Quarterly Scientific journal
license Number: 94603
Research Strategies in Educational Sciences

The Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation on Selective Attention and Processing Speed in Students with Specific Learning Disorders

Maryam Chaman[1], **Amirabbas Alipour**[2], **Ali Hosseinzadeh**[3]

1. (Corresponding Author): MSc in General Psychology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. **E-mail:** maryamchaman.1377@gmail.com
2. BSc in General Psychology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

Article Info

Article Type:

Research Article

Received Date:
21 June 2024
Accepted Date:
22 September 2024

Keywords:
Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation, Selective Attention, Processing Speed, Students, Specific Learning Disorders

Abstract

Background and Aims: The present study aimed to investigate the effectiveness of transcranial direct current stimulation (tDCS) on improving selective attention and processing speed in students with specific learning disabilities in Zahedan.

Method: This quasi-experimental research utilized a pretest-posttest design with control and experimental groups. The statistical population comprised all students with specific learning disabilities (dyslexia, dysgraphia, and mathematics learning disorder) in Zahedan who referred to counseling centers in the 2023-2024 academic year. From this population, 30 students (18 girls and 12 boys) were selected using a convenience sampling method and matched based on gender, age, and GPA, and then divided into control and experimental groups (15 students each). The experimental group received 10 sessions of 20-minute tDCS, while the control group did not receive any intervention. Both groups responded to the Stroop Color-Word Test and the Roth & Oswald (1978) Processing Speed Test before and after the intervention. Data analysis was conducted using descriptive statistics (mean and standard deviation) and inferential statistics (multivariate covariance analysis) with SPSS26 software.

Findings: The findings indicated a significant difference in the mean scores between the experimental and control groups after the intervention ($P<0.001$).

Conclusion: The results demonstrated that tDCS is effective in improving selective attention and processing speed in students with specific learning disabilities.

Cite this article: Chaman, M., & Alipour, A., A., Hosseinzadeh, A. (2024). The Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation on Selective Attention and Processing Speed in Students with Specific Learning Disorders. *Jrses, 2*(1), 39-52.

DOI: 10.22034/jrses.2024.467015.1052

CC BY NC

Extended abstract

Introduction

Specific learning disabilities (SLDs) affect the acquisition, organization, retention, understanding, or use of verbal or non-verbal information, often stemming from neurological issues or environmental factors. In Iran, over 15% of students have learning difficulties, with dyslexia being the most common, impacting reading, writing, and math skills. SLDs also involve social and cognitive challenges, including issues with processing speed and selective attention. Processing speed is crucial for cognitive and academic development, allowing

more attention to higher-level tasks. Selective attention, essential for tasks like reading, involves focusing on relevant stimuli and ignoring distractions. Children with SLDs often face difficulties in these areas, necessitating effective interventions. Transcranial direct current stimulation (tDCS) is a non-invasive technique that uses electrical currents to stimulate brain function. While promising in various studies, its effectiveness varies due to individual differences. tDCS can enhance cognitive functions and potentially improve issues related to SLDs, such as processing speed and selective attention. This study aims to assess the effectiveness of tDCS in improving selective attention and processing speed in children with SLDs

Methods

This quasi-experimental research utilized a pretest-posttest design with control and experimental groups. The statistical population comprised all students with specific learning disabilities (dyslexia, dysgraphia, and mathematics learning disorder) in Zahedan who referred to counseling centers in the 2023-2024 academic year. From this population, 30 students (18 girls and 12 boys) were selected using a convenience sampling method and matched based on gender, age, and GPA, and then divided into control and experimental groups (15 students each). The experimental group received 10 sessions of 20-minute tDCS, while the control group did not receive any intervention. Both groups responded to the Stroop Color-Word Test and the Roth & Oswald (1978) Processing Speed Test before and after the intervention. Data analysis was conducted using descriptive statistics (mean and standard deviation) and inferential statistics (multivariate covariance analysis) with $SPSS_{26}$.

Results

In this study, 30 students (18 girls and 12 boys) with learning disabilities participated, with an average age of 15 years. The mean scores of correct responses for selective attention and processing speed improved in the experimental group from pre-test to post-test. The Shapiro-Wilk test showed that the data distribution was normal ($P > 0.05$), and Levene's test indicated equal variances ($P > 0.05$), allowing the use of covariance analysis. Results revealed significant differences between the experimental and control groups in correct congruent responses ($\eta^2 = 0.65$, $P < 0.001$, $F = 39.20$), correct incongruent responses ($\eta^2 = 0.51$, $P < 0.001$, $F = 35.60$), and processing speed ($\eta^2 = 0.33$, $P < 0.001$, $F = 15.43$). The effect size (eta squared) indicated a substantial variance due to the intervention, confirming that transcranial direct current stimulation significantly improved selective attention and processing speed in students with learning disabilities.

Conclusion

This study investigated the effectiveness of transcranial direct current stimulation (tDCS) in enhancing selective attention and processing speed in students with specific learning disabilities. It found that tDCS significantly improves processing speed, aligning with previous studies (Dakwar-Kawar et al., 2022; Soleimani & Kazemi Monir, 2020). Moreover, tDCS was effective in enhancing selective attention, consistent with findings from Karimi et al. (2023), Baharanji et al. (2019), and Rooholamini et al. (2018). The mechanism involves tDCS altering neuronal function, increasing cortical sensitivity, and boosting dopamine release (Fazel & Rostamoghli, 2023; Clark & Noudoost, 2014). Anodal stimulation of specific brain regions also enhances cognitive processes like executive functions and decision-making (Moslami & Chalabianloo, 2023). However, the study faced limitations such as lack of follow-up, potential gender-related influences, managing children's anxiety during tDCS sessions, and limited generalizability to other disorders. Future research should integrate cognitive and behavioral tools, conduct follow-up assessments, account for gender differences, involve parents, and cautiously generalize findings. Overall, tDCS shows promise as a cost-effective neurobiological intervention to improve cognitive and metacognitive functions in educational and therapeutic settings.

Ethical considerations

Following the ethics of research

In this study, the aim was to ensure that participants did not face any physical or psychological harm, and their information remained completely confidential. Additionally, before implementing the intervention, parents provided their written consent after reviewing the research objectives and procedures. To ensure the research was conducted correctly, the intervention took place under the supervision of a supervisor, and participants were free to withdraw from the study without any consequences if they wished.

Financial sponsor

This study did not have a financial sponsor and the costs were covered by the authors.

Authors' contribution

The authors contributed to the design, execution, and writing of all sections of this study.

Conflict of interest

There are no conflicts of interest among the authors of this study.

فصلنامهٔ علمی
راهبردهای پژوهش در علوم تربیتی
Research Strategies in Educational Sciences
شمارهٔ مجوز: ۹۴۶۰۳

اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر توجه انتخابی و سرعت پردازش دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری ویژه

مریم چمن[۱]، امیرعباس علیپو[۲]، علی حسین زاده گرمی

۱. کارشناسی ارشد روان‌شناسی عمومی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
رایانامه: maryamchaman.1377@gmail.com

۲. کارشناسی روان‌شناسی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: علمی پژوهشی
تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۴/۰۱
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۷/۰۱
کلیدواژه‌ها: تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای، توجه انتخابی، سرعت پردازش دانش‌آموزان، اختلال یادگیری ویژه

چکیده

زمینه و هدف: پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر بهبود توجه انتخابی و سرعت پردازش دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری ویژه شهر زاهدان، انجام شد. **روش:** روش پژوهش حاضر نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه کنترل و آزمایش است. در این پژوهش جامعهٔ آماری شامل کلیهٔ دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری ویژه (نارساخوانی، نارسانویسی و اختلال در یادگیری ریاضی) شهر زاهدان است که در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ به مراکز مشاورهٔ شهر زاهدان مراجعه کردند. از میان جامعهٔ آماری، ۳۰ دانش‌آموز (۱۸ دختر و ۱۲ پسر) با استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند و پس از همتاسازی بر اساس جنسیت، سن و معدل در دو گروه کنترل و آزمایش (هر گروه ۱۵ نفر) قرار گرفتند. گروه آزمایش ۱۰ جلسهٔ ۲۰ دقیقه‌ای تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای را دریافت کرد ولی گروه کنترل بدون مداخله باقی ماند؛ هر دو گروه پیش و پس از مداخله به آزمون رنگ–واژه استروپ و آزمون سرعت پردازش راث و اسوالد (۱۹۷۸) پاسخ دادند. درنهایت، به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) و آمار استنباطی (تحلیل کواریانس چندمتغیره) در بستر نرم افزار $SPSS_{26}$ استفاده شد.
یافته‌ها: با توجه به یافته‌ها، میانگین آزمایش نسبت به گروه کنترل پس از مداخله تفاوت معناداری داشته است ($P<۰/۰۰۱$).
نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر بهبود توجه انتخابی و سرعت پردازش دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری ویژه اثربخش بوده است.

استناد به این مقاله: چمن، م.، علیپور، ا.، ع.، حسین‌زاده، ع. (۱۴۰۳). اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر توجه انتخابی و سرعت پردازش دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری ویژه. *راهبردهای پژوهش در علوم تربیتی*، ۲ (۱). ۵۲-۳۹.
DOI: 10.22034/jrses.2024.467015.1052

CC BY NC

مقدمه

اختلالات یادگیری ویژه[۱] یا به اختصار اختلالات یادگیری به چندین اختلال اشاره دارد که ممکن است بر اکتساب، سازماندهی، حفظ، درک یا کاربرد اطلاعات کلامی و یا غیرکلامی تأثیر بگذارد (دومینگز و کاروگنو[۲] ۲۰۲۳). اختلالات یادگیری ویژه که اختلالات رشدی با منشاء عصبی هستند، ممکن است به‌دلیل آسیب مغزی ناشی از مشکلات پیش از تولد، پری‌ناتال یا پس از زایمان، عوامل ژنتیکی، اختلال عملکرد عصبی، ازدواج‌های فامیلی نزدیک، مصرف مواد مخدر، الکل یا تنباکو والدین، مسمومیت از سرب و سوءتغذیه طولانی مدت در اوایل دوران کودکی رخ دهند (اوزون و همکاران[۳] ۲۰۲۴؛ المحرزی و همکاران[۴] ۲۰۱۶). در ایران بیش از ۱۵ درصد دانش‌آموزان مشکلات یادگیری دارند و ۲۳ درصد نیز دیرآموز هستند (مصطفوی، ۱۴۰۲). شایع‌ترین اختلال یادگیری نارساخوانی[۵] است که حداقل ۸۰ درصد از کل ابتلا به اختلالات یادگیری را تشکیل می‌دهد (میسیاک و فلچر[۶] ۲۰۲۰).

این اختلالات عمدتاً به ناتوانی فرد در یادگیری خواندن، نوشتن و مهارت ریاضی مربوط می‌شود (مرکز ملی ناتوانی‌های یادگیری، ۲۰۲۳). نارساخوانی یک ناتوانی یادگیری شناخته شده است که در درجهٔ اول بر خواندن تأثیر می‌گذارد؛ افراد مبتلا به نارساخوانی علی‌رغم دسترسی به آموزش کافی در رمزگشایی، تشخیص، املای دقیق کلمات و روان‌خوانی مشکل دارند (اسنولینگ و همکاران[۷] ۲۰۲۰). نارسانویسی[۸] یک ناتوانی یادگیری است که با اختلال در نوشتن همراه است؛ افراد مبتلا به این اختلال ممکن است دستور زبان، نوشتار، ساختار، وضوح و ترکیب‌نویسی واژه‌ها و کلمات را با مشکل مواجه کند (هبرت و همکاران[۹] ۲۰۱۸). اختلال یادگیری ریاضی[۱۰] یک ناتوانی یادگیری است که بر مهارت‌های ریاضی فرد تأثیر می‌گذارد و می‌تواند پاسخ‌گویی به محاسبات اساسی، مسائل پیچیده و تکالیف ریاضی چندمرحله‌ای را مختل کند (کاستادلی و همکاران[۱۱] ۲۰۲۰). علاوه‌بر مهارت‌های تحصیلی، کودکان مبتلا به اختلال یادگیری ویژه ممکن است مشکلاتی در زندگی اجتماعی، تکانش‌گری در فعالیت‌هایی که نیاز به توجه دارند، عدم‌تمایل به انجام بازی‌هایی که شامل کنجکاوی و تمایل به ناامید شدن سریع و واکنش نامناسب است نیز داشته باشند (اوزون و همکاران، ۲۰۲۴). همچنین نقص سرعت پردازش هم مدت‌هاست که با اختلالات یادگیری مرتبط بوده است (مول و همکاران[۱۲] ۲۰۱۶).

سرعت پردازش[۱۳] به‌عنوان سرعت درک و واکنش به محرک‌ها با دقت معقول تعریف می‌شود؛ بنابراین یکی از اجزای اصلی هوش انسانی به حساب می‌آید (تراورس و همکاران[۱۴] ۲۰۱۴). در زمینهٔ کسب مهارت و دانش اولیه، تصور می‌شود که سرعت پردازش سریع‌تر با تخصیص بیشتر توجه به وظایف سطح بالاتر، پیشرفت شناختی و تحصیلی را ممکن می‌سازد؛ به‌عبارت دیگر، افراد با سرعت پردازش سریع‌تر، به زمان و منابع شناختی کمتری برای انجام وظایف سطح پایین نیاز دارند که این امکان را برای توجه بیشتر به پیشرفت‌های شناختی پیشرفته‌تر فراهم می‌کند (کرامر و همکاران[۱۵] ۲۰۲۰). پژوهش گوردون و همکاران[۱۶] (۲۰۱۸) نشان داد که سرعت پردازش یک عامل مهم در پیشرفت تحصیلی است. تورسن و همکاران[۱۷] (۲۰۱۸) نشان‌داد که اهمیت درک پیچیدگی‌های سرعت پردازش و روابط آن‌ها برای عملکرد فراتر از عملکرد تحصیلی مهم است.

---

1. Specific Learning Disabilities (SLDs)
2. Dominguez & Carugno
3. Uzun et al
4. Al-Mahrezi et al
5. dyslexia
6. Miciak & Fletcher
7. Snowling et al
8. dysgraphia
9. Hebert et al
10. Dyscalculia
11. Castaldi et al
12. Moll et al
13. Processing Speed (PS)
14. Travers et al
15. Kramer et al
16. Gordon et al
17. Thorsen et al

در حالی که اختلالات در سرعت پردازش معمولاً در زمینهٔ اختلالات یادگیری مورد بحث قرار می‌گیرد؛ ادبیات رو به رشد، پیوندهای بالقوه‌ای را با طیف وسیعی از اختلالات سلامت روان کودکان پیشنهاد کرده است. رابطهٔ بین سرعت پردازش و اختلالات یادگیری، موضوعی است که تا حد زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است و ادبیات نشان می‌دهد که کودکان مبتلا به اختلالات یادگیری اغلب دارای نقص‌های سرعت پردازش هستند (جوفر و کورنولدی[1] ۲۰۱۵). کمبود سرعت پردازش بیشتر با اختلال خواندن ویژه مرتبط بوده است (مول و همکاران، ۲۰۱۶)، اگرچه یک مطالعه نشان داد که رابطه بین رمزگشایی خواندن و سرعت پردازش پایین پس از سن ۸۳ سالگی ناپدید می‌شود (فلوید و همکاران[2] ۲۰۰۷). از سوی دیگر، اختلالات یادگیری در سایر فرآیندهای شناختی زمینه‌ای علاوه‌بر سرعت پردازش نیز می‌تواند بر یادگیری تأثیر بگذارد. یکی از این فرآیندهای احتمالی زمینه‌ای، توجه انتخابی[3]است که به توانایی مهار اطلاعات غیرمرتبط اشاره دارد (مازوکانته و همکاران[4] ۲۰۱۹).

توجه به مجموعه‌ای از فرآیندهای شناختی اشاره دارد که تعیین می‌کند کدام محرک‌ها برای پردازش بیشتر انتخاب می‌شوند (ایبرت و همکاران[5] ۲۰۲۴). موضوع توجه یکی از مهم‌ترین و پیچیده‌ترین عوامل مؤثر در آموزش و یادگیری است. به‌عبارت دیگر، یکی از شایع‌ترین مشکلاتی که در بین کودکان باعث کاهش کارایی در مدرسه می‌شود، عدم توجه است. توجه به مجموعه‌ای از فعالیت‌های ذهنی پیچیده از جمله تمرکز بر هدف، حفظ یا استقامت و هوشیاری در طولانی مدت، رمزگذاری ویژگی‌های شبیه‌سازی و تغییر تمرکز از یک هدف به هدف دیگر گفته می‌شود (مقصود آفرینان و همکاران[6] ۲۰۱۷). توجه انتخابی نیز، توانایی تمرکز بر محرک‌های ویژه است در حالی که اطلاعات محیطی مزاحم یا رقابتی را نادیده می‌گیرد.

توجه انتخابی برای کارهای روزمره، از جمله خواندن و سایر مهارت‌هایی که به پیشرفت تحصیلی کمک می‌کنند، حیاتی است (سان و همکاران[7] ۲۰۲۴). تحقیقات قبلی نشان داده است که شبکه‌های توجه متعدد در پردازش توجه انتخابی دخیل هستند (گیرلیگز و همکاران[8] ۲۰۱۴؛ روزنبرگ و همکاران[9] ۲۰۲۱)؛ مطابق با این یافته، تصور می‌شود که در فرایند توجه انتخابی، مغز به‌طور جداگانه اطلاعات مربوطه را پردازش می‌کند و به‌طور هم‌زمان مانع از توجه به اطلاعات نامربوط می‌شوند (فیشر:[10] ۲۰۱۹). با توجه به آنچه گفته شد، ضعف سرعت پردازش و توجه انتخابی در کودکان مبتلا به اختلال یادگیری ویژه مشکل‌ساز است و ارائهٔ یک مداخلهٔ مؤثر بر بهبود توجه انتخابی و سرعت پردازش در کودکان مبتلا به اختلال یادگیری ویژه مهم است.

تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای[11]به چندین تکنیک تعدیل عصبی غیرتهاجمی اشاره دارد که با استفاده از دو یا چند الکترود سطحی متصل به پوست سر، یک جریان الکتریکی در مغز ایجاد می‌کند (گومز-تامز و فرناندز-کورازا[12] ۲۰۲۴). تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای کاربردهایی را در آزمایشات بالینی مختلف نشان داده است (سامپایو-جونیور و همکاران[13] ۲۰۱۸؛ ولینگو و همکاران[14] ۲۰۲۰). با این حال، نتایج بالینی متوسط و ناهمگن بوده است (لو و همکاران[15] ۲۰۱۸). یکی از دلایل، تغییر در جریان‌های داخل جمجمه‌ای تحویلی در بین بیماران مختلف برای پارامترهای تحریک یکسان و عدم کنترل جریان‌های الکتریکی تحویلی است (کاپون و همکاران[16] ۲۰۱۸). بررسی استنباط دخالت یک ناحیهٔ خاص مغز در نتایج بالینی یا رفتاری دشوار است؛ بنابراین، درک چگونگی توزیع جریان در مغز در طول تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای بسیار مهم است. در طول دو دههٔ گذشته، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای توجه محققان را در طیف وسیعی از

---

1. Giofrè & Cornoldi
2. Floyd et al
3. Selective Attention
4. Mazzoccante et al
5. Ebert et al
6. Maghsoodloonejad et al
7. Son et al
8. Geerligs et al
9. Rosenberg et al
10. Fisher
11. Transcranial Electrical Stimulation (TES)
12. Gomez-Tames & Fernández-Corazza
13. Sampaio-Junior et al
14. Valiengo et al
15. Loo et al
16. Cappon et al

زمینه‌ها به خود جلب کرده است. این به‌دلیل فرصت داشتن ابزاری است که نه تنها به تعدیل فعالیت مغز اجازه می‌دهد، بلکه می‌تواند برای تقویت فرآیندهای شناختی نیز استفاده شود (پولانیا و همکاران[1] ۲۰۱۸). در واقع، چندین مطالعه اثرات مفید تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای را بر انواع عملکردهای شناختی، از جمله حافظهٔ کاری، حافظهٔ کوتاه مدت و یادگیری زبان گزارش کرده‌اند (ووسکوهل و همکاران[2] ۲۰۱۵؛ موسباخر و همکاران[3] ۲۰۲۱). همچنین برخی پژوهش‌ها به نقش تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای در بهبود مشکلات نارساخوانی و اختلال در یادگیری ریاضی اشاره کرده‌اند (سرکار و کوهن کادوش[4] ۲۰۱۶؛ موسباخر و همکاران ، ۲۰۲۱)؛ همچنین به‌طور خاص برخی از پروتکل‌های تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای اثرات مفیدی بر حل مسئله و یادگیری ریاضی دارد (شرودر و همکاران[5] ۲۰۱۷).

تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای[6] یکی از روش‌های درمانی مبتنی‌بر انعطاف‌پذیری عصبی سیستم عصبی مرکزی در درمان بیماری‌های مختلف روان‌پزشکی و عصبی است. هدف از این روش درمانی غیرتهاجمی، تحریک عملکرد نورون‌ها در مغز براساس توانایی جریان الکتریکی برای عبور از جمجمه و غشای مغز و در نتیجه القای جریان الکتریکی در بافت مغز است. اثربخشی تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای به جهت جریان الکتریکی بستگی دارد. تحریک آندال فعالیت و تحریک‌پذیری مغز را افزایش می‌دهد، در حالی که تحریک کاتدی آن را کاهش می‌دهد (آقازیارتی و همکاران، ۲۰۲۳). اثر تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر نواحی مختلف مغز به عوامل مختلفی از جمله مونتاژ الکترود، اندازه الکترودها، شدت و مدت جریان القایی، شکل سر شرکت‌کنندگان، مقدار بافت چربی روی سر و ضخامت جمجمه بستگی دارد. در نتیجه، میزان جریان القایی در نواحی مغز ممکن است بین افراد متفاوت باشد و نواحی زیر الکترودها در عملکرد شناختی تحت‌تأثیر قرار می‌گیرند. در نهایت، تحریک نواحی خاص مغز باعث تغییرات گسترده در فعالیت مغز می‌شود که می‌تواند اثرات متعددی بر عملکردهای شناختی به‌طور همزمان داشته باشد (مسلمی و چلبیانلو، ۱۴۰۳؛ آقازیارتی و همکاران، ۲۰۲۳). به‌عنوان مثال، مطالعات نشان می‌دهد که تحریک قشر پشتی جانبی پیش‌پیشانی مغز[7] با استفاده از تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای با تغییر خلق‌وخوی به یک حالت عاطفی مثبت همراه است (فروچی و پریوری[8] ۲۰۱۴).

باتوجه به آنچه گفته شد، توجه و سرعت پردازش در دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری ویژه با دشواری روبه‌رو است و نیاز به مداخلاتی است تا ضمن برطرف کردن مشکلات توجه انتخابی و سرعت پردازش، مشکلات یادگیری را کاهش دهد؛ از این رو، هدف پژوهش حاضر درصدد پاسخ به این سؤال است که آیا تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای در بهبود توجه انتخابی و سرعت پردازش در کودکان با اختلالات یادگیری ویژه اثربخش است؟

روش

روش پژوهش حاضر نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه کنترل و آزمایش است. در این پژوهش جامعهٔ آماری شامل کلیهٔ دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری ویژه (نارساخوانی، نارسانویسی و اختلال در یادگیری ریاضی) شهر زاهدان است که در سال تحصیلی ۱۴۰۲–۱۴۰۳ به مراکز مشاورهٔ شهر زاهدان مراجعه کردند. از میان جامعهٔ آماری، ۳۰ دانش‌آموز (۱۸ دختر و ۱۲ پسر) با استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند و پس از همتاسازی بر اساس جنسیت، سن و معدل در دو گروه کنترل و آزمایش (هر گروه ۱۵ نفر) قرار گرفتند. گروه آزمایش ۱۰ جلسهٔ ۲۰ دقیقه‌ای تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای را دریافت کرد ولی گروه کنترل بدون مداخله باقی ماند؛ هر دو گروه پیش و پس از مداخله به آزمون رنگ–واژه استروپ و آزمون سرعت پردازش راث و اسوالد (۱۹۷۸) پاسخ دادند. درنهایت، به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) و آمار استنباطی (تحلیل کواریانس) در بستر نرم افزار SPSS26 استفاده شد.

ابزارهای پژوهش

1. Polanía et al
2. Vosskuhl et al
3. Mosbacher et al
4. Sarkar & Cohen Kadosh
5. Schröder et al
6. Transcranial Direct Current Stimulation (TDCS)
7. Dorsolateral Prefrontal Cortex (DLPFC)
8. Ferrucci & Priori

آزمون رنگ ـ واژه استروپ: آزمون رنگ ـ واژه استروپ که اولین بار در سال ۱۹۳۵ توسط ریدلی استروپ ساخته شد در حال حاضر به‌عنوان یک مرجع استاندارد جهت سنجش مکانیزم‌های توجه انتخابی مطرح است (دلاورپور و همکاران[1] ۲۰۲۳). آزمون استروپ یک آزمون واحد نیست، بلکه تاکنون شکل‌های مختلفی از آن جهت اهداف پژوهشی تهیه شده است. تست کلمه و رنگ استروپ برای اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری شناختی، مقاومت در برابر تداخل محرک‌های خارجی و توانایی مهار پاسخ کلامی غالب استفاده می‌شود. عملکرد آزمودنی در سه کار مقایسه می‌شود: خواندن کلمات، نام‌گذاری رنگ‌ها و نام‌گذاری کلمات رنگی. در حال حاضر داده‌های هنجاری این آزمون برای سنین ۷ تا ۸۰ سال در دسترس است. در این آزمون ۴۸ کلمهٔ رنگی هم‌خوان (رنگ کلمه با معنای کلمه یکسان است؛ رنگ قرمز، زرد، سبز و آبی) و ۴۸ کلمهٔ رنگی ناهم‌خوان (رنگ کلمه با معنای کلمه یکسان نیست؛ به‌عنوان مثال کلمهٔ آبی که با رنگ قرمز نشان داده می‌شود)، با فاصلهٔ ارائه محرک ۸۰۰ میلی‌ثانیه و مدت زمان ارائهٔ محرک ۲۰۰۰ میلی‌ثانیه ارائه می‌شود (نجاتی و همکاران[2] ۲۰۱۳). کلمه‌ای که با آن نوشته شده است (و با کلمه مربوط به آن رنگ مغایرت دارد) باید در اسرع وقت گفته شود. این آزمون سه مرحله دارد؛ مرحلهٔ اول تعدادی رنگ به‌صورت تصادفی ظاهر می‌شوند و آزمودنی باید کلمات را در سریع‌ترین زمان ممکن و بدون اشتباه بخواند. در مرحلهٔ دوم همان رنگ‌ها ترسیم می‌شود و موضوع آن‌ها را باید نام ببرد و سومی نام رنگ‌ها است اما کلمهٔ رنگ است که با خود رنگ متفاوت نوشته می‌شود. تکلیف آزمودنی این است که تنها، رنگ صحیح را انتخاب کند. به‌منظور نمره‌دهی و تفسیر نتایجِ حاصل از این آزمون، بر حسب تعداد پاسخ‌های صحیح، تعداد خطاها، زمان واکنش به‌صورت مجزا برای گروه کلمات همخوان و ناهمخوان ثبت می‌شود. افزون بر این نمرهٔ تداخل نیز از طریق محاسبه تفاوت بین تعداد پاسخ‌های صحیح ناهمخوان از تعداد پاسخ‌های صحیح همخوان به‌دست می‌آید (نجاتی و همکاران، ۲۰۱۳؛ دلاورپور و همکاران، ۲۰۲۳). نمرهٔ بالا در این آزمون نشان‌دهندهٔ سردرگمی مشکلات بیشتر و بیشتر در توجه انتخابی و بازداری است. این آزمون برای کاربران زبان فارسی ساخته شده و اعتبار سنجی شده است. این آزمون حائز روایی و پایایی مطلوب برای کاربران ایرانی است (سجادیان و نادی[3] ۲۰۲۳). قدیری و همکاران[4](۱۳۸۵)، پایایی بازآزمایی هر سه کوشش این آزمون را به‌ترتیب ۰/۶، ۰/۸۳ و ۰/۹۷ گزارش کردند. استروپ و اکثر پژوهشگران دیگر در چندین پژوهش ایرانی از نسخهٔ کارت آن استفاده کرده‌اند اما در این پژوهش از فرم کامپیوتری آزمون استفاده شده است.

آزمون سرعت پردازش اسوالد و راث (۱۹۷۸): آزمون سرعت پردازش اسوالد و راث (۱۹۷۸) جهت اندازه‌گیری سرعت پردازش است. در این آزمون، نمونه‌ها باید اعداد ۱ تا ۹۰ را که به‌صورت تصادفی کنار هم قرار گرفتند، در یک ورق کاغذ به هم وصل کنند. به آن‌ها آموزش داده می‌شود تا آزمون را هم دقیق‌تر و هم سریع‌تر انجام دهند. عملکرد نمونه‌ها در دفعهٔ اول براساس مقدار زمانی که برای وصل کردن اعداد صرف می‌شود و دفعهٔ دوم نتیجه براساس اعدادی که طی زمان ۳۰ ثانیه به‌هم وصل شدند، به‌دست می‌آید. این آزمون با سطح دشواری پایین و محدودیت زمانی بالا مشخص می‌شود. تقریباً در محدودهٔ زمانی ۳۰ ثانیه، کمتر فردی می‌تواند همهٔ اعداد را به‌هم وصل کند. همهٔ موارد این آزمون آسان هستند و فرض می‌شود که اگر افراد وقت کافی داشته باشند، می‌توانند همهٔ ارقام را به‌درستی به‌هم وصل کنند. هر چه افراد سرعت عمل بیشتری داشته باشند، می‌توانند اعداد بیشتری را به‌هم وصل کنند. در پژوهش خورشیدی و همکاران[5](۱۴۰۳)، پایایی آزمون سرعت پردازش با استفاده از شیوهٔ بازآزمایی ۰/۷۱۶ برآورد شد. روایی آزمون نیز جهت ارزیابی سرعت پردازش موردقبول است.

یافته‌ها

در این پژوهش ۳۰ دانش‌آموز (۱۸ دختر و ۱۲ پسر) مبتلا به اختلال یادگیری مشارکت داشتند. میانگین سنی دانش‌آموزان شرکت‌کننده در پژوهش ۱۵ سال بود. نمرات میانگین و انحراف معیار متغیرهای توجه انتخابی و سرعت پردازش در هر کدام از گروه‌های کنترل و آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. نتایج میانگین و انحراف معیار توجه انتخابی و سرعت پردازش در گروه‌های کنترل و آزمایش

متغیر		وضعیت	گروه	میانگین	انحراف معیار
توجه انتخابی	پاسخ‌های صحیح همخوان	کنترل	پیش‌آزمون	۲۹/۰۰	۱۲/۳۲
			پس‌آزمون	۳۰/۰۰	۱۱/۸۰

1. Delavarpour et al
2. Nejati et al
3. Sajjadian & Nadi
4. Ghadiri et al
5. Khorshidi et al

	آزمایش	پیش‌آزمون	۲۸/۵۰	۱۵/۰۰
		پس‌آزمون	۳۶/۸۰	۱۴/۵۸
پاسخ‌های صحیح ناهمخوان	کنترل	پیش‌آزمون	۳۲/۶۰	۱۲/۲۰
		پس‌آزمون	۳۱/۲۰	۱۱/۴۰
	آزمایش	پیش‌آزمون	۳۱/۴۰	۱۰/۲۵
		پس‌آزمون	۳۹/۷۰	۱۲/۲۴
سرعت پردازش	کنترل	پیش‌آزمون	۸۴/۴۴	۵/۶۶
		پس‌آزمون	۸۵/۳۶	۶/۱۰
	آزمایش	پیش‌آزمون	۸۱/۶۶	۴/۰۹
		پس‌آزمون	۹۰/۰۰	۳/۷۳

نمرهٔ میانگین پاسخ‌های صحیح همخوان و ناهمخوان توجه انتخابی و سرعت پردازش در گروه آزمایش در پس‌آزمون، نسبت به پیش‌آزمون افزایش داشته است. برای بررسی معناداری تفاوت بین میانگین‌ها از آزمون تحلیل کوواریانس استفاده شد اما پیش از استفاده از این آزمون، پیش‌فرض‌های آن مانند نرمال‌بودن داده‌ها و همسانی واریانس‌ها بررسی شد.

نتایج آزمون شاپیرو–ویلک[1]گروه‌های کنترل و آزمایش در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون برای متغیرهای توجه انتخابی و سرعت پردازش معنادار نبود (P>۰/۰۵). این یافته بدان معناست که توزیع متغیرها نرمال است. همچنین آزمون لوین[2]نشان داد که فرضیهٔ صفر مربوط به برابری واریانس‌های خطای نمره‌های شاخص‌های توجه انتخابی و سرعت پردازش در مرحلهٔ پس‌آزمون رد نشده، زیرا نسبت F مشاهده‌شده معنادار نیست (P>۰/۰۵)؛ بنابراین فرض همسانی واریانس‌های این نمرات برقرار است و استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس بلامانع است. در جدول ۲ نتایج آزمون کوواریانس چندمتغیره برای متغیرهای توجه انتخابی و سرعت پردازش در دو گروه کنترل و آزمایش گزارش شده است.

جدول۴: تحلیل کووارایانس برای بررسی اثربخشی درمان مبتنی بر ذهن آگاهی بر سلامت عمومی و اجتماعی دانش آموزان دختر مقطع متوسطه دوم در دو گروه آزمایش و کنترل

متغیر		منبع تغییرات	df	MS	F	معنی داری	مجذور اتا
توجه انتخابی	پاسخ‌های همخوان	گروه	۱	۱۷/۲۷	۳۹/۲۰	۰/۰۰۱	۰/۶۵
	پاسخ‌های ناهمخوان		۱	۲۲/۸۸	۳۵/۶۰	۰/۰۰۱	۰/۵۱
سرعت پردازش			۱	۱۶۲/۷	۱۵/۴۳	۰/۰۰۱	۰/۳۳

نتایج جدول ۲، نشان می‌دهد که بین دو گروه آزمایش و کنترل در پاسخ‌های صحیح هم‌خوان (η^2=۰/۶۵، P<۰/۰۰۱، F=۳۹/۲۰)، پاسخ‌های صحیح ناهم‌خوان (η^2=۰/۵۱، P<۰/۰۰۱، F=۳۵/۶۰) و سرعت پردازش (η^2=۰/۳۳، P<۰/۰۰۱، F=۱۵/۴۳) تفاوت معناداری وجود دارد (P<۰/۰۵). اندازهٔ اثر (مجذور اتا) نشان‌دهندهٔ سهم واریانس مداخله است؛ بنابراین تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر توجه انتخابی و سرعت پردازش دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری ویژه اثربخشی معناداری دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر بهبود توجه انتخابی و سرعت پردازش دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری ویژه انجام شد. بخش اول یافته‌ها نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر بهبود سرعت پردازش

[1]. Shapiro-Wilk Test
[2]. Levene's Test

دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری اثربخش است. این یافته از پژوهش با پژوهش‌های داکوار-کوار و همکاران[1](۲۰۲۲) و سلیمانی و کاظمی منیر (۱۳۹۹) همسو است.

پژوهش داکوار-کوار و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که سرعت پردازش به وسیلهٔ تحریکات الکتریکی در کودکان بیش‌فعال بهبود می‌یابد و خستگی ذهنی را کاهش می‌دهد. سلیمانی و کاظمی منیر (۱۳۹۹) نیز در پژوهش خود نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز، ضمن بهبود انعطاف‌پذیری شناختی، سرعت پردازش کودکان با نارسایی‌های مختلف را افزایش می‌دهد.

در تبیین این یافته می‌توان گفت که سرعت پردازش و فرآیندهای شناختی سریع ناشی از الگوهای فعال‌سازی خاص در نواحی قشر جلوی مغز، به‌ویژه قشر پیش‌پیشانی است (نوچی و همکاران[2] ۲۰۲۰)؛ بنابراین، افرادی که سرعت پردازش کندتر دارند با تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای در نواحی خاص مانند پیش‌پیشانی (داکوار-کوار و همکاران[3] ۲۰۲۲)، قشر خلفی‌جانبی پیش‌پیشانی (فین و همکاران[4] ۲۰۱۷) و قسمت جلویی لوب جداری راست (هانکن و همکاران[5] ۲۰۱۶) می‌توان سرعت پردازش را بهبود داد.

یافته‌های دیگر پژوهش نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر بهبود توجه انتخابی دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری اثربخش است. این یافته از پژوهش با پژوهش کریمی و همکاران (۱۴۰۲)، بهارانچی و همکاران (۱۳۹۸) و روح الامینی و همکاران (۱۳۹۷) همسو است.

کریمی و همکاران (۱۴۰۳) نشان دادند که تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای بر بهبود مهارت‌های توجه، تمرکز و پیشرفت ریاضی اثربخش است (کریمی و همکاران، ۱۴۰۲). بهارانچی و همکاران (۱۳۹۸) نیز یک تلاش تحقیقاتی با عنوان "تقویت توجه انتخابی افراد با سلامت خوب از طریق تحریک مغناطیسی مکرر جمجمه‌ای" انجام دادند؛ نتایج این تحقیق تأثیرات مطلوب تحریک مغناطیسی جمجمه‌ای مکرر را که در قشر جلوی مغزی خلفی-جانبی چپ در جهت بهبود توجه انتخابی هدف قرار می‌گیرد، نشان داد. روح الامینی و همکاران (۱۳۹۷) به‌طور ویژه بر روی دانش‌آموزان با اختلال یادگیری ویژه پژوهش خود را انجام دادند و نتیجه گرفتند که توجه انتخابی با تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بهبود می‌یابد.

در تبیین این فرضیه می‌توان گفت که تحریک الکتریکی باعث تغییر در عملکرد نورون‌ها و افزایش حساسیت سطحی در قشر برای افزایش ترشح دوپامین می‌شود (فاضل و رستم‌اوغلی، ۲۰۲۳). مطابق با پژوهش کلارک و نودوست[6](۲۰۱۴)، دوپامین توانایی شناختی را افزایش می‌دهد و فرآیندهای توجه بصری در بین عملکردهای اجرایی و شناختی ذکر شده است. در نتیجه این مسئله فرآیند یادگیری را افزایش می‌دهد.

از سوی دیگر، تحریک آندال قشر جلوی پیشانی پشتی سمت چپ در افراد مسن منجربه افزایش فعالیت مغز، برانگیختگی و همچنین افزایش جریان خون در ناحیهٔ مغز، افزایش پردازش فرآیندهای شناختی سطح بالا و پیچیده و بهبود عملکردهای اجرایی، توجه و تصمیم‌گیری می‌شود (مسلمی و چلبیانلو[7] ۱۴۰۳). با توجه به اثربخشی تحریک الکتریکی مغز از طریق جمجمه، تحریک الکتریکی مستقیم مغز ممکن است یک درمان مبتنی‌بر نوروبیولوژیک، کم‌هزینه و آسان باشد. شواهد نشان می‌دهد که تغییرات مربوط به مرحلهٔ چرخه قاعدگی که در آن تحریک انجام می‌شود، ممکن است یک عامل تعیین‌کننده برای فعال شدن قشر مغز باشد که سپس پاسخ تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای را در سطح فردی تغییر می‌دهد (رودرف و همکاران[8] ۲۰۲۰؛ گیماراس و همکاران[9] ۲۰۲۴).

در مطالعهٔ حاضر چندین محدودیت وجود داشت؛ از جملهٔ این محدودیت‌ها، عدم انجام مرحلهٔ پیگیری به دلیل مشکلات دسترسی به کودکان و هزینه‌های مرتبط با مداخلهٔ درمانی بود. همچنین حضور همزمان کودکان دختر و پسر در مطالعه ممکن است باعث تأثیر تفاوت‌های جنسیتی بر نتایج شده باشد. کنترل ترس و اضطراب کودکان نسبت به دستگاه tDCS و الکترودهای نصب‌شده روی سر آن‌ها نیز چالش‌برانگیز بود. درنهایت اینکه این پژوهش تنها بر روی کودکان مبتلا به اختلالات یادگیری ویژه انجام شده است و تعمیم نتایج به سایر گروه‌ها محدودیت دارد.

---

1. Dakwar-Kawar et al
2. Nouchi et al
3. Dakwar-Kawar et al
4. Fiene et al
5. Hanken et al
6. Clark & Noudoost
7. Moslemi & Chalabianloo
8. Rudroff et al
9. Guimarães et al

با توجه به محدودیت‌های پژوهش و یافته‌های حاصل از پژوهش پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده استفاده از تجهیزات توان‌بخشی شناختی، رفتاری و حسی در فرایند مداخله مورد توجه قرار گیرد. همچنین توصیه می‌شود برای بررسی ثبات و پایداری نتایج، مرحلهٔ پیگیری مجدد انجام شود و تأثیر جنسیت کودکان مبتلا به اختلالات یادگیری ویژه کنترل شود. به طور خاص، مداخلهٔ tDCS باید به صورت جداگانه برای کارکردهای اجرایی کودکان دختر و پسر بررسی شود. همچنین تلاش شود با حضور والدین در جلسات مداخله، تکنیک‌های مدیریت ترس و اضطراب کودکان با استفاده از تقویت‌های مثبت و تکنیک‌های شناختی اعمال شود. همچنین هنگام تعمیم نتایج به کودکان با اختلالات دیگر باید احتیاط کرد.

بر اساس نتایج این مطالعه، پیشنهاد می‌شود مداخله درمانی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) به عنوان یک روش مؤثر در مراکز درمانی و مدارس برای بهبود کارکردهای اجرایی مانند انعطاف‌پذیری شناختی، سرعت پردازش، سازماندهی و بازداری و همچنین فرایندهای شناختی و فراشناختی مانند توجه و ادراک که اساس سرعت پردازش و انعطاف‌پذیری شناختی هستند، استفاده شود. همچنین پیشنهاد می‌شود تجهیزات و دستگاه‌های مربوط به tDCS تهیه و در مراکز درمان اختلالات یادگیری ویژه قرار داده شود و آموزش‌های لازم برای استفاده از این مداخله به دانش‌آموختگان کودکان استثنائی و درمانگران حوزهٔ اختلالات یادگیری ویژه ارائه شود.

پیروی از اصول اخلاقی پژوهش

در پژوهش حاضر سعی بر آن بود که از نظر جسمی و روان‌شناختی هیچ آسیبی دانش‌آموزان شرکت‌کننده در پژوهش را تهدید نکند و اطلاعات آن‌ها نیز کاملا محرمانه بماند. همچنین پیش از اجرای مداخله، والدین ضمن مطالعهٔ اهداف و روند پژوهش، رضایت‌نامهٔ کتبی خود را ارائه دادند. به منظور اطمینان از صحت اجرای پژوهش، این مداخله در حضور سوپروایزر انجام شد و هریک از شرکت‌کنندگان درصورتی که به انصراف از پژوهش تمایل داشت، بدون هیچ پیامدی از مداخله کنار گذاشته می‌شد.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان این پژوهش در طراحی، اجرا و نگارش همهٔ بخش‌های پژوهش حاضر مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع

بین نویسندگان پژوهش حاضر هیچ گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

منابع

Aghaziarati, A., Rajabi Fard, F., Rahimi, H., & Parsakia, K. (2023). Investigating the Effect of Electrical Stimulation (tDCS) of the Prefrontal Cortex of the Brain on the Improvement of Behavioral and Neurological Symptoms of Children with Specific Learning Disabilities. Health Nexus, 1(2), 44-50. https://doi.org/10.61838/kman.hn.1.2.6

Al-Mahrezi, A., Al-Futaisi, A., & Al-Mamari, W. (2016). Learning Disabilities: Opportunities and challenges in Oman. Sultan Qaboos University medical journal, 16(2), e129–e131. https://doi.org/10.18295/squmj.2016.16.02.001

Cappon, D., Jahanshahi, M., & Bisiacchi, P. (2016). Value and Efficacy of Transcranial Direct Current Stimulation in the Cognitive Rehabilitation: A Critical Review Since 2000. Frontiers in neuroscience, 10, 157. https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00157

Castaldi, E., Piazza, M., & Iuculano, T. (2020). Learning disabilities: Developmental dyscalculia. Handbook of clinical neurology, 174, 61–75. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64148-9.00005-3

Clark, K. L., & Noudoost, B. (2014). The role of prefrontal catecholamines in attention and working memory. Frontiers in neural circuits, 8, 33. https://doi.org/10.3389/fncir.2014.00033

Dakwar-Kawar, O., Berger, I., Barzilay, S., Grossman, E. S., Cohen Kadosh, R., & Nahum, M. (2022). Examining the effect of transcranial electrical stimulation and cognitive training on processing speed in pediatric attention deficit hyperactivity disorder: a pilot study. Frontiers in human neuroscience, 16, 791478. https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.791478

Delavarpour, M., MohammadiNejhad Motlagh, M., Zohrehvand, M. (2023). Comparison of sustained and selective attention in nomophobic and normal subjects. CPJ, 10 (4). http://jcp.khu.ac.ir/article-1-3475-en.html

Dominguez, O., & Carugno, P. (2023). Learning Disability. In StatPearls. StatPearls Publishing. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32119258

Ebert, K. D., Pham, G. T., Levi, S., & Eisenreich, B. (2024). Measuring children's sustained selective attention and working memory: Validity of new minimally linguistic tasks. Behavior Research Methods, 56(2), 709-722. https://doi.org/10.3758/s13428-023-02078-5

Fazel, S., & Rostamoghli, Z. (2023). The effectiveness of Transcranial direct current stimulation (tDCS) on attention and working memory in students with dyslexia. Journal of Learning Disabilities, 13(1), 17-28. https://doi.org/10.22098/jld.2023.12856.2097

Ferrucci, R., & Priori, A. (2014). Transcranial cerebellar direct current stimulation (tcDCS): motor control, cognition, learning and emotions. Neuroimage, 85, 918-923. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.04.122

Fiene, M., Heinze, H. J., Vielhaber, S., & Zaehle, T. (2017). P316 Influence of transcranial direct current stimulation on electrophysiological and behavioral correlates of cognitive fatigue in multiple sclerosis. Clinical Neurophysiology, 128(3), e40. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2016.10.198

Fisher, A. V. (2019). Selective sustained attention: A developmental foundation for cognition. Current opinion in psychology, 29, 248-253. https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.06.002

Floyd, R. G., Keith, T. Z., Taub, G. E., & McGrew, K. S. (2007). Cattell-Horn-Carroll cognitive abilities and their effects on reading decoding skills: g has indirect effects, more specific abilities have direct effects. School Psychology Quarterly, 22(2), 200. http://dx.doi.org/10.1037/1045-3830.22.2.200

Geerligs, L., Saliasi, E., Maurits, N. M., Renken, R. J., & Lorist, M. M. (2014). Brain mechanisms underlying the effects of aging on different aspects of selective attention. NeuroImage, 91, 52-62. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.01.029

Ghadiri, F., Jazayeri, A., ASHAYERI, H., & GHAZI, T. M. (2007). The role of cognitive rehabilitation in reduction of executive function deficits and obsessive–compulsive symptoms in schizo–obsessive patients. http://rehabilitationj.uswr.ac.ir/article-1-19-fa.html

Giofrè, D., & Cornoldi, C. (2015). The structure of intelligence in children with specific learning disabilities is different as compared to typically development children. Intelligence, 52, 36-43. https://doi.org/10.1016/j.intell.2015.07.002

Gomez-Tames, J., & Fernández-Corazza, M. (2024). Perspectives on Optimized Transcranial Electrical Stimulation Based on Spatial Electric Field Modeling in Humans. Journal of Clinical Medicine, 13(11), 3084. https://doi.org/10.3390/jcm13113084

Gordon, R., Smith-Spark, J. H., Newton, E. J., & Henry, L. A. (2018). Executive function and academic achievement in primary school children: The use of task-related processing speed. Frontiers in psychology, 9, 361707. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00582

Grigorenko, E. L., Compton, D. L., Fuchs, L. S., Wagner, R. K., Willcutt, E. G., & Fletcher, J. M. (2020). Understanding, educating, and supporting children with specific learning disabilities: 50 years of science and practice. The American psychologist, 75(1), 37–51. https://doi.org/10.1037/amp0000452

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/fpsyt.2023.1217407

Hanken, K., Bosse, M., Möhrke, K., Eling, P., Kastrup, A., Antal, A., & Hildebrandt, H. (2016). Counteracting Fatigue in Multiple Sclerosis with Right Parietal Anodal Transcranial Direct Current Stimulation. Frontiers in neurology, 7, 154. https://doi.org/10.3389/fneur.2016.00154

Hebert, M., Kearns, D. M., Hayes, J. B., Bazis, P., & Cooper, S. (2018). Why Children With Dyslexia Struggle With Writing and How to Help Them. Language, speech, and hearing services in schools, 49(4), 843–863. https://doi.org/10.1044/2018_LSHSS-DYSLC-18-0024

Hosseini Baharanchi, F. S., Rostami, R., & Bahrami Ehsan, H. (2019). Improvement of Selective Attention Using rTMS in Healthy Individuals. Journal of Applied Psychological Research, 10(2), 53-65. https://doi.org/10.22059/japr.2019.72655

Karimi, M., Bagheri, N., Hasani Abharian, P., & Saberi, H. (2023). Comparing the effectiveness of interventions based on neural feedback and transcranial electrical stimulation with direct current on students' attention and concentration and mathematical progress. Medical Science Journal of Islamic Azad Univesity-Tehran Medical Branch, 33(2), 162-173. http://dorl.net/dor/20.1001.1.10235922.1402.33.2.6.0

Karimi, M., Bagheri, N., Hasani Abharian, P., & Saberi, H. (2023). Comparing the effectiveness of interventions based on neural feedback and transcranial electrical stimulation with direct current on students' attention and concentration and mathematical progress. Medical Science Journal of Islamic Azad Univesity-Tehran Medical Branch, 33(2), 162-173. http://dorl.net/dor/20.1001.1.10235922.1402.33.2.6.0

Khorshidi, S., Shatrian Mohammadi, F., & Pirani, Z. (1403). The effectiveness of teaching metacognitive strategies on the speed of processing and organization planning in elementary school boys with math disorders. Quarterly Journal of Psychological Dynamics in Mood Disorders, 3(1), 51-61.

Kohli, A., Sharma, S., & Padhy, S. K. (2018). Specific Learning Disabilities: Issues that Remain Unanswered. Indian journal of psychological medicine, 40(5), 399–405. https://doi.org/10.4103/IJPSYM.IJPSYM_86_18

Kramer, E., Koo, B., Restrepo, A., Koyama, M., Neuhaus, R., Pugh, K., ... & Milham, M. (2020). Diagnostic associations of processing speed in a transdiagnostic, pediatric sample. Scientific reports, 10(1), 10114. https://doi.org/10.1038/s41598-020-66892-z

Lema, A., Carvalho, S., Fregni, F., Gonçalves, Ó. F., & Leite, J. (2021). The effects of direct current stimulation and random noise stimulation on attention networks. Scientific reports, 11(1), 6201. https://doi.org/10.1038/s41598-021-85749-7

Loo, C. K., Husain, M. M., McDonald, W. M., Aaronson, S., O'Reardon, J. P., Alonzo, A., Weickert, C. S., Martin, D. M., McClintock, S. M., Mohan, A., Lisanby, S. H., & International Consortium of Research in tDCS (ICRT) (2018). International randomized-controlled trial of transcranial Direct Current Stimulation in depression. Brain stimulation, 11(1), 125–133. https://doi.org/10.1016/j.brs.2017.10.011

Maghsoodloonejad, F., & Razini, H. H. (2017). The Comparison of Divided, Sustained and Selective Attention in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder, Children with Specific Learning Disorder and Normal Children. Razavi International Journal of Medicine, 5(4).

Mattson, S. N., Bernes, G. A., & Doyle, L. R. (2019). Fetal Alcohol Spectrum Disorders: A Review of the Neurobehavioral Deficits Associated With Prenatal Alcohol Exposure. Alcoholism, clinical and experimental research, 43(6), 1046–1062. https://doi.org/10.1111/acer.14040

Mazzoccante, R. P., Corrêa, H. D. L., Queiroz, J. L. D., Sousa, B. R. C. D., Sousa, I. R. C. D., Santos, M. A. B., ... & Melo, G. F. D. (2019). The relationship of sports practice with motor performance, selective attention, cognitive flexibility and processing speed in children aged 7 to 10 years. Journal of Human Growth and Development, 29(3), 365-372. https://doi.org/10.1016/S0022-3956(99)00050-3

Miciak, J., & Fletcher, J. M. (2020). The Critical Role of Instructional Response for Identifying Dyslexia and Other Learning Disabilities. Journal of learning disabilities, 53(5), 343–353. https://doi.org/10.1177/0022219420906801

Moll, K., Göbel, S. M., Gooch, D., Landerl, K., & Snowling, M. J. (2016). Cognitive risk factors for specific learning disorder: Processing speed, temporal processing, and working memory. Journal of learning disabilities, 49(3), 272-281. https://doi.org/10.1177/0022219414547221

Mosbacher, J. A., Halverscheid, S., Pustelnik, K., Danner, M., Prassl, C., Brunner, C., ... & Grabner, R. H. (2021). Theta band transcranial alternating current stimulation enhances arithmetic learning: A systematic comparison of different direct and alternating current stimulations. Neuroscience, 477, 89-105. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2021.10.006

Moslemi, B., & Chalabianloo, G. (2024). The Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation over Prefrontal Cortex on Attention, Working Memory, Decision-Making, Social Cognition and Quality of Life in Older Adults. Aging Psychology, 9(4), 399-417. https://doi.org/10.22126/jap.2024.9693.1738

Mustafavi, M. (2023). 15% of students in Iran have learning disabilities, IRNA news agency. https://irna.ir/xjNbGW

Nejati, V., Zabihzade, A. &, Nikfarjam, M. (2013). The relationship between mindfulness and functions of sustained and selective attention Journal of Cognitive and Behavioral Sciences, 2, 31-42.

Nitsche, M. A., Koschack, J., Pohlers, H., & Paulus, W. (2012). Effects of frontal transcranial direct current stimulation on emotional state and processing in healthy humans. Frontiers in psychiatry, 3, 24444. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2012.00058

Nouchi, R., Kawata, N. Y. D. S., Saito, T., Himmelmeier, R. M., Nakamura, R., Nouchi, H., & Kawashima, R. (2020). Dorsolateral Prefrontal Cortex Activity during a Brain Training Game Predicts Cognitive Improvements after Four Weeks' Brain Training Game Intervention: Evidence from a Randomized Controlled Trial. Brain sciences, 10(8), 560. https://doi.org/10.3390/brainsci10080560

Oswald, W. D., & Roth, E. (1978). "Der" Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT): ein sprachfreier Intelligenz-Schnell-Test. Verlag für Psychologie Dr. CJ Hogrefe. https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1325617

Parhoon, K., Alizadeh, H., Hassanabadi, H. R., & Kazemi, M. D. (2019). Cognitive distinction of students with specific learning disorder versus students with learning problem: The roles of working memory, processing speed and problem solving. Advances in Cognitive Science, 21(3), 18–30. https://psycnet.apa.org/record/2020-32858-002

Polanía, R., Nitsche, M. A., & Ruff, C. C. (2018). Studying and modifying brain function with non-invasive brain stimulation. Nature neuroscience, 21(2), 174-187. https://doi.org/10.1038/s41593-017-0054-4

Rooholamini, S., Soleymani, M., & Vaghef, L. (2018). Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation (TDCS) onExecutive Functions(selective attention and flexibility) in Students with Dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, *8*(1), 23-41. https://doi.org/10.22098/jld.2018.707

Rosenberg, J., Dong, Q., Florin, E., Sripad, P., Boers, F., Reske, M., ... & Dammers, J. (2021). Conflict processing networks: A directional analysis of stimulus-response compatibilities using MEG. Plos one, 16(2), e0247408. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247408

Rudroff, T., Workman, C. D., Fietsam, A. C., & Kamholz, J. (2020). Response variability in transcranial direct current stimulation: why sex matters. Frontiers in Psychiatry, 11, 585. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2020.00585

Sabé, M., Hyde, J., Cramer, C., Eberhard, A., Crippa, A., Brunoni, A. R., ... & Solmi, M. (2024). Transcranial Magnetic Stimulation and Transcranial Direct Current Stimulation Across Mental Disorders: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis. JAMA Network Open, 7(5), e2412616-e2412616. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.12616

Sajjadian, I., & Nadi, M. A. (2023). The effectiveness of Young's thinking and reasoning skills training package on the selective attention, impulsivity and symptoms in children with attention deficit hyperactivity disorder. Journal of Pediatric Nursing, 10(1), 1-12. http://jpen.ir/article-1-677-en.html

Sampaio-Junior, B., Tortella, G., Borrione, L., Moffa, A. H., Machado-Vieira, R., Cretaz, E., Fernandes da Silva, A., Fraguas, R., Aparício, L. V., Klein, I., Lafer, B., Goerigk, S., Benseñor, I. M., Lotufo, P. A., Gattaz, W. F., & Brunoni, A. R. (2018). Efficacy and Safety of Transcranial Direct Current Stimulation as an Add-on Treatment for Bipolar Depression: A Randomized Clinical Trial. JAMA psychiatry, 75(2), 158–166. https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2017.4040

Sarkar, A., & Cohen Kadosh, R. (2016). Transcranial electrical stimulation and numerical cognition. Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale, 70(1), 41. https://doi.org/10.1037/cep0000064

Schröder, P. A., Dresler, T., Bahnmüller, J., Artemenko, C., Cohen Kadosh, R., & Nuerk, H. C. (2017). Cognitive enhancement of numerical and arithmetic capabilities: a mini-review of available transcranial electric stimulation studies. Journal of Cognitive Enhancement, 1, 39-47. https://link.springer.com/article/10.1007/s41465-016-0006-z

Snowling, M. J., Hulme, C., & Nation, K. (2020). Defining and understanding dyslexia: past, present and future. Oxford review of education, 46(4), 501–513. https://doi.org/10.1080/03054985.2020.1765756

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

Son, J. J., Killanin, A. D., Arif, Y., Johnson, H. J., Okelberry, H. J., Weyrich, L., ... & Wilson, T. W. (2024). Developmentally sensitive multispectral cortical connectivity profiles serving visual selective attention. Developmental Cognitive Neuroscience, 66, 101371. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2024.101371

Thorsen, A. L., Meza, J., Hinshaw, S., & Lundervold, A. J. (2018). Processing speed mediates the longitudinal association between ADHD symptoms and preadolescent peer problems. Frontiers in psychology, 8, 309387. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02154

Travers, B. G., Bigler, E. D., Tromp, D. P., Adluru, N., Froehlich, A. L., Ennis, C., ... & Lainhart, J. E. (2014). Longitudinal processing speed impairments in males with autism and the effects of white matter microstructure. Neuropsychologia, 53, 137-145. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.11.008

Uzun, M. E., Koşan, Y., & Şirin, H. (2024). Abuse and Neglect of Children with Specific Learning Disorders in Türkiye: A Case–Control Study. Clinical Psychology & Psychotherapy, 31(3), e2986. https://doi.org/10.1002/cpp.2986

Valiengo, L. D. C. L., Goerigk, S., Gordon, P. C., Padberg, F., Serpa, M. H., Koebe, S., Santos, L. A. D., Lovera, R. A. M., Carvalho, J. B., van de Bilt, M., Lacerda, A. L. T., Elkis, H., Gattaz, W. F., & Brunoni, A. R. (2020). Efficacy and Safety of Transcranial Direct Current Stimulation for Treating Negative Symptoms in Schizophrenia: A Randomized Clinical Trial. JAMA psychiatry, 77(2), 121–129. https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2019.3199

Vosskuhl, J., Huster, R. J., & Herrmann, C. S. (2015). Increase in short-term memory capacity induced by down-regulating individual theta frequency via transcranial alternating current stimulation. Frontiers in human neuroscience, 9, 257. https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00257

Waqif, L., Qaysari, S., Zahedi, M. (2018). The effectiveness of transcranial electrical stimulation with alternating current on the attention of students with specific learning disabilities: a quasi-experimental study. Journal of Medical Sciences Studies (Medical Journal of Urmia University of Medical Sciences), 30(2), 106-115.