

ORIGINAL ARTICLE

The effectiveness of transcranial direct current stimulation (tDCS) on working memory and response inhibition in children with autism in Zahedan

Sana Azarshab^{*1}, Mohammad Ali Fardin²

1. MSc in General Psychology, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, Iran.

2. Assistant professor, Department of Psychology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, Iran

Correspondence:

Sana Azarshab

Email: sannazarshab@gmail.com

Received: 09/May/2024

Revised: 09/Jul/2024

Accepted: 29/Aug/2024

How to cite:

Azarshab, S.; Fardin, M.A. (2025). The effectiveness of transcranial direct current stimulation (tDCS) on working memory and response inhibition in children with autism in Zahedan, *Journal of Neuropsychology*, 10 (37), 119-134.
(DOI: [10.30473/clpsy.2024.72030.1754](https://doi.org/10.30473/clpsy.2024.72030.1754))

ABSTRACT

Aim: The present study was conducted with the aim of investigating the effectiveness of direct current transcranial electrical stimulation on working memory and response inhibition in children with autism in Zahedan. **Method:** This research was practical in terms of purpose and quasi-experimental in terms of method with a pre-test-post-test design with a control group. The statistical population of this research included all children aged 10 to 12 with autism spectrum disorder who referred to the treatment centers of Zahedan city in 1402-1401 and 30 of these children with high performance (achieving a score above 85 in the Gilliam test and an IQ above 85 based on the child's file in the treatment center), were selected as a statistical sample using a targeted method and divided into two groups of 15 people (an experimental group and a control group) were randomly replaced. Subjects were evaluated through Gilliam Autism Diagnostic Scale (GARS), Stroop Test (ST), Wechsler Intelligence Scale for Children 5th Edition (WISC-5) and Transcranial Direct Current Electrical Stimulation (tDCS) protocol. Investigating the relationships between variables was done by univariate covariance test. **Results:** The results showed that there is a significant difference between the post-test scores of working memory and response inhibition of the experimental group with the scores of working memory and response inhibition in the control group, and transcranial electrical stimulation with direct current is significantly effective on working memory and response inhibition. **Conclusion:** Therefore, transcranial electrical stimulation is a useful supplement to improve and strengthen working memory and response inhibition in children with autism.

KEYWORDS

Transcranial Direct Current Stimulation, Working Memory, Response Inhibition, Autism.



Introduction

Autism spectrum disorder (ASD) is a neurodevelopmental condition characterized by deficits in social communication and interaction, as well as restricted and repetitive patterns of behavior, interests, or activities. Beyond social and communicative difficulties, many children with ASD exhibit deficits in executive functions, including working memory and response inhibition, which are crucial for cognitive control, self-regulation, and adaptive behavior. These deficits have been linked to atypical activation and connectivity in the prefrontal cortex, especially the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC), a region implicated in cognitive flexibility, attention, and goal-directed behavior.

Recent advances in non-invasive brain stimulation techniques, such as transcranial direct current stimulation (tDCS), have offered promising therapeutic avenues for neurodevelopmental disorders. tDCS involves delivering a low-intensity electrical current (typically 1–2 mA) via electrodes placed on the scalp, which modulates neuronal excitability in targeted cortical regions. Previous studies have demonstrated that anodal stimulation over the DLPFC enhances neural excitability and can improve cognitive performance, including attention, memory, and executive functions, in both neurotypical and clinical populations. However, limited research has investigated its efficacy in children with ASD, particularly regarding cognitive control mechanisms such as working memory and response inhibition.

The present study therefore aimed to evaluate the effectiveness of tDCS in enhancing working memory and response inhibition in children with autism in the city of Zahedan, Iran. It was hypothesized that children who received active tDCS would show significant improvements in these cognitive domains compared to a control group.

Methodology

This study employed a quasi-experimental design with a pretest–posttest control group. The statistical population comprised children aged 10–12 years diagnosed with ASD, who attended treatment centers in Zahedan during the 2022–2023 academic year. After applying inclusion and exclusion criteria, 30 high-functioning children with autism ($IQ \geq 85$ and Gilliam Autism Rating Scale score ≥ 85) were selected using purposive sampling and randomly assigned to an experimental group ($n=15$) and a control group ($n=15$).

The experimental group received 10 sessions of tDCS (10 minutes each, twice per week), administered using a NEUROSTIM-2 dual-channel device. The anode was positioned over the left DLPFC, and the cathode over the right supraorbital area, following standard tDCS protocols. The control group received no stimulation during the study period.

All participants were assessed using validated psychological and neurocognitive measures:

Gilliam Autism Diagnostic Scale (GARS): for confirming autism diagnosis;

Wechsler Intelligence Scale for Children–Fifth Edition (WISC-V): specifically the digit span subtest to assess working memory;

Computerized Stroop Test: to measure response inhibition, reaction time, and interference control.

Data were analyzed using univariate analysis of covariance (ANCOVA) in SPSS v27 to examine posttest differences between groups while controlling for pretest scores.

Assumptions of normality, homogeneity of variance, and regression slope were tested and confirmed.

Results

Descriptive statistics indicated that posttest mean scores of both working memory and response inhibition were higher in the experimental group than in the control group. ANCOVA results confirmed statistically significant effects of tDCS on both dependent variables.

For working memory, a significant main effect of treatment was found ($F(1,27)=48.30$, $p<0.001$, $\eta^2=0.94$), indicating a strong and meaningful improvement in the experimental group following stimulation. Similarly, response inhibition scores improved significantly after tDCS ($F(1,27)=65.70$, $p<0.001$, $\eta^2=0.88$), suggesting enhanced inhibitory control as measured by reduced interference and faster reaction times in the Stroop task.

No violations of statistical assumptions were detected, confirming the robustness of the results. Together, these findings indicate that tDCS had a large effect size on both cognitive domains.

Discussion

The findings support the hypothesis that transcranial direct current stimulation can significantly improve working memory and response inhibition in children with autism. These improvements are consistent with the notion that tDCS modulates neuroplasticity by altering resting membrane potentials and facilitating synaptic efficiency in the prefrontal cortex.

Anodal stimulation over the DLPFC likely increased cortical excitability and neurotransmitter release (e.g., glutamate and dopamine), enhancing neuronal communication within networks responsible for cognitive control. Consequently, children showed improved ability to hold and manipulate information (working memory) and to suppress inappropriate responses (response inhibition). These effects align with earlier studies (e.g., Fregni et al., 2005; Nelson et al., 2014; Qiu et al., 2021) reporting enhanced executive function following DLPFC stimulation.

Moreover, the results support previous research demonstrating that tDCS is a safe, non-invasive, and cost-effective adjunctive therapy for cognitive enhancement in neurodevelopmental disorders. By improving executive functions, tDCS could indirectly facilitate social communication, learning, and adaptive behavior in children with ASD.

Nevertheless, certain limitations should be acknowledged. The study's sample size was small, and no follow-up phase was conducted to examine long-term retention of cognitive gains. Future research should include larger, more diverse samples, sham-controlled designs, and longitudinal assessments to evaluate persistence and generalization of effects across contexts. Exploring combinations of tDCS with cognitive training or behavioral interventions could also maximize therapeutic benefits.

Conclusion

This study provides empirical evidence that transcranial direct current stimulation (tDCS) applied over the dorsolateral prefrontal cortex is effective in enhancing working memory and response inhibition in children with autism. The findings highlight the

potential of tDCS as a promising complementary approach in cognitive rehabilitation for ASD. By targeting core deficits in executive functioning, tDCS may contribute to improved self-regulation, attention, and overall adaptive functioning in affected children. Further controlled studies are warranted to optimize stimulation parameters and establish long-term efficacy.

Keywords

Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS), Working Memory, Response Inhibition, Autism Spectrum Disorder, Executive Function, Cognitive Rehabilitation.



«مقاله پژوهشی»

اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجه‌ای با جریان مستقیم (tDCS) بر حافظه کاری و بازداری پاسخ در کودکان مبتلا به اوتیسم شهر زاهدان

ثنا آذرشب^{۱*}، محمدعلی فردین^۲ iD

چکیده

هدف: پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجه‌ای با جریان مستقیم بر حافظه کاری و بازداری پاسخ در کودکان مبتلا به اوتیسم شهر زاهدان انجام شد. روش: این پژوهش، از لحاظ هدف کاربردی و از نظر روش از نوع شبه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری این پژوهش شامل تمامی کودکان ۱۰ تا ۱۲ ساله دارای اختلال طیف اوتیسم بودند که به مراکز درمانی شهر زاهدان در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱ مراجعه کردند و تعداد ۳۰ نفر از این کودکان با عملکرد بالا (کسب نمره بالای ۸۵ در آزمون گیلیام و ضریب هوشی بالای ۸۵ بر اساس پرونده کودک در مرکز درمانی)، به عنوان نمونه آماری به روش هدفمند انتخاب و در دو گروه ۱۵ نفر (یک گروه آزمایش و یک گروه گواه) به صورت تصادفی جایگزین شدند. افراد موردنظر از طریق مقیاس تشخیص اوتیسم گیلیام (GARS)، آزمون استروپ (ST)، مقیاس هوش وکسلر کودکان ویرایش پنجم (WISC-5) و پروتکل تحریک الکتریکی فراجمجه‌ای با جریان مستقیم (tDCS) مورد سنجش قرار گرفتند. بررسی روابط متغیرها به وسیله‌ی آزمون کوواریانس تک متغیره انجام شد. یافته‌ها: نتایج نشان داد بین پس‌آزمون نمرات حافظه کاری و بازداری پاسخ گروه آزمایش با نمرات حافظه کاری و بازداری پاسخ در گروه گواه تفاوت معناداری وجود دارد و تحریک الکتریکی فراجمجه‌ای با جریان مستقیم بر حافظه کاری و بازداری پاسخ به طور قابل توجهی اثربخشی دارد. نتیجه‌گیری: بنابراین تحریک الکتریکی فراجمجه‌ای، مکمل سودمندی جهت بهبود و تقویت حافظه کاری و بازداری پاسخ در کودکان مبتلا به اوتیسم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

تحریک الکتریکی فراجمجه‌ای با جریان مستقیم، حافظه کاری، بازداری پاسخ، اوتیسم.

۱. کارشناسی ارشد روانشناسی عمومی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، زاهدان، ایران.
۲. استادیار گروه روانشناسی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، زاهدان، ایران.

نویسنده مسئول:

ثنا آذرشب

ایانامه: sannazarshab@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۸

استناد به این مقاله:

آذرشب، ثنا؛ فردین، محمدعلی (۱۴۰۳). اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجه‌ای با جریان مستقیم (tDCS) بر حافظه کاری و بازداری پاسخ در کودکان مبتلا به اوتیسم شهر زاهدان، فصلنامه علمی عصب روان‌شناسی، ۱۰(۳۷)، ۱۱۹-۱۳۴.

(DOI: [10.30473/clpsy.2024.72030.1754](https://doi.org/10.30473/clpsy.2024.72030.1754))

مقدمه

اختلال طیف اوتیسم^۱ یک وضعیت عصبی رشدی است که با مشکل در ارتباطات و تعامل اجتماعی و همچنین الگوهای محدود و تکراری رفتار، علایق یا فعالیت‌ها تعریف می‌شود (انجمن روان‌پزشکی آمریکا^۲، ۲۰۱۳). حوزه‌ی ارتباطات اجتماعی شامل مشکل در تعاملات اجتماعی متقابل، نقص در ارتباطات اجتماعی غیرکلامی و نقص در توانایی توسعه، حفظ و درک رابطه است و علائم مرتبط با حوزه‌ی رفتاری محدود و تکراری در حالت‌های حرکتی، کلامی، غیرکلامی و حسی ظاهر می‌شود (وگنر^۳ و همکاران، ۲۰۱۹؛ کاورانا^۴ و همکاران، ۲۰۱۸). رفتارهای مشاهده شده در حوزه‌ی محدود و تکراری ممکن است شامل کلیشه‌های حرکتی، اکولالیا^۵، اصرار بر یکسانی، رفتارهای تشریفاتی، علایق محدود و واکنش بیش از حد یا کم به محرک‌های حسی باشد (انجمن روان‌پزشکی آمریکا، ۲۰۱۳). میزان شیوع این اختلال در کودکان ۱ در ۵۹ تولد می‌باشد (مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری^۶، ۲۰۱۸). مطالعات شیوع اوتیسم در کشور ایران را ۲/۹۵ در هر ۱۰۰۰۰ کودک گزارش کرده است (وکیلی زاده و همکاران، ۱۳۹۶). بر اساس پژوهش‌ها، کودکان اوتیستیک سطح پایین‌تری از رشد مهارت‌های حرکتی، هماهنگی حرکتی، تعادل، کارکردهای اجرایی، مهارت‌های اجتماعی و توجه را دارند (مرادی و همکاران، ۱۳۹۹).

از جمله حوزه‌هایی که کودکان مبتلا به اوتیسم با مشکلاتی در آن روبرو هستند، کارکردهای اجرایی می‌باشد (چن^۷ و همکاران، ۲۰۲۱). اصطلاح کارکردهای اجرایی به فرآیندهای کنترل ذهنی مربوط به خودکنترلی شناختی و هیجانی موردنیاز جهت حفظ رفتارهای هدفمند اشاره دارد. در واقع کارکردهای اجرایی شامل فرآیندهایی مانند بازداری پاسخ^۸، حافظه کاری^۹، انعطاف پذیری شناختی^{۱۰}، برنامه‌ریزی، انتقال توجه، سازماندهی، کنترل تکانه^{۱۱} و کنترل توجه^{۱۲} می‌باشد (رینوچی^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۵). نظریه نقص

کارکردهای اجرایی در اوتیسم بر ارتباط صریح بین نارسایی در ناحیه پیش پیشانی و نقص در کارکردهای اجرایی تأکید دارد که بیان می‌کند نقص در کارکردهای اجرایی زیربنای ویژگی‌های اجتماعی و غیراجتماعی اوتیسم است (هاگینس^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۱). نقایص کارکرد اجرایی در اوتیسم معمولاً به ناهنجاری در کورتکس پیش پیشانی^{۱۵} نیز نسبت داده می‌شود. این ناحیه جهت بازنمایی و نگهداری اطلاعات مربوط به موضوع استفاده می‌گردد. مطالعات نشان می‌دهد که این افراد دارای چند نقص در کارکردهای اجرایی و به طور خاص در حافظه کاری و بازداری پاسخ هستند (لئونگ و زاکزانیس^{۱۶}، ۲۰۱۴).

مفهوم حافظه کاری به فرآیند فعال و بالا به پایین دستکاری اطلاعات ذخیره شده در حافظه کوتاه مدت اشاره داشته و شامل عملکردهای مرتبط با قشر پیش پیشانی جانبی میانی است، که رفتار را به وسیله به‌روز کردن، پردازش کردن و دستکاری زمانی / توالی اطلاعات موجود در حافظه کوتاه مدت هدایت می‌کند (نی^{۱۷} و همکاران، ۲۰۱۳). مدل حافظه کاری بدلی^{۱۸} (۲۰۰۱) حافظه کاری را دارای سه بخش اصلی معرفی می‌کند: حلقه واج شناختی که اطلاعات شنیداری را ذخیره می‌کند، لوح دیداری-فضایی که اطلاعات دیداری-فضایی را نگهداری کرده و ساز و کار اجرایی مرکزی که فرآیندهای توجهی را مدیریت می‌کند که بر اساس نظر برخی از پژوهشگران مشابه شبکه اجرایی توجه است. (بالیر و اورساجه^{۱۹}، ۲۰۱۱؛ پوزنر^{۲۰} و همکاران، ۲۰۱۳). ساز و کار اجرایی مرکزی وظیفه هدایت توجه شامل: تمرکز، تقسیم و تغییر توجه را بر عهده دارد (بالیر و اورساجه، ۲۰۱۱).

بازداری پاسخ به معنای متوقف ساختن سریع یک رفتار در پاسخ به الزامات متغیر محیطی است و نقش اساسی را در خودتنظیمی فرد ایفا می‌کند (شی^{۲۱} و همکاران، ۲۰۲۰). ضعف در بازداری پاسخ به این معناست که کودک قادر نیست از مداخله محرک‌های رقیب در زمان انجام یک تکلیف جلوگیری کند و این محرک‌ها منجر به حواس‌پرتی او می‌گردد، در واقع کودک نمی‌تواند پاسخی را که در حال ارائه آن است متوقف سازد تا به تکالیف دیگری بپردازد، یا صرفاً

14. Huggins
15. Prefrontal cortex
16. Leung & Zakzanis
17. Nee
18. Baddeley
19. Blair & Ursache
20. Posner
21. Shi

1. Autism spectrum disorder
2. American Psychiatric Association
3. Wagner
4. Caruana
5. Echolalia
6. Centre for Disease Control and Prevention
7. Chen
8. Response inhibition
9. Working memory
10. Cognitive flexibility
11. Impulse control
12. Attention control
13. Rabinovici

تحریک کاتد باعث کاهش تحریک پذیری مغز و تحریک آند منجر به افزایش تحریک پذیری مغز می‌شود. افزایش خالص حاصل (عمدتاً در زیر آند) یا کاهش (عمدتاً در زیر کاتد) در تحریک پذیری عصبی باعث مدولاسیون^۸ شبکه عصبی می‌شود (برونونی و همکاران، ۲۰۱۲). تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز با جریانی ضعیف ۱ تا ۲ میلی آمپر ارائه می‌شود. بعد از حدود ۵ دقیقه این جریان ضعیف از سطح مجسمه عبور کرده و فعالیت سلول‌های عصبی در ناحیه قرار گرفتن الکترودها و مناطق زیر قشر متصل به آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (ووبر^۹ و همکاران، ۲۰۱۴). چندین عامل از جمله اندازه و محل قرار گرفتن الکترودها، شدت و مدت زمان تحریک الکتریکی اثر آن را تحت تاثیر قرار می‌دهند (هوروات^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۵).

مطالعات نشان می‌دهد که کاربرد تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای در ناحیه خاصی از مغز، مانند قشر پیشانی، می‌تواند به طور قابل توجهی حافظه، توجه، یادگیری و هوشیاری را تعدیل کند. اخیراً این روش جهت تسکین علائم در افراد مبتلا به اوتیسم استفاده شده است (آنتال^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۷). یکی از مناطق هدف مغزی که به طور گسترده مورد استفاده تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای قرار می‌گیرد، قشر جلوی مغز جانبی پشتی^{۱۲} است. به عنوان یک ناحیه کلیدی از حافظه کاری و بازداری پاسخ، قشر جلوی مغز جانبی-پیشانی نقش بسزایی را در فرآیندهای کنترل شناختی ایفا می‌کند (نلسون^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۴). پژوهشگران در اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای بر شاخص‌های عصب روانشناختی مرتبط با مهارت‌های اجتماعی کودکان مبتلا به اختلال طیف اوتیسم نشان دادند که این روش درمانی بر بهبود مهارت‌های اجتماعی و کاهش مشکلات این کودکان تاثیرگذار است (حسین پناهی و زمستانی، ۱۳۹۹).

پژوهشی با عنوان تاثیر تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای بر ناحیه قشر خلفی جانبی پیش پیشانی چپ نشان داد که این روش باعث بهبود معنادار در عملکرد بازداری پاسخ در تکلیف استروپ می‌شود. به نظر می‌رسد این منطقه در کارکردهای مربوط به بازداری پاسخ نقش بسزایی را ایفا می‌کند (اشنایدر

فرستی جهت یک تصمیم‌گیری ذهنی ایجاد نماید (اسمیت^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). فقدان بازداری یا نارسایی در بازداری رابطه تنگاتنگی با توجه و برانگیختگی دارد. نارسایی بازداری در کودکان باعث رفتارهایی مانند پاسخ دادن پیش از اینکه تکلیف فهمیده شود، پاسخ دادن پیش از اینکه اطلاعات کافی اخذ گردد، معطوف شدن توجه به عوامل خارجی یا ناتوانی در تصحیح پاسخ‌ها آشکارا نامتناسب می‌شود. مرور تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که کودکان اوتیستیک، نارسایی‌هایی را در بازداری پاسخ نشان می‌دهند (تونیزی^۲ و همکاران، ۲۰۲۲).

مدت‌هاست که روش‌های درمانی متعددی از جمله دارودرمانی و روان‌درمانی بر روی کودکان مبتلا به اوتیسم اجرا می‌گردد و پژوهشگران کمتر از درمان‌های جدیدتر بهره برده‌اند. یکی از درمان‌هایی که به نظر می‌رسد در درمان کودکان مبتلا به اوتیسم اثربخش باشد، استفاده از تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم^۳ است (جنوز و باتلر^۴، ۲۰۲۰). اخیراً این روش درمانی به طور گسترده مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است و جهت تغییر تحریک پذیری قشر مغز از طریق تغییر پتانسیل استراحت سلول‌های عصبی قشر مغز عمل می‌کند. تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم می‌تواند برای طیف گسترده‌ای از جنبه‌های اساسی علوم اعصاب و درمان اختلالات عصبی رشدی به کار رود (برونونی^۵ و همکاران، ۲۰۱۲). تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای یک روش ایمن، ارزان، غیرتهاجمی و در دسترس است. این روش با موفقیت به عنوان ابزاری برای بهبود رفتار بازدارنده استفاده شده است (هورداکر^۶، ۲۰۱۸).

در این روش، جریان الکتریکی مستقیم و ضعیف را از طریق اتصال دو الکترود قرار داده شده بر روی پوست سر (معمولاً یک آند و یک کاتد) در نقاط مختلف بر روی سطح مجسمه وارد می‌کنند که منجر به ایجاد تغییراتی در آستانه فرعی و وابسته به قطبیت در پتانسیل‌های غشای استراحت نواحی زیرین مغز می‌شود و همچنین باعث تحریک نورون‌های زیرین می‌شود (چیپس^۷ و همکاران، ۲۰۲۰).

8. Modulation

9. Weber

10. Horvath

11. Antal

12. Dorsolateral prefrontal cortex

13. Nelson

1. Schmitt

2. Tonizzi

3. Transcranial direct current stimulation

4. Genovese & Butler

5. Brunoni

6. Hordacre

7. Chase

و هاپ^۱، ۲۰۱۱). در پژوهشی دیگر با عنوان درمان نقایص کارکردهای اجرایی در اختلال طیف اوتیسم با تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم نشان داد که این روش بر بهبود کارکردهای اجرایی شامل بازداری پاسخ و انعطاف پذیری شناختی اثربخشی دارد (آمیس^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین در پژوهشی دیگر با عنوان تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر روی قشر جلوی مغز جانبی پشتی چپ در کودکان اوتیستیک نشان داد که این کودکان می‌توانند درمان سه هفته‌ای تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای را بدون هیچ گونه عوارض جانبی جدی تحمل کنند و همچنین این روش منجر به کاهش علائم آنان شد (کیو^۳ و همکاران، ۲۰۲۱).

باتوجه به اینکه کودکان مبتلا به اوتیسم دارای نقایصی در کارکردهای اجرایی و به طور ویژه در حافظه کاری و بازداری پاسخ هستند و این نقایص با افزایش سن آنان تداوم می‌یابد، لذا باید رویکرد درمانی را روی این کودکان اجرا کرد که قسمت عظیمی از مشکلات آنان را هدف قرار دهد. رویکردهای درمانی که در گذشته بر اختلال طیف اوتیسم اعمال می‌شدند، بیشتر جهت تقویت مهارت‌های اجتماعی و ارتباطی این کودکان به کار برده شدند. امروزه پژوهش‌ها به دنبال سریع‌ترین درمان جهت رفع نقایص کارکردهای اجرایی در کودکان مبتلا به اوتیسم می‌باشد. علاوه بر این، عوارض جانبی کمتر و اثربخشی بیشتر درمان‌ها نیز حائز اهمیت می‌باشد. بنابراین، پژوهش حاضر به دنبال بررسی این فرضیه است که تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم بر حافظه کاری و بازداری پاسخ در کودکان مبتلا به اوتیسم شهر زاهدان موثر است.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر، از لحاظ هدف کاربردی و از نظر روش از نوع شبه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل است. جامعه آماری این پژوهش شامل تمامی کودکان ۱۰ تا ۱۲ ساله دارای اختلال طیف اوتیسم (طبق تشخیص قطعی روان‌پزشک و آزمون ارزیابی اوتیسم گیلیام^۴) بودند که به مراکز درمانی شهر زاهدان در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱ مراجعه کردند. پس از رعایت ملاک‌های اخلاق در پژوهش، به

عبارتی دیگر (۱) دریافت رضایت آگاهانه از والدین کودکان مبتلا به اوتیسم، (۲) رعایت اصل رازداری، (۳) مشارکت داوطلبانه‌ی والدین و کودکان، (۴) مشارکت بدون هیچ‌گونه هزینه مالی برای شرکت‌کنندگان، از میان کودکان مبتلا به اختلال طیف اوتیسم تعداد ۳۰ نفر از این کودکان با عملکرد بالا تشخیص داده شد (کسب نمره بالای ۸۵ در آزمون گیلیام و ضریب هوشی بالای ۸۵ بر اساس پرونده کودک در مرکز درمانی). سپس نمونه آماری به روش هدفمند انتخاب و در دو گروه ۱۵ نفر (یک گروه آزمایش تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم و یک گروه گواه) به صورت تصادفی جایگزین شدند.

معیارهای ورود به پژوهش عبارت بودند از: ابتلای کودک به اختلال اوتیسم، دامنه سنی ۱۰ تا ۱۲ سال، نداشتن مشکلات بینایی و شنوایی، نداشتن سابقه صرع یا تشنج، و معیارهای خروج از پژوهش عبارت بودند از: غیبت در دو جلسه آموزشی و فقدان همکاری در اجرای آزمون‌ها. روش اجرای پژوهش بدین صورت بود که ابتدا پیش‌آزمون حافظه کاری و بازداری پاسخ بر روی دو گروه کودکان مبتلا به اوتیسم اجرا شد. سپس پروتکل تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم به مدت ۱۰ جلسه ۱۰ دقیقه‌ای و به صورت ۲ جلسه در هفته بر روی گروه آزمایش اجرا گردید، این در حالی است که گروه گواه هیچ‌گونه آموزشی دریافت نکرد. سپس پس‌آزمون حافظه کاری و بازداری پاسخ بر روی دو گروه کودکان مبتلا به اوتیسم اجرا گردید. در انتها داده‌های به دست آمده در نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۷ وارد و به روش تحلیل کوواریانس چند متغیره تحلیل گردید.

ابزارهای پژوهش

مقیاس تشخیص اوتیسم گیلیام (GARS)

جیمز گیلیام^۵ این آزمون را در سال ۱۹۹۵ جهت ارزیابی و سنجش افرادی طراحی کرد که بین سنین ۳ الی ۲۲ سال مشکلات رفتاری شدیدی که احتمالاً بیانگر اختلال طیف اوتیسم باشد، از خود نشان می‌دادند. این آزمون دارای ۵۶ سوال است و از چهار خرده مقیاس رفتار کلیشه‌ای (سوالات ۱ تا ۱۴)، برقراری ارتباط (سوالات ۱۵ تا ۲۸)، تعامل اجتماعی (سوالات ۲۹ تا ۴۲) و اختلال رشدی (سوالات ۴۳ تا ۵۶) تشکیل یافته است. نمره‌گذاری این آزمون به صورت

1. Schneider & Hopp
2. Ameis
3. Qiu
4. Gilliam

5. James Gilliam

سنجش بازداري در کودکان است. اعتبار این آزمون از طریق بازآزمایی، در دامنه ۰/۸۰ تا ۰/۹۱ گزارش شده است (مشهدی و همکاران، ۱۳۸۸).

مقیاس هوش وکسلر کودکان ویرایش پنجم^۳ (WISC-5)

در این پژوهش جهت سنجش حافظه کاری از خرده مقیاس حافظه عددی آزمون هوش وکسلر استفاده شد. مقیاس هوش وکسلر کودکان تا اندازه‌ای یک آزمون تحلیلی بوده و نمره‌گذاری آن بر اساس موفقیت آزمودنی صورت می‌گیرد. این آزمون برای کودکان ۶ تا ۱۶ سال مورد استفاده قرار می‌گیرد و شامل ۱۲ خرده آزمون است که به صورت فردی اجرا می‌گردد و ۳ نمره هوشبهر ارائه می‌دهد، که عبارت‌اند از: (۱) هوشبهر کلامی، (۲) هوشبهر غیر کلامی، (۳) هوشبهر کلی. ضریب اعتبار خرده آزمون حافظه عددی در کودکان ۷/۵ و ۱۰/۵ ساله به ترتیب ۰/۶۰ و ۵۹/۰ گزارش شده است (شهبهیم، ۱۳۸۷).

تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم (tDCS)

این روش، روشی غیرتهاجمی است که جریان خفیف الکتریکی (حداکثر ۲ میلی آمپر) را به صورت مستقیم وارد مغز می‌کند. قطب آند در این روش منجر به افزایش تحریک پذیری و قطب کاتد منجر به کاهش تحریک پذیری قشری می‌شود. معمولاً این روش در قالب ۱۰ جلسه ۱۰ دقیقه‌ای ارائه می‌گردد. اصول کار در دستگاه‌های دوکاناله به این صورت است که دو الکترود یکی قطب مثبت (آند) و دیگری قطب منفی (کاتد) از طریق دو پد اسفنجی مجزا که به محلول رسانا آغشته شده بر روی سر قرار می‌گیرد (وودز^۴ و همکاران، ۲۰۱۶). جریان الکتریکی از طریق الکترودها روی سر و پس از عبور از نواحی مختلف، به سطح قشر مغز می‌رسد. به این ترتیب جریان وارد شده، بار الکتریکی غشای نورون‌های قشر مغز را تغییر داده و پتانسیل استراحت غشا و تحریک پذیری عصبی را تحت شعاع قرار می‌دهد. لازم به ذکر است اگر جریان از آند به کاتد برقرار باشد، اصطلاحاً tDCS آنودال^۵ نامیده می‌شود که باعث تسهیل دپلاریزاسیون^۱ غشای نورون و

لیکرت چهار درجه‌ای می‌باشد (هیچ‌گاه، به‌ندرت، گاهی، غالباً) است. کسب نمره ۸۵ و بالاتر، بیانگر احتمال بالای تشخیص اوتیسم در فرد است. ضریب آلفای کرونباخ برای رفتار کلیشه‌ای برابر با ۰/۹۰، برای ارتباط ۰/۸۹، برای تعامل اجتماعی ۰/۹۳ و برای اختلال رشدی ۰/۸۸ می‌باشد. لازم به ذکر است نسخه فارسی این آزمون دارای ضریب آلفای ۰/۸۹، برای رفتار کلیشه‌ای ۰/۹۲، برای ارتباط ۰/۷۳ و برای تعامل اجتماعی ۰/۸۰ است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱).

آزمون استروپ^۱ (ST)

به منظور اندازه‌گیری بازداري پاسخ در این پژوهش از آزمون رایانه‌ای استروپ استفاده شد. این آزمون یکی از شناخته‌شده‌ترین و بانفوذترین پارادایم‌ها در روانشناسی شناختی است. این آزمون در سال ۱۹۳۵ توسط رایدلی استروپ^۲ جهت ارزیابی کنش‌های اجرایی از قبیل بازداري و کنترل مهاری تدوین گردید. بعد از ارائه مدل کلاسیک این آزمون در سال ۱۹۳۵، مدل‌های گوناگونی از این آزمون تاکنون ساخته و مورد استفاده قرار گرفته است. ابزار مورد استفاده در این پژوهش، به صورت رایانه‌ای بر اساس زبان برنامه‌نویسی دلفی آماده شده است. در مدل رایانه‌ای آزمون، واژه‌های همخوان (رنگ کلمه با معنای کلمه یکسان است) و واژه‌های ناهمخوان (رنگ کلمه با معنای کلمه یکسان نیست) به صورت تصادفی در یک زمان مشخص به فرد ارائه می‌شود و زمان واکنش به کلمات همخوان و ناهمخوان، تعداد پاسخ‌های صحیح، پاسخ‌های غلط و پاسخ‌های نداده فرد به صورت دقیق محاسبه می‌شود. اثر تداخل باعث می‌شود که سرعت عملکرد آزمودنی‌ها در نامیدن کلمات ناهمخوان (رنگ کلمه با معنای کلمه یکسان نیست) نسبت به کلمه همخوان (رنگ کلمه با معنای کلمه یکسان است) کاهش یابد. آزمودنی در این آزمون باید به هریک از چهار کلید تعیین شده پاسخ دهد. در تهیه این آزمون به طور کلی چهار کلمه (سبز، قرمز، زرد، آبی) ۹۶ بار ارائه می‌شود، که ۵۰ درصد (۴۸ کوشش) آن‌ها به صورت همخوان و ۵۰ درصد (۴۸ کوشش) به صورت ناهمخوان می‌باشد. به عبارت دیگر هر یک از کلمات ۴ بار ارائه می‌شود که ۲ بار آن به صورت همخوان و ۲ بار آن به صورت ناهمخوان است. مطالعات انجام پیرامون این آزمون بیانگر اعتبار و روایی بالای آن در

3. Wechsler Intelligence Scale for Children, Fifth Edition

4. Woods

5. Anodal

1. Stroop test

2. Ridley Stroop

افزایش فعالیت نورون‌ها در ناحیه می‌شود ولی اگر جریان از کاتد به آند برقرار باشد، اصطلاحاً tDCS کاتدال^۲ نامیده می‌شود که باعث هیپرپلاریزاسیون^۳ عشای نورون‌ها و مهار فعالیت نورون‌ها در محل تحریک می‌گردد. جهت تعیین پروتکل درمانی، بسته به نوع اختلال عصبی، باید موارد زیر قبل از اجرا مشخص گردد، که عبارت اند از: شدت جریان الکتریکی، مدت و جهت جریان الکتریکی، محل قرارگیری الکترودها، اندازه پدهای اسفنجی و تعداد جلسات (فرگنی^۴ و همکاران، ۲۰۰۵). در پژوهش حاضر، زمان ارائه جریان در قالب ۱۰ جلسه ۱۰ دقیقه‌ای و هر هفته ۲ جلسه تعیین شد و تحریک الکتریکی فراجمعه‌ای با جریان مستقیم ساخت NEUROSTIM-2 با استفاده از دستگاه دوکاناله شرکت مدینا طب گستر اجرا شد.

یافته‌های پژوهش

در جدول ۱، میانگین نمرات حافظه کاری و بازداری پاسخ در گروه آزمایش و کنترل در پس آزمون بیشتر از پیش آزمون به

دست آمده است، ولی در گروه کنترل میانگین نمرات حافظه کاری و بازداری پاسخ در پیش آزمون و پس آزمون در حد مساوی است. در این پژوهش به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تجزیه و تحلیل کوواریانس استفاده شده است، اما اجرای این آزمون مستلزم رعایت برخی مفروضه‌ها به قرار زیر می‌باشد: (۱) نرمال بودن متغیر وابسته و متغیر همپراش، (۲) همگونی واریانس، (۳) همگنی شیب خط رگرسیون.

نتایج جدول ۲ حاکی از نرمال بودن نمرات در پیش آزمون و پس آزمون می‌باشد، زیرا آماره‌های دو گروه در هر مرحله بیشتر از سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

نتایج جدول ۳ همگونی خطای واریانس‌ها در پیش آزمون و پس آزمون را نشان می‌دهد. جهت آزمون همگنی شیب خط رگرسیون باید مقادیر تعامل دو گروه همپراش و مستقل برای متغیرهای مختلف معنادار نباشد. در جدول شماره ۴ مقادیر معناداری مقادیر F تعامل دو گروه همپراش و مستقل آورده شده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد نمرات آزمودنی‌ها در حافظه کاری و بازداری پاسخ به تفکیک گروه‌ها

متغیرها	گروه	پیش آزمون میانگین	انحراف استاندارد	پس آزمون میانگین	انحراف استاندارد
حافظه کاری	گروه آزمایش	۲/۹۶	۰/۸۸	۶/۱۵	۱/۲۳
	گروه کنترل	۳/۰۵	۰/۹۳	۳/۱۱	۰/۹۷
بازداری پاسخ	گروه آزمایش	۱۸/۳۰	۴/۲۴	۳۴/۳۰	۹/۱۸
	گروه کنترل	۱۸/۸۵	۴/۴۰	۱۸/۶۳	۴/۵۶

جدول ۲. نتایج آزمون کلموگروف - اسمیرنوف و شاپیرو ویلک

آزمون شاپیرو ویلک	درجه آزادی	سطح معناداری
پیش آزمون حافظه کاری	۱۵	۰/۷۵
پس آزمون حافظه کاری	۱۵	۰/۲۴
پیش آزمون بازداری پاسخ	۱۵	۰/۳۲
پس آزمون بازداری پاسخ	۱۵	۰/۴۰

جدول ۳. نتایج آزمون لوین جهت بررسی همگنی خطای واریانس‌ها

F	Df1	Df2	سطح معناداری
۰/۰۴	۱	۱۳	پیش آزمون حافظه کاری
۰/۷۵	۱	۱۳	پس آزمون حافظه کاری
۱/۱۵	۱	۱۳	پیش آزمون بازداری پاسخ
۰/۳۰	۱	۱۳	پس آزمون بازداری پاسخ

1. Depolarization
2. Cathodal
3. Hyperpolarization
4. Fregni

جدول ۴. آزمون یکسانی شیب خط رگرسیون در متغیرهای پژوهش را نشان می‌دهد. به عبارتی دیگر، شیب خط رگرسیون برای شرایط آزمایشی متفاوت نمی‌باشد. در جدول شماره ۵ ملاحظه می‌شود در پس آزمون نمرات حافظه کاری کودکان گروه آزمایش با نمرات حافظه کاری در گروه گواه تفاوت معناداری وجود دارد (سطح معناداری کمتر از ۰.۰۵). اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم (tDCS) بر حافظه کاری با

اندازه اثر (۰.۹۴) تاثیرگذار می‌باشد. در جدول ۶ ملاحظه می‌شود در پس آزمون نمرات بازداری پاسخ کودکان گروه آزمایش با نمرات بازداری پاسخ در گروه گواه تفاوت معناداری وجود دارد (سطح معناداری کمتر از ۰.۰۵). اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم (tDCS) بر بازداری پاسخ با اندازه اثر (۰.۸۸) تاثیرگذار می‌باشد.

جدول ۴. آزمون یکسانی شیب خط رگرسیون

مجموع مجذورات	درجه آزادی	نسبت F	سطح معناداری
۱۲۲/۵۰	۱	۱/۷۹	۰/۵۵
۷۹/۲۶	۱	۰/۳۳	۰/۶۵

جدول ۵. نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیری برای حافظه کاری

منابع تغییر	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	نسبت F	سطح معناداری	ضریب اتا
پیش آزمون	۱۸۰/۶۵	۱	۲۰/۰۷	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۱۱
اثر اصلی (درمان)	۴۳۸۳/۵۹	۱	۴۳۸۳/۵۹	۴۸۸/۳۰	۰/۰۰۰	۰/۹۴
خطای باقی مانده	۲۶۰/۳۴	۲۷	۸/۹۷			

جدول ۶. نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیری برای بازداری پاسخ

منابع تغییر	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	نسبت F	سطح معناداری	ضریب اتا
پیش آزمون	۷۹/۲۶	۱	۱۳/۲۱	۰/۳۳	۰/۹۰	۰/۰۸
اثر اصلی (درمان)	۱۶۴/۶۳	۱	۱۶۴/۶۳	۶۵/۷۰	۰/۰۰۰	۰/۸۸
خطای باقی مانده	۸۶۰/۱۶	۲۷	۳۹/۰۹			

بحث و نتیجه گیری

باتوجه به اینکه کودکان مبتلا به اوتیسم در کارکردهای اجرایی مانند حافظه کاری و بازداری پاسخ دچار مشکلات و ناهنجاری‌هایی هستند، بنابراین تلاش در جهت دستیابی به روش‌هایی برای بهبود عملکرد این کودکان در کارکردهای اجرایی مذکور دارای اهمیت فراوان می‌باشد. بر این اساس هدف این پژوهش بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم بر حافظه کاری و بازداری پاسخ در کودکان مبتلا به اوتیسم شهر زاهدان بود. همانطور که یافته‌ها نشان می‌دهد بین پس آزمون نمرات حافظه کاری و بازداری پاسخ در گروه آزمایش با نمرات حافظه کاری و تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم در تقویت حافظه کاری و بازداری پاسخ در کودکان مبتلا به اوتیسم به طور قابل توجهی تاثیرگذار بوده است. به طور کلی می‌توان

گفت تحریک‌های مغزی توسط امواج توانسته است در تقویت حافظه کاری و بازداری پاسخ در کودکان اوتیستیک کمک کننده باشد و می‌تواند مکمل سودمندی جهت بهبود و تقویت حافظه کاری و بازداری پاسخ در کودکان مبتلا به اوتیسم باشد. یافته‌های پژوهش کنونی با نتایج پژوهش‌های گمربیز^۱ و همکاران (۲۰۲۴)، راتسایپه‌ایا و همکاران (۲۰۲۴)، کانگ^۲ و همکاران (۲۰۲۴)، ازدینما^۳ و همکاران (۲۰۲۴)، چن و همکاران (۲۰۲۳)، وانگ^۴ و همکاران (۲۰۲۳)، کانگ و همکاران (۲۰۲۳)، ناظری و همکاران (۲۰۲۳)، کیو و همکاران (۲۰۲۱) و آمیس و همکاران (۲۰۲۰) همخوانی دارد و همواره اهمیت اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم را در تقویت کارکردهای کودکان مبتلا به

اوتیسم بیان می‌کند.

در تبیین یافته‌های پژوهش در ارتباط با اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم بر حافظه کاری می‌توان بیان داشت، تحریک آندی در هر دو لوب DLPFC شرکت کنندگان با دپولاریزه شدن نورون‌ها همراه می‌باشد و منجر به کاهش استراحت نورونی و در آخر افزایش تحریک پذیری نورون‌های این قسمت شده است (گارسیا و همکاران، ۲۰۲۱). از طرفی دیگر، بیشتر شدن تحریک پذیری نورون‌های این منطقه از قشر باعث رها شدن هرچه بیشتر عصب رسانه‌های این قسمت می‌گردد. تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای می‌تواند بر سطح گلوتامات (GLU)، اسید گاما آمینوبوتیریک (GABA) و گلوتامین تاثیرگذار باشد، از طرفی اعتقاد بر این است که گلوتامات (GLU) و اسید گاما آمینوبوتیریک (GABA) نقش بسزایی را در حافظه و سایر کارکردهای مغز دارند (دوایر و همکاران، ۲۰۱۹). بنابراین می‌توان گفت عصب رسانه‌ها زمان بیشتری در فضای بین سیناپسی قرار می‌گیرند و آثار طولانی‌تری را بر بهبود و تقویت حافظه کاری خواهند داشت. در واقع محل حافظه کاری قشر پیشانی سمت چپ می‌باشد، ولی اختلال شدید در حافظه کاری مستلزم وجود ضایعه‌های دوطرفه در قشر پیش‌پیشانی است (فریز و همکاران، ۲۰۲۳؛ آکسو و همکاران، ۲۰۲۱).

یافته دیگر این پژوهش در ارتباط با اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم بر بازداری پاسخ نشان داد که این روش با کاهش خطا و زمان واکنش و همچنین نمره تداخل منجر به بهبود بازداری پاسخ در کودکان اوتیستیک شده است. در تبیین این یافته می‌توان بیان داشت، انعطاف‌ناپذیری سلول‌های عصبی نتیجه اختلال در ژنی می‌باشد که مسئولیت توسعه رشد ارتباطات سیناپسی را دارد و این انعطاف‌ناپذیری نورون‌ها می‌تواند از طریق

memory improvement after transcranial direct current stimulation paired with working memory training in diabetic peripheral neuropathy. *Applied Neuropsychology: Adult*, 1-14.

Ameis, S. H., Blumberger, D. M., Croarkin, P. E., Mabbott, D. J., Lai, M. C., Desarkar, P., ... & Daskalakis, Z. J. (2020). Treatment of Executive Function Deficits in autism spectrum

مکانیزم تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای تغییر پیدا کند و همچنین این تغییرات در انتقال سیناپسی منجر به بهبود و تقویت بازداری پاسخ در کودکان مبتلا به اوتیسم می‌گردد (کیو و همکاران، ۲۰۲۱). زمانی که بازداری پاسخ در کودکان مبتلا به اوتیسم دچار اختلال است، سایر کارکردهای اجرایی هم به درستی عمل نخواهند کرد و مشکلات این کودکان به ضعف در عملکرد لوب پیشانی و پیش‌پیشانی آنان مربوط می‌شود. شواهد عصب روانشناختی هم به طور پیوسته بازداری پاسخ را با عملکردهای مناطق قشر پیش‌پیشانی در ارتباط می‌داند (کاتن و ریکر، ۲۰۲۲). لذا بر اساس مطالعات انجام شده و نقش تاثیرگذار قشر پیش‌پیشانی در بازداری پاسخ، می‌توان اینگونه استدلال کرد که افزایش تحریک‌پذیری در سازه‌های تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم منجر به بهبود رفتاری در بازداری پاسخ شده است. به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر نیز این جریان به علت القای فعالیت بیشتر در قشر پیش‌پیشانی چپ منجر به بهبود عملکرد بازداری پاسخ در کودکان اوتیستیک شده است.

لازم به ذکر است این پژوهش مانند هر پژوهش دیگری با محدودیت‌هایی مواجه شد، مانند اینکه اجرای مرحله پیگیری پژوهش به علت محدودیت‌های زمانی بر روی شرکت کنندگان و همچنین امکان اجرای آزمون‌ها بر روی نمونه وسیع‌تر امکان‌پذیر نبود. از آنجایی که روش‌های درمانی با تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم مطالعات گران قیمتی محسوب می‌شوند، بنابراین پیشنهاد می‌شود که پژوهش در جامعه بزرگ‌تر و وسیع‌تر و بر روی تعداد بیشتری از کودکان اوتیستیک اجرا شود تا با اطمینان بیشتری بتوان نتایج را تعمیم داد و همچنین پیشنهاد می‌گردد که پژوهش بر روی کودکان با دامنه‌های سنی دیگر صورت گیرد.

References

- Ahmadi, S. J., Safari, T., Hematian, M., and Khalili, Z. (2012). The effectiveness of applied behavioral analysis (ABA) on autism symptoms. *Behavioral Science Research*, 10(4(subsequent 25)), 292-300. (in Persian)
- Aksu, S., Hasircı Bayır, B. R., Sayman, C., Soyata, A. Z., Boz, G., & Karamürsel, S. (2023). Working

- disorder with repetitive transcranial magnetic stimulation: A double-blind, sham-controlled, pilot trial. *Brain stimulation*, 13(3), 539-547.
- Antal, A., Alekseichuk, I., Bikson, M., Brockmüller, J., Brunoni, A. R., Chen, R., ... & Paulus, W. (2017). Low intensity transcranial electric stimulation: safety, ethical, legal regulatory and application guidelines. *Clinical neurophysiology*, 128(9), 1774-1809.
- APA, A. P. A. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. The American Psychiatric Association.
- Blair, C., & Ursache, A. (2011). A bidirectional model of executive functions and self-regulation. *Handbook of self-regulation: Research, theory, and applications*, 2, 300-320.
- Brunoni, A. R., Nitsche, M. A., Bolognini, N., Bikson, M., Wagner, T., Merabet, L., ... & Fregni, F. (2012). Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): challenges and future directions. *Brain stimulation*, 5(3), 175-195.
- Caruana, N., Stieglitz Ham, H., Brock, J., Woolgar, A., Kloth, N., Palermo, R., & McArthur, G. (2018). Joint attention difficulties in autistic adults: An interactive eye-tracking study. *Autism*, 22(4), 502-512.
- Centre for Disease Control and Prevention. (2018). *identified prevalence of autism spectrum disorder: ADDM network 2000-2010, combining data from all sites*. [<http://www.cdc.gov/ncbddd/autism/data.html>].
- Chan, M. M., Choi, C. X., Tsoi, T. C., Shea, C. K., Yiu, K. W., & Han, Y. M. (2023). Effects of multisession cathodal transcranial direct current stimulation with cognitive training on sociocognitive functioning and brain dynamics in autism: A double-blind, sham-controlled, randomized EEG study. *Brain stimulation*, 16(6), 1604-1616.
- Chase, H. W., Boudewyn, M. A., Carter, C. S., & Phillips, M. L. (2020). Transcranial direct current stimulation: a roadmap for research, from mechanism of action to clinical implementation. *Molecular psychiatry*, 25(2), 397-407.
- Chen, G., Zhu, Z., He, Q., & Fang, F. (2021). Offline transcranial direct current stimulation improves the ability to perceive crowded targets. *Journal of Vision*, 21(2), 1-1.
- Cotton, K., & Ricker, T. J. (2022). Examining the relationship between working memory consolidation and long-term consolidation. *Psychonomic Bulletin & Review*, 29(5), 1625-1648.
- Dwyer, G. E., Craven, A. R., Hirnstein, M., Kompus, K., Assmus, J., Erslund, L., ... & Grüner, R. (2019). No effects of anodal tDCS on local GABA and Glx levels in the left posterior superior temporal gyrus. *Frontiers in Neurology*, 9, 1145.
- Ezedinma, U., Burgess, S., Nikles, J., Downer, T., Jones, E., Metse, A., ... & Oprescu, F. (2024). The potential of repetitive transcranial magnetic stimulation for addressing sleep difficulties in children with autism—A brief communication. *Sleep Medicine*, 118, 78-80.
- Fregni, F., Boggio, P. S., Nitsche, M., Bermanpohl, F., Antal, A., Feredoes, E., ... & Pascual-Leone, A. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex enhances working memory. *Experimental brain research*, 166, 23-30.
- Friebs, M. A., Frings, C., & Hartwigsen,

- G. (2021). Effects of single-session transcranial direct current stimulation on reactive response inhibition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 128, 749-765.
- Garcia-Gonzalez, S., Lugo-Marin, J., Setien-Ramos, I., Gisbert-Gustemps, L., Arteaga-Henriquez, G., Diez-Villoria, E., & Ramos-Quiroga, J. A. (2021). Transcranial direct current stimulation in Autism Spectrum Disorder: A systematic review and meta-analysis. *European Neuropsychopharmacology*, 48, 89-109.
- Genovese, A., & Butler, M. G. (2020). Clinical assessment, genetics, and treatment approaches in autism spectrum disorder (ASD). *International journal of molecular sciences*, 21(13), 4726.
- 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.
- Hordacre, B. (2018). The role of telehealth in assisting in-home tDCS is to provide opportunities, promising results, and acceptability. *Brain Sciences*, 8(6), 102.
- Horvath, J. C., Forte, J. D., & Carter, O. (2015). A quantitative review finds no evidence of cognitive effects in healthy populations from single-session transcranial direct current stimulation (tDCS). *Brain stimulation*, 8(3), 535-550.
- Hossein Panahi, A., and Zemestani, M. (2020). The effect of direct cortical stimulation (tDCS) on neuropsychological indicators related to social skills in children with autism. *Cognitive Psychology Quarterly*. 8(1), 106-94. (in Persian)
- Huggins, C. F., Donnan, G., Cameron, I. M., & Williams, J. H. (2021). Emotional self-awareness in autism: A meta-analysis of group differences and developmental effects. *Autism*, 25(2), 307-321.
- Kang, J., Fan, X., Zhong, Y., Casanova, M. F., Sokhadze, E. M., Li, X., ... & Geng, X. (2023). Transcranial direct current stimulation modulates EEG microstates in low-functioning autism: A pilot study. *Bioengineering*, 10(1), 98.
- Kang, J., Li, Y., Lv, S., Hao, P., & Li, X. (2024). Effects of transcranial direct current stimulation on brain activity and cortical functional connectivity in children with autism spectrum disorders. *Frontiers in Psychiatry*, 15, 1407267.
- Leung, R. C., & Zakzanis, K. K. (2014). Brief report: Cognitive flexibility in autism spectrum disorders: a quantitative review. *Journal of autism and developmental disorders*, 44, 2628-2645.
- Mashhadi, A., Rasoulzadeh Tabatabai, S. K., Azadfalsh, P., and Soltanifar, A. (2009). Comparison of response inhibition and interference control in children with attention-deficit/hyperactivity disorder and normal children. *Clinical Psychology*, 1(2), 37-50. (in Persian)
- Moradi, H., Movahedi, A., & Arabi, M. (2020). The effect of perceptual-motor exercises on improving the executive functions of children with autism. *Shafaye Khatam Neurosciences*, 8(2), 1-8. (in Persian)
- Nazari, G., Mousavi, M., & Sadeghi-Firoozabadi, V. (2023). Effectiveness

- of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation of Left Dorsolateral Prefrontal Cortex in Facial Emotion Recognition and Clinical Symptoms of Boys with Autism Spectrum Disorder. *Iranian Journal of Psychiatry and Behavioral Sciences*, (In Press).
- Nee, D. E., Brown, J. W., Askren, M. K., Berman, M. G., Demiralp, E., Krawitz, A., & Jonides, J. (2013). A meta-analysis of executive components of working memory. *Cerebral cortex*, 23(2), 264-282.
- Nelson, J. T., McKinley, R. A., Golob, E. J., Warm, J. S., & Parasuraman, R. (2014). Enhancing vigilance in operators with prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS). *NeuroImage*, 85(Part 3), 909-917.
- Posner, M. I., Rothbart, M. K., & Rueda, M. R. (2013). We are developing attention and self-regulation in infancy and childhood. *Comprehensive developmental neuroscience: Neural circuit development and function in the healthy and diseased brain*, 3, 395-411.
- Qiu, J., Kong, X., Li, J., Yang, J., Huang, Y., Huang, M., ... & Kong, J. (2021). Transcranial direct current stimulation (tDCS) over the left dorsal lateral prefrontal cortex in children with autism spectrum disorder (ASD). *Neural Plasticity*, 2021(1), 6627507.
- Rabinovici, G. D., Stephens, M. L., & Possin, K. L. (2015). Executive dysfunction. *CONTINUUM: Lifelong Learning in Neurology*, 21(3 Behavioral Neurology and Neuropsychiatry), p. 646.
- Ratsapbhayakul, T., Keeratitanont, K., Chonprai, C., Auvichayapat, N., Suphakunpinyo, C., Patjanasoonorn, N., ... & Auvichayapat, P. (2024). Anodal transcranial direct-current stimulation and non-verbal intelligence in autism spectrum disorder: A randomized controlled trial. *Developmental Medicine & Child Neurology*.
- Schmitt, L. M., Bojanek, E., White, S. P., Ragazzino, M. E., Cook, E. H., Sweeney, J. A., & Mosconi, M. W. (2019). Familiality of behavioral flexibility and response inhibition deficits in autism spectrum disorder (ASD). *Molecular autism*, 10(1), 1-11.
- Schneider, H. D., & Hopp, J. P. (2011). The use of the Bilingual Aphasia Test for assessment and transcranial direct current stimulation to modulate language acquisition in minimally verbal children with autism. *Clinical linguistics & phonetics*, 25(6-7), 640-654.
- Shahim, S. (2008). *Revised Wechsler Intelligence Scale for Children, Agenda and Norms*, Shiraz: Shiraz University Publications. (in Persian)
- Shi, L. J., Zhou, H. Y., Shen, Y. M., Wang, Y., Fang, Y. M., He, Y. Q., ... & Chan, R. C. (2020). Differential profiles of response inhibition deficit between male children with autism spectrum disorders and schizophrenia. *Autism Research*, 13(4), 591-602.
- Tonizzi, I., Giofre, D., & Usai, M. C. (2022). Inhibitory control in autism spectrum disorders: meta-analyses on indirect and direct measures. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 52(11), 4949-4965.
- Vakilizadeh, N., Abedi, A., and Mohseni Ajieh, A. (2017). Checking the validity and reliability of the Persian version of the Early Screening Questionnaire for Autism (ESAT-PV) in toddlers. *Archives of Rehabilitation (Rehabilitation)*, 18(3), 182-193. (in Persian)

- Wagner, R. E., Zhang, Y., Gray, T., Abbacchi, A., Cormier, D., Todorov, A., & Constantino, J. N. (2019). Autism-related variation in reciprocal social behavior: A longitudinal study. *Child development*, 90(2), 441–451.
- Wang, Y., Wang, F., Kong, Y., Gao, T., Zhu, Q., Han, L., ... & Ke, X. (2023). High definition transcranial direct current stimulation of the Cz improves social dysfunction in children with autism spectrum disorder: a randomized, sham, controlled study. *Autism Research*, 16(10), 2035-2048.
- Weber, M. J., Messing, S. B., Rao, H., Detre, J. A., & Thompson-Schill, S. L. (2014). Prefrontal transcranial direct current stimulation alters activation and connectivity in cortical and subcortical reward systems: A tDCS-fMRI study. *Human brain mapping*, 35(8), 3673–3686.
- Woods, A. J., Antal, A., Bikson, M., Boggio, P. S., Brunoni, A. R., Celnik, P., ... & Nitsche, M. A. (2016). A technical guide to tDCS and related non-invasive brain stimulation tools. *Clinical neurophysiology*, 127(2), 1031-1048.

