Cognitive Strategies in Learning
Bu-Ali Sina University
Print ISSN: 2423-7906
Online ISSN: 2423-7620

Article type: Research Article

The Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation along with Computerized Cognitive Training on the Executive Functions and Academic Performance among Students with Specific Learning Disorder comorbid with Attention Deficit Hyperactivity Disorder

Mohadeseh Erfani Nasab[1], Salar Faramarzi[2]✉, Ali Sharifi[3]

1. Pd.D student in Psychology and Education of Children with Special Needs, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Isfahan, Isfahan, Iran. E-mail: mohadesehe228@gmail.com
2. Corresponding author, Associate Professor, Department of Psychology and Education of People with Special Needs, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Isfahan, Isfahan, Iran. E-mail: s.faramarzi@edu.ui.ac.ir
3. Assistant Professor, Department of Psychology and Education of People with Special Needs, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Isfahan, Isfahan, Iran. E-mail: a.sharifi@edu.ui.ac.ir

Article Info

Article history:

Received 22 November 2023

Revised form 24 January 2024

Accepted 13 March 2024

Keywords:

Specific Learning Disorder, Attention-Deficit/Hyperactivity disorder, Transcranial Direct Current Stimulation, Computerized Cognitive Training, Executive Functions, Academic Performance.

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to investigate the effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation along with Computerized Cognitive Training on Executive Functions and Academic Performanc of students with Attention Deficit Hyperactivity Disorder.

Method: In term of goal, the research method was practical and semi-experimental with a pretest-posttest design with a sham group. The statistical population of the study was all students with SLD+ADHD in Esfahan. The sample of this research consisted of 24 students who were selected through purposive sampling and randomly divided into two sham group (14 participants) and an experimental group (14 participants). The students were assessed using the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-IV), Conners' Parent Rating Scale, the Learning Disability Diagnostic questionnaire. The brief questionnaire and Farsi grades of the students of two semesters were also used in order to check the effectiveness of the treatment in the pre-test and post-test stages.The experimental group participated in 15 sessions of 20 minutes duration in the intervention program.

Results: The results indicate the significant effectiveness of the intervention of tDCS combined with cognitive computer training on improving the components of executive functions including response inhibition ($p<0.01$, $F=12.23$, $\eta^2=0.42$), attention ($p<0.01$, $F=27.18$, $\eta^2=0.60$), working memory ($p<0.01$, $F=15.11$, $\eta^2=0.46$) and planning ($p<0.01$, $F=38.70$, $\eta^2=0.66$). Also, the results of the non-parametric covariance analysis showed a significant improvement in the Farsi scores of the students in the experimental group compared to the control group ($p<0.01$, $F=12.13$).

Conclusion: The results of this study showed that this intervention can have a significant positive effect on improving the performance students with Specific Learning Disorders comorbid with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. Therefore, it can be concluded that the combination of brain stimulation treatment methods and cognitive training can be a suitable option for the rehabilitation of students with Specific Learning Disorder comorbid with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder.

Cite this article: Erfani Nasab, M., Faramarzi, S., & Sharifi, A. (2024). The Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation along with Computerized Cognitive Training on the Executive Functions and Academic Performance of Students with Specific Learning Disorder comorbid with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Cognit Strateg Learn*, 12(23), 19-41. https://doi.org/10.22084/j.psychogy.2024.28580.2644

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
Copyright © 2024 The Authors. Publisher: Bu-Ali Sina University.

Extended Abstract

1. Introduction

Specific learning disorders are among the neurodevelopmental conditons that most affect early school-aged children' academic performance, however they may not be identified until adulthood (American Psychiatric Association, 2013). Results of various pieces of research suggest that specific learning disorder generally coexists with various specifiers (e.g., reading and math skill disorders), other neurodevelopmental disorders (attention-deficit/hyperactivity, autism, motor-developmental coordination, and developmental language disorders), and other mental disorders (anxiety disorders, depression) or behavioral problems (Aro et al., 2023; Moll et al., 2020., 2014; Snowling et al., 2020; Aro et al., 2019; Schieve et al., 2012). Overall, there is a wide variation of reports on the coexistence of specific learning and attention-deficit/hyperactivity disorders suggesting their extent of coexistence to range between 20 and 90%; however, a coexistence level of 70% has been most frequently documented in this regard (Rucklidge & Tannock, 2002). Attention deficit/hyperactivity is a chronic neurodevelopmental disorder associated with complex and heterogeneous clinical manifestations including disruptive and inappropriate levels of inattention, hyperactivity, and impulsivity causing significant dysfunctions in the mechanisms concerning hot and cold executive functions. This disorder hence directly impacts processes such as working memory, attention, response inhibition, emotion self-regulation, planning, cognitive flexibility, reaction time manipulation, preference for immediate rewards, decision-making, etc. Considering the crucial role of these cognitive skills in the development of 6-12-year-old children and their effective involvement in the processes associated with learning, this disorder leads affected students to perform poorly at school (5th ed.; DSM-5, American Psychiatric Association, 2013; Navarro-Soria et al., 2019; Sanchez et al., 2019). Considering the importance of executive functions in the basic skills of daily life and their prominent role in neuro-developmental disorders, many studies have investigated the effectiveness of different approaches such as brain neuromodulation techniques and cognitive training. Transcranial Direct Current Stimulation: tDCS is a brain neuromodulation strategy with a specific active mechanism capable of modulating cerebral cortex activity by reducing and enhancing neuronal firing threshold. Many researchers have recently turned to the combination of this technique with strategies such as classic and computerized cognitive training, offering evidence suggesting that combining tDCS with cognitive training could enhance cognitive processes more effectively (Au et al., 2016; Katz et al., 2017). Therefore, we hipothesized that the combination of repetitive sessions of tDCS with computerized cognitive training is a promising approach to amelorate executive functions and math skills in children with ADHD and SLD.

2. Materials and Methods

This is a randomized, sham-controlled, quasi-experimental pretest-posttest pilot trial. The population included all students (boys and girls) studying in the academic year 1401-1402 in Isfahan city and had SLD + ADHD. after identifying students with SLD + ADHD, 24 students were randomly selected from the population, and the subjects were randomly assigned to an experimental group and a sham one. Given that the participants were minors. For instance, the medical history of all students was studied to ensure there were no risky conditions concerning the reception of tDCS. Students with epilepsy, convulsions, and a history of headaches, those with metal implants or objects in their heads or necks, and students taking special drugs were excluded from the study. Students were assessed using the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-IV), Conners' Parent Rating Scale, the Learning Disability Diagnostic questionnaire. The brief questionnaire and Farsi grades of

the students of two semesters were also used in order to check the effectiveness of the treatment in the pre-test and post-test stages. Aiming to enhance participants' executive functions and academic performance, the present study implemented Fifeteen consecutive daily 1 mA 20-minute sessions of tDCS were administered using a Neuorostim-2 device with a pair of electrodes soaked in 0.9% saline solution in the test (or experimental) group.

3. Results

Covariance analysis was used to analyze the research data and the results indicate the significant effectiveness of the intervention of tDCS combined with cognitive computer training on improving the components of executive functions including response inhibition ($p<0.01$, $F=12.23$, $\eta 2=0.42$), attention ($p<0.01$, $F=27.18$, $\eta 2=0.60$), working memory ($p<0.01$, $F=15.11$, $\eta 2=0.46$) and planning ($p<0.01$, $F=38.70$, $\eta 2=0.66$). Also, the results of the non-parametric covariance analysis showed a significant improvement in the Farsi scores of the students in the experimental group compared to the control group ($p<0.01$, $F=12.13$).

Table 1. The Results of Covariance Analysis for the post-test Scores of Response Inhibition, Attention, Working Memory and Planning Variables

Dependent variable		Sum of Squares	Df	Mean Squares	F	Sig.	Eta squared	Power
Inhibitory control	Pre	370.89	1	370.89	13.23	0.00	0.42	0.93
	Group	358.40	1	358.40	12.78	0.00	0.42	0.92
	Error	504.67	18	28.04				
Attention	Pre	211.80	1	211.80	43.50	0.00	0.71	1.00
	Group	132.35	1	132.35	27.18	0.00	0.60	1.00
	Error	87.64	18	4.87				
Working Memory	Pre	93.33	1	93.33	9.96	0.01	0.36	0.85
	Group	141.60	1	141.60	15.11	0.00	0.46	0.96
	Error	168.66	18	9.37				
Planning	Group	461.50	1	461.50	38.71	0.00	0.68	1.00
	Error	415.53	1	415.53	34.85	0.00	0.66	1.00
		214.61	18	11.92				

Table 2. Nonparametric ANCOVA of the Independent Variable's Impact on Academic Performance

	Quade nonparametric ANCOVA				Paired Sample Test		
	F	DFH	DFE	Significance	T	Df	Significance
Academic performance in mathematics	12.13	1	22	0.01	3.48	22	0.01

4. Discussion and Conclusion

Our study peered into the modulating effects of the dorsolateral prefrontal cortex in the enhancement of executive functions and academic performance of students with coexistent attention-deficit/hyperactivity disorders and specific learning disorders through Transcranial Direct Current Stimulation coupled with Computerized Cognitive Training. Analysis of the results obtained from the present work confirmed our hypotheses. To be more specific, a-tDCS on the Left DLPFC coupled with CCT managed to improve the performance of students suffering from ADHD+SLD in tasks associated which contributed to their progress in math lessons. Results revealing the improvements in executive performance and the effectiveness of our treatment protocol would not be surprising given the essential and proven role of this brain region in managing several executive processes

such as working memory, planning, and cognitive flexibility (Rubia, 2018; Salehinejad et al., 2021). To further elaborate on the results obtained from the present work, one could argue that the results of research performed over the recent years suggest that Transcranial Direct Current Stimulation implemented on the dorsolateral prefrontal cortex coupled with a cognitive task modulates brain dopamine levels by increasing the excitability of the DLPFC region. Similar to every other scholarly research, our study faced several limitations despite its achievements. More reliable and accurate results can be hoped to be achieved in future research through the resolution of the limitations faced in the present work. Among the limitations of this study, one could point to the small sample size, convenience sampling, lack of follow-up on the results, and the single-blind design of the study. Moreover, researchers eager to further explore this field are recommended to investigate the neurological and physiological impacts of this protocol on the brain to avoid limiting their results to subjects' behavioral performance as we have.

5. Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: All ethical principles are considered in this article.

Funding: This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions: All authors have participated in the design, implementation and writing of all sections of the present study.

Conflicts of interest: The authors declared no conflict of interest.

راهبردهای شناختی در یادگیری
شاپا چاپی: ۷۹۰۶-۲۴۲۳
شاپا الکترونیکی: ۷۶۲۰-۲۴۲۳

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرین‌های رایانه‌ای شناختی بر کارکردهای اجرایی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/بیش فعالی

محدثه عرفانی نسب[۱]، سالار فرامرزی[۲]✉، علی شریفی[۳]

۱. دانشجوی دکترا روانشناسی و آموزش کودکان با نیازهای خاص، گروه روانشناسی و آموزش افراد با نیازهای خاص، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: mohadesehe228@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه روانشناسی و آموزش افراد با نیازهای خاص، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: s.faramarzi@edu.ui.ac.ir

۳. استادیار گروه روانشناسی و آموزش افراد با نیازهای خاص، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: a.sharifi@edu.ui.ac.ir

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳

کلیدواژه‌ها:
اختلال یادگیری خاص، اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی، تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه، تمرین‌های رایانه‌ای شناختی، کارکردهای اجرایی، عملکرد تحصیلی.

چکیده

هدف: هدف از این مطالعه بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرین‌های رایانه‌ای شناختی بر کارکردهای اجرایی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی بود.

روش: روش پژوهش از نظر هدف، کاربردی و نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه شم بود. جامعه آماری پژوهش کلیه دانش‌آموزان مبتلا به SLD+ADHD شهر اصفهان بودند. نمونه این پژوهش شامل ۲۴ دانش‌آموز بود که به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه شم (۱۴ نفر) و گروه آزمایش (۱۴ نفر) قرار گرفتند. دانش‌آموزان با استفاده از مقیاس هوش وکسلر برای کودکان(WISC-IV)، مقیاس درجه‌بندی والدین کانرز و پرسش‌نامهٔ تشخیص ناتوانی‌های یادگیری مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین از پرسشنامهٔ بریف و نمرات فارسی دو ترم دانش‌آموزان به منظور بررسی اثربخشی درمان در مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده شد. گروه آزمایش در ۱۵ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای در برنامه مداخله شرکت کردند.

یافته‌ها: نتایج حاکی از اثربخشی معنادار مداخلهٔ تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه همراه با تمرین‌های رایانه‌ای شناختی بر بهبود مولفه‌های کارکردهای اجرایی از جمله بازداری پاسخ ((p<۰/۰۱، F=۱۲/۲۳، η2=۰/۴۲))، توجه (p<۰/۰۱، F=۲۷/۱۸، η2=۰/۶۰)، حافظه کاری (p<۰/۰۱، F=۱۵/۱۱، η2= ۰/۴۶) و برنامه‌ریزی (p<۰/۰۱، F=۳۸/۷۰، η2=۰/۶۶) بود. همچنین نتایج تحلیل کوواریانس ناپارامتریک بهبود معنی‌داری را در نمرات فارسی دانش‌آموزان گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل نشان داد ((p<۰/۰۱، F=۱۲/۱۳).

نتیجه‌گیری: نتایج این بررسی نشان داد که این مداخله می‌تواند بر بهبود عملکرد کودکان دارای اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی تأثیر مثبت معناداری بر جای بگذارد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت ترکیب روش‌های درمانی تحریک مغز و تمرین‌های شناختی می‌تواند گزینهٔ مناسبی در جهت توانبخشی دانش-آموزان با اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی باشد.

استناد: عرفانی نسب، محدثه، فرامرزی، سالار، و شریفی، علی (۱۴۰۳). اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرین‌های رایانه‌ای شناختی بر کارکردهای اجرایی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/ بیش فعالی. *راهبردهای شناختی در یادگیری*، ۱۲(۲۳)، ۱۹-۴۱. https://doi.org/10.22084/j.psychogy.2024.28580.2644

ناشر: دانشگاه بوعلی سینا.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

اختلال یادگیری خاص، نوعی اختلال عصبی – رشدی، با ریشهٔ بیولوژیک و مبنای ناهنجاری‌هایی در سطح شناختی است که با علائم رفتاری این اختلال ارتباط دارند، ازجمله سیمپتوم‌های این اختلال می‌توان به بروز غیرمنتظرهٔ مشکلاتی در خواندن، تشخیص صحیح حروف و روان خواندن مطالب، درک مطلب، رمزگشایی، مهارت‌های عددی بنیادین، یادگیری حقایق حسابی و درک مسائل ریاضی، املا، دستور زبان، نقطه‌گذاری و سازماندهی جملات اشاره نمود (پنجمین ویرایش راهنمای تشخیصی و آماری اختلال‌های روانی[۱]، ۲۰۱۳؛ میسیاک و فلچر[۲]، ۲۰۲۰).

در حال حاضر، تحقیقات فراوانی در رابطه با دخالت عوامل مخرب ژنتیکی و محیطی در بروز اختلال یادگیری خاص در حال انجام است .نتایج پژوهش‌های انجام شده در سطح بیولوژیکی، علل مطرح شده در مورد ایجاد این اختلال را تغییرات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مغز به همراه اختلال‌هایی در ترشح انتقال‌دهنده‌های عصبی و ناهنجاری‌های عصبی و متابولیک بیان کرده‌اند و ازجمله آسیب‌های مغزی مهم در علت‌شناسی این اختلال می‌توان به وجود ناهنجاری‌هایی در نواحی قشری و زیر قشری مغز همچون قشر پیش پیشانی خلفی جانبی[۳]، قشر آهیانهٔ خلفی[۴]، شکنج فرونتال تحتانی[۵]، مخچه، اینسولا، هیپوکامپ و آمیگدالا اشاره نمود (تابلانته و همکاران[۶]، ۲۰۲۳؛ میشلز و همکاران[۷]، ۲۰۲۲). در سال‌های اخیر بررسی شرایط همبودی اختلال یادگیری خاص با سایر اختلال‌ها نیز همانند بررسی عوامل خطر این اختلال موردتوجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است و بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعات می‌توان گفت، انواع مختلف اختلال یادگیری خاص معمولاً با یکدیگر (برای مثال اختلال خواندن و اختلال ریاضی) و با سایر اختلال‌های عصبی – رشدی، اختلال‌های روانی یا مشکلات رفتاری روی می‌دهند که یکی از این موارد اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی است (آرو و همکاران[۸]، ۲۰۲۳؛ مول و همکاران[۹]، ۲۰۲۰). به‌طورکلی، تنوع گسترده‌ای در گزارش‌های مرتبط با همبودی دو اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی و اختلال یادگیری خاص وجود دارد که از بیست تا نود و دو درصد متغیر است، بااین‌وجود مستندترین درصد همبودی میان این دو اختلال درصد همبودی هفتاد می‌باشد (راکلیج و تانوک[۱۰]، ۲۰۰۲).

اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی، نوعی اختلال عصبی – رشدی مزمن و در واقع نوعی سندروم ناشی از تأخیر در رشد عصبی روانی با تظاهرات بالینی و پیچیدهٔ ناهمگن ازجمله سطوح نامناسب و مختل‌کنندهٔ بی‌توجهی، بیش‌فعالی و تکانشگری است که موجب بروز دیسفانکشن‌های معنادار در ابعاد مختلف زندگی اجتماعی، عاطفی و شناختی فرد می‌شود (کافلر و همکاران[۱۱]، ۲۰۱۸). در سال‌های اخیر استفاده از فناوری‌های جدید و پیشرفته به‌ویژه شیوه‌های تصویربرداری عصبی موجب پیشرفت چشمگیری در مستندسازی علل عصب‌شناختی این اختلال شده است. به‌طورکلی نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات تصویربرداری از مغز افراد با اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی، کاهش فعالیت شبکهٔ فرونتو–استریال مغز، کاهش حجم شکنج سینگولیت قدامی و قشر پیش پیشانی جانبی، رشد غیرطبیعی نواحی پیشانی مغز، کاهش ارتباط میان نیمکره‌های مغز که به علت کاهش حجم جسم پینه‌ای رخ می‌دهد، کاهش حجم هسته‌های دمی بعلاوه کاهش حجم مادهٔ خاکستری در نواحی اینسولا، مخچهٔ چپ و قشر پیشانی مغز[۱۲] را به‌عنوان علل نورولوژیک این اختلال گزارش کرده‌اند (روبیا[۱۳]، ۲۰۱۸). باتوجه به موارد بیان شده در این قسمت، می‌توان این‌گونه استنباط کرد که مشترک بودن نواحی مغزی ناهنجار در دو اختلال مورد بررسی در این پژوهش با نواحی مرتبط با کارکردهای اجرایی در مغز سبب می‌شود این دو اختلال به شکل مستقیم مختل‌کنندهٔ فرایند طبیعی کارکردهای اجرایی گرم و سرد در مغز باشد، به بیان

1. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5th ed
2. Miciak & Fletcher
3. dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC)
4. Posterior Parietal Cortex (PPC)
5. inferior frontal gyrus (IFG)
6. Tablante & et.al
7. Michels & et.al
8. Aro & et.al
9. Moll & et.al
10. Rucklidge & Tannock
11. Kofler & et.al
12. frontal cortex
13. Rubia

دیگر می‌توان گفت، مشکلات مرتبط با کارکردهای اجرایی به‌عنوان توجیه نظری و الگوی پژوهشی برای این دو اختلال، توجه بسیاری از پژوهشگران حوزۀ کودک را به خود جلب کرده است.

با وجود تعدد بسیار تعاریف مربوط به کارکردهای اجرایی در ادبیات پژوهشی از دیدگاه بسیاری از پژوهشگران، کارکردهای اجرایی مجموعه‌ای از فرایندهای شناختی درگیر در افکار و اعمال آگاهانه و هدفمند انسان هستند، به بیان دیگر می‌توان گفت، تمایز میان پردازش کنترل شده و خودکار اطلاعات در مغز به‌عنوان اصلی مهم در تعریف کارکردهای اجرایی مورد قبول بسیاری از پژوهشگران این حیطه قرار گرفته است (دیاموند[1]، ۲۰۱۳). علاوه بر موارد بیان شده می‌توان گفت، یکی از ملاک‌های اصلی در فرایند تشخیص اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی، بروز بدکارکردی‌های معنادار در مؤلفه‌های مرتبط با کارکردهای اجرایی است به‌طوری‌که، بر اساس نتایج پژوهش‌های اخیر، مهم‌ترین عوامل پیش‌بینی‌کنندۀ ضعف در مهارت‌های خواندن و نوشتن وجود دیسفانکشن در مؤلفه‌های توجه دیداری–فضایی، توجه شنیداری و حافظۀ فعال گزارش شده است، این در حالی است که ضعف در مؤلفه‌های بازداری پاسخ، انعطاف‌پذیری شناختی و حافظۀ فعال دیداری باعث بروز علائم مرتبط با اختلال ریاضی می‌شوند، انعطاف‌پذیری شناختی، برنامه‌ریزی، توجه، بازداری پاسخ و حافظۀ فعال نیز کارکردهای اجرایی ضعیف در اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی گزارش شده‌اند (بوث و همکاران[2]، ۲۰۱۰؛ مارکس و همکاران[3]، ۲۰۲۱).

با توجه به اینکه در سنین مدرسه از دانش‌آموزان انتظار می‌رود بتوانند با دقت به موارد درسی توجه کرده و در برابر محرک‌های مزاحم مقاومت نشان دهند تا به‌خوبی یاد بگیرند، قوانین وضع شده در کلاس و مدرسه را به‌خوبی رعایت کرده، رفتارهای نامناسب خود را مهار کنند، به‌تنهایی تکالیف خود را برنامه‌ریزی و سازماندهی کنند و مشکلات بین‌فردی ایجاد شده در مدرسه را با کمترین نظارت از جانب والدین و معلمان برطرف سازند، وجود اختلال در این کارکردها موجب بروز مشکلات زیادی در عملکرد تحصیلی و روابط بین‌فردی دانش‌آموزان در مدرسه می‌شود به دیگر سخن می‌توان گفت، کارکردهای اجرایی نقش مهمی در توانایی فرد در تنظیم افکار، احساسات و رفتارهایش ایفا می‌کنند و در عملکرد تحصیلی و مواردی همچون، خواندن، نوشتن و ریاضیات نیز تأثیر بسزایی دارند (کورتس پاسکوال و همکاران[4]، ۲۰۱۹). بدین ترتیب تصور می‌شود که کارکردهای اجرایی نوعی عنصر حیاتی برای پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان باشند، به‌طوری‌که نتایج تعداد بسیاری از پژوهش‌ها نشان می‌دهند که تقویت مهارت‌های مرتبط با کارکردهای اجرایی در دانش‌آموزان، تأثیر فوق‌العاده‌ای در پیشرفت تحصیلی آن‌ها دارد (آهمد و همکاران[5]، ۲۰۱۹). در سال‌های اخیر شواهد مختلف پژوهشی نشان می‌دهند که کارکردهای اجرایی از طریق آموزش یا انجام مداخلات تخصصی قابل‌بهبود هستند. در همین راستا و با توجه به اهمیت کارکردهای اجرایی در مهارت‌های اساسی زندگی روزمره و نقش پررنگ آن‌ها در اختلال‌های عصبی – رشدی، مطالعات بسیاری اثربخشی رویکردهای مختلف مانند تکنیک‌های تعدیل عصبی مغز[6] و تمرینات شناختی را مورد بررسی قرار داده‌اند (رویدلو–کاسترو و همکاران[7]، ۲۰۲۳؛ وست وود و همکاران[8]، ۲۰۲۳).

تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه[9] نوعی تکنیک تعدیل عصبی غیرتهاجمی مغز است که امکان درمان اختلال‌های عصبی و روانی مختلف مانند اختلال افسردگی ماژور، دردهای مزمن و حاد، اعتیاد به مواد مخدر، میگرن، فیبرومیالژیا، اتیسم، آلزایمر، وسواس فکری – عملی، اختلال‌های اضطرابی و دیگر شرایط روانی – عصبی را ارائه می‌دهد (فرگنی و همکاران[10]، ۲۰۲۱). ازجمله مزیت‌های کلینیکال این تکنیک می‌توان به غیرتهاجمی بودن، به‌خوبی برای تمام رده‌های سنی قابل‌تحمل بودن، عوارض جانبی خفیف داشتن، قابل‌حمل بودن و به‌صرفه‌بودن اشاره کرد. معمولاً این‌گونه فرض می‌شود که این روش با دپلاریزاسیون[11]

1. Diamond
2. Both & et.al
3. Marx & et.al
4. Cortés Pascual & et.al
5. Ahmed & et.al
6. Brain Neuromodulation
7. Robledo-Castro & et.al
8. Westwood & et.al
9. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)
10. Fregni & et.al
11. Depolarization

نورون‌ها در تحریک آندال[1] باعث افزایش فعالیت آن‌ها می‌شود، درحالی‌که هایپرپلاریزیشن[2] نورون‌ها با تحریک کاتدال[3]، فعالیت آن‌ها را کاهش می‌دهد (سیو و جان، ۲۰۱۹[4]). نتایج مطالعات مختلف در رابطه با اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه در بهبود علائم دو اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی بحث‌برانگیز هستند و به‌تازگی تعدادی از پژوهشگران به ترکیب این تکنیک با روش‌هایی همچون تمرینات شناختی کلاسیک و یا تمرین‌های شناختی مبتنی بر رایانه پرداخته‌اند (وست وود و همکاران، ۲۰۲۳). به‌طورکلی می‌توان گفت توانبخشی شناختی مبتنی بر رایانه نوعی توانبخشی شناختی فناوری محور و متشکل از تمرین‌هایی است که دارای ارزش آموزشی فراتر از سرگرمی است، به عبارتی استراتژی به‌کارگیری این تمرینات استفاده از مکانیسم‌های سرگرم‌کنندهٔ بازی باهدف استفاده در موقعیت‌های درمانی و با درنظرگرفتن این فرض است که توانایی‌های شناختی ممکن است با عملکرد تکراری و سخت در طول زمان بهبود یابند (اسکیانکلپور و همکاران[5]، ۲۰۲۲). این رویکرد درمانی باهدف به‌کارگیری سیستم‌های مغزی مرتبط با فرایندهای شناختی، تقویت مهارت‌های مرتبط و در نتیجه کاهش شدت علائم اختلال‌هایی همچون اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی طراحی شده‌اند و معمولاً یک یا چند فرایند شناختی را از طریق یک پروتکل خاص درمانی مورد هدف قرار می‌دهند و موجب تغییرات نوروپلاستیک طولانی‌مدت در مغز می‌شوند (فورمن و همکاران[6]، ۲۰۱۵).

به‌طورکلی، شواهدی وجود دارند که نشان‌دهندهٔ اثرات مثبت دو روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه و تمرینات رایانه‌ای شناختی بر علائم اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی هستند (هایوزر و همکاران[7]، ۲۰۱۶؛ داکری و همکاران[8] ۲۰۰۹؛ سلطانی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۹). برای مثال سوف و همکاران[9] (۲۰۱۷) در پژوهشی به بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر کاهش علائم دانش‌آموزان با اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد، تحریک آندال ناحیهٔ قشر پیش پیشانی خلفی – جانبی می‌تواند تا حد زیادی علائم این اختلال را کاهش دهد. در همین راستا کاستانزو همکاران[10] (۲۰۱۹) اثربخشی یک پروتکل فشرده و هجده جلسه‌ای tDCS در ناحیهٔ جداری – گیجگاهی مغز با شدت یک میلی‌آمپر و به مدت بیست دقیقه را به همراه آموزش خواندن در دانش‌آموزان با اختلال خواندن مورد بررسی قرار دادند و پس از انجام مداخله در مراحل پیگیری شواهدی از پیشرفت دائمی در مهارت خواندن دانش‌آموزان با اختلال خواندن ارائه شد. گوری و همکاران[11] (۲۰۲۲) نیز نتایج مشابهی را در گروه نمونهٔ دانش‌آموزان نارساخوان در بهبود ادراک حرکتی و توجه دیداری – فضایی و با تحریک ناحیهٔ گیجگاهی – آهیانهٔ مغز گزارش کردند.

در رابطه با اثربخشی تمرینات رایانه‌ای شناختی بر کارکردهای اجرایی و سایر مؤلفه‌های مرتبط با اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی نیز مطالعات بسیاری انجام شده است که نتایج تعدادی از آن‌ها بیان‌کنندهٔ اثربخش‌بودن این نوع مداخلات هستند (ویت[12]، ۲۰۱۱، احمدی و همکاران، ۱۳۹۶)؛ برای مثال، ریچموند و همکاران[13](۲۰۲۲) در پژوهشی تمرین‌های رایانه‌ای شناختی را بر روی صد و چهار دانش‌آموز با اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی در طی بیست‌وپنج جلسه به مدت بیست دقیقه اجرا کردند. نتایج یافته‌های این پژوهش نشان داد توانبخشی رایانه‌ای شناختی تأثیر بسزایی در بهبود توجه و بازداری پاسخ دانش‌آموزان شرکت‌کننده در پژوهش داشته است. علاوه بر این بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش ردوندو و همکاران[14](۲۰۱۹) بیست‌وهشت جلسه مداخله با استفاده از تمرین‌های رایانه‌ای شناختی منجر به بهبود عملکرد توجه دیداری دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی می‌شود. بهبود مواردی همچون، سرعت پردازش، انعطاف‌پذیری شناختی و

1. Andal stimulation
2. Hyperpolarization
3. Cathodal stimulation
4. Seo & Jun
5. Sciancalepore & et.al
6. Fuhrmann & et.al
7. Haiverz & et.al
8. Dockery & et.al
9. Soff & et.al
10. Costanzo & et.al
11. Gori & et.al
12. witt
13. Richmond & et.al
14. Redondo & et.al

حافظه به سبب افزایش فعالیت قشر پیش پیشانی مغز پس از انجام توانبخشی شناختی رایانه‌ای نیز، ازجمله نتایج پژوهشی همسو با دیگر پژوهش‌های انجام شده در این زمینه می‌باشد (کسلر و همکاران[1]، ۲۰۱۸).

با درنظرگرفتن نتایج پژوهش‌های سال‌های اخیر مبنی بر مؤثر بودن روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه و بازتوانی شناختی رایانه‌ای در بهبود علائم دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی، به‌تازگی شواهد به‌دست‌آمده از برخی پژوهش‌ها ترکیب روش‌های آموزش شناختی با تحریک مغز را رویکرد مؤثرتری برای بهبود فرایندهای شناختی گزارش نموده‌اند (هوو و همکاران[2]، ۲۰۱۸). به عبارتی علیرغم نیاز مبرم به مداخلات مؤثر برای دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری خاص همراه با اختلال نقص توجه و بیش فعالی، خلأ پژوهشی قابل‌توجهی در پیشینه پژوهشی مربوط به اثرات ترکیبی تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه و آموزش شناختی کامپیوتری بر روی کارکردهای اجرایی و عملکرد تحصیلی دانش آموزان با اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/بیش فعالی به چشم می‌خورد. به عبارتی درحالی‌که تحقیقات موجود به‌طور جداگانه مزایای بالقوه تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه و تمرینات رایانه‌ای شناختی را برای افراد مبتلا به اختلال یادگیری خاص و یا اختلال نارسایی توجه/بیش فعالی بررسی کرده است، مطالعات کمی وجود دارد که به‌طور جامع تأثیر هم‌افزایی این مداخلات را برای دانش آموزان مبتلا به اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/ بیش فعالی مورد بررسی قرار داده باشد. از این رو با توجه به مطالب بیان شده، پژوهش حاضر در پی بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرین‌های رایانه‌ای شناختی بر کارکردهای اجرایی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی است.

۲. روش پژوهش

۲-۱. جامعهٔ آماری، نمونه و روش اجرا

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نوع نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون – پس‌آزمون با گروه آزمایش و شم بود. جامعهٔ آماری پژوهش شامل کلیهٔ دانش‌آموزان مقاطع دوم، سوم، چهارم و پنجم ابتدایی با اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی مشغول به تحصیل در استان اصفهان و در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ بود که از میان آن‌ها ۲۶ دانش‌آموز با اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی با روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به‌صورت تصادفی در دو گروه آزمایش (۱۳ نفر) و شم (۱۳) نفر قرار گرفتند. بیان این نکته ضروری به نظر می‌رسد که حجم نمونهٔ مورد نیاز بر اساس اندازهٔ اثر بحرانی متوسط پیشنهاد شده برای مطالعات تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه و همچنین با توجه به مطالعات قبلی در این رابطه که تقریباً شامل ۲۰ نفر به‌عنوان گروه نمونه در ۱۶ کارآزمایی تصادفی کنترل شده بودند محاسبه شد (مینا‌ریک و همکاران[3]، ۲۰۱۶؛ صالحی‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۰). به‌منظور تشخیص شرایط همبود اختلال یادگیری خاص با اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی و اطمینان از نرمال بودن بهرهٔ هوش تمامی شرکت‌کنندگان، همهٔ آن‌ها مورد ارزیابی روان‌شناختی کاملی متشکل از تشخیص یک روان‌شناس حوزهٔ کودک با استفاده از مصاحبهٔ بالینی بر اساس معیارهای پنجمین راهنمای تشخیصی و آماری اختلال‌های روانی، اجرا و تفسیر آزمون هوش وکسلر نسخهٔ چهارم، تکمیل پرسش‌نامهٔ کانرز (۱۹۹۸) و پرسش‌نامهٔ تشخیصی اختلال یادگیری علیزاده و همکاران (۱۴۰۱) توسط والدین قرار گرفتند. کلیه شرکت‌کنندگان در پژوهش پیش از اجرای برنامه مداخله و پس از آن در توانایی‌های شناختی شامل توجه انتخابی و حافظهٔ فعال به‌وسیله آزمون‌های استروپ و ان – بک مورد ارزیابی قرار گرفتند. معیارهای ورود به پژوهش حاضر عبارت بودند از: ۱- وجود شرایط همبود اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی در تمامی شرکت‌کنندگان؛ ۲- عدم سابقهٔ فعلی یا گذشتهٔ ابتلا به صرع، حملات تشنج و آسیب به سر. ۳- دارا بودن ضریب هوش نرمال؛ ۴- عدم وجود ایمپلنت یا شئ فلزی در نواحی سر و گردن. پس از مرحلهٔ شناسایی و ارزیابی کامل دانش‌آموزان، گروه نمونه با استفاده از گمارش تصادفی به دو گروه آزمایش (۱۳ نفر) و شم (۱۳ نفر) تقسیم شدند، سپس گروه

1. Kesler & et.al
2. Huo & et.al
3. Minarik & et.al

آزمایش با استفاده از روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرین‌های رایانه‌ای شناختی نرم‌افزار مغزینه[۱]، سه جلسه در هفته و در مجموع ۱۵ جلسه تحت درمان قرار گرفتند. گروه شم نیز همین تعداد جلسات را در قالب تحریک مصنوعی و انجام یک بازی سرگرم‌کننده دریافت کردند. بیان این نکته ضروری به نظر می‌رسد که تحریک ساختگی مغز منجر به ایجاد اثرات طولانی‌مدت بر قشر مغز نمی‌شود و به همین دلیل این نوع از تحریک گزینهٔ مناسبی به‌منظور بررسی اثربخشی روش تحریک الکتریکی مغز از روی جمجمه بر گروه آزمایش می‌باشد. پس از پایان جلسات درمانی از والدین دانش‌آموزان هر دو گروه آزمایش و شم در مورد تغییرات قابل‌مشاهده در فرزندانشان نظرخواهی می‌شد. در طول انجام این پژوهش یک نفر از افراد گروه آزمایش به علت بروز سردرد از پژوهش کنار گذاشته شد تعداد یک از افراد گروه شم نیز در مرحلهٔ تحلیل داده‌ها به علت رفع مشکلات آماری از پژوهش حذف گردید. در نهایت تعداد شرکت‌کنندگان هر دو گروه آزمایش و شم به دوازده نفر کاهش یافت. لازم به ذکر است که جلسات درمانی در یک مرکز خدمات روانشناسی و مشاوره و توسط درمانگران آموزش‌دیدهٔ حیطهٔ تحریک مغز، با رضایت کتبی والدین اجرا شدند.

۲-۲. ابزارها

الف) ابزارهای تشخیصی

آزمون هوش وکسلر کودکان ویرایش چهارم (WISC-IV): نسخه اولیه مقیاس هوش وکسلر در سال ۱۹۴۹ توسط دیوید وکسلر[۲] طراحی و ساخته شد. نسخه چهارم مقیاس هوش وکسلر (۲۰۰۳) امکان ارزیابی بهرهٔ هوشی کل به همراه چهار شاخص کلی درک مطلب کلامی، استدلال ادراکی، حافظهٔ فعال و سرعت پردازش را در کودکان ۶ تا ۱۶ سال فراهم می‌نماید. سنجش شاخص کل ضریب هوشی (FSIQ) و دو شاخص CPI و GAI که نقش مهمی در تشخیص اختلال‌های دوران کودکی ایفا می‌کنند از طریق اجرای ده خرده آزمون اصلی (شباهت‌ها، واژگان، درک مطلب، مکعب‌ها، مفاهیم، استدلال ماتریس، فراخنای ارقام، توالی حرف و عدد، کدگذاری و جستجوی نمادها) و پنج خرده آزمون اختیاری (اطلاعات، درک مطلب، مفاهیم تصویری، حساب و خطزدن) انجام می‌شود (وکسلر[۳]، ۲۰۱۱). در این مقیاس شاخص توانایی‌های شناختی از ترکیب نمرات مربوط به دو شاخص حافظهٔ فعال و سرعت پردازش و شاخص توانایی‌های عمومی از ترکیب نمرات استدلال ادراکی و درک مطلب به دست می‌آید که بررسی آن‌ها می‌تواند در تشخیص اختلال‌های عصبی – رشدی دوران کودکی ازجمله اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی تأثیر بسزایی داشته باشد. نحوهٔ اجرای این آزمون به‌صورت انفرادی و مدت‌زمان اجرای آن بسته به سن کودک و مهارت آزمونگر تقریباً نود دقیقه تخمین زده شده است (کافمن و همکاران[۴]، ۲۰۰۶).

پرسش‌نامهٔ تشخیصی اختلال یادگیری خاص: این فهرست بر اساس پنجمین راهنمای تشخیصی و آماری اختلال‌های روانی توسط علیزاده و همکاران (۱۴۰۱) طراحی و تدوین‌شده و از آن برای تشخیص اولیهٔ اختلال یادگیری خاص و همچنین غربالگری دانش‌آموزانی که عملکرد ضعیف‌تری نسبت به دانش‌آموزان قوی‌تر دارند استفاده می‌گردد. پرسش‌نامهٔ مذکور دارای دو بخش و ۳۹ گویه می‌باشد، به عبارتی ۹ گویه ابتدایی وجود و عدم وجود اختلال را بر اساس مؤلفه‌های پنجمین راهنمای تشخیصی و آماری اختلال‌های روانی تعیین کرده و در ۳۰ گویه بعدی به بررسی اسپسیفایرها می‌پردازد. همچنین شیوهٔ نمره‌گذاری این پرسش‌نامه به‌این‌ترتیب است که هر گویه شامل دو گزینهٔ بله و خیر است به همین ترتیب نمرهٔ ۱ به بله و نمرهٔ ۰ به خیر تعلق می‌گیرد. در بخش ابتدایی این پرسش‌نامه (۹ گویهٔ اول) چنان‌که حتی به یک مورد از گویه‌های نه‌گانه نمرهٔ ۱ تعلق بگیرد، دانش‌آموز مبتلا به اختلال یادگیری خاص تشخیص داده می‌شود. همچنین در صورت مثبت‌بودن هر کدام از گویه‌های بخش دوم این چک‌لیست متناسب با گویه یا گویه‌های با پاسخ مثبت، اسپیسیفایرهای اختلال نیز مشخص می‌شود. ضریب آلفای کرونباخ برای هر دو بخش این پرسش‌نامه محاسبه شده است و در بخش ابتدایی برابر با ۰/۷۲ و در بخش دوم برابر با ۰/۷۸ به‌دست‌آمده است. ضریب پایایی این فهرست نیز به روش بازآزمایی در فاصله سه تا چهار ماه ۰/۷۶ گزارش شده است.

---

۱. نوعی نرم‌افزار توانبخشی شناختی و دربردارندهٔ تکالیفی است که عمدتاً با هدف بهبود و تقویت مولفه‌های مرتبط با کارکردهای اجرایی طراحی شده است. این نرم افزار توسط شرکت دانش‌بنیان و دانشگاهی فناوران‌شناختی پارس با همکاری جمعی از متخصصان علوم‌اعصاب‌شناختی، روان‌شناسی‌شناختی، کامپیوتر، هوش‌مصنوعی و مدل‌سازی طراحی شده است.

2. David Wechsler
3. Wechsler
4. Kaufman

لازم به ذکر است که در فرایند انجام پژوهش دانش‌آموزانی که مشکلات بیشتری در گویه‌های مرتبط با اختلال خواندن و نوشتن داشتند در اولویت دریافت مداخله قرار گرفتند.

پرسش‌نامهٔ کانرز (فرم والدین): این چک‌لیست یکی از رایج‌ترین ابزارها در فرایند تشخیص کودکان با اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی است که در سال ۱۹۶۰ توسط کانرز طراحی و به بررسی رفتار کودکان در بازهٔ سنی ۳ تا ۱۷ سال می‌پردازد. این فرم شامل ۴۸ سؤال می‌باشد که توسط والدین کودک تکمیل می‌گردد و پنج عامل مشکلات سلوک، مشکلات یادگیری، مشکلات روان‌تنی، بیش‌فعالی/ تکانشگری و اضطراب/ انفعال را مورد سنجش قرار می‌دهد. خرده مقیاس سلوک از ۸ گویه تشکیل شده و مشکلاتی مانند گستاخی، زودرنجی، خرابکاری و مشاجره را می‌سنجد، خرده مقیاس مشکلات یادگیری از ۴ گویه تشکیل شده و به بررسی مواردی مانند حواس‌پرتی و بی‌دقتی می‌پردازد، مشکلات روان‌تنی به‌وسیلهٔ ۴ گویه و با بررسی علائمی مانند سردرد، تهوع و مشکلات خواب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، خرده مقیاس بیش‌فعالی/تکانشگری متشکل از ۴ گویه است و مواردی مانند ناآرامی و حواس‌پرتی را بررسی می‌کند و در نهایت اضطراب و انفعال کودک نیز از طریق بررسی علائمی مانند ترسو بودن و خجالتی بودن در قالب ۴ گویه مورد سنجش قرار می‌گیرد. در مطالعهٔ کتل و همکاران[1] (۲۰۱۴) پایایی برای هریک از خرده مقیاس‌ها با روش آلفای کرونباخ به ترتیب، ۰/۸۰، ۰/۷۸، ۰/۷۶، ۰/۵۸ و ۰/۵۹ گزارش شده است. علاوه بر موارد بیان شده می‌توان گفت، سؤالات این مقیاس بر اساس طیف ۴ درجه‌ای لیکرتی، ۰ (به‌هیچ‌وجه)، ۱ (کمی)، ۲ (تقریباً زیاد) و ۳ (زیاد) تنظیم شده و پاسخ به آن حدود ۱۰ تا ۱۵ دقیقه طول می‌کشد.

ب) ابزارهای ارزیابی‌کنندهٔ عملکردهای عصب - روان‌شناختی

پرسش‌نامهٔ کارکردهای اجرایی بریف (فرم والدین): این پرسش‌نامه در سال ۲۰۰۰ توسط جیویا و همکاران (۲۰۰۰) و باهدف سنجش کارکردهای اجرایی در افراد بهنجار ساخته شده است (لازم به ذکر است که از این پرسش‌نامه در تشخیص اختلال‌هایی مانند اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی، نشانگان توره، آسیب‌های مغزی، ناتوانی ذهنی و اختلالات رشدی فراگیر نیز استفاده می‌شود). به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت این پرسش‌نامه به بررسی جنبه‌های مختلف کارکردهای بخش پیشین ناحیهٔ پیشانی مغز می‌پردازد. این پرسش‌نامه دارای ۸۶ سؤال بوده و هشت مقیاس بازداری، جابه‌جایی توجه، کنترل هیجان، آغازگری، حافظهٔ کاری، برنامه‌ریزی راهبردی، سازماندهی و نظارت را در کودکان سنین ۵ تا ۱۸ سال مورد ارزیابی قرار می‌دهد. این هشت خرده مقیاس در چهار مقیاس کلی‌تر نیز بررسی می‌شوند که شامل تنظیم رفتاری (بازداری و سازماندهی)، تنظیم هیجانی (کنترل هیجان و توجه انتقالی)، فراشناخت (آغازگری، حافظهٔ کاری، برنامه‌ریزی و کنترل) و مقیاس کلی می‌باشند. سؤالات این پرسش‌نامه بر اساس طیف سه‌درجه‌ای لیکرتی ۱ (هرگز)، ۲ (اغلب)، ۳ (بیشتر اوقات) تنظیم شده است. در تحقیقات انجام شده، میانگین آلفای کرونباخ به‌دست‌آمده برای این پرسش‌نامه بین ۰/۸۲ تا ۰/۹۸ می‌باشد، همچنین همبستگی به‌دست‌آمده از بازآزمایی بعد از سه هفته برای این مقیاس بین ۰/۷۲ تا ۹/۸۴ گزارش شده که بیانگر پایایی مطلوب این پرسش‌نامه می‌باشد (جیویا و همکاران[2]، ۲۰۰۰).

نمرات درس فارسی دو ترم متوالی دانش‌آموزان: در این پژوهش به‌منظور ارزیابی عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان، از نمرات درس فارسی دو ترم دانش‌آموزان (ترم قبل از انجام مداخله و ترم پس از آن) استفاده شد.

ج) برنامهٔ مداخله

تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه: به‌طورکلی می‌توان گفت، روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه یکی از مشهورترین و پرکاربردترین نوع تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای در مطالعات بالینی است که در آن شدت جریان در طول زمان تحریک در یک مقدار معین ثابت می‌ماند، در واقع می‌توان گفت، این روش نوعی تکنیک تعدیل عصبی مغز است که می‌تواند با کاهش (تحریک کاتدال) و افزایش (تحریک آندال) آستانهٔ شلیک عصبی نورون‌ها، فعالیت قشر مغز را تعدیل نماید (فرگنی و همکاران[3]، ۲۰۱۵). در پژوهش حاضر به‌منظور بهبود کارکردهای اجرایی و عملکرد تحصیلی شرکت‌کنندگان، تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه با استفاده از دستگاه (Neuorostim-2) و از طریق یک جفت الکترود (الکترود کاتد در ابعاد ۵×۹ سانتی‌متری و الکترود کاتد در ابعاد ۵×۵ سانتی‌متری) که آغشته به محلول نمکی (۰/۹ درصد) بودند، انجام شد. محل قرارگیری

1. Catal & et.al
2. Gioia & et.al
3. Fregni & et.al

الکترودهای آند و کاتد بر روی ناحیهٔ قشر پیش‌پیشانی جانبی (الکترود آند بر روی ناحیهٔ F3 و الکترود کاتد بر روی ناحیهٔ F4) مطابق با سیستم بین‌المللی قرارگیری الکترودهای الکترو آنسفالوگرافی (۱۰-۲۰) تعیین شد و در نهایت گروه آزمایش دریافت‌کنندهٔ ۱۵ جلسه تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه با شدت ۱ میلی‌آمپر، به مدت ۲۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه افزایش و کاهش جریان شد.

با توجه به اینکه شرکت‌کنندگان پژوهش حاضر کودک بودند جنبه‌های ایمنی استفاده از تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه را با حساسیت بیشتری (مطابق با پژوهش صالحی‌نژاد و همکاران، ۲۰۲۲) مورد بررسی قرار گرفت. برای مثال در ابتدای پژوهش تاریخچهٔ پزشکی تمامی دانش‌آموزان با هدف عدم وجود هرگونه شرایط تهدیدکننده در رابطه با دریافت تحریک مورد بررسی قرار گرفت. میزان شدت جریان و اندازهٔ الکتروها با توجه به سایز کوچک دور سر دانش‌آموزان پس از بررسی سوابق پژوهشی مرتبط و با مشورت از یک متخصص حرفه‌ای حوزهٔ tDCS تعیین شد. همچنین با در نظر گرفتن موارد مرتبط با بیانیهٔ هلسینکی والدین همهٔ دانش‌آموزان قبل از شرکت در این پژوهش رضایت‌نامهٔ آگاهانه را امضا کردند. به‌منظور کاهش اضطراب دانش‌آموزان نیز مطالب مرتبط با پروتوکول درمانی به‌گونه‌ای قابل‌فهم و در غالب بازی برای دانش‌آموزان بیان شد. دریافت کد اخلاق از کمیتهٔ اخلاق در پژوهش دانشگاه اصفهان نیز پیش از اجرای آزمایش و به عنوان اولین مرحلهٔ پراهمیت در پژوهش در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که جلسات درمانی در یک مرکز خدمات روانشناسی و مشاوره و توسط درمانگران آموزش‌دیدهٔ حیطهٔ تحریک مغز از دی‌ماه ۱۴۰۱ تا شهریورماه ۱۴۰۲ و برای هر آزمودنی به‌صورت سه جلسه در هفته انجام شد.

تمرینات رایانه‌ای شناختی مغزینه: نرم‌افزار مغزینه یک برنامهٔ تمرین رایانه‌ای جهت ارتقا و بهبود مؤلفه‌های مرتبط با کارکردهای اجرایی است که در سال ۱۳۹۹ توسط شرکت دانش‌بنیان فناوران شناختی پارس طراحی گشته است. این برنامه باهدف رشد و بهبود مهارت‌های اصلی حوزهٔ کارکردهای اجرایی طراحی شده است که شامل مواردی همچون؛ حافظهٔ شنیداری، حافظهٔ دیداری، توجه، بازداری پاسخ، حل مسئله و برنامه‌ریزی است. به‌طورکلی، هر تمرین در جهت توانمندسازی یک مهارت شناختی خاص تدوین شده و همهٔ این تمرینات به شکل ۱۲ بازی قالب‌بندی شده است. بعلاوه شیوهٔ ارائهٔ تمرین‌ها به شرکت‌کنندگان بر اساس نظم خاص طراحی شده و به‌گونه‌ای است که بدون پایان‌یافتن یک تکلیف و دریافت حداقل امتیاز لازم برای هر مرحله، تکلیف بعدی ارائه نخواهد شد. در مطالعهٔ حاضر بر اساس اهداف پژوهش از میان ۱۲ تکلیف موجود در این نرم‌افزار، ۶ تکلیف انتخاب و در برنامهٔ درمانی گنجانده شد. اسامی و شرح هر یک از تکالیف ارائه شده به دانش‌آموزان در پژوهش حاضر به‌قرار زیر است:

گمشده در دریا: در تمرین گمشده در دریا، در هر لحظه، تعداد زیادی ماهی به دانش‌آموز نشان داده می‌شود. دانش‌آموز باید با استفاده از چهار دکمه بالا، پایین، چپ و راست بر روی صفحه‌کلید، جهت قرارگیری ماهی وسط را در کوتاه‌ترین زمان ممکن مشخص کند. به‌عبارتی‌دیگر، او باید بتواند بدون توجه به جهت ماهی‌های دیگر و با کنترل رفتار تکانشی خود، در حداقل زمان ممکن جهت ماهی وسط را مشخص نماید (معیار شناختی: توجه انتخابی و بازداری پاسخ).

مسئول کنترل: تمرین مسئول کنترل، متشکل از دو مرحله است که مرحله اول، مرحله یادگیری و مرحله دوم، مرحله بازشناسی و واکنش نام دارد. در مرحله اول، تصویر و یا تصاویری به‌عنوان هدف به دانش‌آموز نشان داده می‌شود که باید آن‌ها را به‌خاطر بسپارد. در مرحله دوم، قطاری از مقابل او عبور می‌کند که دارای واگن‌هایی است و بر روی هر واگن تصویری قرار دارد. دانش‌آموز باید همواره بر روی تصاویر این واگن‌ها متمرکز باشد تا بتواند به‌محض بازشناسی تصاویر هدف، بر روی واگن مربوطه کلیک نماید. (معیار شناختی: توجه پایدار).

پازل: در تمرین پازل، دانش‌آموز باید بتواند قطعات تشکیل‌دهنده یک تصویر اصلی را با توجه به مکان قرارگیری آن‌ها در این تصویر انتخاب نموده و به‌تدریج تصویر را کامل کند. هرچقدر دانش‌آموز بتواند در مدت‌زمان کوتاه‌تری قطعات تصویر اصلی را به‌درستی تشخیص دهید، امتیاز بیشتری دریافت می‌کند (معیار شناختی: توجه و برنامه‌ریزی).

حافظهٔ عسلی: در این بازی، دانش‌آموز ملزم است خانه‌هایی که روشن می‌شوند را به‌خاطر بسپارد و پس از سفیدشدن رنگ تمامی خانه‌ها آن‌ها را انتخاب نماید (معیار شناختی: حافظهٔ فعال).

حافظهٔ لغات: در تمرین حافظه لغات دو مرحله وجود دارد که مرحله اول، مرحله یادگیری و مرحله دوم، مرحله بازشناسی نام دارد. در مرحله یادگیری تعدادی لغت به دانش‌آموز نشان داده می‌شود که برخی از لغات در کادر زردرنگ و برخی دیگر در کادر قرمز رنگ نوشته شده‌اند. دانش‌آموز باید در این مرحله و در طی مدت زمانی که به او نشان داده می‌شود، تنها به لغاتی توجه کند که در کادر زردرنگ نوشته شده‌اند و سعی کند آن‌ها در حافظه موقت خود ذخیره کنید. بعد از پایان مدت‌زمان تعیین‌شده برای مرحله یادگیری، وارد مرحله بازشناسی می‌شود که باید از بین لغاتی که به او نشان داده می‌شود، لغاتی را که در مرحله یادگیری در زمینه زردرنگ نوشته شده بودند، تشخیص دهد (معیار شناختی: حافظهٔ فعال).

تکلیف گروه سرود: در این تمرین، تعدادی پرنده به دانش‌آموز نشان داده می‌شود که هر بار تعدادی از آن‌ها یکی پس از دیگری نت‌های کوتاهی را می‌خوانند. دانش‌آموز باید به ترتیب خواندن این پرنده‌ها توجه کرده و آن‌ها را به‌خاطر بسپارد و تا به پایان رسیدن آواز تمامی پرنده‌ها از انجام هر حرکتی صرف‌نظر نماید. بعد از پایان خواندن پرنده‌ها، نوبت دانش‌آموز است که پرنده‌ها را به همان ترتیبی که نت‌ها را خوانده بودند، مشخص کند و هر چقدر بتواند توالی پرنده‌ها را به‌درستی به‌خاطر بیاورد، امتیاز بیشتری می‌گیرد (معیار شناختی: حافظهٔ فعال و بازداری پاسخ).

جدول ۱. شرح جلسات تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرینات رایانه‌ای شناختی (وست وود و همکاران[1]، ۲۰۲۳)

جلسات	بازی
۱	برقراری ارتباط با آزمودنی، ارائهٔ شرح مختصری از فرایند درمان برای والدین، بررسی تاریخچهٔ پزشکی آزمودنی باهدف اطمینان از عدم وجود سابقهٔ صرع، تشنج، ضربه به سر و وجود ایمپلنت فلزی در سر، کسب رضایت آگاهانه از والدین.
۲	برقراری ارتباط با آزمودنی، ارائهٔ توضیحات قابل‌فهم و متناسب با سن شرکت‌کنندگان در رابطه با تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه، آشنایی آزمودنی با تمرین‌های رایانه‌ای نرم‌افزار مغزینه و آموزش نحوهٔ صحیح انجام‌دادن آن‌ها، اطمینان از عدم وجود اضطراب در آزمودنی و در نهایت اعمال اولین جلسهٔ تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه با شدت ۱ میلی‌آمپر و به مدت ۲۰ دقیقه به همراه تمرینات رایانه‌ای شناختی مغزینه. در انتهای این جلسه به‌منظور ایجاد علاقه و انگیزه در کودک برای ادامه دادن روند جلسات درمان هدیهٔ کوچکی داده شد. در رابطه با گروه شم نیز روندی مشابه با گروه آزمایش در کل جلسات درمانی اتفاق افتاد و تفاوت صرفاً در اعمال تحریک مصنوعی و انجام یک بازی صرفاً سرگرم‌کننده به کودک بود.
۳	آغاز هدفمند جلسات درمان و اجرای تمرین‌های شناختی گمشده در دریا، مسئول کنترل و حافظهٔ عسلی در سطح متناسب با توانایی هر کودک توسط آزمودنی در هنگام اعمال تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه.
۴	اعمال تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه با پروتکل مشابه با جلسات قبل و ارائهٔ تمرین‌های شناختی پازل، حافظهٔ لغات و گروه سرود هم‌زمان با دریافت تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به مدت ۲۰ دقیقه.
۵	اجرای برنامه درمانی مشابه با جلسات ۳ و ۴ به شکل متناوب و با افزایش میزان دشواری تمرین‌های رایانه‌ای شناختی متناسب با پیشرفت هر آزمودنی جهت جلوگیری از یکنواخت شدن روند درمان برای آزمودنی تا پایان روند درمان (جلسهٔ پانزدهم). لازم به ذکر است در طول این جلسات از تمام ۱۲ تمرین شناختی نرم‌افزار مغزینه به ترتیب طراحی نرم‌افزار استفاده شد.

۳. یافته‌های پژوهش

در پژوهش حاضر دامنهٔ سنی اعضای نمونه بین ۸ تا ۱۱ سال بود. اعضای نمونه بر حسب سن در یکی از طبقات سنی قرار گرفته‌اند و توزیع فراوانی و درصد فراوانی سن و جنسیت افراد به تفکیک گروه در جدول دو آمده است.

1. Westwood & et.al

جدول ۲. توزیع فراوانی اعضاء نمونه برحسب سن و جنسیت و به تفکیک گروه آزمایش و شم

متغیر		گروه آزمایش		گروه شم		کای اسکوئر		
		فراوانی	درصد فراوانی	فراوانی	درصد فراوانی	ارزش	درجه آزادی	سطح معناداری
سن	۸	۸	۳۳/۳	۷	۲۹/۲	۱/۰۶	۳	۰/۷۸
	۹	۲	۸/۳	۱	۴/۲			
	۱۰	۱	۴/۲	۲	۸/۳			
	۱۱	۱	۴/۲	۲	۸/۳			
	کل	۱۲	۵۰/۰	۱۲	۵۰/۰			
جنسیت	پسر	۳	۱۲/۵	۶	۲۵/۰	۱/۶۰	۱	۰/۲۰
	دختر	۹	۳۷/۵	۶	۲۵/۰			
	کل	۱۲	۵۰/۰	۱۲	۵۰/۰			

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در این پژوهش ۶۲/۵ درصد دانش‌آموزان ۸ ساله، ۱۲/۵ درصد ۹ ساله، ۱۲/۵ درصد ۱۰ ساله و در نهایت ۱۲/۵ درصد دانش‌آموزان ۱۱ سال سن داشتند. با توجه به عدم معناداری آزمون کای اسکوئر تفاوت معناداری بین دو گروه آزمایش و شم از نظر توزیع فراوانی سن وجود نداشت. همچنین ۳۷/۵ درصد دانش‌آموزان پسر و ۶۲/۵ درصد دختر بودند. با توجه به عدم معناداری آزمون کای اسکوئر تفاوت معناداری بین دو گروه آزمایش و شم از نظر توزیع فراوانی جنسیت وجود نداشت. در ادامه میانگین و انحراف استاندارد نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون ابعاد کارکردهای اجرایی آن به‌صورت تفکیک شده برای دو گروه آزمایش و شم در جدول شمارهٔ چهار آورده شده است. همچنین نتایج آزمون شاپیرو – ویلکز جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها آورده شده است.

جدول ۳. یافته‌های توصیفی کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان به تفکیک دو گروه آزمایش و شم

مقیاس	مرحله	آزمایش		شم		آزمون شاپیرو – ویلکز	
		میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد	ارزش	سطح معناداری
بازداری پاسخ	پیش‌آزمون	۲۱/۲۵	۵/۷۹	۱۷/۶۷	۵/۹۹	۰/۹۲	۰/۳۰
	پس‌آزمون	۱۰/۵۸	۵/۴۲	۱۶/۸۳	۷/۳۲	۰/۹۰	۰/۱۶
توجه	پیش‌آزمون	۱۳/۴۲	۵/۱۶	۱۷/۲۵	۳/۹۸	۰/۸۸	۰/۱۰
	پس‌آزمون	۸/۰۰	۳/۰۲	۱۷/۸۳	۴/۶۱	۰/۹۶	۰/۷۳
حافظهٔ فعال	پیش‌آزمون	۱۲/۴۲	۳/۹۰	۱۳/۲۵	۵/۰۳	۰/۹۵	۰/۵۹
	پس‌آزمون	۶/۹۲	۳/۲۶	۱۳/۰۸	۴/۹۸	۰/۹۵	۰/۵۷
برنامه‌ریزی	پیش‌آزمون	۲۰/۲۵	۵/۱۰	۱۶/۷۵	۷/۸۳	۰/۹۴	۰/۴۶
	پس‌آزمون	۱۰/۴۲	۴/۰۶	۱۷/۸۳	۷/۲۷	۰/۹۳	۰/۴۰

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود تفاوت‌های چشمگیری در نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه آزمایش نسبت به گروه شم مشاهده می‌شود. به‌منظور بررسی معناداری و عدم معناداری این تفاوت‌ها از آزمون تحلیل کواریانس استفاده شد. پیش از اجرای آزمون تحلیل کوواریانس پیش‌فرض‌های این آزمون مورد بررسی قرار گرفت. اولین پیش‌فرض بررسی نرمال بودن داده‌ها بود که به‌وسیله آزمون شاپیرو–ویلکر مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به مقادیر و سطح‌های معناداری به‌دست‌آمده ($P>0/05$) از آزمون شاپیرو – ویلکز می‌توان بیان داشت که توزیع داده‌ها منطبق بر توزیع نرمال است. همچنین همگنی شیب خطوط رگرسیون نیز مورد بررسی قرار گرفت که نشان‌دهنده برقراری این مفروضه است ($P>0/05$). علاوه بر این مفروضه همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لوین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون لوین برای خرده آزمون کارکردهای اجرای برابر با ۰/۲۱ برای خرده مقیاس بازداری پاسخ برابر با ۰/۹۶، توجه ۰/۸۹، حافظه فعال ۰/۱۶ و برای برنامه‌ریزی برابر با ۰/۸۵ بدست آمد که نشان‌دهنده همگنی واریانس است. با توجه به برقرار مفروضه‌های آزمون تحلیل کواریانس در ادامه از آزمون تحلیل کواریانس به‌منظور بررسی تأثیر برنامه مداخله استفاده شد.

جدول ٤. نتایج تحلیل کوواریانس برای پس‌آزمون نمره‌های متغیرهای بازداری پاسخ، توجه، حافظهٔ فعال و برنامه‌ریزی

زیر مقیاس	منبع	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معناداری	ضریب اتا	توان آزمون
بازداری پاسخ	پیش‌آزمون	۳۷۰/۸۹	۱	۳۷۰/۸۹	۱۳/۲۳	۰/۰۰	۰/۴۲	۰/۹۳
	گروه	۳۵۸/۴۰	۱	۳۵۸/۴۰	۱۲/۷۸	۰/۰۰	۰/۴۲	۰/۹۲
	خطا	۵۰۴/۶۷	۱۸	۲۸/۰۴				
توجه	پیش‌آزمون	۲۱۱/۸۰	۱	۲۱۱/۸۰	۴۳/۵۰	۰/۰۰	۰/۷۱	۱/۰۰
	گروه	۱۳۲/۳۵	۱	۱۳۲/۳۵	۲۷/۱۸	۰/۰۰	۰/۶۰	۱/۰۰
	خطا	۸۷/۶۴	۱۸	۴/۸۷				
حافظه فعال	پیش‌آزمون	۹۳/۳۳	۱	۹۳/۳۳	۹/۹۶	۰/۰۱	۰/۳۶	۰/۸۵
	گروه	۱۴۱/۶۰	۱	۱۴۱/۶۰	۱۵/۱۱	۰/۰۰	۰/۴۶	۰/۹۶
	خطا	۱۶۸/۶۶	۱۸	۹/۳۷				
برنامه‌ریزی	پیش‌آزمون	۴۶۱/۵۰	۱	۴۶۱/۵۰	۳۸/۷۱	۰/۰۰	۰/۶۸	۱/۰۰
	گروه	۴۱۵/۵۳	۱	۴۱۵/۵۳	۳۴/۸۵	۰/۰۰	۰/۶۶	۱/۰۰
	خطا	۲۱۴/۶۱	۱۸	۱۱/۹۲				

با توجه به جدول شمارهٔ پنج و مقادیر F برای منبع گروهی که در سطح $P<۰/۰۱$ معنادار است، می‌توان بیان داشت که روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرین‌های رایانه‌ای شناختی بر ابعاد کارکردهای اجرایی اثربخش بوده است و با توجه به نتایج این جدول این دوره مداخله‌ای توانسته باعث بهبود عملکرد افراد در بازداری پاسخ، توجه، حافظه فعال و برنامه‌ریزی دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی گردد. با توجه به ضریب اتا بیان می‌شود که ۴۲ درصد از تغییرات بازداری پاسخ، ۶۰ درصد از تغییرات توجه، ۴۶ درصد از تغییرات حافظه فعال و ۶۶ درصد از تغییرات برنامه‌ریزی متأثر از متغیر مستقل بوده است. در نهایت می‌توان بیان داشت که روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرین‌های رایانه‌ای شناختی بر کارکردهای اجرایی و ابعاد توجه، حافظه فعال، برنامه‌ریزی و بازداری پاسخ دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی اثربخش بوده است.

برای بررسی تأثیر روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرین‌های رایانه‌ای شناختی بر عملکرد تحصیلی ابتدا فراوانی امتیازات به‌دست‌آمده توسط دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی در عملکرد تحصیلی فارسی قبل از مداخله و بعد از مداخله در گروه آزمایش و گروه شم در جدول شمارهٔ شش نشان داده شد.

جدول ۵. فراوانی رتبه‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون عملکرد تحصیلی فارسی به تفکیک گروه آزمایش و شم

فارسی	گروه آزمایش		گروه شم	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
بسیار خوب	۲	۹	۴	۲
خوب	۴	۱	۴	۲
قابل قبول	۵	۰	۲	۳
نیاز به تلاش	۱	۲	۲	۵

با توجه به اینکه نمرات به‌دست‌آمده برای مؤلفه فارسی به‌صورت کیفی و از نوع ترتیبی می‌باشد، بدین‌جهت برای بررسی تأثیر روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرین‌های رایانه‌ای شناختی بر عملکرد تحصیلی فارسی دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری خاص همبودی با اختلال نارسایی/بیش‌فعالی از تحلیل کوواریانس ناپارامتریک کوآد[1] استفاده شد. نتایج تحلیل کوواریانس ناپارامتریک در جدول شمارهٔ هفت نشان‌داده شده است.

1. Quade Nonparametric Analysis of Covariance

جدول ٦. تحلیل کوواریانس ناپارامتریک اثر متغیر مستقل بر عملکرد تحصیلی فارسی

مقیاس	تحلیل کوواریانس ناپارامتریک (کوآد)				مقایسهٔ زوجی گروهی		
	مقدار F	درجهٔ آزادی فرضیه	درجهٔ آزادی خطا	سطح معناداری	t	df	سطح معناداری
عملکرد تحصیلی فارسی	۱۲/۱۳	۱	۲۲	۰/۰۱	۳/۴۸	۲۲	۰/۰۱

با توجه به جدول شمارهٔ هفت و مقدار $F=۱۲/۱۳$ که در سطح $P<۰/۰۱$ معنادار است، می‌توان بیان داشت که کمیت مستقل گروه بر روی عملکرد تحصیلی فارسی دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی بعد از مداخله روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرینات رایانه‌ای شناختی بر اثربخش بوده است و با توجه به نتایج آزمون t می‌توان بیان داشت که در گروه مداخله تغییر نمرات عملکرد تحصیلی فارسی معنادار بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعهٔ حاضر به بررسی اثرات تعدیل فعالیت قشر پیش پیشانی جانبی خلفی بر بهبود کارکردهای اجرایی و عملکرد تحصیلی در دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی با استفاده از روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرین‌های رایانه‌ای شناختی پرداخت. نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل داده‌های این پژوهش حاکی از وجود تفاوت معناداری در نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه آزمایش در مقایسه با گروه شم در تمامی زیرمؤلفه‌های مرتبط با کارکردهای اجرایی و عملکرد تحصیلی بود. به‌عبارت‌دیگر دریافت ۱۵ جلسه مداخلهٔ مورداستفاده در این پژوهش سبب بهبود و ارتقای مؤلفه‌های بازداری پاسخ، توجه، حافظهٔ فعال و برنامه‌ریزی دانش‌آموزان گروه آزمایش شد. همچنین در رابطه با عملکرد تحصیلی نیز، دانش‌آموزان گروه آزمایش پس از دریافت مداخله، پیشرفت قابل‌ملاحظه‌ای در نمرات فارسی خود در ترم تحصیلی پس از پایان مداخلهٔ درمانی داشتند. به دیگر سخن می‌توان گفت، نتایج پژوهش حاضر بیانگر تأثیر مثبت روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرین‌های رایانه‌ای شناختی بر بهبود و ارتقای عملکرد بازداری پاسخ، توجه، حافظهٔ فعال، برنامه‌ریزی و نمرات فارسی در دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی بود. در تبیین این یافته‌ها به‌طورکلی می‌توان به این نکته اشاره کرد که در سال‌های اخیر تعداد بسیاری از پژوهش‌ها اثربخشی روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر روی ناحیهٔ قشر پیش پیشانی جانبی خلفی و تمرین‌های رایانه‌ای شناختی را به‌طور مجزا بر بهبود کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی بررسی نموده‌اند که در جای خود بسیار ارزشمند می‌باشد بااین‌حال به‌جرئت می‌توان گفت در رابطه با اثربخشی دو روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه در ناحیهٔ قشر پیش پیشانی جانبی خلفی و تمرین‌های رایانه‌ای شناختی، به‌طور هم‌زمان با یکدیگر بر روی کارکردهای اجرایی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی، پژوهش چندانی صورت نگرفته است، بااین‌وجود می‌توان گفت، یافته‌های به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر به‌طورکلی با نتایج پژوهش سانتوس و همکاران [1] (۲۰۲۲)، کاسمو و همکاران [2](۲۰۱۵) و کانگ و همکاران [3](۲۰۰۹) مبنی بر اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرینات رایانه‌ای شناختی بر کارکردهای اجرایی دانش آموزان با اختلال یادگیری خاص و همچنین اختلال مارسایی توجه/بیش فعالی همسو است. از این رو در ادامه سعی شده است نتایج بدست آمده به تفکیک متغیرهای مورد بررسی در پژوهش حاضر مورد بررسی و تبیین قرار گیرد.

همان‌طور که در بخش یافته‌ها نیز اشاره شد نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده اثربخشی برنامه مداخله ترکیبی بر بازداری پاسخ دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/بیش فعالی بود. این یافته‌ها با سایر یافته‌های پژوهشی در این زمینه ازجمله پژوهش‌های سلطانی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۹)، استراماکیا و همکاران [4] (۲۰۱۵)، هوو و همکاران (۲۰۱۸)، دوبروئل

1. Santos & et.al
2. Casmo & et.al
3. Kang & et.al
4. Stramaccia & et.al

و همکاران (۲۰۱۹) همسو است. برای مثال، سلطانی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی به بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر بازداری پاسخ و توجه دانش‌آموزان با اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی طی سه جلسهٔ درمانی و با سه نوع تحریک متفاوت پرداختند. همهٔ دانش‌آموزان شرکت‌کننده در این پژوهش یک جلسه تحریک آندال بر روی ناحیهٔ قشر پیش پیشانی خلفی – جانبی با کاتد بر روی ناحیهٔ لوب پیش پیشانی چپ، یک جلسه تحریک آندال بر روی ناحیهٔ لوب پیش پیشانی راست و کاتد بر روی ناحیهٔ قشر پیش پیشانی خلفی – جانبی و یک جلسه تحریک شم را با هفتاد و دو ساعت فاصله میان هر جلسه تحریک دریافت کردند و همگی در طول انجام تحریک ملزم به انجام تکالیف استروپ و برو – نرو بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که هر دو پروتکل (آند بر روی DLPFC، کاتد بر روی FP2 و آند بر روی FP2 و کاتد بر روی DLPFC) منجر به بهبود بازداری پاسخ در دانش‌آموزان با اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی می‌شود. در همین راستا و همسو یا یافته‌های پژوهش حاضر هوو و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم بر روی جمجمه در ناحیهٔ قشر پیش پیشانی خلفی–جانبی چپ را در ده روز متوالی و به مدت سی دقیقه در هر روز را نه‌تنها بر بهبود کارکردهای اجرایی سالمندان گزارش کردند، بلکه به این نکته نیز اشاره کردند که ترکیب روش‌های مختلف آموزش شناختی با شیوه‌های متفاوت تحریک مغز ممکن است رویکرد مؤثرتری به‌منظور بهبود کارکردهای اجرایی ازجمله بازداری باشد.

یکی دیگر از یافته‌های پژوهش حاضر اثربخشی برنامه مداخله ترکیبی بر بهبود عملکرد بازداری پاسخ دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص همراه با اختلال نارسایی توجه/بیش فعالی بود. به عبارتی یافته‌های پژوهش حاضر نشان‌دهنده اثربخشی این نوع مداخلات ترکیبی بر توانایی بازداری پاسخ این گروه از کودکان بود. در تبیین این یافته علاوه بر استناد بر موارد بیان شده در سطور بالا مبنی بر اثربخشی برنامه‌های مداخله شناختی و تحریم مستقیم از روی جمجمه بر کارکردهای شناختی مختلف، به‌منظور تبیین هر چه بیشتر یافته‌های به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر می‌توان این‌گونه بیان کرد که بر اساس نتایج گزارش شده از پژوهش‌های انجام گرفته در سال‌های اخیر، زمانی که تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه در ناحیهٔ قشر پیش پیشانی خلفی – جانبی با انجام یک تکلیف شناختی همراه شود منجر به افزایش تحریک‌پذیری ناحیهٔ مغزی مورد نظر شده و در نهایت تعدیل سطح دوپامین که یکی از انتقال‌دهنده‌های عصبی مؤثر در علت‌شناسی اختلال در کارکردهای اجرایی است، اتفاق خواهد افتاد و همین امر سبب بهبود علائم مرتبط با دو اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی می‌شود (کولیوسکی[1]، ۲۰۰۰). بعلاوه با توجه به اینکه مکانیسم اثر متیل فنیدات و تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه در ناحیهٔ قشر پیش پیشانی خلفی – جانبی در سطوح عصبی مغز کاملاً مشابه است و هر دو سیستم انتقال عصبی دوپامینرژیک را در مدار گانگلیون – تالامو کورتیکال پایه تعدیل می‌کنند، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه انجام تکلیف‌های شناختی با تأثیر مثبتی که بر سیستم دوپامینرژیک این ناحیه اعمال می‌کنند منجر به بهبود عملکردهای شناختی مختل مرتبط با قشر پیش پیشانی خلفی – جانبی در دو اختلال مورد بررسی در این پژوهش ازجمله بازداری پاسخ می‌شوند، درنهایت بهبود بازداری پاسخ به‌عنوان یکی از بخش‌های تأثیرگذار اجرایی بر مؤلفه‌های توجه و حافظهٔ کاری، ارتقاء این دو عملکرد شناختی را نیز به دنبال دارد، به عبارتی، بازداری پاسخ بهبودیافته می‌تواند منجر به حفظ سطوح بهینهٔ شناختی و به دنبال آن افزایش ظرفیت حافظهٔ کاری شود، حافظهٔ کاری بهنجار و افزایش توانایی فرد در نادیده‌گرفتن محرک‌های مزاحم از طریق بهره‌گیری از بازداری پاسخ ارتقا یافته نیز منجر به افزایش توانایی فرد در انجام تکالیف مرتبط با توجه خواهد شد (مدراس و همکاران[2]، ۲۰۰۵؛ نجاتی و همکاران، ۱۴۰۰).

در زمینه توجه نیز به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم توانایی‌های شناختی یافته‌های پژوهش حاضر نشان دهند اثربخشی مثبت معنادار برنامه مداخله ترکیبی بازتوانی شناختی و تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر بهبود عملکرد توجه گروه نمونه بود. این یافته‌ها نیز با سایر یافته‌های پژوهشی مبنی بر اثربخشی بازتوانی شناختی و تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر عملکرد توجه همسو است (سوف و همکاران، ۲۰۱۷، باندریا و همکاران، ۲۰۱۶، سلطانی نژاد و همکاران، ۱۳۹۹). برای مثال در همین زمینه سوف و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود عملکرد توجه و نشانه‌های نقص توجه را در ۱۵ نوجوان مبتلا به اختلال نارسایی توجه/بیش فعالی را با استفاده از تحریک الکتریکی مستقیم بر روی جمجمه مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم بر روی جمجمه بر روی قشر پیشانی مغز می‌تواند حافظه توجه را در افراد مبتلا به اختلال

1. Kulisevsky
2. Madras & et.al

بیش‌فعالی کمبود توجه (ADHD) بهبود بخشد. همچنین گروه آزمایش در این پژوهش کاهش قابل‌توجهی در علائم بی‌توجهی و تکانشگری و همچنین بهبود حافظه کاری در مقایسه با گروه شم را نشان داد. علاوه بر این پژوهشگران نشان دادند که اثرات برنامه مداخله همچنان یک هفته پس از پایان درمان باقی بوده است. این پژوهشگران بر اساس یافته‌های پژوهشی خود بیان می‌کنند که تحریک الکتریکی از روی جمجمه ممکن است یک گزینه درمانی بالقوه برای افراد مبتلا به اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی باشد. علاوه بر این برخی شواهد نشان می‌دهد که آموزش شناختی کامپیوتری نویدبخش بهبود عملکرد توجه کودکان مبتلا به اختلال نارسایی توجه/بیش فعالی است. مطالعات نشان می‌دهند که آموزش شناختی کامپیوتری ممکن است منجر به بهبود قابل‌توجهی در عملکرد توجه، توجه پایدار و کنترل مهاری در کودکان مبتلا به اختلال نارسایی توجه و همچنین اختلال یادگیری خاص شود (بیک و همکاران[1]، ۲۰۱۴؛ ویت و همکاران، ۲۰۱۳، ارجمندنیا و همکاران، ۱۳۹۳). ازاین‌رو، یافته‌های این مطالعات، همسو با نتایج پژوهش حاضر، نقش امیدوارکننده توانبخشی شناختی و تحریک الکتریکی مستقیم از جمجمه را در بهبود عملکرد توجه نشان می‌دهد به‌این‌ترتیب، به نظر می‌رسد این مداخلات دارای پتانسیل درمانی مناسبی برای افراد مبتلا به اختلال نارسایی توجه/بیش فعالی به‌ویژه در زمینه توجه است. با این وجود تحقیقات بیشتر برای تأیید این یافته‌ها و کشف مکانیسم‌های اساسی اثربخشی مداخله ترکیبی برای این گروه از کودکان ضروری است.

در زمینه اثربخشی برنامه مداخله مورد استفاده در پژوهش حاضر بر روی حافظه فعال و همسویی آن با سایر یافته‌های پژوهشی نیز می‌توان به برخی از پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه اشاره کرد. برای مثال سانتوس و همکاران (۲۰۲۲) ترکیب تمرین‌های شناختی حافظهٔ کاری با تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه را در بهبود حافظهٔ کاری مؤثر دانستند. در تبیین یافته‌های پژوهشی حاضر با استناد به نتایج پژوهش‌های پیشین مبنی بر اثربخش‌بودن روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرینات رایانه‌ای شناختی بر کارکردهای شناختی مختلف ازجمله حافظه فعال و همچنین پژوهش‌های تصویربرداری از مغز می‌توان این‌گونه استنباط کرد که با توجه به اینکه یکی از نواحی مغزی مشترک درگیر در پاتوفیزیولوژی اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی قشر پیش پیشانی جانبی است و همچنین با درنظرگرفتن نقش کلیدی و تعیین‌کنندهٔ این ناحیه در فعال‌سازی کارکردهای اجرایی سرد، تعدیل فعالیت این ناحیه با استفاده از تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه در کنار بهره‌گیری از تمرین‌های رایانه‌ای شناختی بر اساس خاصیت انعطاف‌پذیری[2] مغز می‌تواند منجر به بهبود کارکردهای اجرایی ازجمله حافظه فعال در این گروه از دانش‌آموزان شود (صالحی‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۰؛ سولبرگ و متییر[3]، ۱۹۸۹). از طرفی فعال‌سازی قشر پیش پیشانی خلفی – جانبی با استفاده از تحریک آندال و بهبود مؤلفه‌های توجه و حافظهٔ فعال نیز منجر به بهبود توانایی انطباق و برنامه‌ریزی و یافتن روش‌های کارآمد در انجام یک تکلیف می‌شود (کازالیس و همکاران[4]، ۲۰۰۳). علاوه بر موارد بیان شده می‌توان این‌گونه بیان کرد که یافته‌های پژوهش حاضر همسو با نتایج پژوهش‌های تصویربرداری از مغز با استفاده از روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرین رایانه‌ای شناختی، کاهش فعالیت در ناحیهٔ قشر پیش پیشانی جانبی چپ را مرتبط با نقص در کارکردهای اجرایی در اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی گزارش کرده و فعال‌سازی این ناحیه با استفاده از تحریک آندال در حین انجام تکالیف شناختی مرتبط را به‌عنوان یکی از رویکردهای نوین در بهبود این موارد مؤثر دانسته است. به دیگر سخن می‌توان گفت، استفاده از توانبخشی شناختی رایانه‌ای در این پژوهش به علت مشترک بودن مکانیسم عمل و تأثیرگذاری بر مناطق قشری یکسان و با درنظرگرفتن معایب و محدودیت سایر درمان‌های مورداستفاده در بهبود توجه و حافظهٔ فعال دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی بود. به‌عبارت‌دیگر عوارض جانبی احتمالی و شدید و اثربخشی کوتاه‌مدت درمان با مصرف دارو، عدم پایبندی به مصرف و یا نبود انگیزهٔ کافی به ادامهٔ جلسات درمانی به‌خصوص در نوجوانان و مواردی ازاین‌قبیل و درنظرگرفتن پتانسیل تکنیک‌های تحریک مغز و توانبخشی شناختی در تحریک مناطق کلیدی ناکارآمد مغز مرتبط با کارکردهای اجرایی با اثرات نوروپلاستیک بالقوهٔ طولانی‌مدت که سایر روش‌های درمانی نمی‌توانند ارائه دهند علت ترکیب این دو رویکرد درمانی در پژوهش حاضر است (کورتز[5]، ۲۰۲۰؛ سوانسون و همکاران[6]، ۲۰۱۸).

1. Bikic & et.al
2. Neuroplasticity
3. Sohlberg, Mateer
4. Cazalis & et.al
5. Cortes & et.al
6. Swanson & et.al

از سوی دیگر شکل‌گیری سه عامل شایستگی، استقلال و ارتباط که مؤلفه‌های اصلی نظریهٔ خودتعیین‌گری رایان و دسی[1](۲۰۱۲) بوده و راهبرد اصلی طراحی تمرین‌های رایانه‌ای شناختی به‌منظور افزایش انگیزهٔ مراجع به ادامه دادن روند درمان هستند نیز، یکی دیگر از دلایل ترکیب تمرین‌های رایانه‌ای شناختی با روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه در پژوهش حاضر می‌باشد. به‌طورکلی یافته‌های پژوهش حاضر را می‌توان این‌گونه جمع‌بندی کرد که، بر اساس نتایج پژوهش‌های مبتنی بر تصویربرداری از مغز و دیگر پژوهش‌ها دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص و اختلال نارسایی توجه/بیش فعالی در برخی کارکردهای اجرایی همچون انواع توجه، بازداری پاسخ، حافظهٔ فعال و برنامه‌ریزی در مقایسه با دانش‌آموزان عادی عملکرد ضعیف‌تری دارند که همین عامل منجر به عملکرد ضعیف این افراد در مواردی همچون، خواندن، نوشتن و ریاضیات می‌شود (کورتس پاسکوال و همکاران، ۲۰۱۹؛ داکورت و همکاران[2]، ۲۰۲۰؛ وانگ و همکاران[3]، ۲۰۱۲). از سوی دیگر نتایج پژوهش حاضر و سایر پژوهش‌های انجام شده در این زمینه بیانگر مؤثر بودن روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به همراه تمرین‌های رایانه‌ای شناختی بر کارکردهای اجرایی گروه‌های مختلف افراد با نقص‌های شناختی و نورولوژیک است؛ ازاین‌رو بر اساس یافته‌های پژوهشی فوق و با استناد به یافته‌های پژوهشی سال‌های اخیر می‌توان چنین استنباط کرد که، به‌طورکلی برنامهٔ درمانی مورداستفاده در این پژوهش می‌تواند بر کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص همبود با اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی تأثیر مثبت معناداری داشته باشد و در نتیجهٔ این تغییر عملکرد تحصیلی این افراد نیز ارتقاء پیدا می‌کند. بنابراین با توجه به ایمن بودن این روش درمانی برای گروه سنی کودکان در مقایسه با سایر روش‌ها ازجمله درمان دارویی، به نظر می‌رسد به کمک این روش می‌توان به بهبود و ارتقاء کارکردهای اجرایی و عملکرد تحصیلی در گروه‌های مختلف اختلال‌های عصبی–رشدی پرداخت که البته تأیید کامل این موضوع منوط به انجام پژوهش‌های بیشتر در این زمینه می‌باشد. در نتیجه، ترکیبی از تحریک جریان مستقیم از روی جمجمه و آموزش شناختی کامپیوتری نتایج امیدوارکننده‌ای را در بهبود عملکردهای مختلف شناختی درو عملکرد تحصیلی کودکان مبتلا به اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی همراه و ناتوانی‌های یادگیری نشان داده است. به عبارتی به نظر می‌رسد استفاده از روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه به‌عنوان یک تکنیک تعدیل عصبی غیرتهاجمی، زمانی که با آموزش شناختی کامپیوتری ترکیب شود، می‌تواند پتانسیل افزایش عملکردهای شناختی را در این جمعیت به همراه داشته باشد. به‌بیان‌دیگر اثر هم‌افزایی روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه و آموزش شناختی، امکان مداخله جامع‌تر و مؤثرتر را برای کودکان مبتلا به این دو اختلال برجسته می‌کند، که به‌طور همزمان به جنبه‌های عصبی زیستی و شناختی می‌پردازد. بااین‌حال، تحقیقات بیشتر با حجم نمونه بزرگتر و دوره‌های پیگیری طولانی‌تر برای تأیید اثربخشی و ایمنی طولانی‌مدت این مداخله ترکیبی مورد نیاز است.

در پایان ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که پژوهش حاضر نیز مانند سایر پژوهش‌ها در کنار دستاوردهای خود دارای محدودیت‌هایی است که با درنظرگرفتن و رفع این محدودیت‌ها در پژوهش‌های آتی، می‌توان به نتایج قابل استنادتری دست‌یافت. ازجمله محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به حجم نمونه پایین، استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس، عدم استفاده از مرحلهٔ پیگیری در روند پژوهش و همچنین عدم استفاده از روش دوسو کور به دلیل محدودیت پژوهشگران اشاره کرد. از این رو به سایر پژوهشگران علاقه‌مند به پژوهش در این حوزه پیشنهاد می‌شود به‌منظور ایجاد تعمیم‌پذیری بیشتر از روش نمونه‌گیری مناسب‌تر مانند نمونه‌گیری تصادفی با حجم نمونه بالاتر استفاده نمایند، همچنین به‌منظور بالابردن قابلیت اطمینان مطالعات خود در این زمینه به پیگیری نتایج پژوهش در بازه‌های زمانی مختلف اهتمام ورزند و درنهایت برای افزایش اعتبار پژوهش و دستیابی به نتایج دقیق‌تر از سایر طرح‌های پژوهشی مانند پژوهش‌های دوسوکور استفاده کنند. علاوه بر موارد فوق به‌منظور مقایسه میزان اثربخشی این نوع برنامه‌های مداخله ترکیبی با سایر رو ها، پیشنهاد می‌شود پژوهشی به‌منظور مقایسه اثربخشی برنامه‌های رایانه‌ای شناختی، تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه و برنامه مداخله ترکیبی روش تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه همراه با تمرینات رایانه‌ای شناختی انجام‌شده و میزان اثربخشی هر سه روش با یکدیگر مقایسه شود. همچنین با توجه به اثربخشی، غیرتهاجمی بودن و همچنین مقاومت بسیاری از والدین در برابر استفاده از داروهای محرک مانند ریتالین به متخصصین و درمانگران این حوزه پیشنهاد می‌شود از ترکیب این دو نوع مداخله در کنار سایر روش‌های درمانی جهت اهداف توانبخشی در کلینیک‌ها و مرکز درمانی–توانبخشی استفاده نمایند.

1. Ryan & Deci
2. Daucourt & et.al
3. Wang & et.al

تشکر و قدردانی

این پژوهش برگرفته از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد محدثه عرفانی نسب، دانشجوی رشتهٔ روانشناسی و آموزش کودکان استثنائی دانشگاه اصفهان می‌باشد و بدین‌وسیله از پرسنل محترم مرکز خدمات روانشناسی و مشاوره گلستان زندگی، اداره آموزش‌وپرورش کل استان اصفهان و شرکت‌کنندگان در پژوهش که تا پایان پژوهش با ما همکاری داشتند تشکر به عمل می‌آید.

References

American Psychiatric Association, D. S. M. T. F., & American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5 (Vol. 5, No. 5)*. Washington, DC: American psychiatric association. https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596

Ahmed, S. F., Tang, S., Waters, N. E., & Davis-Kean, P. (2019). Executive function and academic achievement: Longitudinal relations from early childhood to adolescence. *Journal of Educational Psychology*, 111(3), 446. https://doi.org/10.1037/edu0000296

Aro, T., Neittaanmäki, R., Korhonen, E., Riihimäki, H., & Torppa, M. (2024). A register study suggesting homotypic and heterotypic comorbidity among individuals with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 57(1), 30-42. https://doi.org/10.1177/00222194221150230

Bikic, A., Leckman, J. F., Lindschou, J., Christensen, T. Ø., & Dalsgaard, S. (2015). Cognitive computer training in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) versus no intervention: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 16 (1), 1-13. https://doi.org/10.1186/s13063-015-0975-8

Booth, J. N., Boyle, J. M., & Kelly, S. W. (2010). Do tasks make a difference? Accounting for heterogeneity of performance of children with reading difficulties on tasks of executive function: Findings from a meta-analysis. *British Journal of Developmental Psychology*, 28(1), 133-176. https://doi.org/10.1348/026151009X485432

Catale, C., Geurten, M., Lejeune, C., & Meulemans, T. (2014). The Conners Parent Rating Scale: Psychometric properties in typically developing 4-to 12-year-old Belgian French-speaking children. *European review of applied psychology*, 64(5), 221-227. https://doi.org/10.1016/j.erap.2014.07.001

Cazalis, F., Valabregue, R., Pélégrini-Issac, M., Asloun, S., Robbins, T. W., & Granon, S. (2003). Individual differences in prefrontal cortical activation on the Tower of London planning task: Implication for effortful processing. *European Journal of Neuroscience*, 17(10), 2219-2225. https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.2003.02633.x

Conners, C. K., Sitarenios, G., Parker, J. D., & Epstein, J. N. (1998). The revised Conners' Parent Rating Scale (CPRS-R): factor structure, reliability, and criterion validity. *Journal of abnormal child psychology*, 26(1), 257-268. https://doi.org/10.1023/A:1022602400621

Cortés Pascual, A., Moyano Muñoz, N., & Quilez Robres, A. (2019). The relationship between executive functions and academic performance in primary education: Review and meta-analysis. *Frontiers in psychology*, 10, 1582. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01582

Cortese, S. (2020). Pharmacologic treatment of attention deficit-hyperactivity disorder. *New England Journal of Medicine*, 383(11), 1050-1056. https://doi.org/10.1056/NEJMra1917069

Cosmo, C., Baptista, A. F., de Araújo, A. N., do Rosário, R. S., Miranda, J. G. V., Montoya, P., & de Sena, E. P. (2015). A randomized, double-blind, sham-controlled trial of transcranial direct current stimulation in attention-deficit/hyperactivity disorder. *PloS one*, 10(8), e0135371. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135371

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(1), 38-43. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.03.016

Daucourt, M. C., Erbeli, F., Little, C. W., Haughbrook, R., & Hart, S. A. (2020). A meta-analytical review of the genetic and environmental correlations between reading and attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms and reading and math. *Scientific Studies of Reading*, 24(1), 23-56. https://doi.org/10.1080/10888438.2019.1631827

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64(1), 135-168. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750

Dockery, C. A., Hueckel-Weng, R., Birbaumer, N., & Plewnia, C. (2009). Enhancement of planning ability by transcranial direct current stimulation. *Journal of Neuroscience*, 29(22), 7271-7277. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0065-09.2009

Fregni, F., El-Hagrassy, M. M., Pacheco-Barrios, K., Carvalho, S., Leite, J., Simis, M., ... & Brunoni, A. R. (2021). Evidence-based guidelines and secondary meta-analysis for the use of transcranial direct current stimulation in neurological and psychiatric disorders. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 24(4), 256-313. https://doi.org/10.1093/ijnp/pyaa051

Fregni, F., Nitsche, M. A., Loo, C. K., Brunoni, A. R., Marangolo, P., Leite, J., ... & Bikson, M. (2015). Regulatory considerations for the clinical and research use of transcranial direct current stimulation (tDCS): review and recommendations from an expert panel. *Clinical research and regulatory affairs*, 32(1), 22-35. https://doi.org/10.3109/10601333.2015.980944

Fuhrmann, D., Knoll, L. J., & Blakemore, S. J. (2015). Adolescence as a sensitive period of brain development. *Trends in cognitive sciences*, 19(10), 558-566. https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.07.008

Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., & Kenworthy, L. (2000). Test review behavior rating inventory of executive function. *Child Neuropsychology*, 6(3), 235-238. https://doi.org/10.1076/chin.6.3.235.3152

Gori, S., Lazzaro, G., Bertoni, S., Menghini, D., Costanzo, F., Franceschini, S., ... & Vicari, S. (2022). Temporo-Parietal tDCS Alters Motion Perception and Visuo-Spatial Attention in Dyslexia. *Journal of Vision*, 22(14), 3518-3518. https://doi.org/10.1167/jov.22.14.3518

Hauser, T. U., Rütsche, B., Wurmitzer, K., Brem, S., Ruff, C. C., & Grabner, R. H. (2016). Neurocognitive effects of transcranial direct current stimulation in arithmetic learning and performance: a simultaneous tDCS-fMRI study. *Brain stimulation*, 9(6), 850-858. https://doi.org/10.1016/j.brs.2016.07.007

Huo, L., Zheng, Z., Li, J., Wan, W., Cui, X., Chen, S., ... & Li, J. (2018). Long-term transcranial direct current stimulation does not improve executive function in healthy older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 10, 298. https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00298

Kang, E. K., Baek, M. J., Kim, S., & Paik, N. J. (2009). Non-invasive cortical stimulation improves post-stroke attention decline. *Restorative neurology and neuroscience*, 27(6), 647-652. https://doi.org/10.3233/RNN-2009-0514

Kesler, S. R., Lacayo, N. J., & Jo, B. (2011). A pilot study of an online cognitive rehabilitation program for executive function skills in children with cancer-related brain injury. *Brain Injury*, 25(1), 101-112. https://doi.org/10.3109/02699052.2010.536194

Kofler, M. J., Harmon, S. L., Aduen, P. A., Day, T. N., Austin, K. E., Spiegel, J. A., ... & Sarver, D. E. (2018). Neurocognitive and behavioral predictors of social problems in ADHD: A Bayesian framework. *Neuropsychology*, 32(3), 344. https://doi.org/10.1037/neu0000416

Kaufman, A. S., Flanagan, D. P., Alfonso, V. C., & Mascolo, J. T. (2006). Test review: Wechsler intelligence scale for children, (WISC-IV). *Journal of psychoeducational assessment*, 24(3), 278-295. https://doi.org/10.1177/0734282906288389

Kulisevsky, J. (2000). Role of dopamine in learning and memory: implications for the treatment of cognitive dysfunction in patients with Parkinson's disease. *Drugs & aging*, 16(3), 365-379. https://doi.org/10.2165/00002512-200016050-00006

Madras, B. K., Miller, G. M., & Fischman, A. J. (2005). The dopamine transporter and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological psychiatry*, 57(11), 1397-1409. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2004.10.011

Marx, I., Hacker, T., Yu, X., Cortese, S., & Sonuga-Barke, E. (2021). ADHD and the choice of small immediate over larger delayed rewards: a comparative meta-analysis of performance on simple choice-delay and temporal discounting paradigms. *Journal of Attention Disorders*, 25(2), 171-187. https://doi.org/10.1177/1087054718772138

Michels, L., Buechler, R., & Kucian, K. (2022). Increased structural covariance in brain regions for number processing and memory in children with developmental dyscalculia. *Journal of Neuroscience Research*, 100(2), 522-536. https://doi.org/10.1002/jnr.24998

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

Minarik, T., Berger, B., Althaus, L., Bader, V., Biebl, B., Brotzeller, F., ... & Sauseng, P. (2016). The importance of sample size for reproducibility of tDCS effects. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 453. https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00453

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100. https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734

Moll, K., Snowling, M. J., & Hulme, C. (2020). Introduction to the special issue "comorbidities between reading disorders and other developmental disorders". *Scientific Studies of Reading*, 24(1), 1-6. https://doi.org/10.1080/10888438.2019.1702045

Nejati, V., Salehinejad, M. A., Nitsche, M. A., Najian, A., & Javadi, A. H. (2020). Transcranial direct current stimulation improves executive dysfunctions in ADHD: implications for inhibitory control, interference control, working memory, and cognitive flexibility. *Journal of attention disorders*, 24(13), 1928-1943. https://doi.org/10.1177/1087054717730611

Redondo, P., García, T., Areces, D., Núñez, J. C., & Rodríguez, C. (2019). Serious games and their effect improving attention in students with learning disabilities. *International journal of environmental research and public health*, 16(14), 2480. https://doi.org/10.3390/ijerph16142480

Richmond, S., Kirk, H., Gaunson, T., Bennett, M., Bellgrove, M. A., & Cornish, K. (2022). Digital cognitive training in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: a study protocol of a randomised controlled trial. *BMJ open*, 12(6), e055385. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-055385

Robledo-Castro, C., Lerma-Castaño, P. R., & Bonilla-Santos, G. (2023). Effect of Cognitive Training Programs Based on Computer Systems on Executive Functions in Children with ADHD: A Systematic Review. *Journal of Attention Disorders*, 27(13), 1467-1487. https://doi.org/10.1177/10870547231187164

Rucklidge, J. J., & Tannock, R. (2002). Neuropsychological profiles of adolescents with ADHD: Effects of reading difficulties and gender. *Journal of child psychology and psychiatry*, 43(8), 988-1003. https://doi.org/10.1111/1469-7610.00227

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary educational psychology*, 25(1), 54-67. https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020

Salehinejad, M. A., Ghanavati, E., Rashid, M. H. A., & Nitsche, M. A. (2021). Hot and cold executive functions in the brain: A prefrontal-cingular network. *Brain and Neuroscience Advances*, 5, https://doi.org/10.1177/23982128211007769

Salehinejad, M. A., Vosough, Y., & Nejati, V. (2022). The impact of bilateral anodal tDCS over left and right DLPFC on executive functions in children with ADHD. *Brain Sciences*, 12(8), 1098. https://doi.org/10.3390/brainsci12081098

Salehinejad, M. A., Nejati, V., Mosayebi-Samani, M., Mohammadi, A., Wischnewski, M., Kuo, M. F., ... & Nitsche, M. A. (2020). Transcranial direct current stimulation in ADHD: a systematic review of efficacy, safety, and protocol-induced electrical field modeling results. *Neuroscience bulletin*, 36(1), 1191-1212. https://doi.org/10.1007/s12264-020-00501-x

Sciancalepore, F., Tariciotti, L., Remoli, G., Menegatti, D., Carai, A., Petruzzellis, G., ... & Group, A. M. S. (2022). Computer-based cognitive training in children with primary brain tumours: A systematic review. *Cancers*, 14(16), 3879. https://doi.org/10.3390/cancers14163879

Seo, H., & Jun, S. C. (2019). Relation between the electric field and activation of cortical neurons in transcranial electrical stimulation. *Brain Stimulation*, 12(2), 275-289. https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.11.004

Soff, C., Sotnikova, A., Christiansen, H., Becker, K., & Siniatchkin, M. (2017). Transcranial direct current stimulation improves clinical symptoms in adolescents with attention deficit hyperactivity

disorder. *Journal of Neural Transmission*, 124(3), 133-144. https://doi.org/10.1007/s00702-016-1646-y

Sohlberg, M.M. & Mateer, C.A. (1989). Training use of compensatory memory books: A three stage behavioral approach. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 11(6), 871-891. https://doi.org/10.1080/01688638908400941

Soltaninejad, Z., Nejati, V., & Ekhtiari, H. (2019). Effect of anodal and cathodal transcranial direct current stimulation on DLPFC on modulation of inhibitory control in ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 23(4), 325-332. https://doi.org/10.1177/1087054715618792

Stramaccia, D. F., Penolazzi, B., Sartori, G., Braga, M., Mondini, S., & Galfano, G. (2015). Assessing the effects of tDCS over a delayed response inhibition task by targeting the right inferior frontal gyrus and right dorsolateral prefrontal cortex. *Experimental brain research*, 233, 2283-2290. https://doi.org/10.1007/s00221-015-4297-6

Swanson, J. M., Arnold, L. E., Jensen, P. S., Hinshaw, S. P., Hechtman, L. T., Pelham, W. E., ... & Sibley, M. H. (2018). *Long-term outcomes in the Multimodal Treatment study of Children with ADHD (the MTA).* In Oxford textbook of attention deficit hyperactivity disorder (p. 315). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/med/9780198739258.003.0034

Tablante, J., Krossa, L., Azimi, T., & Chen, L. (2023). Dysfunctions associated with the intraparietal sulcus and a distributed network in individuals with math learning difficulties: An ALE meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 44(7), 2726-2740. https://doi.org/10.1002/hbm.26240

Teixeira-Santos, A. C., Moreira, C. S., Pereira, D. R., Pinal, D., Fregni, F., Leite, J., ... & Sampaio, A. (2022). Working memory training coupled with transcranial direct current stimulation in older adults: A randomized controlled experiment. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 14, 827188. https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.827188

Wang, P., Wang, J., Jiang, Y., Wang, Z., Meng, C., Castellanos, F. X., & Biswal, B. B. (2022). Cerebro-cerebellar Dysconnectivity in Children and Adolescents With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 61(11), 1372-1384. https://doi.org/10.1016/j.jaac.2022.03.035

Wechsler D. (2011). *Wechsler Intelligence Scale for Children - Fourth Edition*. German Version by F. Petermann & U. Petermann. Göttingen. Hogrefe, 2011.

Westwood, S. J., Criaud, M., Lam, S. L., Lukito, S., Wallace-Hanlon, S., Kowalczyk, O. S., ... & Rubia, K. (2023). Transcranial direct current stimulation (tDCS) combined with cognitive training in adolescent boys with ADHD: a double-blind, randomised, sham-controlled trial. *Psychological Medicine*, 53(2), 497-512. https://doi.org/10.1017/S0033291721001859

Witt, M. (2011). School based working memory training: Preliminary finding of improvement in children's mathematical performance. *Advance in Cognitive Psychology*, 7(2), 7-15. https://doi.org/10.2478/v10053-008-0083-3