

Research Paper

The Effectiveness of Transcranial Direct Electrical Stimulation of the Brain (TDCS) on the Components of Working Memory in Children with Educable Mental Retardation



Fataneh Ghalichin^{1*}

1. PhD in Family Counseling, Department of Counseling, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.



Citation: Ghalichin, F. (2025). [The Effectiveness of Transcranial Direct Electrical Stimulation of the Brain (TDCS) on the Components of Working Memory in Children with Educable Mental Retardation (Persian)]. *Journal of Research in Child and Adolescent Psychotherapy*, 2(3): 39-48. <https://doi.org/10.22098/rcap.2024.14335.1043>

[10.22098/rcap.2024.14335.1043](https://doi.org/10.22098/rcap.2024.14335.1043)



Article Info:

Received: 2023/12/30

Accepted: 2024/01/31

Available Online: 2025/12/20

Key words:

Active Memory,
Direct Transcranial
Electrical
Stimulation of the
Brain, Mental
Retardation

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to investigate the effectiveness of transcranial direct electrical stimulation of the brain (TDCS) on the components of working memory in children with mental retardation.

Methods: The research method was applied in terms of objective and semi-experimental in terms of data collection with a pre-test-post-test design with a control group. The statistical population included all mentally retarded children aged 5 to 12 years old in the "Nilofrane" rehabilitation center for the mentally disabled in Zahedan city in the year 2022-2023, and there were 70 of them, 30 of them using the sampling method. Targeted selection and random replacement were placed in the experimental and control groups (15 people in the experimental group / 15 people in the control group). The experimental group received transcranial direct electrical stimulation (TDCS) program, while the control group did not receive training. The research tool was the set of children's working memory test by Susan Pickering and Susan Goderkol (2001). The data were analyzed using covariance analysis and SPSS version 22 software.

Results: The results of multivariate covariance analysis showed that the effectiveness of transcranial direct electrical stimulation of the brain (TDCS) had a significant effect on memory and its components (central executive, visual spatial plane and phonological loop).

Conclusion: As a result, transcranial direct electrical stimulation of the brain can be used as an effective intervention to increase working memory performance and its components among children with intellectual disabilities.

Extended Abstract

1. Introduction

Mental retardation is one of the perceptual-motor abnormalities that occur during development, typically before the age of 18 (Baghande, Hmoanian & Arab Ameri, 2014). These conditions encompass a range of developmental, mental, and cognitive disabilities that can also impact behavior (Kiankuri et al., 2020). Among the cognitive skills associated with higher brain functions are executive functions and working memory (Vahid et al., 2021). The term "executive functions" refers to a set of higher-order cognitive abilities, which includes skills such as planning, inhibition, cognitive flexibility, and working memory (Ghamari Givi et al., 2012). Among these, working memory is recognized as a key component. In recent decades, there has been a growing interest in non-invasive brain stimulation techniques.

Specifically, transcranial direct current stimulation (tDCS), which involves delivering a weakly polarized direct electric current to the cortex through both anodal and cathodal electrodes, has shown promising results (Adair et al., 2020). Although research in this area has been limited, studies on both typically developing and disordered children have provided encouraging findings. For instance, research by Costanzo et al. (2019) indicated that long-term improvements in reading skills were observed in children and adolescents with dyslexia when tDCS was combined with reading training, suggesting that electrical stimulation can enhance learning outcomes in dyslexic children. Despite a wide variety of studies focused on improving working memory through both modern technologies like brain stimulation and traditional cognitive rehabilitation methods, there is a lack of research specifically investigating tDCS on the working memory of children with intellectual disabilities. Given the importance of enhancing

*Corresponding Author:

Fataneh Ghalichin

Address: Department of Counseling, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 1763781

E-mail: F.ghalichin54@yahoo.com

executive functions and short-term memory performance to improve the quality of life and psychological well-being of children with intellectual disabilities, utilizing a method that can effectively stabilize their working memory could be crucial.

2. Materials and Methods

The research utilizes a semi-experimental design known as the pre-test-post-test design with a control group. The statistical population consists of all mentally disabled children aged 5 to 12 at the Nilofrane Rehabilitation Center in Zahedan city for the years 2022-2023, totaling 70 children. From this population, 30 children were randomly selected to form the experimental and control groups using purposeful sampling and based on specific entry criteria. The research tool employed was the set of active memory tests for children developed by Susan Pickering and Susan Goderkol (2001). This tool is based on a three-component model, which includes the phonological loop, visual-spatial sketchpad, and central executive, to measure active memory, cognition, and overall development in children and adolescents. It is specifically designed for children aged 5 to 15 years. In the first stage of the research, a briefing session was conducted for the mothers of the participants. During this session, the objectives of the study were explained, and the mothers were asked to complete a written consent form for their children's participation. In the experimental

group, the participants were seated in an armchair at the start of the session. They received direct anodal electrical stimulation to the "dorsolateral prefrontal cortex" in the left hemisphere and direct cathodal electrical stimulation to the "dorsolateral prefrontal cortex" in the right hemisphere. The stimulation involved applying a current intensity of 2 milliamperes using 35 cm square electrodes for a duration of 15 minutes. To ensure proper contact between the electrodes and the scalp, the electrodes were soaked in salt water prior to application. All participants were re-assessed using the active memory tool in the post-test phase, with assessments conducted immediately after treatment, at the end of the study, and two months later. Data analysis was carried out using means and standard deviations for descriptive statistics, and covariance analysis for inferential statistics.

3. Results

According to the results presented in Table 3, transcranial direct current stimulation (tDCS) has a significant effect on working memory scores and its components. Specifically, the central executive component had an F-value of 6.49, the spatial visual sketchpad had an F-value of 6.30, and the phonological loop had an F-value of 9.61 ($p < 0.001$). Based on the eta-squared values, it can be concluded that 64%, 62%, and 69% of the variation in the central executive, spatial visual sketchpad, and phonological loop, respectively, can be attributed to the intervention effect.

Table 1. The results of multivariate covariance analysis of the effectiveness of transcranial direct electrical stimulation of the brain (TDCS) on the working memory of children with mental retardation

Sources	Change	dependent variables	SS	df	MS	F	Sig	Eta
group		Central executive	26.63	1	26.63	6.49	0.001	0.64
		Spatial visual screen	24.45	1	24.45	6.30	0.001	0.62
		Phonological loop	33.76	1	33.76	9.61	0.001	0.69

4. Discussion and Conclusion

The findings indicate that direct transcranial electrical stimulation (TDCS) of the brain significantly impacts the components of working memory, specifically the central executive, visual-spatial sketchpad, and phonological loop. TDCS affects the left posterior lateral prefrontal cortex (DLPFC) by altering surface excitability in either a depolarization or hyperpolarization direction. This change in excitability can lead to either increased or decreased neuronal firing, thereby influencing the cortical networks involved in cognitive tasks (Marshall, Matiz, Hattwig, and Siebner, 2005). Another hypothesis relates to the role of dopamine in memory and cognitive function. Increased excitability in the prefrontal cortex may enhance dopamine release, potentially improving cognitive performance and problem-solving abilities. Anodal TDCS is thought to induce excitatory effects that could elevate levels of glutamate, an amino acid linked to working memory, recognition memory, and stimulus-response learning (Wilmar et al., 2012). Additionally, stimulating the posterior lateral prefrontal cortex may also activate other brain regions, thereby enhancing

short-term memory, visual-spatial skills, executive functions, attention, concentration, and overall cognitive and metacognitive processes.

5. Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

Ethical standards such as obtaining informed consent and confidentiality of information have been observed in this research. Along with the emphasis on completing all the questionnaire questions and participating in the therapy sessions, the participants were free to withdraw from the study. After the completion of the research, the contents of the sessions taught to the experimental group were also provided to the control group.

Funding

No financial support was received from any governmental or non-governmental organization to conduct this research.

Conflicts of interest

This article has no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (TDCS) بر مؤلفه‌های حافظه فعال کودکان دارای کم‌توان ذهنی تربیت‌پذیر

فنانه قالیچین*^۱ ID

۱. دکتری مشاوره خانواده، گروه مشاوره، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

چکیده

هدف: هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (TDCS) بر مؤلفه‌های حافظه فعال کودکان دارای کم‌توانی ذهنی تربیت‌پذیر بود.

روش‌ها: روش پژوهش از نظر هدف کاربردی و از حیث گردآوری داده‌ها نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری شامل کلیه کودکان کم‌توان ذهنی تربیت‌پذیر ۵ تا ۱۲ ساله مرکز توان‌بخشی معلولان ذهنی «نیلوفرانه» شهر زاهدان در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱ به تعداد ۷۰ نفر بودند که از بین آن‌ها ۳۰ نفر با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب و به صورت جایگزینی تصادفی در گروه آزمایش و کنترل قرار گرفتند (۱۵ نفر گروه آزمایش / ۱۵ نفر گروه کنترل). گروه آزمایش برنامه تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (TDCS) را دریافت کردند؛ در حالی که گروه کنترل، آموزشی دریافت نکردند. ابزار پژوهش مجموعه آزمون حافظه فعال کودکان سوزان پیکرینگ و سوزان گدرکول (۲۰۰۱) بود. داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس و با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیری نشان داد که اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (TDCS) بر حافظه فعال و مؤلفه‌های آن (مجری مرکزی، صفحه دیداری فضایی و حلقه واج‌شناختی) اثر معناداری داشت.

نتیجه‌گیری: در نتیجه تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز می‌تواند به‌عنوان مداخله‌ای مؤثر در جهت افزایش عملکرد حافظه فعال و مؤلفه‌های آن در بین کودکان کم‌توان ذهنی تربیت‌پذیر شود.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۹/۲۹

کلیدواژه‌ها:

تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز، حافظه فعال، کم‌توانی ذهنی

مقدمه

یکی از مسائل و مشکلات اساسی در بین افراد جوامع، وجود اختلالات، بیماری‌ها، نارسایی‌های جسمی، ذهنی و رفتاری به‌خصوص در میان کودکان است، به‌گونه‌ای که خانواده‌ها و متخصصان حوزه‌های مختلف علوم انسانی و زیستی و با پیشرفت علم همواره به دنبال یافتن راه‌حلی برای مقابله با این مشکل و بیماری‌ها هستند (ترنیکرافت و هندرسون^۱، ۲۰۱۶). در این زمینه یکی از ناتوانی‌هایی که طی سال‌های اخیر مورد توجه محققان و درمان‌گران مراکز معلولان مورد توجه قرار گرفته است، اختلالات ناشی از کم‌توان ذهنی است که مطابق شواهد موجود، میزان شیوع این اختلالات در جوامع بشری رو به رشد است (کیانکونی و جانیری^۲، ۲۰۲۰). اختلال کم‌توانی ذهنی یکی از ناهنجاری‌های ادراکی-

حرکتی دوران رشد است و عبارت است از محدودیت‌های بنیادی در کنش عمومی هوش (کارایی ذهن پایین‌تر از حد متوسط یعنی ضریب هوشی ۷۰ و پایین‌تر طبق معیارهای استاندارد اندازه‌گیری)، توجه، حافظه، ادراک همراه با اختلال در مهارت‌های سازشی کاربردی مانند سازگاری با محیط، ایجاد ارتباط با دیگران، مراقبت از خود، زندگی خانوادگی، مهارت‌های اجتماعی، مهارت‌های حرکتی، کارایی در جامعه، بهداشت و ایمنی، اوقات فراغت، کار، یادگیری‌های آموزشگاهی و غیره است (باغنده، حومینان و عرب‌عامری، ۱۳۹۴) که تا قبل از سن ۱۸ سالگی به

وقوع می‌پیوندد. میزان شیوع کم‌توان ذهنی بین ۱ تا ۳ درصد کل جمعیت

1. Thornicroft, & Henderson
2. Cianconi, Betrò, & Janiri

* نویسنده مسئول:

فنانه قالیچین

نشانی: گروه مشاوره، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

تلفن: ۱۷۶۳۷۸۱ (۹۱۲) ۹۸+

پست الکترونیکی: F.ghalichin54@yahoo.com

پژوهش در روان‌درمانی کودک و نوجوان

برآورد شده است و بیشتر افرادی که با کم‌توان ذهنی شناسایی می‌شوند در طبقه کم‌توان ذهنی آموزش‌پذیر قرار می‌گیرند. این کودکان با مشکلات ذهنی و رفتاری بسیاری از جمله: ناتوانی در یادگیری، مشکلات شخصیتی و نقص در رفتار سازشی مواجه‌اند (پاتل و همکاران، ۲۰۲۰). این ناتوانی‌های تحولی، ذهنی و شناختی است (کیانکوری و همکاران، ۲۰۲۰) که بر رفتار سازشی نیز تأثیر می‌گذارد. یکی از مهارت‌های شناختی سطوح عالی مغز کارکردهای اجرایی و حافظه فعال است (وحید و همکاران، ۱۴۰۰).

زیربنای سازوکارهای عصبی رفتارهای پرتکراری بر نقش جریان‌های قشری - عقده‌های قاعده‌ای تالاموس تمرکز دارند و این نواحی مغزی با رفتارهای تکراری و شناختی مرتبط هستند (گندهی^۱، ۲۰۲۱). این در حالی است که نواحی قشر پیشانی و ارتباطات آن با نواحی مغزی حجم مختلط و آهیانه در طیف گسترده‌ای از کارکردهای شناختی مغز به نام کارکردهای اجرایی درگیر است که این امر باعث شد تا محققان بر فهم علت ارتباط بین مشکلات کودکان کم‌توان ذهنی و تأخیر در کارکردهای اجرایی تمرکز کنند (آرمسترانگ^۲، ۲۰۲۰).

اصطلاح کارکردهای اجرایی، اصطلاحی است که می‌توان آن را به‌عنوان عملکردهای شناختی مرتبه بالاتر تعریف کرد و شامل مهارت‌های چندگانه از قبیل برنامه‌ریزی، بازداری، انعطاف‌پذیری شناختی، حافظه فعال و غیره می‌شود (قمری گیوی و همکاران، ۱۳۹۳). هر عملکردی شامل شبکه پیچیده‌ای از نواحی مغز و فرآیندهای شناختی متعدد است (لیو و همکاران، ۲۰۱۸). پژوهشگران بیان کرده‌اند اختلال‌هایی که دارای کم‌توان ذهنی هستند غالباً یک الگوی کلی از آسیب در کارکردهای اجرایی را نشان می‌دهند و بر این اساس کارکردهای اجرای خود را با عملکرد هوشی مرتبط می‌دانند، از سوی دیگر برخی پژوهشگران نشان داده‌اند با وجود اینکه کم‌توانی ذهنی منجر به عملکرد پایین در تعدادی از تکالیف در کارکردهای اجرایی می‌شود، تمامی کارکردهای اجرایی با هوش مرتبط نیستند (ابراهیمی و طاهرا، ۱۳۹۷)، با وجود این، الگوی یکسانی از نقص در کارکردهای اجرایی همه افراد با سطح هوش‌بهر پایین به دست نیامده است.

در میان مؤلفه‌های متعدد کارکردهای اجرایی، حافظه فعال به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های اصلی در نظر گرفته می‌شود. حافظه فعال یکی از توانایی‌های شناختی سیال است و به مکان فعال ذهنی اشاره دارد؛ جایی که اطلاعات می‌توانند به مدت کوتاهی از زمان در جریان فعالیت‌های شناختی ذخیره - سازی و دست‌کاری شوند. در حوزه حافظه فعال یکی از الگوهای که از پویایی بیشتری برخوردار است مدلی است که ابتدا توسط بدلی و هیچ^۳ مورد مفهوم‌سازی قرار گرفت و بعدها به‌وسیله بدلی (مساوتی آذر و

همکاران، ۱۳۹۶) توسعه داده شد. بدلی (۲۰۱۰) حافظه فعال را مشتمل بر ۳ مؤلفه می‌داند: حلقه واج‌شناسی، الگوی دیداری - فضایی و مجری مرکزی (آقابابایی و صمدی، ۱۳۹۷). حلقه واج‌شناسی یک انبار حیطه خاص است که اندوزش موقتی اطلاعات کلامی و شنیداری را بر عهده دارد. این زیر مؤلفه، برای فراگیری زبان بسیار لازم است (دسچامپس و همکاران^۴، ۲۰۲۰). الگوی دیداری - فضایی نیز اطلاعات دیداری - فضایی را ذخیره می‌کند. گرچه الگوی دیداری - فضایی خود به‌عنوان یک زیر مؤلفه واحد در نظر گرفته می‌شود، می‌تواند به دو زیر مؤلفه جزئی تر تقسیم گردد؛ بینایی و فضایی. زیر مؤلفه بینایی، مسئول ذخیره - سازی اطلاعات بینایی (برای مثال اطلاعات مربوط به رنگ‌ها و شکل‌ها) و زیر مؤلفه فضایی، مسئول ذخیره کردن اطلاعات فضایی (برای مثال اطلاعات مربوط به جهات) هست (آقابابایی و امیری، ۱۳۹۴). مجری مرکزی نیز یک سیستم نظارتی است و برای کنترل و تنظیم کردن فرایند - های شناختی به کار می‌رود. این بخش موجب جلب توجه به سمت محرک می‌شود و مواردی که باید ذخیره شوند را مشخص می‌سازد (جعفری، ارجمندینیا و رستمی، ۱۴۰۰).

مطالعات اخیر نشان می‌دهد که تقویت رشد کارکردهای اجرایی و حافظه فعال در کودکان و بالغان از طریق فعالیت‌های خاص امکان‌پذیر است. در بین شیوه‌های مداخله که برای بهبود کارکردهای اجرایی در اختلالات تکاملی مختلف مورد پژوهش قرار گرفته‌اند؛ مانند آموزش حافظه کاری و استدلال از طریق بازی‌های رایانه‌ای، ترکیب بازی‌های تعاملی و رایانه - های، تمرینات هوازی، یوگا، هنرهای رزمی و تحریکات الکتریکی (کاسای و همکاران^۵، ۲۰۱۹). مداخلاتی که بر روی بهبود این مهارت‌ها در کودکان با کم‌توان ذهنی تمرکز داشته باشد، کمتر دیده می‌شود. در دهه‌های اخیر پژوهش درباره کارآمدی تکنیک‌های غیرتهاجمی تحریک مغز افزایش یافته است؛ به‌خصوص تحریک مغز از روی مجموعه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی (tDCS) نتایج امیدوار کننده‌ای نشان داده است (آدایر و همکاران^۶، ۲۰۲۰). تحریک الکتریکی برای تعدیل اعصاب و درمان اختلال‌های عصب شناختی و بیماری‌های روانی مانند هیستری از زمان‌های قدیم استفاده قرار گرفته است (رینور و باسلت، ۲۰۲۱). tDCS ارائه یک جریان الکتریکی مستقیم قطبی ضعیف به قشر از راه دو الکترود است. یک الکترود آندی یا فعال که بر قسمت مشخص شده مجموعه قرار می‌گیرد و یک الکترود کاتدی یا مرجع که می‌تواند

1. Gandhi
2. Armstrong
3. Baddeley & Hitch
4. Deschamps & et al
5. Kassai & et al
6. Trans cranial direct current stimulation
7. Adair et al

پژوهش در روان‌درمانی کودک و نوجوان

مستقیم فراجمعه‌ای مغز (TDCS) بر مؤلفه‌های حافظه فعال در کودکان دارای کم‌توانی ذهنی تربیت‌پذیر مؤثر است.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از جمله طرح‌های نیمه آزمایشی، با عنوان طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه گواه است. جامعه آماری شامل کلیه کودکان کم‌توان ذهنی تربیت‌پذیر ۵ تا ۱۲ ساله مرکز توان-بخشی معلولان ذهنی «نیلوفرانه» شهر زاهدان در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۲ به تعداد ۷۰ نفر بودند. ۳۰ نفر از آن‌ها با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند به‌عنوان نمونه پژوهش انتخاب و به‌صورت جایگزینی تصادفی در گروه آزمایش و کنترل قرار گرفتند (۱۵ نفر گروه آزمایش / ۱۵ نفر گروه کنترل). ملاک‌های ورود به پژوهش شامل: دامنه سنی ۱۳ تا ۱۵ سال، بهره هوشی ۲۵ تا ۵۵ تمایل به شرکت در پژوهش و زندگی با پدر و مادر است. ملاک‌های خروج از مطالعه نیز غیبت بیش از دو جلسه در جلسات درمان، مصرف داروهای محرک، شرکت همزمان در مداخله آموزشی مشابه، داشتن مشکلات شنوایی و بینایی، جسمی حرکتی یا اختلال‌های مانند اختلال کم‌توجهی / بیش‌فعالی و طلاق والدین است. برای گردآوری داده‌ها از ابزار زیر استفاده شده است.

ابزار پژوهش:

مجموعه آزمون حافظه فعال برای کودکان^۵: این آزمون را سوزان پیکرینگ و سوزان گدرکول در سال ۲۰۰۱ براساس مدل سه مؤلفه‌ای (حلقه واج شناختی، صفحه دیداری فضایی و مجری مرکزی) بدلی و هیچ به‌منظور سنجش حافظه فعال (شناخت و پیشرفت کلی) کودکان و نوجوانان ۵ تا ۱۵ سال طراحی کرده‌اند و ارجمندن آن را در سال ۱۳۹۶ ترجمه و هنجاریابی کرده است (جلیل آبکنار و همکاران، ۱۳۹۸). آزمون حافظه یا حاف بک که حدود یک ساعت زمان می‌برد، به‌صورت انفرادی اجرا می‌شود. این آزمون، عملکرد خرده مقیاس حلقه واج‌شناسی را با مجموع نمرات یادآوری رقم، تطبیق لیست لغت، یادآوری لیست لغت و یادآوری لیست هجاهای بی‌معنی، عملکرد خرده مقیاس صفحه دیداری فضایی را با مجموع نمرات یادآوری مکعب و حافظه مازها و عملکرد خرده مقیاس مجری مرکزی را با مجموع نمرات یادآوری شنیدن، یادآوری شمارش و یادآوری رقم رو به عقب می‌سنجد. مجموع نمره عملکرد فرد در این سه خرده مقیاس نیز بهره حافظه فعال را مشخص می‌کند. اکابر و همکاران پایایی خرده آزمون‌ها

روی پیشانی طرف مقابل یا شانه قرار بگیرد (سلمانی و همکاران، ۱۴۰۳). سازوکار عمل tDSC عبارت است از تغییر آستانه نورون‌ها. تحریک آند باعث آسان شدن دیپلاریزاسیون غشای سلولی و افزایش نرخ شلیک عصبی می‌شود؛ در حالی که تحریک کاتدی موجب کاهش فعالیت عصبی می‌شود (سادرک - الیورا و همکاران^۱، ۲۰۲۱). مطالعات تصویربرداری مغزی کارکردی حجم فزاینده‌ای و غنی‌ای از شواهد را در ارتباط با حافظه فعال و ساختارهای بخش پشتی - جانبی منطقه پیش‌پیشانی ارائه کرده‌اند؛ به‌صورتی که تکلیف حافظه فعال کلامی، بخش پشتی - جانبی منطقه پیش‌پیشانی راست را فعال می‌کند (مولایی و همکاران، ۱۳۹۳). بر این اساس در اغلب پژوهش‌ها الکترودها بر روی این نواحی قرار می‌گیرد که طبق سیستم بین‌المللی ۲۰-۱۰ شامل نواحی F3، F4، DLPFC می‌شود. پژوهش‌های مختلف اثربخشی این روش را برای بهبود حافظه نشان داده‌اند (مسلمی و همکاران، ۱۳۹۸). بیشتر پژوهش‌ها بر روی بزرگسالان سالم انجام شده و نتایج حاکی از آن بوده است که تحریک‌پذیری قشر مغز در ناحیه DLPFC می‌تواند منجر به بهبود عملکرد حافظه کاری هم در افراد سالم و هم در جمعیت بالینی شود (گل‌اندام و دوستان، ۱۳۹۶؛ کیو و همکاران^۲، ۲۰۲۱؛ ورجالیتو و همکاران^۳، ۲۰۲۳). هر چند پژوهش‌های اندکی این حوزه بر روی کودکان دارای عادی و دارای اختلال انجام شده، نتایج آن‌ها نیز تأیید کننده این روش است؛ به‌عنوان مثال نتایج پژوهش کوستانزو^۴ و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که بهبود طولانی مدت به دنبال tDCS همراه با آموزش خواندن در کودکان و نوجوانان مبتلا به نارساخوانی بر روی ۲۶ آزمودنی که طی ۱۸ جلسه، همراه با آموزش خواندن، ۲۰ دقیقه تحریک الکتریکی دریافت کردند، نشان داد تحریک الکتریکی در خلال آموزش خواندن، به بهبود طولانی مدت در کودکان مبتلا به نارساخوانی منجر می‌شود.

با وجود تنوع زیاد در پژوهش‌های مربوط به روش‌های بهبود مؤلفه‌های حافظه فعال چه با روش‌های مبتنی بر فن‌آوری‌های جدید، مانند تحریک مغز و چه روش‌های قدیمی توان‌بخشی شناختی، پژوهشی که استفاده از روش TDCS به‌طور ویژه بر روی حافظه کاری کودکان کم‌توان ذهنی تربیت‌پذیر انجام شده باشد، محدود است. با توجه به اهمیت افزایش کارکردهای اجرایی و افزایش عملکرد حافظه کوتاه‌مدت برای بهبود افزایش کیفیت زندگی و بهزیستی روان‌شناختی کودکان کم‌توان ذهنی، استفاده از روشی که بتواند حافظه کاری آن‌ها را پایدار کند، می‌تواند دارای اهمیت باشد؛ لذا هدف از اجرای پژوهش حاضر، بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمعه‌ای مغز (TDCS) بر مؤلفه‌های حافظه فعال در کودکان دارای کم‌توانی ذهنی تربیت‌پذیر است و با توجه به آنچه گفته شد، فرضیه زیر قابل تدوین است: روش تحریک الکتریکی

1. Sudbrack-Oliveira & et al
2. Kuo & et al
3. Vergallito & et al
4. Costanzo
5. Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C)

پژوهش در روان‌درمانی کودک و نوجوان

را در دامنه ۰/۴۵ تا ۰/۸۳ گزارش کرده‌اند. ارجمندیها هم پایایی کل آزمون را به روش بازآزمایی ۰/۸۳ و خرده آزمون‌ها را در دامنه ۰/۳۸ تا ۰/۸۳ محاسبه کرد؛ همچنین روایی آن در سطح ۰/۵ معنادار دانست و روایی کل آن را ۰/۷۹ به دست آورد. در این پژوهش ضریب پایایی با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ ۰/۷۸ و روایی آن با استفاده از همسانی درونی ۰/۸۱ به دست آمد؛ همچنین پایایی سه خرده مقیاس آزمون حافظه فعال یعنی مجری مرکزی، صفحه دیداری فضایی و حلقه واج شناختی به ترتیب ۰/۶۶، ۰/۸۱ و ۰/۷۴ به دست آمد.

در اولین مرحله پژوهش، در جلسه‌ای توجیهی برای مادران آزمودنی‌ها، ضمن تشریح اهداف پژوهش از آن‌ها خواسته شد رضایت‌نامه‌ای کتبی را برای شرکت فرزندانشان در پژوهش تکمیل کنند. برای ارزیابی حافظه فعال شرکت‌کنندگان در پژوهش از مجموعه آزمون حافظه فعال شرکت‌کنندگان در پژوهش از مجموعه آزمون حافظه فعال برای کودکان به عنوان پیش آزمون استفاده شد. برای گروه آزمایش تحریک فراجمه‌ای مغز با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی (TDCS) به صورت یک جلسه هفتگی اجرا شد. تعیین مداخله به صورت یک جلسه در هفته توسط متخصص علوم اعصاب شناختی پیشنهاد شد؛ ولی بر روی

گروه کنترل هیچ مداخله‌ای صورت نگرفت. روش انجام آن بدین صورت بود که در شروع جلسه آزمودنی روی صندلی راحتی می‌نشست و تحریک مستقیم الکتریکی آنودال در ناحیه «پشتی جانبی قشر پیش-پیشانی نیمکره چپ» و تحریک مستقیم الکتریکی کاتودال ناحیه «پشتی جانبی قشر پیش‌پیشانی نیمکره راست» صورت گرفت. آزمودنی‌ها شدت جریانی به میزان ۲ میلی آمپر با الکترودهای به اندازه ۳۵ سانتی متر مربع به مدت ۱۵ دقیقه می‌کردند برای برقراری اتصال مناسب بین الکترود و جمجمه الکترودها با آب نمک خیس شدند. شایان ذکر است که جریان الکتریکی با شدت دو میلی آمپر بر سلامتی شرکت‌کنندگان اثر سوء ندارد (فرگنی^۱ و همکاران، ۲۰۰۵). کلیه آزمودنی‌ها در جلسه اول، آخر و ۲ ماه پس از اتمام درمان، در مرحله پس آزمون مجدداً ابزار حافظه فعال اجرا شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در سطح توصیفی از میانگین و انحراف استاندارد و در سطح استنباطی از تحلیل کوواریانس استفاده شد.

یافته‌ها

در جدول (۱) میانگین و انحراف معیار نیمرخ حافظه فعال در دو گروه آزمایش و کنترل در موقعیت پیش آزمون و پس آزمون ارائه شده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد حافظه فعال و مؤلفه‌های آن در گروه آزمایش (مرحله پیش آزمون و پس آزمون)

مؤلفه‌های حافظه فعال	گروه‌ها	گروه آزمایش		گروه کنترل	
		میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
مجری مرکزی	پیش آزمون	۵۷/۲۴	۱/۳۱	۵۷/۳۱	۱/۴۵
	پس آزمون	۶۲/۲۰	۱/۶۰	۵۹/۷۸	۱/۴۸
صفحه دیداری فضایی	پیش آزمون	۵۲/۶۰	۱/۱۸	۵۳/۶۷	۱/۰۸
	پس آزمون	۵۹/۷۸	۱/۱۸	۵۴/۳۴	۱/۰۴
حلقه واج شناسی	پیش آزمون	۷۳/۳۵	۱/۲۷	۷۳/۷۸	۱/۵۳
	پس آزمون	۷۹/۸۷	۱/۳۱	۷۴/۷۷	۱/۲۳

آماري تحليل کوواریانس چند متغیری برقرار است. به این منظور، مؤلفه‌های حافظه فعال در گروه آزمایش و کنترل در پیش‌فرض‌های آماری اثر پیلاهی، لامبدای ویکلز، اثر هتلینگ و بزرگترین ریشه روی محاسبه شد که نتایج آن در جدول شماره (۲) آمده است. نتایج آزمون‌های چهارگانه تحلیل کوواریانس در جدول (۲) نشان داد که گروه آزمایش و کنترل، حداقل در یکی از متغیرهای مجری مرکزی، صفحه دیداری فضایی و حلقه واج شناختی تفاوت معناداری دارند ($p < ۰/۰۰۱$). به منظور پی بردن به این تفاوت از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیری استفاده شد که نتایج آن در جدول (۳) آمده است.

برای تعدیل اثر پیش آزمون و به علت وجود یک متغیر مستقل (تحریک الکتریکی مستقیم فراجمه‌ای مغز) و متغیر وابسته مجزا (مجری مرکزی، صفحه دیداری فضایی و حلقه واج شناسی) از آزمون آماری تحلیل کوواریانس چند متغیری استفاده شد. قبل از انجام چنین آزمونی، برای بررسی نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها به ترتیب از آزمون کولموگروف-اسمرینف و آزمون لوین استفاده شد که نتایج آن حاکی از نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس بود ($p > ۰/۰۵$). فرض همگنی شیب خطی رگرسیون نیز بررسی شد و نتایج نشان داد تعامل بین شرایط پیش آزمون معنی‌دار نیست ($p < ۰/۰۳۴$ و $f = ۵/۱۱$)؛ یعنی داده‌ها از همگنی شیب رگرسیون حمایت می‌کند؛ بنابراین فرض‌های آزمون

پژوهش در روان‌درمانی کودک و نوجوان

جدول ۲. نتایج کلی تحلیل کوواریانس چند متغیری بر میانگین نمرات حافظه فعال

نوع آزمون	مقدار	درجه آزادی فرضیه	درجه آزادی خطا	نسبت F	سطح معناداری
اثر پیلاپی	۰/۷۲	۳	۲۳	۴/۳۱	۰/۰۰۱
لامبدای ویکلز	۰/۰۸	۳	۲۳	۴/۳۱	۰/۰۰۱
اثر هتلینگ	۴/۰۹	۳	۲۳	۴/۳۱	۰/۰۰۱
بزرگترین ریشه روی	۴/۰۹	۳	۲۳	۴/۳۱	۰/۰۰۱

جدول ۳. نتایج تحلیل کوواریانس چند متغیری اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (TDCS) بر حافظه فعال کودکان دارای کم توانی ذهنی

منابع تغییر	متغیرهای وابسته	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	نسبت f	سطح معناداری	مجذور اتا
گروه	مجری مرکزی	۲۶/۶۳	۱	۲۶/۶۳	۶/۴۹	۰/۰۰۱	۰/۶۴
	صفحه دیداری فضایی	۲۴/۴۵	۱	۲۴/۴۵	۶/۳۰	۰/۰۰۱	۰/۶۲
	حلقه واج شناختی	۳۳/۷۶	۱	۳۳/۷۶	۹/۶۱	۰/۰۰۱	۰/۶۹

که اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز و افزایش تحریک‌پذیری سطحی در کورتکس پیش‌پیشانی موجب کاهش انتقال دهنده‌ی عصبی گابا و نیز افزایش دوپامین در قسمت مغزی مرتبط سمت چپ در این افراد شده است. **روح‌الامینی و همکاران، (۱۳۹۷)** نشان دادند که برنامه مداخله‌ای تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز موجب بهبود توجه انتخابی و انعطاف‌پذیری شناختی مؤثر بود، که با نتایج پژوهش حاضر همسو بود.

در تبیین این یافته‌ها می‌توان گفت که TDCS به‌عنوان یک تکنیک درمانی عصبی موجب می‌شود که یک جریان مستقیم و ضعیفی به مناطق قشری مختلف وارد شود و از این طریق فعالیت مربوط به حرکت مورد نظر را از نظر عصبی تسهیل یا بازداری کند. به دنبال اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای و تعدیل برانگیختگی قشری، پتانسیل‌های برانگیخته حرکتی در ناحیه تحت الکترود آند تسهیل می‌شود و شکل-پذیری قشری در ارتباط با بهبود اجرای حرکتی صورت می‌گیرد (**برونونی و همکاران، ۲۰۱۲**). در تبیین چگونگی تأثیر TDCS بر قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ (DLPFC) می‌توان گفت که ارائه تحریک TDCS با تغییر تحریک‌پذیری سطحی در جهت دپولاریزاسیون یا هایپرپولاریزاسیون باعث شلیک بیشتر یا کمتر سلول‌های مغز می‌شود؛ همچنین تأثیرات مشاهده شده ناشی از افزایش در تحریک‌پذیری کورتکسی در کورتکس پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ باشد؛ زیرا تحریک آندری با دپلاریزه کردن نورونی موجب تغییر در استراحت نورونی می‌شود و تحریک‌پذیری آن ناحیه را افزایش می‌دهد (**مارشال، ماتیز، هاتویگ و سینر، ۲۰۰۵**). یعنی شبکه‌های کورتکسی که در ارائه تکالیف شناختی درگیر است. فرض دیگر می‌تواند دوپامین در حافظه و کالیف

با نظر به نتایج جدول شماره (۳)، تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (TDCS) تأثیر معناداری بر نمرات حافظه فعال و مؤلفه‌های آن یعنی مجری مرکزی ($F=۶/۴۹$)، صفحه دیداری فضایی ($F=۶/۳۰$) و حلقه واج‌شناختی ($F=۹/۶۱$) داشت ($p<۰/۰۰۱$). براساس مجذور اتا نیز می‌توان ادعا کرد به ترتیب ۰/۶۴، ۰/۶۲، ۰/۶۹ درصد تغییرات هر یک از متغیرهای مجری مرکزی، صفحه دیداری فضایی و حلقه واج‌شناختی به علت اثر مداخله بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از اجرای پژوهش حاضر، بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (TDCS) بر مؤلفه‌های حافظه فعال کودکان دارای کم‌توان ذهنی تربیت‌پذیر بود. یافته‌ها نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز بر مؤلفه‌های حافظه فعال یعنی مجری مرکزی، صفحه دیداری فضایی و حلقه واج‌شناختی تأثیر معناداری دارد؛ به عبارت دیگر میانگین نمرات مجری مرکزی، صفحه دیداری فضایی و حلقه واج‌شناسی در پس آزمون گروه آزمایش بیشتر از میانگین نمرات پس آزمون گروه کنترل بود. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های **عبادی و همکاران (۱۳۹۶)**، **شاهنگ و همکاران (۱۳۹۹)**، **واقف و همکاران (۱۳۹۹)**، **فیلمر و همکاران (۲۰۱۴)**، **والیا و همکاران (۲۰۲۱)** که اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز را بر بخش‌های مختلف حافظه در حوزه‌های مختلف تأیید کردند همسو است. **جگ و همکاران (۲۰۲۳)** نیز در پژوهشی اثربخشی TDCS را در عملکرد سیستم‌های مغزی در بیماران افسرده بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که TDCS باعث بهبود تغییرات ساختاری عصبی شده است و اثر انعطاف‌پذیری در شبکه‌های مغزی این افراد داشته است؛ همچنین در مطالعه‌ای دیگر اثربخشی TDCS بر کودکان با اختلال یادگیری خاص خواندن نشان داد

1. Brunoni & et al

2. Marshall, Matthias, Hartwig & Siebner

پژوهش در روان‌درمانی کودک و نوجوان

شناختی باشد. یعنی افزایش تحریک‌پذیری سطحی در کرتکس پیش‌پیشانی موجب افزایش رهاسازی دوپامین می‌شود که خود ممکن است موجب بهبود عملکرد شناختی و حل مسئله شود؛ بنابراین TDCS آندی موجب آثار بهبود تحریکی می‌شود که آن شاید سطوح گلوتامات، آمینو اسید مرتبط با حافظه کاری، بازشناسی حافظه و یادگیری مطرح- پاسخ را افزایش می‌دهد (ویلار و همکاران، ۲۰۱۲)؛ همچنین جریان ثابت الکتریکی می‌تواند موجب تغییرات در غلظت یونی محلی شود که سبب تغییر پروتئین‌های عبوری از غشا و نیز تغییرات در یون هیدروژن مثبت (H^+) شود (باربی و همکاران، ۲۰۱۳) و عوامل بهبود تحریک‌پذیری را در پی داشته باشد. فرض دیگر می‌تواند تحریک شدن قسمت‌های دیگر با تحریک ناحیه کرتکس پیش‌پیشانی خلفی جانبی باشد که موجب بهبود در حافظه کوتاه‌مدت مهارت‌های بینایی-فضایی، عملکردهای اجرایی، توجه، تمرکز حافظه کاری، زبان، آگاهی نسبت به زمان و مکان و حل مسئله فراگیران شود.

این پژوهش همانند سایر پژوهش‌ها دارای محدودیت‌های بود، از جمله غیرتصادفی بودن نمونه‌گیری و پایین بودن حجم نمونه به دلیل بالینی بودن جامعه آماری، نبود مرحله پیگیری به دلیل محدودیت زمانی انجام پژوهش و عدم همکاری آزمودنی‌ها؛ همچنین محدودیت در کنترل ترس و اضطراب کودکان از دستگاه TDCS و الکترودهای قرار گرفته شده روی سر کودکان از دیگر محدودیت‌های این پژوهش بود.

بر این اساس پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، جهت اطلاع از ثبات و ماندگاری نتایج، مرحله پیگیری مجدد نیز انجام گیرد. همچنین تلاش شود که در مطالعات آینده از طریق حضور والدین در جلسه مداخله، تکنیک‌های شناختی حواس‌پرتی، ارائه تقویت و پاداش برای کودکان کم‌توان ذهنی تربیت‌پذیر تا حدودی ترس و اضطراب آن‌ها را کنترل و مدیریت کرد؛ در نهایت با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود مداخله درمانی تحریک الکتریکی مستقیم فراججمه به‌عنوان رویکرد تأثیرگذار درمانی در مراکز درمانی معلولان، مراکز بهزیستی و مدارس دارای کم‌توان ذهنی برای ارتقای سطح حافظه فعال، مانند مجری مرکزی، صفحه دیداری فضایی و حلقه واج‌شناسی و همچنین ارتقای فرایندهای شناختی و فراشناختی استفاده شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاقی پژوهش

استانداردهای اخلاقی مانند کسب رضایت آگاهانه و رازداری و محرمانه بودن اطلاعات در این پژوهش رعایت شده است. در کنار تأکید بر تکمیل تمامی سؤالات پرسشنامه و شرکت در جلسات درمانی،

شرکت‌کنندگان آزاد بودند که از مطالعه انصراف دهند. پس از تکمیل پژوهش، محتوای جلسات آموزش داده شده به گروه آزمایش نیز در اختیار گروه کنترل قرار گرفت.

حامی مالی

برای انجام پژوهش حاضر از هیچ نهاد دولتی و غیر دولتی حمایت مالی دریافت نشده است.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسنده، این مقاله تعارض منافع ندارد.

منابع

ابراهیمی، فاطمه؛ طاهر، محبوبه. (۱۳۹۷). تأثیر آموزش مهارت‌های خودتنظیمی بر مهارت‌های اجتماعی و کارکردهای اجرایی کودکان پیش‌دبستانی مبتلا به کم‌توانی ذهنی خفیف. *مجله روان‌شناسی استثنایی*، ۸(۳۲): ۱۰۱-۱۲۵.

[Doi:10.22054/jpe.2019.36937.1883]

آقابابایی، سارا و امیری، شعله. (۱۳۹۴). بررسی مؤلفه دیداری-فضایی حافظه فعال و کوتاه مدت در دانش‌آموزان با اختلالات یادگیری و مقایسه با دانش‌آموزان یادگیری. *فصلنامه روان‌شناسی شناختی*، ۲(۴): ۱-۹.

https://jcp.khu.ac.ir/browse.php?a_code=A-10-3-1&slc_lang=fa&sid=1

آقابابایی، سارا و صمدی، مریم. (۱۳۹۷). بررسی و مقایسه مؤلفه‌های حافظه فعال در کودکان اوتیسم و عادی. *روان‌شناسی و روان‌پزشکی شناخت*، ۵(۴): ۳۶-۵۵.

باغنده، حسین؛ حومنیان، داود و عرب‌عامری، الهه. (۱۳۹۴). تأثیر تمرینات ادراکی-حرکتی بر رشد مهارت‌های حرکتی دختران کم‌توان ذهنی تربیت‌پذیر. *رشد و یادگیری حرکتی-ورزشی*، ۷(۴): ۴۹۰-۴۷۳.

[Doi:10.22059/jmlm.2015.57105]

جعفری، فاطمه؛ ارجمندنیان، علی اکبر؛ رستمی، رضا. (۱۳۹۷). تأثیر برنامه توانبخشی عصب-روان‌شناختی بر حافظه فعال و بازداری پاسخ دانش‌آموزان با ناتوانی یادگیری نوشتن. *مجله علوم روان‌شناختی*، ۲۰(۹۸): ۲۴۵-۲۳۳.

<https://psychologicalscience.ir/article-1-820-fa.html>

جلیل آبکنار، سیده سمیه؛ افروز، غلامعلی؛ ارجمندنیان، علی اکبر؛ غباری بناب، باقر. (۱۳۹۸). اثربخشی برنامه اوقات فراغت عرش بر نمیرخ حافظه فعال دانش‌آموزان کم‌توان ذهنی آموزش‌پذیر. *آرشیو توانبخشی (توانبخشی)*، ۲۰(۱): ۹۹-۸۵.

[Doi:10.32598/rj.20.1.28]

1. Villamar & et al
2. Barbey & et al

پژوهش در روان‌درمانی کودک و نوجوان

مبتلا به افسردگی - مطالعه نیمه تجربی. *مجله مطالعات علوم پزشکی*,

۹۸-۱۰۶: (۲) ۳۱

https://umj.umsu.ac.ir/browse.php?a_id=4803&sid=1&slc_lang=fa

وحید، راحله؛ آزموده، معصومه؛ طباطبایی، سید محمود؛ علیوندی وفا، مرضیه.

(۱۴۰۰). اثربخشی مداخله شناختی رایانه محور بر نظریه ذهن کودکان

مبتلا به نقص توجه / بیش فعالی. *دو ماهنامه علمی پژوهشی طب توان-*

بخشی، ۱۰ (۴): ۶۵۶-۶۶۷. [Doi:0.32598/SJRM.10.4.4]

References:

- Adair, D., Truong, D., Esmailpour, Z., Gebodh, N., Borges, H., Ho, L., ... & Bikson, M. (2020). Electrical stimulation of cranial nerves in cognition and disease. *Brain stimulation*, 13(3), 717-750. [Doi:10.1016/j.brs.2020.02.019]
- Al-Saad, M. S. H., Al-Jabri, B., & Almarzouki, A. F. (2021). A review of working memory training in the management of attention deficit hyperactivity disorder. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 15, 686873. [Doi: 10.3389/fnbeh.2021.686873]
- Angelopoulou, E., & Drigas, A. (2021). Working memory, attention and their relationship: A theoretical overview. *Research, Society and Development*, 10(5), e46410515288-e46410515288. [Doi:10.33448/rsd-v10i5.15288]
- Armstrong, N. M., An, Y., Shin, J. J., Williams, O. A., Doshi, J., Erus, G., ... & Resnick, S. M. (2020). Associations between cognitive and brain volume changes in cognitively normal older adults. *Neuroimage*, 223, 117289. [Doi: 10.1016/j.neuroimage.2020.117289]
- Baddeley, A. D., Hitch, G. J., & Allen, R. J. (2019). From short-term store to multicomponent working memory: The role of the modal model. *Memory & cognition*, 47, 575-588. [Doi: 10.3758/s13421-018-0878-5]
- Brunoni, A. R., Nitsche, M. A., Bolognini, N., Bikson, M., Wagner, T., Merabet, L., et al. (2012). Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): Challenges and future directions. *Brain Stimulation*, 5(3), 175-195. [Doi: 10.1016/j.brs.2011.03.002]
- Cianconi, P., Betrò, S., & Janiri, L. (2020). The impact of climate change on mental health: a systematic descriptive review. *Frontiers in psychiatry*, 11, 74. [Doi:10.3389/fpsy.2020.00074]
- Costanzo, F., Rossi, S., Varuzza, C., Varvara, P., Vicari, S., & Menghini, D. (2019). Long-lasting improvement following tDCS treatment combined with a training for reading in children and adolescents with dyslexia. *Neuropsychologia*, 130, 38-43. [Doi:10.1016/j]
- Deschamps, I., Courson, M., Dick, A. S., & Tremblay, P. (2020). The phonological loop: is speech special?. *Experimental Brain Research*, 238, 2307-2321. [Doi: 10.1007/s00221-020-05886-9]
- Filmer, H. L., Dux, P. E., & Mattingley, J. B. (2014). Applications of transcranial direct current stimulation for understanding brain function. *Trends in neurosciences*, 37(12), 742-753. [Doi:10.1016/j.tins.2014.08.003]
- Fregni, F., Boggio, P. S., Nitsche, M., Bormpohl, F., Antal, A., Feredoes, E., ... & Pascual-Leone, A. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Experimental brain research*, 166, 23-30. [Doi: 10.1007/s00221-005-2334-6]

روح‌الامینی، شکوفه؛ سلیمانی، مهران و واقف، لادن. (۱۴۰۲). اثربخشی

تحریک الکتریکی مستقیم فراجیمه‌ای مغز (tDCS) بر حافظه

کاری و سطح خواندن دانش‌آموزان با ناتوانی یادگیری خواندن.

فصلنامه کودکان/استثنایی، ۲۳ (۲): ۱۰۵-۱۱۸.

<https://joec.ir/article-1-768-fa.html>

زمانی، گل اندام؛ دوستان، محمدرضا. (۱۳۹۶). تأثیر تحریک الکتریکی

فراجیمه‌ای مغز بر حافظه کاری و زمان واکنش دختران ورزشکار.

فصلنامه عصب روان‌شناسی، ۳ (۳): ۴۴-۳۳.

https://clpsy.journals.pnu.ac.ir/article_4357.html

سعیدی، مریم؛ فیروزآبادی، سیدمحمد. (۱۳۹۸). اثر تحریک الکتریکی

فراجیمه‌ای جریان مستقیم بر روی فعالیت‌های قشر مغز: مدل

محاسباتی نورون-آستروسیت. *نشریه مهندسی پزشکی زیستی*، ۱۳ (۲):

۳۱۳-۳۲۴. [Doi:10.22041/ijbme.2019.106436.1469]

سلمانی، علی؛ بشپور، سجاد و صالحی‌نژاد، محمدعلی. (۱۴۰۳). اثربخشی

تحریک الکتریکی مستقیم فراجیمه‌ای بر ولع مصرف و سبک‌های

تصمیم‌گیری در افراد مصرف‌کننده مواد. *فصلنامه علمی اعتیاد پژوهی*.

۱۸ (۷۱): ۵۴-۳۱. [Doi:10.61186/etiadjpajohi.18.71.31]

شباهنگ، آسیه؛ عابدان‌زاده، رسول و رمضان‌زاده، حسام. (۱۳۹۹). تأثیر

تحریک الکتریکی مستقیم فراجیمه‌ای مغز بر حافظه کاری.

مطالعات روان‌شناسی ورزشی، ۳۱.

<https://www.sid.ir/files/server/jf/12001513961004.pdf>

عبادی، محبوبه؛ حسینی، فاطمه؛ اسمعیل‌زاده، محمد. (۱۳۹۹). اثربخشی

تحریک الکتریکی مستقیم مغز (tDCS) بر حافظه فعال افراد مبتلا به

افسردگی اساسی. *مجله دانشگاه علوم پزشکی اراک*، ۲۰ (۵): ۴۷-۳۸.

<http://jams.arakmu.ac.ir/article-1-5110-fa.html>

قمری گیوی، حسین؛ نادر، مقصود و دهقانی، فرشته. (۱۳۹۳). بررسی

اثربخشی توان‌بخشی شناختی در بازسازی کارکردهای اجرایی

بیماران وسواسی-جبری. *فصلنامه مطالعات روان‌شناسی بالینی*،

۱۶ (۴): ۱۰۱-۱۲۹. [Doi:10.3389/fpsy.2020.00074]

مسلمی، بختیار؛ آزموده، معصومه؛ طباطبایی، سیدمحمود؛ علیوندی،

مرضیه. (۱۳۹۸). تأثیر تحریک الکتریکی مغزی بر ناحیه پیش‌پیشانی

پشتی-جانبی: مروری بر نقش آن در عملکردهای شناختی. *شفای*

خاتم، ۸ (۱): ۷۱-۸۸. [Doi:10.29252/shefa.8.1.129]

مولایی، مهری؛ حاتمی، جواد؛ رستمی، رضا. (۱۳۹۳). بررسی و مقایسه

کارکردهای اجرایی در بیماران مبتلا به اختلال افسردگی اساسی و

وسواسی جبری با افراد سالم. *فصلنامه تازه‌های علوم شناختی*، ۱۶ (۳):

۱-۱۱.

https://icssjournal.ir/browse.php?a_id=251&sid=1&slc_lang=fa

واقف، لادن؛ سلطانی‌مارگانی، فاطمه و بافنده، حسین. (۱۳۹۹). اثربخشی

تحریک الکتریکی مستقیم فراجیمه‌ای مغز (tDCS) بر توجه افراد

- Gandhi, T., & Lee, C. C. (2021). Neural mechanisms underlying repetitive behaviors in rodent models of autism spectrum disorders. *Frontiers in cellular neuroscience*, 14, 592710. [Doi: 10.3389/fncel.2020.592710]
- Jog, M. A., Anderson, C., Kubicki, A., Boucher, M., Leaver, A., Hellemann, G., ... & Narr, K. (2023). Transcranial direct current stimulation (tDCS) in depression induces structural plasticity. *Scientific reports*, 13(1), 2841. [Doi:10.1038/s41598-023-29792-6]
- Kassai, R., Futo, J., Demetrovics, Z., & Takacs, Z. K. (2019). A meta-analysis of the experimental evidence on the near- and far-transfer effects among children's executive function skills. *Psychological Bulletin*, 145(2), 165. [Doi: 10.1037/bul0000180]
- Kuo, H. I., Qi, F. X., Paulus, W., Kuo, M. F., & Nitsche, M. A. (2021). Noradrenergic enhancement of motor learning, attention, and working memory in humans. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 24(6), 490-498. [Doi: 10.1093/ijnp/pyab006]
- Liu, J., Liao, X., Xia, M., & He, Y. (2018). Chronnectome fingerprinting: Identifying individuals and predicting higher cognitive functions using dynamic brain connectivity patterns. *Human brain mapping*, 39(2), 902-915. [Doi: 10.1093/ijnp/pyab006]
- Marshall, L., Matthias, M., Hartwig, R., & Siebner, J.B. (2005). Bifrontal transcranial direct current stimulation slows reaction time in a working memory task. *BMC Neuroscience*, 6, 23. [Doi:10.1186/1471-2202-6-23]
- Patel, D. R., Cabral, M. D., Ho, A., & Merrick, J. (2020). A clinical primer on intellectual disability. *Translational pediatrics*, 9(Suppl 1), S23. [Doi:10.21037/tp.2020.02.02]
- Polanczyk GV, Willcutt EG, Salum GA, Kieling C, Rohde LA. (2014). ADHD prevalence estimates across three decades: an updated systematic review and meta-regression analysis. *International journal of epidemiology*, 43(2), 434-442. [Doi: 10.1093/ije/dyt261]
- Salmani, A., Basharpour, S. & Salehinejad, M. A. The Effectiveness of Transcranial Direct Electrical Stimulation (tDCS) on Craving and Decision-Making Styles in Substance Users. *Research on Addiction*, 18(71): 31-54. [Doi:10.61186/etiadpajohi.18.71.31]
- Schalock, R. L., Luckasson, R., & Tassé, M. J. (2019). The contemporary view of intellectual and developmental disabilities: Implications for psychologists. *Psicothema*. [Doi: 10.7334/psicothema2019.119]
- Thornicroft, G., Deb, T., & Henderson, C. (2016). Community mental health care worldwide: current status and further developments. *World Psychiatry*, 15(3), 276-286. [Doi:10.1002/wps.20349]
- Vergallito, A., Varoli, E., Pisoni, A., Mattavelli, G., Del Mauro, L., Feroldi, S., ... & Lauro, L. J. R. (2023). State-dependent effectiveness of cathodal transcranial direct current stimulation on cortical excitability. *NeuroImage*, 120242. [Doi:10.1016/j.neuroimage.2023.120242]
- Villamar, M. F., Portilla, A. S., Fregni, F., & Zafonte, R. (2012). Noninvasive brain stimulation to modulate neuroplasticity in traumatic brain injury. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*, 15(4), 326-338. [Doi:10.1111/j.1525-1403.2012.00474.x]
- Walia, P., Kumar, K. N., & Dutta, A. (2021). Neuroimaging guided transcranial electrical stimulation in enhancing surgical skill acquisition. Comment on Hung et al. The efficacy of transcranial direct current stimulation in enhancing surgical skill acquisition: a preliminary meta-analysis of randomized controlled trials. *Brain Sci*. 2021, 11, 707. *Brain Sciences*, 11(8), 1078. [Doi: 10.3390/brainsci11081078]
- Wu, C. S., Shang, C. Y., Lin, H. Y., & Gau, S. S. F. (2021). Differential treatment effects of methylphenidate and atomoxetine on executive functions in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, 31(3), 187-196. [Doi:10.1089/cap.2020.0146]