‌تواند به درک بهتر تغییرات عملکردی مغز پس از مداخله کمک کند. افزون بر این، بررسی تأثیر ترکیب تحریک الکتریکی با مداخلات شناختی - رفتاری بر سایر عملکردهای اجرایی مانند تصمیم گیری و توجه انتخابی می‌تواند چشم‌اندازهای تازه‌ای در درمان اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی فراهم آورد.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

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

### تضاد منافع

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی دانشگاه علم و هنر است و نویسندگان اعلام می کنند که هیچ گونه تضاد منافعی ندارند.

### حامی مالی

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

### مشارکت نویسندگان

همه فرایندهای اجرای پژوهش، جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها را نویسنده اول برعهده داشت. نویسنده دوم؛ با طراحی مطالعه، نتایج را تفسیر کرد و هماهنگی‌های لازم برای آزمایش‌ها و جمع‌آوری داده‌ها را انجام داد. همچنین، همه نویسندگان نسخهٔ دست نوشته نهایی را مطالعه و تأیید کردند.

### تشکر و قدردانی

در پایان از درمانگاه‌های روان‌پزشکی و روان‌شناسی شهرستان یزد و تمامی عزیزانی که در انجام این پژوهش ما را یاری کردند، سپاسگزاری می‌شود.

## منابع

1- Ayatnia1 F, Mirzaie P. T he Effect of Transcranial Direct-Current Stimulation of Brain (tdcs) on Cognitive Ability and Working Memory of Students with Attention Deficit Hyperactivity Disorde. Neuropsychology. 2022 Winter; 4(27): 37-46. https://www.ensani.ir/file/download/article/1671510222-10112-27-3.pdf **[In Persian]**

2- Taghizadeh Hir, S., Narimani, M., Aghajani, S., Nadrmohammadi, M., & Basharpoor, S. (2023). Comparison of the Effectiveness of Transcranial Direct Current Brain Stimulation (tDCS) and Computer-based Cognitive Rehabilitation on Improving Cognitive Emotion Regulation in Children with Attention deficit/hyperactivity Disorder. Biquarterly Journal of Cognitive Strategies in Learning. 2023; 12(22): 87–106. https://doi.org/10.22084/j.psychogy.2023.28448.2631. http://asj.basu.ac.ir/article_5405.html **[In Persian]**

1 . Follow-Up
2 . Longitudinal

3- Mikaeli N, Mousavi S. Effectiveness of transcranial direct current stimulation (TDCS) on improvement of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) in children and adolescents. The Second National Conference on Psychotherapy in Iran(incpuma2.ir). https://isnac.ir/XEFZ-HGECG

4- Erfani Nasab, M., Faramarzi, S., Sharifi, A. (2025). The Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation along with Computerized Cognitive Training on the Executive Functions and Academic Performance among Students with Specific Learning Disorder comorbid with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Journal of Cognitive Strategies in Learning*. 2052; 12(23): 19–41. https://doi.org/10.22084/j.psychogy.2024.28580.2644. **[In Persian]**

5- Soleymani, M., & Kazemimonir, N. (2020). The Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation (T DCS) on increase Cognitive Flexibility and Processing Speed among children with Attention Deficit/Hyperactivity (ADHD). Educational Psychology, 16(57), 305–326. https://doi.org/10.22054/jep.2020.56456.3181. **[In Persian]**

6- Kord, M., Fath-Abadi, J., Gharibzadeh, S., & Khosrowabadi, R. (2025). Enhancing EEG components in adolescents with ADHD using transcranial electrical stimulation: A randomized-active controlled study. *Basic and Clinical Neuroscience, 16*(Special Issue), 353–356. https://doi.org/10.32598/bcn.2023.2547.1

7- Nejati, V., Hadian Rasanan, A. H., Amani Rad, J., Movahed Alavi, M., Haghi, S., & Nitsche, M. A. (2022). Transcranial direct current stimulation (tDCS) alters the pattern of information processing in children with ADHD: Evidence from drift diffusion modeling. Neurophysiologie Clinique, 52(1), 17–27. https://doi.org/10.1016/j.neucli.2021.11.005.

8- Amouzadeh, F., Gharayagh Zandi, H., Moradi Sabzevar, M., Rostami, R., & Moghadam Zadeh, A. (2021). Impact of video game Minecraft on the cognitive flexibility of ADHD athletes student. Shenakht Journal of Psychology and Psychiatry, 8(2), 24–38. https://doi.org/10.32598/shenakht.8.2.24.

9- Amouzadeh, F., Moradi, H., Zandi, H., Rostami, R., & Moghadamzadeh, A. (2022). Impact of transcranial direct current stimulation (tDCS) on the visual sustain attention of ADHD student-athletes. *Journal of Sports and Motor Development and Learning, 14*(2), 17–33. https://doi.org/10.22059/JMLM.2021.325671.1586.

10- Salehinejad MA, Wischnewski 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- Barkley RA. Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: A handbook for diagnosis and treatment (4th ed.). Guilford Press. 2022

12- Estaji R, Hosseinzadeh M, Arabgol F, Nejati V. Transcranial direct current stimulation (tDCS) improves emotion regulation in children with attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Sci Rep*. 2024; 14: 13889. https://doi.org/10.1038/s41598-024-64886-9

13- Jacobson LA, Crocetti D, Dirlikov B, Slifer K, Denckla MB, Mostofsky SH, Mahone EM. Anomalous Brain Development Is Evident in Preschoolers With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 2018; 24(6): 531–539. https://doi.org/10.1017/S1355617718000103

14- Bannett Y, Luo I, Azuero-Dajud R, Feldman HM, Brink FW, Froehlich TE, Harris HK, Kan K, Wallis KE, Whelan K, Spector L, Forrest CB. ADHD Diagnosis and Timing of Medication Initiation Among Children Aged 3 to 5 Years. *JAMA Netw Open*. 2025; 8(8): e2529610. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2025.29610

15- Wang Y, Liu J, Wu Y, Wei Y, Xie H, Zhang T, Zhang Z. A randomized, sham-controlled trial of high-definition transcranial direct current stimulation on the right orbital frontal cortex in children and adolescents with attention-deficit hyperactivity disorder. *Front Psychiatry*. 2023; 14: 987093. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2023.987093

16- Centers for Disease Control and Prevention. Data and statistics on ADHD [Internet]. Atlanta: CDC; 2024 [cited 2026 Aug 27]. Available from: https://www.cdc.gov/adhd/data/index.html

17- Krauel K, Brauer H, Breitling-Ziegler C, Freitag CM, Luckhardt C, Mühlherr A, Schütz M, Boxhoorn S, Ecker C, Castelo-Branco M, Sousa D, Pereira HC, Crisóstomo J, Schlechter F, Wrachtrup Calzado I, Siemann J, Moliadze V, Splittgerber M, Damiani G, Salvador RN, Ruffini G, Nowak R, Braboszcz C, Soria-Frisch A, Thielscher A, Buyx AM, Siniatchkin M, Dempfle A, Prehn-Kristensen A. Prefrontal transcranial direct current stimulation in pediatric attention-deficit/hyperactivity disorder: A randomized clinical trial. *JAMA Netw Open*. 2025; 8(2): e2460477. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.60477

18- You G, Pan X, Li J, Zhao S. Effects of transcranial direct current stimulation on modulating executive functions in healthy populations: A systematic review and meta-analysis. *Front Hum Neurosci*. 2024; 18: 1485037. https://doi.org/10.3389/fnhum.2024.1485037

19- Kessi M, Duan H, Xiong J, Chen B, He F, Yang L, et al. Attention-deficit/hyperactive disorder update. Front Mol Neurosci. 2022; 15: 925049. doi:10.3389/fnmol.2022.925049.

20- Li J, Hou X, Fan Q, Chen L. Efficacy and safety of transcranial direct current stimulation in ADHD: systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychiatry ADHD*. 2026; 17(1): 123-147. doi: 10.3389/fpsyt.2026.1747588

21- Danielson Danielson ML, Claussen AH, Bitsko RH, Katz SM, Newsome K, Blumberg SJ, Kogan MD, Ghandour R. ADHD Prevalence Among U.S. Children and Adolescents in 2022: Diagnosis, Severity, Co-Occurring Disorders, and Treatment. *J Clin Child Adolesc Psychol*. 2024; 53(3): 343-360. https://doi.org/10.1080/15374416.2024.2335625

22- Tahmasebi S, Karim Pourozife Khurani A. Comparing the effectiveness of two motivational manipulation methods and neurofeedback on reward sensitivity, delay discounting, and impulsivity in children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Iran Journal Psychiatry Clin Psychol*. 2021; 27(4): 458-473 **[In Persian]**

23- Azizi Aram S, Basharpour S, Atadokht A, Molavi P. The effectiveness of transcranial direct current stimulation (TDCS) on improving emotion regulation and dysfunctional attitudes in individuals with borderline personality disorder. *Journal Rouysh-e Ravanshenasi*. 2021; 10(7): 115-126. **[In Persian]**

24- Kirchner WK. Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *J Exp Psychol*. 1958; 55(4): 352-358. https://doi.org/10.1037/h0043688

25- Cosmo C, DiBiasi M, Lima V, Grecco LC, Muszkat M, Philip NS, de Sena EP. A systematic review of transcranial direct current stimulation effects in attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Affect Disord*. 2020; 276: 1-13. https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.06.054

26- Zhang M, Ma C, Liu Y, Ma X, Liu T, Jia F, Du L. Efficacy and safety of transcranial direct current stimulation for children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*. 2025; 50(4): E248-E266. https://doi.org/10.1503/jpn.250032

27- Chen Q, Pan N, Long Y, Qin K, Sangchooli A, Cao Y, Singh MK, Chen Y, Gong Q. Noninvasive Brain Stimulation in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis of Treatment Efficacy and Targeting Strategies. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*. 2026; 65(3): 369-391. https://doi.org/10.1016/j.jaac.2025.07.009

28- Yin Y, Wang X, Feng T. Noninvasive Brain Stimulation for Improving Cognitive Deficits and Clinical Symptoms in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Brain Sci*. 2024; 14(12): 1237. https://doi.org/10.3390/brainsci14121237

29- Kofler MJ, Singh LJ, Soto EF, Chan ESM, Miller CE, Harmon SL, Spiegel JA. Working memory and short-term memory deficits in ADHD: A bifactor modeling approach. *Neuropsychology*. 2020; 34(6): 686–698. https://doi.org/10.1037/neu0000641

30- Irwin LN, Soto EF, Chan ESM, Miller CE, Carrington-Forde S, Groves NB, Kofler MJ. Activities of daily living and working memory in pediatric attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Child Neuropsychol*. 2021; 27(4): 468–490. https://doi.org/10.1080/09297049.2020.1866521

31- Mohammadzadeghan R, Farid A, Chalabianlu Hasratanlo G, Mesrabadi J. Comparison of the effectiveness of mindfulness-based social-emotional learning program with/and without transcranial direct current stimulation on emotional self-regulation and problem-solving performance in students with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Shefaye Khatam*. 2023; 11(2): 52-64. **[In Persian]**

32- Chrysikou EG, Wing EK, van Dam WO. Transcranial direct current stimulation over the prefrontal cortex in depression modulates cortical excitability in emotion regulation regions as measured by concurrent functional magnetic resonance imaging: an exploratory study. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging*. 2022; 7(1): 85–94. https://oi.org/10.1016/j.bpsc.2019.12.004

33- Salvi C, Beeman M, Bikson M, McKinley R, Grafman J. TDCS to the right anterior temporal lobe facilitates insight problem-solving. *Sci Rep*. 2020; 10: 946. doi:10.1038/s41598-020-57724-1

34- Zhang M, Ma C, Liu Y, Ma X, Liu T, Jia F, Du L. Efficacy and safety of transcranial direct current stimulation for children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder: a systematic review and meta-analysis. *J Psychiatry Neurosci*. 2025; 50(4): E248–E266. https://doi.org/10.1503/jpn.250032

35- Westwood SJ, Criaud M, Lam SL, Lukito S, Wallace-Hanlon S, Kowalczyk OS, Kostara A, Mathew J, Agbedjro D, Wexler BE, Cohen Kadosh R, Asherson P, Rubia K. Transcranial direct current stimulation (tDCS) combined with cognitive training in adolescent boys with ADHD: a double-blind, randomised, sham-controlled trial. *Psychol Med*. 2023; 53(2): 497–512. https://doi.org/10.1017/S0033291721001859

36- Salehinejad MA, Wischnewski 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

37- Delavar A. Ravesh-e tahghigh dar ravanshenasi va olum-e tarbivati [Research methods in psychology and education]. Tehran: Virayesh; 2015. **[In Persian]**

38- Bush G, Spencer TJ, Holmes J, Shin LM, Valera EM, Seidman LJ, Makris N, Surman C, Aleardi M, Mick E, Biederman J. Functional magnetic resonance imaging of methylphenidate and placebo in attention-deficit/hyperactivity disorder during the multi-source interference task. *Arch Gen Psychiatry*. 2008; 65(1): 102–114. https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2007.16

39- Kasaean K, Kiamanesh A, Bahrami H. Comparison of working memory performance and attention maintenance in students with and without learning disabilities. *Journal Learn Disabil*. 2014; 4(3): 112-123. **[In Persian]**

40- Almasi M, Noroozi Homayoon M, Sharif A. The effectiveness of neurofeedback therapy and transcranial direct stimulation in cognitive dominance of children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Neuropsychology*. 2021; 7(2): 111–130. https://doi.org/10.30473/clpsy.2021.59266.1603. **[In Persian]**

41- Taghizadeh R, Nejati V, Mohammadzadeh A, Akbarzadeh Baghban A. Study of the development of auditory and visual working memory in elementary school students. *Journal Res Rehabil Sci*. 2014; 10(2): 239-249. **[In Persian]**

42- Patton JH, Stanford MS, Barratt ES. Factor structure of the Barratt Impulsiveness Scale. *J Clin Psychol*. 1995; 51(6): 768–774. https://doi.org/10.1002/1097-4679(199511)51:6<768::AID-JCLP2270510607>3.0.CO;2-1

43- Javid M, Mohammadi N, Rahimi CH. Psychometric properties of the Persian version of the 11th edition of the Barth Monogamy Scale. *Psychol Methods Models*. 2012; 2(8): 23-34. **[In Persian]**

44- Gandiga PC, Hummel FC, Cohen LG. Transcranial DC stimulation (tDCS): a tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation. *Clin Neurophysiol*. 2006; 117(4): 845–850. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.12.003

45- 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

46- Ramezani Gol-Afzani N, Karami A, Rostami R. The effect of electrical brain stimulation using direct current on verbal working memory of children with intellectual disabilities. *Sci Res J Psychol Methods Models*. 2021; 12(45): 49–58. https://doi.org/10.30495/jpmm.2021.26570.3245. **[In Persian]**

47- 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