



Comparing the Effectiveness of Cognitive Rehabilitation and Transcranial Direct Current Stimulation in Improving Response Inhibition in Students with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder

Mahsa Royanfar¹ , Mokhtar Weisani² , Hamzeh Ahmadian³

1. Department of Psychology, Sa.C., Islamic Azad University, Sanandaj, Iran. Email: 386020621@iau.ir

2. Assistant Professor, Department of Psychology and Counseling Education, Farhangian University, Tehran, Iran. Email: m.visani@cfu.ac.ir

3. Department of Psychology, Sa.C., Islamic Azad University, Sanandaj, Iran. Email: hamzehahmadian@iau.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received 21 September 2026
Received in revised form 02 October 2026
Accepted 12 October 2026
Published Online 23 October 2026

Keywords:
cognitive rehabilitation,
electrical brain stimulation,
response inhibition,
attention-deficit/hyperactivity
disorder (ADHD).

ABSTRACT

Background: Deficits in response inhibition are a core difficulty among students with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) and may adversely affect their academic performance and behavioral adjustment. Although cognitive rehabilitation and transcranial direct current stimulation (tDCS) have been used to improve executive functioning, evidence regarding their comparative effectiveness in improving response inhibition in these students remains limited. Comparing these interventions may therefore inform the selection of more effective approaches and enhance the quality of educational and clinical interventions.

Aims: This study aimed to compare the effectiveness of cognitive rehabilitation and tDCS in improving response inhibition in students with ADHD.

Methods: A quasi-experimental pretest-posttest design with a control group was employed. The study population comprised female students in Grades 4–6 attending primary schools in Hamadan, Iran, during the 2024–2025 academic year. Forty-five students with ADHD were selected through purposive sampling and randomly assigned to cognitive rehabilitation, tDCS, or control groups, with 15 participants in each group. The cognitive rehabilitation group received 12 sessions of an intervention based on the framework proposed by Miyake et al. (2000). The tDCS group received ten 10-minute sessions of stimulation at an intensity of 1.5 mA using an ActivaTek device. Data were collected using the Behavioral Inhibition System/Behavioral Activation System Scales (Carver & White, 1994) and the ADHD Rating Scale (DuPaul et al., 1998). Multivariate and univariate analyses of covariance were conducted using SPSS version 28.

Results: After controlling for pretest scores, the effect of group on improvement in response inhibition was statistically significant ($p < .001$). Bonferroni-adjusted pairwise comparisons indicated that both interventions were more effective than the control condition, and tDCS was more effective than cognitive rehabilitation ($p < .001$). A significant linear trend was also reported across the groups ordered as control, cognitive rehabilitation, and tDCS.

Conclusion: The findings highlight the potential of cognitive rehabilitation and tDCS to enhance response inhibition in students with ADHD. Incorporating these interventions into clinical programs, while accounting for individual needs and ensuring professional supervision and adherence to safety considerations, may help improve behavioral control in these students.

Citation: Royanfar, M., Weisani, M., & Ahmadian, H. (2026). Comparing the effectiveness of cognitive rehabilitation and transcranial direct current stimulation in improving response inhibition in students with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Psychological Science*, 25(164), 1-19. [10.66224/jps.25.164.19](https://doi.org/10.66224/jps.25.164.19)

Journal of Psychological Science, Vol. 25, No. 164, 2026

© The Author(s). DOI: [10.66224/jps.25.164.19](https://doi.org/10.66224/jps.25.164.19)



✉ **Corresponding Author:** Mokhtar Weisani. Assistant Professor, Department of Psychology and Counseling Education, Farhangian University, Tehran, Iran.

E-mail: m.visani@cfu.ac.ir, Tel: (+98)9126437992

Extended Abstract

Introduction

Attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) is a common neurodevelopmental disorder of childhood and adolescence characterized by inattention, hyperactivity, and impulsivity, with potentially adverse academic, social, and psychological consequences. According to the 2022 U.S. National Survey of Children's Health, 11.4% of children had ever received an ADHD diagnosis, while the prevalence of current ADHD was 10.5%; moreover, 77.9% of children with current ADHD had at least one co-occurring disorder (Danielson et al., 2024). Many students with ADHD experience difficulties in executive functions, particularly working memory, inhibitory control, and cognitive flexibility (Salehinejad, 2020). Response inhibition, a fundamental component of self-regulation, enables individuals to stop or withhold inappropriate responses, and deficits in this ability may be associated with dysfunction in frontal networks and the basal ganglia (Coutinho et al., 2018). The persistence of ADHD symptoms into adolescence and adulthood, together with their long-term consequences, underscores the need for effective interventions tailored to these students' needs (Ogundele & Ayyash, 2023).

Although pharmacological treatments are effective in reducing the core symptoms of ADHD, potential adverse effects, variability in treatment response, and residual cognitive difficulties highlight the need for complementary nonpharmacological interventions (Cortese et al., 2018). Cognitive rehabilitation uses structured exercises of progressively increasing difficulty to target processes such as attention, working memory, and response inhibition, drawing on approaches aimed at restoring impaired cognitive functions or compensating for cognitive deficits

(Ghasemi Mehrabadi et al., 2025; Jalilvand et al., 2022; Loetscher et al., 2019). However, its benefits are often observed on tasks similar to those practiced during training, while their generalization to academic performance and everyday functioning remains uncertain (Westwood et al., 2023). In contrast, transcranial direct current stimulation (tDCS) is a noninvasive technique that modulates cortical excitability by delivering a weak electrical current through electrodes placed on the scalp (Salehinejad et al., 2020; Soleimani & Kazemi-Monir, 2020). The involvement of prefrontal regions in executive control provides a theoretical basis for investigating the potential of this approach to improve response inhibition (Friedman & Robbins, 2022). Nevertheless, differences in stimulation parameters, participant characteristics, and assessment instruments have been associated with heterogeneous findings across studies (Huang & Liu, 2025).

Cognitive rehabilitation and tDCS target executive functioning through distinct and potentially complementary pathways: cognitive practice and learning, and the modulation of neural activity, respectively. Research examining combined approaches has also suggested potential benefits from integrating cognitive training with brain stimulation (Berger, 2021). However, evidence directly comparing these interventions in comparable populations using common outcome measures remains limited, particularly within the Iranian cultural and educational context. Furthermore, uncertainty regarding the generalization of cognitive rehabilitation gains and the dependence of stimulation outcomes on implementation conditions reinforce the need for comparative research. Such comparisons may support more informed professional decisions about interventions suited to students' needs. Accordingly, the present study addresses the following question: Do cognitive

rehabilitation and transcranial direct current stimulation differ in their effectiveness in improving response inhibition in students with ADHD?

Method

This applied, quantitative study employed a quasi-experimental pretest–posttest design with two intervention groups and one control group. The study population comprised girls aged 10–12 years in Grades 4–6 in Hamadan, Iran, who had attended counseling and psychological service centers for attention-deficit/hyperactivity-related difficulties during the 2024–2025 academic year. Of 143 attendees, 45 eligible students were selected through purposive sampling following screening, a review of clinical records, and specialist confirmation of an ADHD diagnosis based on DSM-5 criteria. Participants were then randomly assigned to three groups of 15. Data were collected using the parent-report ADHD rating scale attributed to DuPaul et al. (1998) and the seven-item Behavioral Inhibition System subscale developed by Carver and White (1994). The cognitive rehabilitation group received a program adapted from the executive functions framework proposed by Miyake et al. (2000), comprising twelve 60-minute sessions delivered over three months, supplemented with home practice assignments. The transcranial direct current stimulation group received ten 10-minute sessions at an intensity of 1.5 mA, three times per week, with the anode positioned at F4, corresponding to the right dorsolateral prefrontal cortex. The control group received no targeted intervention and participated only in activities unrelated to the study variables. Assessments were conducted before and immediately after the interventions. Written parental informed consent, data confidentiality, the right to withdraw,

and specialist supervision of stimulation safety were ensured. Data were analyzed using descriptive statistics and analysis of covariance, controlling for pretest scores, in SPSS version 28. Statistical assumptions were examined before analysis, and the significance level was set at .05.

Results

The study sample comprised 45 female students aged 10–12 years, equally allocated to the cognitive rehabilitation, transcranial direct current stimulation (tDCS), and control groups, with 15 participants in each group. The mean ages of the groups were 11.13, 10.87, and 10.93 years, respectively. Eleven-year-olds constituted the largest age category, while fourth-grade students constituted the largest grade-level category, each comprising 16 participants (35.6%). In the cognitive rehabilitation group, the mean outcome score increased from 66.40 (SD = 3.52) at pretest to 86.27 (SD = 2.87) at posttest. In the tDCS group, the mean score increased from 64.00 (SD = 2.67) to 86.60 (SD = 2.32), whereas the corresponding scores in the control group were 65.00 (SD = 3.25) and 65.33 (SD = 2.12). Thus, the mean increases in the cognitive rehabilitation, tDCS, and control groups were 19.87, 22.60, and 0.33 points, respectively. Regarding statistical assumptions, the Shapiro–Wilk tests provided no evidence of significant departures from normality (all $p > .05$), and Levene’s test was nonsignificant ($p = .143$). Box’s M test for the multivariate model was also nonsignificant (Box’s $M = 35.234$, $F = 1.516$, $p = .065$). These findings supported the assumptions examined; however, the use of analysis of covariance additionally requires assessment of the linear relationship between pretest and posttest scores and the homogeneity of regression slopes.

Table 1. Univariate Analysis of Covariance (ANCOVA) Results for Response Inhibition

Source	F	df	p	Observed power	Mean square
Group	615.590	2	.001	1.000	2211.474
Covariate (pretest score)	114.289	1	.001	1.000	410.576

The univariate ANCOVA revealed a significant group effect on posttest response inhibition scores after controlling for pretest scores, $F(2, 41) = 615.59$, $p = .001$. The effect of the pretest covariate was also significant, $F(1, 41) = 114.289$, $p = .001$. Adjusted

means were 87.494, 85.267, and 65.433 for the transcranial direct current stimulation (tDCS), cognitive rehabilitation, and control groups, respectively.

Table 2. Bonferroni-Adjusted Pairwise Comparisons of Response Inhibition Scores

Group comparison (I – J)	Mean difference (I – J)	Standard error	Adjusted p
tDCS – Cognitive rehabilitation	2.227	0.714	.01
Cognitive rehabilitation – Control	19.889	0.700	.001
tDCS – Control	22.056	0.696	.001

Bonferroni-adjusted pairwise comparisons indicated that both intervention groups had significantly higher scores than the control group ($p = .001$). The tDCS group also scored significantly higher than the cognitive rehabilitation group (mean difference = 2.227, $p = .01$).

Conclusion

The present study compared the effectiveness of cognitive rehabilitation and transcranial direct current stimulation (tDCS) in improving response inhibition in students with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). After controlling for pretest scores, significant between-group differences were found, and Bonferroni-adjusted comparisons indicated that both intervention groups had higher scores than the control group. The difference between the two interventions also significantly favored tDCS. At the broader level of cognitive functioning, the findings for cognitive rehabilitation are consistent with evidence regarding the potential of structured exercises to strengthen cognitive functions or compensate for cognitive deficits (Ghasemi Mehrabadi et al., 2025; Jalilvand et al., 2022). Drawing on restorative and compensatory principles, this approach uses repeated practice and alternative

strategies to enhance cognitive performance and reduce the consequences of cognitive deficits (Loetscher et al., 2019). Experience-dependent learning and neuroplasticity may represent possible mechanisms underlying these changes, although neither was directly assessed in the present study (Berger, 2021). Furthermore, given the limited transfer of training effects, higher posttest scores cannot be equated with sustained symptom reduction or generalized improvements in academic and social functioning (Westwood et al, 2023).

The findings for tDCS are also consistent with evidence suggesting that neuromodulation may improve certain cognitive processes (Salehinejad et al., 2020). Given the association between cognitive difficulties in ADHD and dysfunction in frontal networks and the basal ganglia, modulating prefrontal excitability may facilitate cognitive control and response regulation (Coutinho et al., 2018; Friedman & Robbins, 2022). However, heterogeneous findings across studies suggest that stimulation outcomes may depend on stimulation site, current intensity, number of sessions, participant characteristics, and assessment instruments (Huang & Liu, 2025). The observed difference between the interventions may

reflect their distinct pathways of action—practice and learning in cognitive rehabilitation versus modulation of neural activity in tDCS—but the mechanisms underlying this difference were not directly examined. Moreover, the absence of sham stimulation and insufficient evidence of matched intervention duration and therapeutic contact make it difficult to distinguish intervention-specific effects from factors such as treatment expectations and participant engagement. Accordingly, the observed advantage of tDCS is limited to the conditions of the present study.

The study was limited by its small sample size, the inclusion of only female students from a single geographical area, the absence of follow-up assessments, incomplete control over individual and environmental factors, the use of a fixed stimulation protocol, and the lack of neurophysiological measures. The absence of comprehensive assessments of academic, social, and emotional outcomes also limits conclusions about the generalization of changes to everyday functioning. Future studies should include larger and more diverse samples, medium- and long-term follow-up assessments, parent and teacher reports, and validated response inhibition tasks. Where feasible, they should also incorporate sham stimulation and assessors blinded to group allocation. Examining different stimulation protocols and combining cognitive training with brain stimulation may also be valuable, given the potential of these approaches. Integrating neurophysiological measures with functional outcomes could help clarify the mechanisms of action, the durability of changes, and the factors determining intervention response.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: This article is derived from the first author's doctoral dissertation at Islamic Azad

University, Sanandaj Branch. Informed parental consent and student assent were obtained, and voluntary participation, the right to withdraw without adverse consequences, and data confidentiality were emphasized. Interventions were tailored to the students' age and tolerance. For transcranial direct current stimulation (tDCS), contraindication screening, professional supervision, and adverse-effect monitoring were implemented. Participants' usual treatments continued unchanged.

Funding: This study was conducted as part of a doctoral dissertation and received no financial support.

Authors' contribution: This article is based on the first author's doctoral dissertation, completed under the supervision of the second author and with the advisory support of the third author.

Conflict of interest: The authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgments: The authors express their gratitude to the students who participated in this study.



مقایسه اثربخشی توانبخشی شناختی و تحریک الکتریکی مغز بر بهبود بازداری پاسخ دانش آموزان دارای اختلال بیش فعالی و کمبود توجه

مهسا رویانفر^۱، مختار ویسانی^۲، حمزه احمدیان^۳

۱. گروه روانشناسی، واحد سنج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنج، ایران. رایانامه: 386020621@iaui.ac.ir

۲. استادیار، گروه آموزش روانشناسی و مشاوره، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران. رایانامه: m.visani@cfu.ac.ir

۳. گروه روانشناسی، واحد سنج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنج، ایران. رایانامه: hamzehahmadian@iaui.ac.ir

چکیده

مشخصات مقاله

زمینه: کمبود بازداری پاسخ از مشکلات اساسی دانش آموزان دارای اختلال کمبود توجه/بیش فعالی است که می تواند عملکرد تحصیلی و سازگاری رفتاری آنان را مختل کند. باوجود کاربرد توانبخشی شناختی و تحریک الکتریکی مغز برای بهبود کارکردهای اجرایی، شواهد درباره اثربخشی مقایسه ای این دو مداخله بر بازداری پاسخ این دانش آموزان همچنان محدود است.

هدف: پژوهش حاضر باهدف مقایسه اثربخشی توانبخشی شناختی و تحریک الکتریکی مغز بر بهبود بازداری پاسخ دانش آموزان دارای اختلال بیش فعالی و کمبود توجه انجام شد.

روش: پژوهش حاضر با طرح نیمه آزمایشی پیش آزمون-پس آزمون با گروه گواه انجام شد. جامعه آماری شامل تمامی دانش آموزان دختر پایه های چهارم تا ششم ابتدایی شهر همدان در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ بود. از این جامعه، ۴۵ دانش آموز دارای اختلال کمبود توجه/بیش فعالی به روش نمونه گیری هدفمند انتخاب و به تصادف در سه گروه توانبخشی شناختی، تحریک الکتریکی مغز و گواه، هر گروه ۱۵ نفر، گمارده شدند. گروه توانبخشی شناختی، مداخله مبتنی بر بسته (میاک و همکاران، ۲۰۰۰) را طی ۱۲ جلسه دریافت کرد و گروه تحریک الکتریکی مغز، طی ۱۰ جلسه ۱۸ گویه ای، تحت تحریک جریان مستقیم با شدت ۱۸/۵ گویه ای با دستگاه AactivaTek قرار گرفت. ابزارهای گردآوری داده ها شامل پرسش نامه سیستم های بازداری/فعال سازی رفتاری (کارور و وایت، ۱۹۹۴) و پرسش نامه اختلال کمبود توجه/بیش فعالی (دوپال و همکاران، ۱۹۹۸) بود. داده ها با استفاده از تحلیل کوواریانس چندمتغیره و تک متغیره در نرم افزار SPSS نسخه ۲۸ تحلیل شدند.

یافته ها: نتایج نشان داد که پس از کنترل پیش آزمون، اثر گروه بر بهبود بازداری پاسخ معنادار بود ($p < 0.001$). مقایسه های بنفرونی نشان داد هر دو مداخله نسبت به گروه گواه مؤثرتر بودند و تحریک الکتریکی مغز نیز از توانبخشی شناختی اثربخشی بیشتری داشت ($p < 0.001$). همچنین، روند خطی در ترتیب گروه های گواه، توانبخشی شناختی و تحریک الکتریکی مغز معنادار گزارش شد.

نتیجه گیری: نتایج این پژوهش بر ظرفیت توانبخشی شناختی و تحریک الکتریکی مغز در تقویت بازداری پاسخ دانش آموزان دارای اختلال کمبود توجه/بیش فعالی تأکید دارد. بهره گیری از این مداخلات در برنامه های بالینی، با توجه به نیازهای فردی و تحت نظارت متخصصان و رعایت ملاحظات ایمنی، می تواند به بهبود کنترل رفتاری این دانش آموزان کمک کند.

استناد: رویانفر، مهسا؛ ویسانی، مختار؛ و احمدیان، حمزه (۱۴۰۵). مقایسه اثربخشی توانبخشی شناختی و تحریک الکتریکی مغز بر بهبود بازداری پاسخ دانش آموزان دارای اختلال بیش فعالی و کمبود توجه. *مجله علوم روانشناختی*، دوره ۲۵، شماره ۱، ۱۶۴-۱۹.

DOI: 10.66224/jps.25.164.19. ۱۴۰۵، شماره ۱، ۱۶۴، دوره ۲۵، شماره ۱، ۱۶۴، شماره ۱، ۱۹-۱۶۴.



© نویسنده گان.

✉ نویسنده مسئول: مختار ویسانی، استادیار، گروه آموزش روانشناسی و مشاوره، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران. رایانامه: m.visani@cfu.ac.ir

تلفن: ۰۹۱۲۶۴۳۷۹۹۲

مقدمه

اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی^۱ یکی از شایع‌ترین اختلالات عصب رشدی^۲ دوران کودکی و نوجوانی است که با الگوی پایدار بی‌توجهی^۳، بیش‌فعالی^۴ و تکانشگری^۵ مشخص می‌شود و در عملکرد تحصیلی، اجتماعی، خانوادگی و هیجانی فرد اختلال ایجاد می‌کند (پاپیت و همکاران، ۲۰۲۲). از نظر عصب روان‌شناختی، افراد مبتلا به اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی از جمله دانش‌آموزان و نوجوانان اغلب در کارکردهای اجرایی^۶ اصلی، به‌ویژه حافظه کاری^۷، کنترل بازداری و انعطاف‌پذیری شناختی^۸، دچار کمبود هستند (صالحی‌نژاد، ۲۰۲۰). این اختلال‌ها معمولاً با کم‌فعالی عملکردی و تغییرات انعطاف‌پذیری عصبی در شبکه‌های پیشانی آهیانه‌ای، به‌ویژه در قشر پیش‌پیشانی پشتی - جانبی، ارتباط دارند (لیو و همکاران، ۲۰۲۳). بر اساس پیمایش ملی سلامت کودکان آمریکا در سال ۲۰۲۲، ۱۱/۴ درصد کودکان سابقه تشخیص اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی داشتند و ۱۰/۵ درصد همچنان دارای این اختلال بودند؛ از میان کودکان دارای اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی فعلی، ۷۷/۹ درصد دست‌کم یک اختلال همبود داشتند (دانلیسون و همکاران، ۲۰۲۴). اگرچه نشانه‌های اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی معمولاً در سال‌های اولیه مدرسه برجسته‌تر می‌شوند، در بسیاری از افراد تا نوجوانی و بزرگسالی نیز تداوم می‌یابند و زمینه‌ساز پیامدهای نامطلوب بلندمدت در حوزه‌های تحصیلی، شغلی، روان‌شناختی و بین‌فردی می‌شوند (اوگوندل و آرایش، ۲۰۲۳).

دانش‌آموزان دارای اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی در مقایسه با همسالان خود، بیشتر در معرض افت تحصیلی، تکرار پایه، ارجاع برای دریافت خدمات آموزشی ویژه، تعلیق از مدرسه و ترک تحصیل قرار دارند (اسپانول-مارتین و همکاران، ۲۰۲۳). افزون بر مشکلات آموزشی، این دانش‌آموزان ممکن است در برقراری و حفظ روابط دوستانه، تعامل با والدین و خواهر و برادرها، تنظیم هیجان‌ها و کنترل رفتارهای خود نیز با دشواری مواجه شوند (مونتل و همکاران، ۲۰۲۶). طردشدن از سوی همسالان، کیفیت پایین‌تر روابط دوستی، کاهش عزت‌نفس و افزایش مشکلات رفتاری و هیجانی از جمله پیامدهایی است که می‌تواند کیفیت

زندگی این کودکان را تحت‌تأثیر قرار دهد (لی و همکاران، ۲۰۲۱)؛ بنابراین، اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی صرفاً مجموعه‌ای از نشانه‌های رفتاری نیست، بلکه اختلالی چندبعدی است که مسیر رشد و سازگاری تحصیلی و اجتماعی دانش‌آموزان را به‌طور معناداری تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (فو و همکاران، ۲۰۲۵).

یکی از مشکلات اساسی کودکان مبتلا به اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعال، کمبود در بازداری پاسخ^۹ است؛ به این معنا که کودک در متوقف کردن یا خودداری از پاسخ‌های جاری، به‌ویژه پاسخ‌هایی که به‌خوبی یاد گرفته شده‌اند، با دشواری مواجه می‌شود (گائو و همکاران، ۲۰۲۶). شواهد عصب‌شناختی نشان می‌دهد که کژ کاری قطعه پیشانی و عقده‌های قاعده‌ای می‌تواند در ایجاد و تشدید نشانه‌های بالینی این اختلال نقش داشته باشد (کوتینیو و همکاران، ۲۰۱۸). بازداری پاسخ یکی از مؤلفه‌های مهم کارکردهای اجرایی و زیربنای خودتنظیمی رفتاری است (شو و همکاران، ۲۰۲۰) و یافته‌ها نشان داده‌اند که کودکان مبتلا به اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی در مقایسه با گروه‌های کنترل، کمبود معناداری در این توانایی دارند (رفع‌خواه و همکاران، ۲۰۲۶). همچنین، پژوهش‌ها با استفاده از تکلیف توقف علامت نشان داده‌اند که این کودکان در متوقف کردن پاسخ‌های نامتناسب ضعف دارند و با افزایش شدت ویژگی‌های اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی، بازداری پاسخ ضعیف‌تر، زمان واکنش کندتر و تغییرپذیری پاسخ‌ها بیشتر می‌شود (آپنر و همکاران، ۲۰۲۱؛ سندریکا و همکاران، ۲۰۱۲).

اگرچه درمان‌های دارویی، به‌ویژه داروهای محرک و غیرمحرک، در کاهش نشانه‌های اصلی اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی مؤثرند، محدودیت‌هایی مانند عوارض جانبی احتمالی، پاسخ‌دهی متفاوت کودکان به درمان، نگرانی والدین درباره مصرف طولانی‌مدت دارو و تداوم مشکلات شناختی و تحصیلی در برخی دانش‌آموزان، ضرورت توجه به مداخلات غیردارویی را برجسته کرده است (کورتس و همکاران، ۲۰۱۸). در این بین، مداخلاتی که به‌طور مستقیم فرایندهای شناختی و عصبی

6. Executive Functions (EFs)

7. Working Memory (WM)

8. Cognitive Flexibility

9. Response Inhibition

1. Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD)

2. Neurodevelopmental Disorders

3. Inattention

4. Hyperactivity

5. Impulsivity

زیربنای اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی را هدف قرار می‌دهند، می‌توانند مکمل ارزشمندی برای درمان‌های رایج باشند (اوگوندل و آرایش، ۲۰۲۳). یکی از مهم‌ترین مداخلات غیردارویی در این زمینه، توانبخشی شناختی^۱ است که به مجموعه‌ای سازمان‌یافته از تمرین‌ها و راهبردهای درمانی اطلاق می‌شود و باهدف ترمیم، تقویت یا جبران نقایص شناختی طراحی شده است (قاسمی مهرآبادی و همکاران، ۲۰۲۵؛ جلیوند و همکاران، ۲۰۲۲). این مداخله معمولاً از تمرین‌های رایانه‌ای یا کاغذ و قلم استفاده می‌کند و با تنظیم تدریجی سطح دشواری تکالیف، فرایندهایی مانند توجه، حافظه کاری، سرعت پردازش، انعطاف‌پذیری شناختی و بازداری پاسخ را هدف قرار می‌دهد (ساهلبرک و ماتر، ۲۰۱۷). برنامه‌های آموزش سازشی رایانه‌ای، از طریق درگیرکردن مکرر شبکه‌های عصبی مرتبط با حافظه کاری و تمرین مستمر آن‌ها، می‌توانند زمینه ایجاد تغییرات مثبتی بر انعطاف‌پذیری عصبی را فراهم کنند (برگر، ۲۰۲۱). توانبخشی شناختی بر دو اصل اساسی استوار است: اصل ترمیم که بر تمرین و تکرار برای تقویت کارکرد شناختی آسیب‌دیده تأکید دارد، و اصل جبرانی که با استفاده از راهبردهای جایگزین، آثار کمبود شناختی را در عملکرد روزمره کاهش می‌دهد (لوتچر و همکاران، ۲۰۱۹). یافته‌ها نشان داده‌اند که این تمرین‌ها می‌توانند به بهبود حافظه کاری و کنترل توجه در کودکان مبتلا به اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی منجر شوند؛ بااین‌حال، شواهد موجود نشان می‌دهند که آثار این مداخلات بیشتر در قالب انتقال نزدیک، یعنی بهبود عملکرد در تکالیف مشابه با تمرین‌های آموزش داده‌شده و افزایش کوتاه‌مدت نمره‌های روان‌سنجی حافظه، مشاهده می‌شود و تعمیم گسترده آن‌ها به موقعیت‌های واقعی زندگی، محیط کلاس درس و عملکرد تحصیلی همچنان محل بحث است (وستوود و همکاران، ۲۰۲۳).

مداخله نوین دیگری که در سال‌های اخیر در حوزه علوم اعصاب شناختی مورد توجه قرار گرفته است، تحریک الکتریکی فراجمعه‌ای با جریان مستقیم^۲ است (صالحی‌نژاد و همکاران، ۲۰۲۰؛ سلیمانی و کاظمی‌منیر، ۱۳۹۹). تحریک الکتریکی فراجمعه‌ای با جریان مستقیم روشی غیرتهاجمی برای تعدیل عصبی است که از طریق اعمال جریان‌های الکتریکی ضعیف به‌وسیله الکترودهای قرار گرفته روی پوست سر،

تحریک‌پذیری قشر مغز را در نواحی هدف، مانند قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی^۳ یا نواحی پیش‌پیشانی راست، تغییر می‌دهد (کروئل، ۲۰۲۵). مرورهای نظام‌مند و فراتحلیل‌ها نشان داده‌اند که tDCS فعال می‌تواند سرعت حافظه کاری و شاخص‌های کنترل اجرایی را بهبود بخشد (این‌دلاستری و همکاران، ۲۰۲۱). بااین‌حال، نتایج کارآزمایی‌های بالینی نشان می‌دهند که پیامدهای این روش ممکن است به میزان بهینه‌سازی پارامترهای تحریک وابسته باشد. افزون بر این، برخی پروتکل‌های اجراشده بر روی کودکان، در شاخص‌های خاصی از دقت حافظه کاری، نتایج متفاوت یا حتی فاقد اثر معنادار گزارش کرده‌اند (کروئل، ۲۰۲۵؛ گیمارائس، ۲۰۲۴). از آنجاکه نواحی پیش‌پیشانی مغز، به‌ویژه قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی، در فرایندهایی مانند توجه، حافظه کاری، بازداری پاسخ و خودتنظیمی نقش مهمی دارند، تحریک این نواحی می‌تواند ظرفیت بالقوه‌ای برای بهبود کارکردهای اجرایی در دانش‌آموزان مبتلا به اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی داشته باشد (فریدمن و رابینز، ۲۰۲۲). پژوهش‌های اولیه درباره کاربرد tDCS در اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی، نتایج امیدوارکننده‌ای را در زمینه بهبود توجه، حافظه کاری، کنترل تکانه و بازداری پاسخ گزارش کرده‌اند؛ بااین‌حال، تفاوت در محل تحریک، شدت جریان، تعداد جلسات، ویژگی‌های نمونه‌ها و ابزارهای سنجش موجب شده است که نتایج مطالعات کاملاً یکسان و قطعی نباشند (برندات و زینچنکو، ۲۰۲۵؛ هوانگ و لیو، ۲۰۲۵).

باوجود آنکه tDCS روشی نسبتاً ایمن، غیرتهاجمی و کم‌هزینه شناخته می‌شود، تعیین میزان اثربخشی واقعی آن در مقایسه با مداخلات شناختی فعال و ساختاریافته، به‌ویژه در جمعیت دانش‌آموزی، همچنان ضرورتی پژوهشی و کاربردی دارد. در کارآزمایی‌های جدید، ترکیب هم‌زمان پروتکل‌های تحریک مغزی، مانند tDCS یا تحریک با جریان نوین تصادفی، با تمرین‌های مربوط به کارکردهای اجرایی و آموزش شناختی نیز بررسی شده است. هدف از این رویکردهای ترکیبی، بهره‌گیری هم‌زمان از تعدیل عصبی بیرونی و انعطاف‌پذیری عصبی درونی است. نتایج پژوهش برگر (۲۰۲۱) نشان داد که این روش‌ها می‌توانند برای ایجاد بهبودهای

3. Dorsolateral Prefrontal Cortex (DLPFC)

1. Cognitive Rehabilitation

2. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)

شناختی و رفتاری پایدارتر در کودکان و نوجوانان مبتلا به اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی که دارو مصرف نمی‌کنند، ظرفیت امیدبخشی داشته باشند. باتوجه‌به اینکه توانبخشی شناختی از طریق تمرین مستقیم و تکرار شونده مهارت‌های شناختی عمل می‌کند، اما tDCS از طریق تعدیل فعالیت عصبی و افزایش یا کاهش تحریک‌پذیری قشر مغز بر فرایندهای شناختی اثر می‌گذارد، مقایسه این دو رویکرد می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره مناسب‌ترین مداخله برای ارتقای کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان دارای اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی فراهم کند. باوجود انجام پژوهش‌هایی درباره اثربخشی جداگانه هر یک از این روش‌ها، مطالعاتی که این دو مداخله را به‌طور مستقیم، در جمعیتی همسان و با شاخص‌های مشترک کارکردهای اجرایی مقایسه کرده باشند، به‌ویژه در بستر فرهنگی و آموزشی ایران، محدود است. این خلأ پژوهشی سبب می‌شود متخصصان روان‌شناسی، مشاوران مدارس، درمانگران و خانواده‌ها شواهد کافی برای انتخاب مداخله مؤثرتر در اختیار نداشته باشند. براین‌اساس، سؤال اصلی پژوهش حاضر این است که آیا بین توانبخشی شناختی و تحریک الکتریکی فراجمعه‌ای با جریان مستقیم در بهبود بازداری پاسخ دانش‌آموزان دارای اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی تفاوت وجود دارد؟

روش

الف) طرح پژوهش و شرکت‌کنندگان

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، کمی و نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه گواه و دو گروه آزمایش بود. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی دانش‌آموزان دختر ۱۰ تا ۱۲ ساله پایه‌های چهارم، پنجم و ششم دوره دوم ابتدایی شهر همدان در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ بود که تعداد آنان ۱۴۳ نفر بود و به دلیل مشکلات مرتبط با کمبود توجه و بیش‌فعالی به مراکز مشاوره و خدمات روان‌شناختی شهر همدان مراجعه کرده بودند. ابتدا از میان دانش‌آموز مراجعه‌کننده، پرسش‌نامه اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی (دوپال و همکاران، ۱۹۹۸) برای والدین اجرا و پرونده‌های بالینی دانش‌آموزان بررسی شد؛ سپس، ۱۱۰ دانش‌آموز دارای نشانه‌های اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی در سطح یک انحراف معیار بالاتر از میانگین و با تأیید

اولیه متخصصان مراکز شناسایی شدند. از میان افراد واجد شرایط، ۴۵ نفر با روش نمونه‌گیری هدفمند و بر اساس ملاک‌های ورود، شامل تشخیص اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی بر مبنای DSM-5 توسط متخصص، تحصیل در پایه‌های چهارم تا ششم مدارس دولتی شهر همدان، برخورداری از سلامت جسمانی، نداشتن اختلالات عصبی، روان‌پزشکی یا جسمی مزمن مؤثر بر عملکردهای شناختی و کسب رضایت‌نامه کتبی والدین، انتخاب شدند. سپس، شرکت‌کنندگان به‌صورت تصادفی در سه گروه ۱۵ نفره شامل گروه آزمایش اول (توانبخشی شناختی)، گروه آزمایش دوم (تحریک الکتریکی فراجمعه‌ای با جریان مستقیم) و گروه گواه گمارده شدند. همچنین، سابقه دریافت درمان‌های روان‌شناختی یا مصرف داروهای روان‌گردان در شش ماه گذشته، وجود اختلالات همبود جدی، سابقه تشنج یا صرع، غیبت یا عدم همکاری در جلسات، تکمیل نکردن برنامه مداخله و انصراف دانش‌آموز یا مخالفت والدین، از جمله ملاک‌های خروج از پژوهش بود.

ب) ابزار

پرسش‌نامه بازداری رفتاری (BIS): پرسش‌نامه سیستم‌های بازداری/فعال‌سازی رفتاری را کارور و وایت در سال ۱۹۹۴ تدوین کردند. این ابزار شامل ۲۴ گویه خودگزارشی است که ۲۰ گویه آن نمره‌گذاری می‌شود و چهار گویه انحرافی در محاسبه نمره‌ها نقشی ندارند. این پرسش‌نامه شامل خرده‌مقیاس سیستم بازداری رفتاری با هفت گویه و سیستم فعال‌سازی رفتاری با ۱۳ گویه است؛ سیستم فعال‌سازی رفتاری نیز سه مؤلفه سائق، پاسخ‌دهی به پاداش و جست‌وجوی سرگرمی را به‌ترتیب با چهار، پنج و چهار گویه دربرمی‌گیرد. پاسخ‌ها در طیف لیکرت چهاردرجه‌ای نمره‌گذاری می‌شوند و پس از اعمال نمره‌گذاری معکوس مطابق کلید، نمره بالاتر بیانگر حساسیت بیشتر سیستم مربوط است. دامنه نمره سیستم بازداری رفتاری ۷ تا ۲۸، سیستم فعال‌سازی رفتاری ۱۳ تا ۵۲ و مؤلفه‌های سائق، پاسخ‌دهی به پاداش و جست‌وجوی سرگرمی به‌ترتیب ۴ تا ۱۶، ۵ تا ۲۰ و ۴ تا ۱۶ است؛ نمرات دو سیستم به‌صورت جداگانه تفسیر می‌شوند. در پژوهش حاضر، صرفاً از خرده‌مقیاس هفت‌گویه‌ای بازداری رفتاری استفاده شد و مؤلفه‌های سیستم فعال‌سازی رفتاری در تحلیل‌ها وارد نشدند. کارور و وایت (۱۹۹۴) همسانی درونی سیستم‌های بازداری و

^۱. Behavioral Inhibition Scales

شوند. در پژوهش حاضر ضریب آلفای کرونباخ محاسبه و برای اختلال کمبود توجه ۰/۷۳ و برای بیش‌فعالی ۰/۷۷ به دست آمد.

مداخله تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم (tDCS): مداخله تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم در گروه آزمایش دوم اجرا شد. tDCS روشی غیرتهاجمی برای تعدیل فعالیت قشری مغز است که در آن جریان الکتریکی مستقیم، ضعیف و کنترل‌شده از طریق الکترودهای قرار گرفته بر پوست سر به ناحیه هدف مغزی اعمال می‌شود. این جریان با تغییر پتانسیل غشای نورون‌ها، می‌تواند تحریک‌پذیری قشری و فرایندهای پلاستیسته عصبی را تعدیل کند؛ به‌طوری‌که تحریک آندی عموماً با افزایش و تحریک کاتدی با کاهش تحریک‌پذیری قشر مغز همراه است (نیتشه و پائولوس، ۲۰۰۱؛ استگ و نیتشه، ۲۰۱۱). در این پژوهش، تحریک با استفاده از دستگاه tDCS شرکت AactivaTek ساخت تایوان انجام شد. دستگاه مذکور با باتری ۹ ولتی کار می‌کند و دارای حداکثر شدت جریان ۴ میلی‌آمپر و حداکثر ولتاژ ۸۰ ولت از نوع جریان مستقیم است. در پروتکل حاضر، الکترود آند بر روی نقطه F4، مطابق با سیستم بین‌المللی ۱۰-۲۰ الکتروانسفالوگرافی و متناظر با قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی راست، قرار گرفت؛ این ناحیه در فرایندهای اجرایی از جمله حافظه فعال، توجه، برنامه‌ریزی و بازداری پاسخ نقش اساسی دارد و در کودکان دارای اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی می‌تواند دچار نارسایی عملکردی باشد. شدت جریان اعمال‌شده ۱/۵ میلی‌آمپر و مدت هر جلسه ۱۰ دقیقه بود و مداخله در مجموع طی ۱۰ جلسه، با فراوانی سه جلسه در هفته، ارائه شد. محل قرارگیری الکترود کاتد باید در متن نهایی پژوهش به‌طور دقیق مشخص شود؛ برای مثال، می‌تواند بر روی ناحیه فوق‌چشمی چپ (Fp1)، ورتکس (Cz) یا شانه مقابل قرار گیرد، زیرا محل کاتد بر الگوی میدان الکتریکی و آثار احتمالی تحریک اثرگذار است. در طول جلسات، شرکت‌کنندگان از نظر عوارض احتمالی و گذرایی مانند خارش، احساس سوزن‌سوزن‌شدن، سوزش خفیف یا قرمزی پوست در ناحیه الکترود پایش شدند و در صورت بروز هرگونه ناراحتی قابل‌توجه، جلسه متوقف و ارزیابی لازم انجام می‌گرفت.

فعال‌سازی رفتاری را به‌ترتیب ۰/۷۴ و ۰/۷۱ گزارش کردند. در بررسی نسخه فارسی روی دانشجویان شیراز، محمدی (۱۳۸۷) ویژگی‌های روان‌سنجی مقیاس را مطلوب و ضرایب پایایی بازآزمایی سیستم‌های بازداری و فعال‌سازی رفتاری را به‌ترتیب ۰/۷۱ و ۰/۶۸ گزارش کرد. همچنین، عبدالحی مجارشین و همکاران (۱۳۹۱) ضرایب بازآزمایی این دو سیستم را به‌ترتیب ۰/۸۱ و ۰/۷۸ به دست آوردند. در پژوهش حاضر، پایایی خرده‌مقیاس بازداری رفتاری با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ ۰/۷۹ به دست آمد.

پرسش‌نامه اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی (ADHD-RS):^۱ مقیاس درجه‌بندی اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی، نسخه چهارم، توسط دوپال و همکاران در سال ۱۹۹۸ تدوین شد. نسخه ۱۸ گویه‌ای مورد استفاده در پژوهش حاضر شامل دو خرده‌مقیاس بی‌توجهی و بیش‌فعالی/تکانشگری است؛ گویه‌های ۱ تا ۹ نشانه‌های بی‌توجهی و گویه‌های ۱۰ تا ۱۸ نشانه‌های بیش‌فعالی/تکانشگری را ارزیابی می‌کنند. این مقیاس دارای فرم‌های والدین و معلمان است که در پژوهش حاضر از فرم والدین استفاده شد. پاسخ‌ها در طیف چهاردرجه‌ای شامل «اصلاً»، «کمی»، «نسبتاً زیاد» و «خیلی زیاد»، به‌ترتیب از صفر تا سه نمره‌گذاری می‌شوند. دامنه نمره مجموع خرده‌مقیاس صفر تا ۲۷ و نمره کل صفر تا ۵۴ است. همچنین، با تقسیم مجموع نمرات هر خرده‌مقیاس بر ۹ و مجموع نمرات کل بر ۱۸، میانگین نمرات در دامنه صفر تا سه محاسبه می‌شود؛ نمره بالاتر نشان‌دهنده شدت بیشتر نشانه‌هاست. دوپال و همکاران (۱۹۹۸)، ضریب آلفای کرونباخ فرم والدین را برای خرده‌مقیاس‌های بی‌توجهی و بیش‌فعالی/تکانشگری به‌ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۷۹ گزارش کردند. این پژوهش همچنین از ساختار سه‌عاملی نسخه ۱۸ گویه‌ای، شامل بی‌توجهی، بیش‌فعالی/تکانشگری و نافرمانی مقابله‌ای، حمایت کرد. صدرالسادات و همکاران (۱۳۸۹)، در نسخه فارسی فرم والدین، ضرایب پایایی بازآزمایی ۰/۸۸، آلفای کرونباخ ۰/۹۵، دونیمه‌سازی ۰/۷۳ و ضریب روایی ملاکی را ۰/۵۵ گزارش کردند. این ابزار برای ارزیابی شدت نشانه‌ها و کمک به غربالگری به کار می‌رود و نتایج آن باید همراه با مصاحبه بالینی و سایر اطلاعات تشخیصی تفسیر

^۱. Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Rating Scale

^۲. Transcranial Direct Current Stimulation Intervention

بسته آموزشی توانبخشی شناختی (CRTP):^۱ مداخله توانبخشی شناختی در گروه آزمایش اول اجرا شد. محتوای این بسته با اقتباس از الگوی کارکردهای اجرایی میاکه و همکاران (۲۰۰۰) تدوین شد. این برنامه، مجموعه‌ای ساختاریافته از تمرین‌های شناختی دیداری و شنیداری، بازی‌محور و مبتنی بر تکلیف است که باهدف تقویت ظرفیت نگهداری و دست‌کاری اطلاعات، حفظ و تداوم توجه، مهار پاسخ‌های تکانشی و نامناسب و توانایی تغییر انعطاف‌پذیر میان قواعد و محرک‌ها طراحی شد. تمرین‌های برنامه شامل فعالیت‌های به‌خاطر سپاری کارت‌ها، اعداد، اشکال هندسی، کلمات و الگوها برای تقویت حافظه فعال؛ تمرین‌های جست‌وجوی دیداری و شنیداری، شناسایی محرک هدف و فعالیت‌های مبتنی بر آزمون‌های عملکرد پیوسته (CPT) و IVA برای ارتقای توجه مداوم؛ و فعالیت‌هایی نظیر پاسخ معکوس بله/خیر، بازی چراغ راهنمایی، تطابق محرک‌های ناهمگون، بازداری رقم، تکالیف برگرفته از فلانکر، استروپ فضایی و توقف علامت برای بهبود بازداری پاسخ بود. همچنین، فعالیت‌هایی مانند دسته‌بندی کارت‌ها و جابه‌جایی بین قواعد، به‌منظور تقویت انعطاف‌پذیری شناختی در برنامه گنجانده شد. بسته آموزشی طی ۱۲ جلسه ۶۰ دقیقه‌ای، در یک دوره سه‌ماهه اجرا شد و در پایان هر جلسه، تمرین‌های خانگی متناسب با محتوای آموزشی به دانش‌آموزان و والدین آنان ارائه شد تا تداوم تمرین و تعمیم مهارت‌ها به محیط خانه و مدرسه تسهیل شود. شواهد مربوط به روایی محتوایی و توافق ارزیابان درباره اجزای این مداخله در پژوهش ارجمندینا (۱۳۹۹) تأیید شده است؛ به‌طوری‌که ضریب توافق ارزیابان برای مداخلات حافظه فعال و بازداری ۰/۹۴ و برای مداخلات توجه ۰/۸۹ گزارش شده است. در جدول ۱ خلاصه آموزش ارائه شده است.

ج) روش اجرا

پس از اخذ معرفی‌نامه از دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج و دریافت مجوزهای لازم از اداره آموزش و پرورش شهر همدان، سازمان بهزیستی و کمیته اخلاق دانشگاه، فرایند شناسایی و انتخاب دانش‌آموزان واجد شرایط آغاز شد. سپس، اهداف، مراحل اجرا، منافع و مخاطرات احتمالی پژوهش به والدین یا قیم قانونی دانش‌آموزان توضیح داده شد و رضایت‌نامه کتبی آگاهانه از آنان دریافت گردید. در مرحله پیش‌آزمون، تمامی دانش‌آموزان

منتخب در سه گروه توانبخشی شناختی، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم و گروه کنترل، با استفاده از ابزارهای پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از اجرای پیش‌آزمون، دانش‌آموزان گروه آزمایش اول در جلسات توانبخشی شناختی شرکت کردند. دانش‌آموزان گروه آزمایش دوم نیز تحت مداخله تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم قرار گرفتند؛ در این مداخله، جریان مستقیم با شدت ۱/۵ میلی‌آمپر به مدت ۱۰ دقیقه از طریق الکترود آند قرار گرفته بر نقطه F4، متناظر با قشر پیش‌پیشانی پستی جانبی راست، اعمال شد. اجرای تحریک با رعایت کامل ملاحظات ایمنی، پایش عوارض احتمالی و نظارت فرد متخصص انجام گرفت. گروه کنترل هیچ‌گونه مداخله درمانی اختصاصی دریافت نکرد؛ باین‌حال، به‌منظور کنترل نسبی اثر توجه و انتظار، در طول دوره پژوهش در فعالیتی غیرمرتبط با متغیرهای پژوهش، مانند مشاهده فیلم کوتاه آموزشی، شرکت داده شدند. بلافاصله پس از اتمام دوره مداخلات، هر سه گروه با استفاده از همان ابزارهای مرحله پیش‌آزمون مجدداً ارزیابی شدند. در تمام مراحل پژوهش، اصل محرمانگی اطلاعات، ناشناس بودن داده‌ها، حق انصراف آزادانه از پژوهش در هر مرحله، احترام به شأن و حقوق دانش‌آموزان و والدین آنان، و استفاده از داده‌ها صرفاً برای اهداف علمی رعایت شد. همچنین، نتایج پژوهش بدون افشای هویت شرکت‌کنندگان گزارش شد و در صورت مشاهده نیازهای روان‌شناختی یا درمانی، راهنمایی و ارجاع لازم به والدین ارائه گردید. داده‌های گردآوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۸ تحلیل شد. در بخش آمار توصیفی، از شاخص‌های فراوانی، درصد، میانگین و انحراف معیار برای توصیف ویژگی‌های جمعیت‌شناختی و متغیرهای پژوهش استفاده شد. در بخش آمار استنباطی، به‌منظور بررسی اثربخشی توانبخشی شناختی و تحریک الکتریکی مغز بر کارکردهای اجرایی و مؤلفه‌های آن، با کنترل اثر نمرات پیش‌آزمون، از تحلیل کوواریانس تک‌متغیری و تحلیل کوواریانس چندمتغیری استفاده شد. پیش از اجرای تحلیل‌ها، مفروضه‌های آماری شامل نرمال بودن توزیع داده‌ها، همگنی واریانس‌ها، همگنی ماتریس‌های کوواریانس، خطی بودن رابطه متغیرهای وابسته و پیش‌آزمون و نیز همگنی شیب‌های رگرسیون بررسی شد. سطح معناداری آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

^۱. Cognitive Rehabilitation Training Package

جدول ۱. محتوای جلسات بسته توانبخشی شناختی (میاکه و همکاران، ۲۰۰۰)

جلسه	بیان هدف	شرح مداخله	تکلیف
اول	آشنایی با برنامه توانبخشی شناختی و تبیین نقش خانواده	معرفی اهداف و ساختار برنامه؛ تبیین مفهوم کارکردهای اجرایی و نقش آن‌ها در زندگی روزمره، عملکرد تحصیلی و روابط اجتماعی؛ تشریح نقش حمایتی و نظارتی والدین در اجرای تمرین‌های خانگی.	آشنایی والدین با نحوه همراهی با دانش‌آموز و نظارت بر انجام تمرین‌های خانگی.
دوم	بهبود حافظه فعال دیداری، توجه مداوم دیداری و بازداری پاسخ	معرفی دستورالعمل تکالیف حافظه فعال دیداری، پاسخ معکوس و جست‌وجوی نشانه‌های دیداری؛ توضیح نحوه انجام تکالیف خانگی.	به‌خاطر سپاری کارت‌های حافظه بر اساس دستورالعمل؛ اجرای تمرین پاسخ معکوس «بله و خیر» و پانتومیم «نشین و بایست»؛ جست‌وجوی نشانه‌های دیداری با استفاده از تمرین‌های مبتنی بر تکالیف IVA و CPT؛ تعیین تکلیف خانگی.
سوم	تقویت حافظه فعال دیداری، توجه مداوم دیداری و بازداری پاسخ	مرور دستورالعمل تمرین‌های جلسه پیشین؛ آموزش تکالیف یادسپاری الگوهای دیداری و تطابق اعداد؛ تشریح شیوه اجرای تمرین‌ها برای خانواده.	مرور تمرین‌های جلسه قبل و دریافت بازخورد؛ به‌خاطر سپاری الگوهای اشکال هندسی و چوبک‌ها؛ تطابق اعداد نوشتاری و ریاضی؛ اجرای تمرین توجه دیداری با محرک‌های عددی مبتنی بر IVA و CPT؛ تعیین تکلیف خانگی.
چهارم	تقویت حافظه فعال دیداری و شنیداری، توجه مداوم شنیداری و بازداری پاسخ	آموزش دستورالعمل یادسپاری اعداد در قالب دیداری و شنیداری؛ توضیح قواعد تمرین بازداری کلمه و شناسایی کلمه هدف در تکالیف شنیداری.	به‌خاطر سپاری اعداد با استفاده از مکعب‌ها در قالب دیداری و شنیداری؛ اجرای تمرین‌های بازداری کلمه؛ شناسایی کلمه هدف در تمرین‌های توجه شنیداری مبتنی بر IVA و CPT؛ ارائه بازخورد و تعیین تکلیف خانگی.
پنجم	بهبود حافظه فعال دیداری، توجه مداوم شنیداری و بازداری پاسخ	آموزش دستورالعمل یادسپاری توالی محرک‌های دیداری؛ توضیح قواعد پاسخ‌دهی و بازداری در بازی‌های مبتنی بر علائم راهنمایی؛ تشریح تمرین‌های خانگی برای والدین.	به‌خاطر سپاری ترتیب ماشین‌های رنگی در تونل؛ اجرای بازی چراغ راهنمایی و علائم راهنمایی؛ انجام تمرین‌های توجه شنیداری مبتنی بر IVA و CPT؛ تعیین تکلیف خانگی.
ششم	مرور و تثبیت آموخته‌ها	مرور محتوای پنج جلسه نخست؛ رفع ابهام درباره دستورالعمل تمرین‌ها و نحوه انجام تکالیف خانگی.	تکرار تمرین‌های جلسات پیشین؛ بررسی میزان مشارکت دانش‌آموزان و خانواده‌ها و دشواری‌های آنان در انجام تکالیف؛ ارائه بازخورد اصلاحی.
هفتم	تقویت حافظه فعال دیداری و شنیداری، توجه مداوم و بازداری پاسخ	آموزش دستورالعمل یادسپاری محرک‌های دیداری و کلامی؛ تشریح قواعد تمرین بازداری رقم و بیان تعداد ارقام؛ توضیح تکالیف توجه دیداری و شنیداری.	به‌خاطر سپاری مکعب‌ها، لیوان‌های رنگی و کلمات؛ اجرای تمرین بازداری رقم و بیان تعداد ارقام؛ انجام تمرین‌های توجه دیداری و شنیداری مبتنی بر IVA و CPT؛ تعیین تکلیف خانگی.
هشتم	بهبود حافظه فعال دیداری، توجه مداوم دیداری و شنیداری و بازداری پاسخ	آموزش دستورالعمل یادسپاری حروف و کلمات؛ توضیح قواعد تمرین علامت راهنما و شمارش اعداد به‌صورت مستقیم و معکوس؛ مرور شیوه اجرای تکالیف توجه.	به‌خاطر سپاری مکعب‌های حاوی حروف و کلمات؛ اجرای تمرین علامت راهنما؛ شمارش اعداد به‌صورت روبه‌جلو و معکوس؛ انجام تمرین‌های توجه دیداری و شنیداری؛ تعیین تکلیف خانگی.
نهم	تقویت حافظه فعال، توجه مداوم و بازداری پاسخ	آموزش دستورالعمل یادسپاری کارت‌ها و تصاویر؛ تشریح قواعد بازی با توپ‌های رنگی با تأکید بر رنگ غالب و پای غالب؛ معرفی دستورالعمل تمرین نرم‌افزاری برگرفته از آزمون فلاتکر.	به‌خاطر سپاری کارت‌های رنگی و تصاویر بر اساس دستورالعمل؛ بازی با توپ‌های رنگی با تأکید بر رنگ غالب و پای غالب؛ اجرای تمرین نرم‌افزاری بازداری برگرفته از آزمون فلاتکر؛ انجام تمرین‌های توجه دیداری و شنیداری؛ تعیین تکلیف خانگی.
دهم	بهبود حافظه فعال شنیداری، توجه مداوم دیداری و بازداری پاسخ	آموزش دستورالعمل یادسپاری و دست‌کاری محرک‌های کلامی؛ توضیح قواعد تطابق تصاویر و اسامی ناهمگون؛ معرفی دستورالعمل تمرین نرم‌افزاری برگرفته از آزمون استروپ فضایی.	به‌خاطر سپاری افعال و کلمات؛ حذف حروف مشخص و یادآوری کلمه جدید؛ تطابق تصاویر و اسامی ناهمگون؛ اجرای تمرین نرم‌افزاری بازداری برگرفته از آزمون استروپ فضایی؛ انجام تمرین‌های توجه دیداری و شنیداری؛ تعیین تکلیف خانگی.

جلسه	بیان هدف	شرح مداخله	تکلیف
یازدهم	تقویت حافظه فعال دیداری، توجه مداوم و بازداری پاسخ	آموزش دستورالعمل تمرین «اتاق پرو» برای یادسازی رنگ لباس و نام افراد؛ معرفی قواعد تمرین نرم افزاری برگرفته از آزمون علامت توقف؛ مرور دستورالعمل تکالیف توجه.	اجرای تمرین «اتاق پرو»؛ اجرای تمرین نرم افزاری بازداری برگرفته از آزمون علامت توقف؛ انجام تمرین های توجه دیداری و شنیداری؛ ارائه بازخورد و تعیین تکلیف خانگی.
دوازدهم	جمع بندی و تثبیت مهارت های شناختی	جمع بندی محتوای مرتبط با حافظه فعال دیداری و شنیداری، بازداری پاسخ و توجه مداوم؛ ارائه توصیه هایی برای تداوم تمرین ها در خانه.	مرور و تکرار فعالیت های منتخب جلسات گذشته؛ ارزیابی کیفی میزان پیشرفت دانش آموزان؛ پاسخ گویی به پرسش های والدین.

یافته ها

یافته های توصیفی نشان داد که نمونه پژوهش شامل ۴۵ دانش آموز دختر بود که به طور مساوی در سه گروه توانبخشی شناختی، تحریک الکتریکی مغز و گواه، هر کدام با ۱۵ نفر (۳۳/۳ درصد)، قرار داشتند. از نظر سنی، در گروه توانبخشی شناختی، ۴ نفر (۲۶/۷ درصد) ۱۰ ساله، ۵ نفر (۳۳/۳ درصد) ۱۱ ساله و ۶ نفر (۴۰ درصد) ۱۲ ساله بودند و میانگین سنی آنان ۱۱/۱۳ سال به دست آمد. در گروه تحریک الکتریکی مغز، ۶ نفر (۴۰ درصد) ۱۰ ساله، ۵ نفر (۳۳/۳ درصد) ۱۱ ساله و ۴ نفر (۲۶/۷ درصد) ۱۲ ساله بودند و میانگین سنی این گروه ۱۸/۸۷ گویه ای بود. در گروه گواه نیز ۵ نفر (۳۳/۳ درصد) ۱۰ ساله، ۶ نفر (۴۰ درصد) ۱۱ ساله و ۴ نفر (۲۶/۷ درصد) ۱۲ ساله بودند و میانگین سنی آنان ۱۰/۹۳ سال محاسبه شد. از نظر پایه تحصیلی، در گروه توانبخشی شناختی ۵ نفر (۳۳/۳ درصد) در پایه

چهارم، ۴ نفر (۲۶/۷ درصد) در پایه پنجم و ۶ نفر (۴۰ درصد) در پایه ششم تحصیل می کردند. در گروه تحریک الکتریکی مغز، ۶ نفر (۴۰ درصد) دانش آموز پایه چهارم، ۵ نفر (۳۳/۳ درصد) پایه پنجم و ۴ نفر (۲۶/۷ درصد) پایه ششم بودند. همچنین، در گروه گواه، ۵ نفر (۳۳/۳ درصد) در پایه چهارم، ۶ نفر (۴۰ درصد) در پایه پنجم و ۴ نفر (۲۶/۷ درصد) در پایه ششم قرار داشتند. در مجموع، بیشترین فراوانی سنی کل نمونه مربوط به دانش آموزان ۱۱ ساله با ۱۶ نفر (۳۵/۶ درصد) و کمترین فراوانی مربوط به دانش آموزان ۱۲ ساله با ۱۴ نفر (۳۱/۱ درصد) بود؛ همچنین از نظر پایه تحصیلی، پایه پنجم با ۱۶ نفر (۳۵/۶ درصد) بیشترین و پایه ششم با ۱۴ نفر (۳۱/۱ درصد) کمترین فراوانی را به خود اختصاص داد. در جدول ۲ میانگین و انحراف معیار متغیر بازداری پاسخ به تفکیک گروه ارائه شده است.

جدول ۱. توزیع فراوانی میزان بهبود بازداری پاسخ آزمودنی ها در مراحل تحقیق به تفکیک گروه مطالعاتی

متغیر	زمان	گروه	تعداد	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	کجی	کشیدگی
توانبخشی شناختی	آزمایش ۱ (توانبخشی شناختی)		۱۵	۶۰	۷۲	۶۶/۴۰	۳/۵۲۱	۰/۱۷۶	۰/۲۰۰
	آزمایش ۲ (تحریک الکتریکی مغز)		۱۵	۶۱	۷۰	۶۴	۲/۶۷۳	۰/۲۴۷	۰/۰۹۲
	کنترل		۱۵	۵۴	۷۲	۶۵	۳/۲۵۱	۰/۸۸۰	۰/۱۹۳
تحریک الکتریکی مغز	آزمایش ۱ (توانبخشی شناختی)		۱۵	۸۰	۹۰	۸۶/۲۷	۲/۸۶۵	۰/۱۸۳	۰/۲۰۰
	آزمایش ۲ (تحریک الکتریکی مغز)		۱۵	۸۲	۹۰	۸۶/۶۰	۲/۳۲۴	۰/۲۰۹	۰/۸۴۷
	کنترل		۱۵	۵۵	۷۲	۶۵/۳۳	۲/۱۲۲	۱/۰۱	۰/۰۶۷

بر اساس اطلاعات جدول (۲)؛ در متغیر بهبود بازداری پاسخ، در پیش آزمون تفاوت زیادی بین گروه های مطالعاتی آزمایش و گروه کنترل مشاهده نمی شود چنان که میانگین متغیر بهبود بازداری پاسخ؛ در گروه آزمایش اول یعنی توانبخشی شناختی برابر با ۶۶/۴۰، با انحراف معیار ۳/۵۲۱؛ در گروه آزمایش دوم یعنی تحریک الکتریکی مغز برابر با ۶۴، با انحراف معیار ۲/۶۷۳ و در گروه کنترل ۶۵، با انحراف معیار ۳/۲۵۱ بوده

است. اما در پس آزمون این تفاوت ها - علی رغم عدم تغییر محسوس در گروه کنترل - در گروه های آزمایشی دوگانه بیشتر می گردد به قسمی که میانگین نمره متغیر بهبود بازداری پاسخ در گروه آزمایش توانبخشی شناختی برابر با ۸۶/۲۷، با انحراف معیار ۲/۸۶۵ و در گروه آزمایش تحریک الکتریکی مغز برابر با ۸۶/۶۰، با انحراف معیار ۲/۳۲۴ و در گروه کنترل برابر با ۶۵/۳۳، با انحراف معیار ۲/۱۲۲ بوده است. این نتایج نشانگر

آن است که میزان تغییر نمره میانگین متغیر در پس آزمون نسبت به پیش آزمون در گروه آزمایش توانبخشی شناختی برابر با ۱۹/۸۷ و در گروه آزمایش تحریک الکتریکی مغز برابر با ۲۲/۶ و در گروه کنترل برابر با ۰/۳۳ بوده است.

پیش از اجرای تحلیل کوواریانس برای بررسی اثر مداخلات بر بهبود بازداری پاسخ، پیش فرض های آماری لازم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که توزیع نمرات متغیر بهبود بازداری پاسخ در هر سه گروه توانبخشی شناختی، تحریک الکتریکی مغز و کنترل، در هر دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون، از توزیع نرمال تفاوت معناداری ندارد؛ زیرا تمامی مقادیر سطح معناداری بزرگ تر از ۰/۰۵ به دست آمد. همچنین، نتایج آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس ها نشان داد که

واریانس نمرات بهبود بازداری پاسخ در سه گروه تفاوت معناداری ندارد ($p=0/143$)؛ بنابراین، پیش فرض همگنی واریانس های خطا برقرار است. افزون بر این، آزمون ام. باکس در مدل چندمتغیره نشان داد که همگنی ماتریس های کوواریانس نیز رعایت شده است ($\text{Box's } M=35/234$ ، $F=1/516$ ، $p=0/065$). براین اساس، با توجه به نرمال بودن داده ها، همگنی واریانس ها و رعایت همگنی ماتریس های کوواریانس، شرایط لازم برای اجرای تحلیل کوواریانس و در صورت استفاده همزمان از چند متغیر وابسته، تحلیل کوواریانس چندمتغیره فراهم است و می توان نتایج حاصل را با اطمینان آماری مناسب تفسیر کرد. در جدول ۳ نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیره ارائه شده است.

جدول ۲. نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیره (آنکوا) برای بهبود بازداری پاسخ

منبع تغییر	F	Df	Sig	توان	مربع میانگین
گروه	۶۱۵/۵۹	۲	۰/۰۰۱	۱/۰۰۰	۲۲۱۱/۴۷۴
کوواریانس (پیش آزمون)	۱۱۴/۲۸۹	۱	۰/۰۰۱	۱/۰۰۰	۴۱۰/۵۷۶

در جدول ۳ نتایج آنکوا برای اثر گروه بر بازداری پاسخ با کنترل پیش آزمون را ارائه می کند. طبق مندرجات جدول فوق اثر گروه بر نمرات بازداری پاسخ پس آزمون کاملاً معنادار است ($p<0/001$) و $F=615/59$ و ($df=41$ و ۲). این مقدار F بسیار بالا بیانگر تفاوت قوی بین گروه ها پس از کنترل پیش آزمون است. کوواریانس نیز معنادار است، یعنی پیش آزمون سهم قابل توجهی در تبیین واریانس دارد. در سطح آماری، این یافته رد قطعی فرض صفر و پذیرش اثرگذاری مداخلات است. همچنین نتایج گزارش شده نشان داد که پس از کنترل اثر پیش آزمون، هر دو گروه

توانبخشی شناختی و تحریک الکتریکی مغز در مقایسه با گروه گواه، نمرات بالاتری در بازداری پاسخ داشتند ($p=0/001$). میانگین تعدیل شده در گروه تحریک الکتریکی مغز ۸۷/۴۹۴، در گروه توانبخشی شناختی ۸۵/۲۶۷ و در گروه کنترل ۶۵/۴۳۳ بود. اگرچه میانگین گروه تحریک الکتریکی مغز حدود ۲/۲۳ نمره بیشتر از گروه توانبخشی شناختی بود، این تفاوت صرفاً بیانگر برتری توصیفی است و تأیید برتری آماری آن مستلزم بررسی نتایج مقایسه زوجی دو گروه مداخله است. در جدول ۴ مقایسه زوجی میان گروه ها ارائه شده است.

جدول ۳. مقایسه های زوجی میان گروه ها در بهبود بازداری پاسخ (با تصحیح بنفرونی)

مقایسه گروهی	اختلاف میانگین (I-J)	خطای استاندارد	سطح معناداری
تحریک الکتریکی مغز - توانبخشی شناختی	۲/۲۲۷	۰/۷۱۴	۰/۰۱
توانبخشی شناختی - گواه	۱۹/۸۸۹	۰/۷۰۰	۰/۰۰۱
تحریک الکتریکی مغز - گواه	۲۲/۰۵۶	۰/۶۹۶	۰/۰۰۱

در جدول ۴ مقایسه های زوجی با اصلاح بنفرونی نشان داد که هر دو مداخله توانبخشی شناختی و تحریک الکتریکی مغز در مقایسه با گروه کنترل اثربخشی معناداری داشتند؛ همچنین، تفاوت دو گروه مداخله به سود تحریک الکتریکی مغز معنادار بود ($P<0/001$). میانگین های تعدیل شده

نیز به ترتیب در گروه های تحریک الکتریکی مغز، توانبخشی شناختی و کنترل بیشترین تا کمترین مقدار را نشان دادند؛ بنابراین، نتایج پژوهش مبنی بر اثربخشی بیشتر تحریک الکتریکی مغز در مقایسه با توانبخشی شناختی

بر بهبود بازداری پاسخ دانش آموزان مبتلا به اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی حمایت کرد.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر باهدف مقایسه اثربخشی توانبخشی شناختی و تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم بر بهبود بازداری پاسخ دانش آموزان دارای اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی انجام شد. نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، تفاوت بین گروه‌ها در نمرات پس‌آزمون معنادار بود. همچنین، بر اساس نتایج گزارش شده مقایسه‌های زوجی با اصلاح بنفرونی، هر دو گروه مداخله نسبت به گروه گواه عملکرد بهتری داشتند و تفاوت دو گروه مداخله نیز به سود تحریک الکتریکی مغز معنادار بود.

یافته مربوط به اثربخشی توانبخشی شناختی، در سطح کلی کارکردهای شناختی، با شواهد مطرح شده درباره ظرفیت تمرین‌های ساختاریافته برای بهبود توجه و حافظه کاری در کودکان دارای اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی همسو است. در منابع مورد استناد، توانبخشی شناختی به‌عنوان رویکردی هدفمند برای ترمیم، تقویت یا جبران نقایص شناختی معرفی شده است که از تمرین‌های متناسب با توانایی فرد و افزایش تدریجی دشواری تکالیف استفاده می‌کند (قاسمی مهرآبادی و همکاران، ۲۰۲۵؛ وستوود و همکاران، ۲۰۲۳؛ جلیوند و همکاران، ۲۰۲۲؛ ساهلبرک و ماتر، ۲۰۱۷). در تبیین این یافته می‌توان به اصول ترمیم و جبران در توانبخشی شناختی اشاره کرد. بر اساس اصل ترمیم، تمرین مکرر فرایندهای شناختی می‌تواند به تقویت عملکرد آن‌ها کمک کند؛ در مقابل، اصل جبران بر استفاده از راهبردهای جایگزین برای کاهش پیامدهای نقایص شناختی در زندگی روزمره تأکید دارد (لوتچر و همکاران، ۲۰۱۹). تمرین‌هایی که مستلزم حفظ دستورالعمل، توجه به محرک هدف، خودداری از پاسخ غالب و انتخاب پاسخ متناسب هستند، احتمالاً فرایندهای نظارتی و کنترل شناختی را به‌طور هم‌زمان درگیر می‌کنند. تکرار این فعالیت‌ها می‌تواند با یادگیری وابسته به تجربه و تغییرات مبتنی بر انعطاف‌پذیری عصبی همراه باشد (برگر، ۲۰۲۱). بااین‌حال، از آنجاکه در پژوهش حاضر شاخص‌های عصبی اندازه‌گیری نشده‌اند، این تبیین باید به‌عنوان سازوکاری احتمالی در نظر گرفته شود، نه شاهدهی مستقیم بر وقوع تغییرات مغزی. درعین‌حال،

تفسیر اثربخشی توانبخشی شناختی باید با توجه به محدودیت انتقال آثار آموزش انجام شود. شواهد مورد اشاره در بیان مسئله نشان می‌دهند که پیامدهای این مداخلات ممکن است بیشتر در تکالیف مشابه با تمرین‌های آموزش داده‌شده آشکار شوند و تعمیم آن‌ها به عملکرد تحصیلی، رفتار کلاسی و موقعیت‌های واقعی زندگی همواره قطعی نیست (وستوود و همکاران، ۲۰۲۳). ازاین‌رو، بهبود نمرات پس‌آزمون در پژوهش حاضر را نمی‌توان بدون ارزیابی‌های تکمیلی، معادل کاهش پایدار نشانه‌های اختلال یا ارتقای فراگیر سازگاری تحصیلی و اجتماعی دانست. بررسی عملکرد دانش آموزان در محیط مدرسه و خانه و استفاده از گزارش والدین و معلمان می‌تواند دامنه کاربردی این تغییرات را روشن‌تر سازد.

یافته مربوط به اثربخشی تحریک الکتریکی مغز نیز در سطح کلی کنترل اجرایی با شواهد مطرح شده درباره ظرفیت تعدیل عصبی برای بهبود برخی فرایندهای شناختی همسو است. مرورهای مورد استناد، آثار بالقوه این روش را بر شاخص‌هایی از حافظه کاری و کنترل اجرایی مطرح کرده‌اند (برندات و زینچنکو، ۲۰۲۵؛ و هوانگ و لیو، ۲۰۲۵؛ ایندالاستری و همکاران، ۲۰۲۱؛ صالحی‌نژاد و همکاران، ۲۰۲۰). بااین‌حال، این همسویی به معنای یکسان بودن نتایج در همه مؤلفه‌های شناختی یا تأیید قطعی اثربخشی آن در تمامی کودکان نیست. برخی مطالعات، بسته به ویژگی‌های نمونه و پروتکل تحریک، نتایج متفاوت یا فاقد اثر معنادار گزارش کرده‌اند (کروئل، ۲۰۲۵؛ گیمارائس، ۲۰۲۴). همچنین، تفاوت در محل تحریک، شدت جریان، تعداد جلسات و ابزارهای سنجش می‌تواند در ناهمگونی یافته‌ها نقش داشته باشد (برندات و زینچنکو، ۲۰۲۵؛ هوانگ و لیو، ۲۰۲۵). بنابراین، نتایج حاضر باید در چارچوب پروتکل اجرا شده و ویژگی‌های نمونه پژوهش تفسیر شوند. برای تبیین احتمالی اثر تحریک الکتریکی مغز می‌توان به نقش شبکه‌های پیش‌پیشانی و ارتباط آن‌ها با ساختارهای زیر قشری در کنترل رفتار اشاره کرد. بازداری پاسخ از مؤلفه‌های مهم کارکردهای اجرایی و از فرایندهای مرتبط با خودتنظیمی رفتاری است که در بسیاری از کودکان دارای اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی با ضعف همراه است (شو و همکاران، ۲۰۲۰؛ گائو و همکاران، ۲۰۲۶؛ رفیع‌خواه و همکاران، ۲۰۲۶). کژ کاری شبکه‌های پیشانی و عقده‌های قاعده‌ای و تغییرات عملکردی شبکه‌های پیشانی - آهیانه‌ای نیز از عوامل مرتبط با مشکلات شناختی این اختلال دانسته شده‌اند (کوتینیو و همکاران، ۲۰۱۸؛

لیو و همکاران، ۲۰۲۳). باتوجه به نقش قشر پیش‌پیشانی در توجه، حافظه کاری و کنترل اجرایی، تعدیل تحریک‌پذیری این نواحی ممکن است شرایط مساعدتری برای پردازش شناختی و کنترل پاسخ فراهم کند (فریدمن و رابینز، ۲۰۲۲). با این حال، اثر تحریک را نباید به افزایش ساده و یکسان فعالیت مغزی تقلیل داد؛ جهت و میزان اثر آن به پارامترهای تحریک و وضعیت فرد وابسته است و سازوکار دقیق تغییرات مشاهده‌شده در پژوهش حاضر مستقیماً آزمون نشده است.

برتری نسبی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم بر توانبخشی شناختی در پژوهش حاضر، در سطحی غیرمستقیم و باتوجه به تفاوت پیامدهای بررسی‌شده، با شواهد ایندالاستری و همکاران (۲۰۲۱) درباره ظرفیت تحریک مغزی برای بهبود برخی شاخص‌های کنترل اجرایی و یافته‌های وستود و همکاران (۲۰۲۳) درباره محدودیت انتقال آثار آموزش شناختی به کارکردهای تمرین‌نشده قابل تطبیق است؛ با این حال، از آنجا که این مطالعات دو مداخله را مستقیماً مقایسه نکرده‌اند، نمی‌توان آن‌ها را تأییدکننده برتری مشاهده‌شده دانست. همچنین، نتایج متفاوت گزارش‌شده در منابع کروئل (۲۰۲۵) و گیمارائس (۲۰۲۴) و شواهد برگر (۲۰۲۱) درباره ظرفیت رویکردهای ترکیبی، نشان می‌دهند که رابطه اثربخشی این مداخلات را نمی‌توان به برتری ثابت و فراگیر یکی بر دیگری تقلیل داد. در تبیین نظری یافته حاضر می‌توان به تفاوت مسیرهای اثرگذاری دو رویکرد اشاره کرد؛ توانبخشی شناختی بر تمرین، بازخورد و یادگیری تدریجی استوار است و میزان بهره‌مندی از آن به تثبیت مهارت‌ها و انتقال یادگیری وابسته است (لوتچر و همکاران، ۲۰۱۹؛ وستود و همکاران، ۲۰۲۳)، درحالی‌که تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم باهدف تعدیل تحریک‌پذیری شبکه‌های عصبی مرتبط با کنترل شناختی به کار می‌رود و ممکن است در شرایط خاص، زمینه مساعدتری برای عملکرد این شبکه‌ها فراهم کند (کروئل، ۲۰۲۵). یکی از توضیح‌های احتمالی آن است که دوره اجرای توانبخشی شناختی برای تثبیت و تعمیم کامل مهارت‌های آموخته‌شده کافی نبوده، درحالی‌که زمان ارزیابی پس‌آزمون برای آشکارشدن آثار کوتاه‌مدت پروتکل تحریک مناسب‌تر بوده است؛ این فرضیه با شواهد مربوط به محدودیت انتقال آموزش شناختی و وابستگی پیامدهای تحریک به پارامترهای مداخله سازگار است، اما در پژوهش حاضر مستقیماً آزمون نشده است (وستود و همکاران، ۲۰۲۳؛ برندات و

زینچنکو، ۲۰۲۵). افزون بر این، تفاوت احتمالی در مشارکت، خستگی، انتظار از درمان و میزان تماس درمانی می‌تواند در اختلاف بین گروه‌ها نقش داشته باشد؛ بنابراین، باتوجه به فقدان مرحله پیگیری و بررسی مستقیم سازوکارهای اثر، یافته حاضر بیانگر برتری نسبی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم در شرایط و بازه زمانی این مطالعه است و نباید به معنای برتری پایدار آن در همه موقعیت‌های بالینی و آموزشی تفسیر شود.

این پژوهش با محدودیت‌هایی همراه بود که باید در تفسیر نتایج موردتوجه قرار گیرند. محدودبودن حجم نمونه و انتخاب دانش‌آموزان دختر از یک منطقه جغرافیایی، تعمیم یافته‌ها به پسران، سایر گروه‌های سنی و بافت‌های آموزشی متفاوت را محدود می‌کند. فقدان مرحله پیگیری نیز مانع قضاوت درباره ماندگاری آثار مداخلات است. افزون بر این، دشواری کنترل کامل عواملی مانند کیفیت خواب، انگیزش، شرایط خانوادگی و تفاوت‌های فردی، استفاده از یک پروتکل ثابت تحریک و نبود شاخص‌های عصب فیزیولوژیک، دامنه تفسیر یافته‌ها را کاهش می‌دهد. تمرکز بر پیامد اصلی پژوهش، بدون ارزیابی جامع تغییرات تحصیلی، اجتماعی و هیجانی، نیز اجازه نتیجه‌گیری درباره بهبود فراگیر عملکرد روزمره را نمی‌دهد. باتوجه به بهبود مشاهده‌شده در هر دو گروه مداخله، پیشنهاد می‌شود توانبخشی شناختی به‌عنوان روشی مکمل در برنامه‌های حمایتی دانش‌آموزان دارای اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی موردتوجه قرار گیرد و کاربرد تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم، باوجود برتری نسبی در این مطالعه، به ارزیابی تخصصی و نظارت بالینی محدود شود. در پژوهش‌های آینده، پایداری و تعمیم آثار دو مداخله به عملکرد تحصیلی و رفتاری، با نمونه‌های بزرگ‌تر، ارزیابی‌های پیگیری و گروه تحریک ساختگی بررسی شود و اثربخشی ترکیب دو روش نیز در مقایسه با اجرای جداگانه آن‌ها آزمون گردد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش: این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول در رشته روان‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنج است. باتوجه به سن شرکت‌کنندگان، پیش از اجرای پژوهش، رضایت آگاهانه والدین یا سرپرستان قانونی و موافقت خود دانش‌آموزان، پس از توضیح متناسب با سن آنان درباره مراحل پژوهش، دریافت شد. مشارکت داوطلبانه بود و امکان انصراف در هر مرحله، بدون پیامد منفی برای وضعیت

References

- Berger, I., Dakwar-Kawar, O., Grossman, E. S., Nahum, M., & Kadosh, R. C. (2021). Scaffolding the attention-deficit/hyperactivity disorder brain using transcranial direct current and random noise stimulation: A randomized controlled trial. *Clinical Neurophysiology*, 132(3), 699-707. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2021.01.005>.
- Bernadotte, A., & Zinchenko, O. (2025). tDCS and neurofeedback in ADHD treatment. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 19, 1444283. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2025.1444283>
- Bussing, R., Fernandez, M., Harwood, M., Hou, W., Garvan, C. W., Eyberg, S. M., & Swanson, J. M. (2008). Parent and teacher SNAP-IV ratings of attention deficit hyperactivity disorder symptoms: psychometric properties and normative ratings from a school district sample. *Assessment*, 15(3), 317-328. <https://doi.org/10.1177/1073191107313888>
- Carver, C. S., & White, T. L. (1994). Behavioral inhibition, behavioral activation, and affective responses to impending reward and punishment: The BIS/BAS Scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 67(2), 319-333. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.67.2.319>
- Cortese, S., Adamo, N., Del Giovane, C., Mohr-Jensen, C., Hayes, A. J., Carucci, S., ... & Cipriani, A. (2018). Comparative efficacy and tolerability of medications for attention-deficit hyperactivity disorder in children, adolescents, and adults: a systematic review and network meta-analysis. *The Lancet Psychiatry*, 5(9), 727-738. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(18\)30269-4](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(18)30269-4)
- Coutinho, T. V., Reis, S. P. S., Silva, A. G. D., Miranda, D. M., & Malloy-Diniz, L. F. (2018). Deficits in response inhibition in patients with attention-deficit/hyperactivity disorder: the impaired self-protection system hypothesis. *Frontiers in Psychiatry*, 8, 299. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2017.00299>
- Danielson, M. L., Claussen, A. H., Bitsko, R. H., Katz, S. M., Newsome, K., Blumberg, S. J., ... & Ghandour, R. (2024). ADHD prevalence among US children and adolescents in 2022: diagnosis, severity, co-occurring disorders, and treatment. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 53(3), 343-360. <https://doi.org/10.1080/15374416.2024.2335625>

آموزشی یا خدمات دریافتی، فراهم شد. اطلاعات با کدگذاری و بدون درج مشخصات هویتی ثبت و نتایج به صورت گروهی گزارش شدند. در اجرای تحریک الکتریکی فراجمعه‌ای با جریان مستقیم، بررسی موارد منع دریافت مداخله، نظارت متخصص واجد صلاحیت، پایش عوارض احتمالی و امکان توقف تحریک در صورت بروز ناراحتی موردتوجه قرار گرفت. همچنین، در هر دو مداخله، شرایط اجرا با سن و تحمل دانش‌آموزان متناسب بود و پژوهش موجب قطع یا تغییر خودسرانه درمان‌های معمول آنان نشد.

حامی مالی: این پژوهش در قالب رساله دکتری و بدون حمایت مالی می‌باشد.

نقش هر یک از نویسندگان: این مقاله از رساله دکتری نویسنده اول و به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم استخراج شده است.

تضاد منافع: نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافع وجود ندارد.

تشکر و قدردانی: بدین وسیله از دانش‌آموزانی که در این پژوهش شرکت کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

سلیمانی، مهران و کاظمی منیر، نیلوفر (۱۳۹۹). اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمعه‌ای مغز بر افزایش انعطاف‌پذیری شناختی و سرعت پردازش کودکان با نارسایی توجه/فزون کنشی. *روانشناسی افراد/استثنایی*، ۳۰۵-۳۲۶، ۱۶(۵۷).

<https://doi.org/10.22054/jep.2020.56456.3181>

- DuPaul, G. J., Power, T. J., Anastopoulos, A. D., & Reid, R. (1998). *ADHD Rating Scale—IV: Checklists, norms, and clinical interpretation*. The Guilford Press.
- Español-Martín, G., Pagerols, M., Prat, R., Rivas, C., Ramos-Quiroga, J. A., Casas, M., & Bosch, R. (2023). The impact of attention-deficit/hyperactivity disorder and specific learning disorders on academic performance in Spanish children from a low-middle- and a high-income population. *Frontiers in psychiatry*, 14, 1136994. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1136994>
- Friedman, N. P., & Robbins, T. W. (2022). The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology*, 47(1), 72-89. <https://doi.org/10.1038/s41386-021-01132-0>
- Fu, Y., Qin, Z., Qin, L., Zhang, H., Liu, H., Huang, S., & Li, D. (2025). Multidimensional factors associated with ADHD core symptoms in children: cognition, sleep, behavior, and demographics. *Frontiers in Psychiatry*, 16, 1658202. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2025.1658202>
- Gao, X., Zhong, L., He, H., Zhang, J., & Yang, W. (2026). Response inhibition and working memory in children with attention deficit hyperactivity disorders: An event-related potential study. *Brain and Development*, 48(2), 104517. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2026.104517>
- Ghasemi Mehrabadi, Z. G., Safarzadeh, S., Ehteshamzadeh, P., & Bozorgi, Z. D. (2025). The Effectiveness of Cognitive Rehabilitation and Floortime Play Therapy on Time Perception in Students with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). *International Journal of School Health*, 12(3), 197. <https://doi.org/10.30476/intjsh.2025.105126.1470>
- Guimarães, R. S. Q., Bandeira, I. D., Barretto, B. L., Wanke, T., Alves, C. O. C., Barretto, T. L., ... & Lucena, R. (2024). Efficacy and safety of transcranial direct current stimulation over the left dorsolateral prefrontal cortex in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder: a randomized, triple-blinded, sham-controlled, crossover trial. *Frontiers in Psychiatry*, 14, 1217407. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1217407>
- Huang, R., & Liu, Y. (2025). Research progress of tDCS in the treatment of ADHD. *Journal of Neural Transmission*, 132(2), 237-251. <https://doi.org/10.1007/s00702-024-02853-4>
- Indahlastari, A., Hardcastle, C., Albizu, A., Alvarez-Alvarado, S., Boutzoukas, E. M., Evangelista, N. D., ... & Woods, A. J. (2021). A systematic review and meta-analysis of transcranial direct current stimulation to remediate age-related cognitive decline in healthy older adults. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 971-990. <https://doi.org/10.2147/NDT.S259499>
- Jalilvand, M., Nikmanesh, Z., & Bagheri, F. (2022). Cognitive rehabilitation training in improving executive function, antisocial behaviors, and legal problems in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. <https://doi.org/10.32598/ijmtfm.v12i2.36951>
- Krauel, K., Brauer, H., Breitling-Ziegler, C., Freitag, C. M., Luckhardt, C., Mühlherr, A., ... & Prehn-Kristensen, A. (2025). Prefrontal transcranial direct current stimulation in pediatric attention-deficit/hyperactivity disorder: a randomized clinical trial. *JAMA network open*, 8(2), e2460477. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.60477>
- Lee, Y., Mikami, A. Y., & Owens, J. S. (2021). Children's ADHD symptoms and friendship patterns across a school year. *Research on Child and Adolescent Psychopathology*, 49(5), 643-656. <https://doi.org/10.1007/s10802-021-00771-7>
- Liu, N., Liu, Q., Yang, Z., Xu, J., Fu, G., Zhou, Y., ... & Qian, Q. (2023). Different functional alteration in attention-deficit/hyperactivity disorder across developmental age groups: a meta-analysis and an independent validation of resting-state functional connectivity studies. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, 29(1), 60-69. <https://doi.org/10.1111/cns.14032>
- Loetscher, T., Potter, K. J., Wong, D., & das Nair, R. (2019). Cognitive rehabilitation for attention deficits following stroke. *Cochrane Database of Systematic*

- Reviews, (11).
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD002842.pub2>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Montiel, A. E., Normand, S., & Mikami, A. Y. (2026). Friendship Quality in Children With ADHD Seeking Treatment for Peer Problems: A Comparison of Boy-Boy, Girl-Girl, and Mixed-Gender Dyads. *Research on Child and Adolescent Psychopathology*, 54(4), 97. <https://doi.org/10.1007/s10802-026-01490-7>
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2001). Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology*, 57(10), 1899-1901. <https://doi.org/10.1212/wnl.57.10.1899>
- Ogundele, M. O., & Ayyash, H. F. (2023). ADHD in children and adolescents: Review of current practice of non-pharmacological and behavioural management. *AIMS Public Health*, 10(1), 35. <https://doi.org/10.3934/publichealth.2023004>
- Openner, T. J., van der Meer, D., Marsman, J. B. C., Forde, N. J., Akkermans, S. E., Naaijen, J., ... & Dietrich, A. (2021). Impaired response inhibition during a stop-signal task in children with Tourette syndrome is related to ADHD symptoms: A functional magnetic resonance imaging study. *The World Journal of Biological Psychiatry*, 22(5), 350-361. <https://doi.org/10.1080/15622975.2020.1813329>
- Popit, S., Serod, K., Locatelli, I., & Stuhc, M. (2024). Prevalence of attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD): systematic review and meta-analysis. *European Psychiatry*, 67(1), e68. <https://doi.org/10.1192/j.eurpsy.2024.1786>
- Rafikhah, M., Fami, F. S., Ghasmzadeh, P., & Ghasmzadeh, S. (2026). Inhibitory control deficits in children and adolescents with ADHD: a comparative study. *Asian Journal of Psychiatry*, 105139. <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2026.105139>
- Salehinejad, M. A., Nejati, V., Mosayebi-Samani, M., Mohammadi, A., Wischnewski, M., Kuo, M. F., ... & Nitsche, M. A. (2020). Transcranial Direct Current Stimulation in ADHD: A Systematic Review of Efficacy, Safety, and Protocol-induced Electrical Field Modeling Results: *Neurosci. Bull. Neuroscience bulletin*, 36(10), 1191-1212. <https://doi.org/10.1007/s12264-020-00501-x>
- Senderecka, M., Grabowska, A., Szewczyk, J., Gerc, K., & Chmylak, R. (2012). Response inhibition of children with ADHD in the stop-signal task: An event-related potential study. *International Journal of Psychophysiology*, 85(1), 93-105. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.05.007>
- Sohlberg, M. M., & Mateer, C. A. (2017). *Cognitive rehabilitation: An integrative neuropsychological approach*. Guilford Publications.
- Soleymani, M., & Kazemimomir, 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. (in persian). <https://doi.org/10.22054/jep.2020.56456.3181>
- Stagg, C. J., & Nitsche, M. A. (2011). Physiological basis of transcranial direct current stimulation. *The Neuroscientist*, 17(1), 37-53. <https://doi.org/10.1177/1073858410386614>
- Westwood, S. J., Parlatini, V., Rubia, K., et al. (2023). Computerized cognitive training in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): A meta-analysis of randomized controlled trials with blinded and objective outcomes. *Molecular Psychiatry*. <https://doi.org/10.1038/s41380-023-02000-7>
- Xu, P., Wu, D., Chen, Y., Wang, Z., & Xiao, W. (2020). The effect of response inhibition training on risky decision-making task performance. *Frontiers in psychology*, 11, 1806. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01806>