Journal of Cognitive Psychology

Dec 2022, Volume 10, Issue 3

Comparison of the effect of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) and Transcranial Random Noise Stimulation (tRNS) combined with Cognitive training on Working Memory performance of people with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder

Moslem Kord[1], Jalil Fathabadi[2*], Shahriar Gharibzadeh[3], Reza Khosrowabadi[4]

[1] *Ph.D. Student in Cognitive science-cognitive Psychology, Institute for Cognitive and Brain Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran*

[2] *Associate Professor, Department of Counseling, Faculty of Education and Psychology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran*

[3] *Professor, Institute for Cognitive and Brain Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran*

[4] *Associate Professor, Institute for Cognitive and Brain Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran*

Citation: Kord M, Fathabadi J, Ghatibzadeh Sh, Khosrowabadi R. Comparison of the effect of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) and Transcranial Random Noise Stimulation (tRNS) combined with cognitive training on working memory performance of people with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. **J**ournal of **C**ognitive **P**sychology. 2022; 10 (3):46-57. [Persian].

Keywords
Attention Deficit/hyperactivity Disorder, Working memory, Transcranial Direct Current Stimulation, Transcranial Random Noise Stimulation

Abstract

This study aimed to comparison of the effect of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) and Transcranial Random Noise Stimulation (tRNS) combined with cognitive training on working memory performance of people with attention deficit/hyperactivity disorder. For this purpose, 45 children with attention deficit hyperactivity disorder in zahedan city were purposefully selected as the research sample. Subjects were divided into three groups: tDCS, tRNS and placebo group. Subjects in the experimental groups received 5 sessions of electrical stimulation (tDCS and tRNS) with an interval of 24 hours between each session; placebo group also received fake stimulation (non-effective). At the same time, all subjects also received cognitive rehabilitation of working memory. All subjects were evaluated before and after the stimulation and one week after the stimulation using the N-back task and the Wechsler Digit span test. The data were analyzed using repeated measures analysis of variance. The results showed that in the tDCS group, there was a significant difference in most working memory components from the pre-test stage to the follow-up ($p<0.001$). In the tRNS group, a significant difference was found in the component of direct digit span and reverse digit span in the research stages. In the comparison between the two experimental groups, the effectiveness of the tDCS group was higher than that of the tRNS group. Also, no significant difference was found in most of the components between the tRNS and placebo groups ($p>0.05$). Overall, the results of this study show that tDCS was more effective than tRNS in working memory and this method can be used together with other treatments to improve the working memory of children with attention deficit/hyperactivity disorder.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

مقایسه اثر تحریک الکتریکی مستقیم و تحریک الکتریکی با نویز تصادفی همراه با آموزش شناختی بر عملکرد حافظه کاری افراد دارای اختلال نقص توجه/ بیش فعالی

مسلم کرد، جلیل فتح آبادی، شهریار غریب زاده، رضا خسروآبادی[۴]

۱. دانشجوی دکتری علوم شناختی- روانشناسی شناختی، پژوهشکده علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲. (نویسندهٔ مسئول) دانشیار گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
j_fathabadi@sbu.ac.ir

۳. دانشیار گروه علوم شناختی، پژوهشکده علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۴. دانشیار گروه علوم شناختی، پژوهشکده علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت
۱۴۰۲/۰۹/۰۹

تاریخ پذیرش نهایی
۱۴۰۲/۱۰/۲۱

واژگان کلیدی
اختلال نقص توجه/ بیش فعالی، حافظه کاری، تحریک الکتریکی مستقیم، تحریک الکتریکی با نویز تصادفی

چکیده

این پژوهش با هدف مقایسه اثر تحریک الکتریکی مستقیم (tDCS) و تحریک الکتریکی با نویز تصادفی (tRNS) همراه با آموزش شناختی بر عملکرد حافظه کاری افراد دارای اختلال نقص توجه/ بیش فعالی انجام گرفت. برای این منظور تعداد ۴۵ کودک مبتلا به اختلال نقص توجه-بیش فعالی شهر زاهدان به‌صورت هدفمند به‌عنوان نمونه پژوهش انتخاب شدند. این افراد در سه گروه tDCS، tRNS و گروه گواه فعال جای‌دهی شدند. افراد گروه‌های آزمایش ۵ جلسه تحریک الکتریکی (tDCS و tRNS) با فاصله ۲۴ ساعت میان هر جلسه دریافت کردند؛ افراد گروه گواه نیز تحریک ساختگی (غیر اثرگذار) دریافت نمودند. همزمان همه افراد توانبخشی شناختی حافظه کاری نیز دریافت کردند. همه افراد قبل و بعد از تحریک و یک هفته پس از تحریک با استفاده از تکلیف ان بک و پاره تست فراخنای ارقام هوش وکسلر مورد ارزیابی قرار گرفتند. دادهها با استفاده از روش تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر تحلیل شدند. نتایج نشان داد که در گروه tDCS در اکثر مؤلفه‌های حافظه کاری تفاوت معنی‌داری از مرحله پیش‌آزمون تا پیگیری وجود داشت (p<۰/۰۰۱). در گروه tRNS نیز در مؤلفه فراخنای ارقام مستقیم و فراخنای ارقام معکوس در مراحل پژوهش تفاوت معنی‌داری یافت شد. در مقایسه بین دو گروه آزمایش، اثربخشی گروه tDCS بیشتر از گروه tRNS بوده است. همچنین در اکثر مؤلفه‌ها بین دو گروه tRNS و گواه تفاوت معنی‌داری یافت نشد (p<۰/۰۵). در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که tDCS اثربخشی بیشتری در مقایسه با tRNS در حافظه کاری داشت و از این روش می‌توان همراه با سایر درمان‌ها برای بهبود حافظه کاری کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش فعالی استفاده نمود.

این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

مقدمه

اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی[1] یک اختلال روان‌پزشکی است که در دوران کودکی آغاز می‌شود و با سطوح نامتناسب کمبود توجه از لحاظ تحولی، تکانش‌گری و بیش فعالی مشخص می‌شود (انجمن روانشناسی آمریکا[2]، ۲۰۱۳). این اختلال با پیامدها و همبسته‌های منفی در میان کودکان مانند: مشکلات تحصیلی، مشکلات در روابط با همسالان و تعارض‌های خانوادگی در ارتباط است (کازدا[3] و همکاران، ۲۰۲۱). بزرگسالان دارای نقص‌توجه- بیش‌فعالی نیز همانند کودکان احتمال بیشتری وجود دارد که رفتارهای ضداجتماعی، سوءمصرف مواد مخدر و مشکلات شغلی داشته باشند (چو[4] و همکاران، ۲۰۲۲).

مطالعات ریخت شناسانه، زیست شیمیایی، عصبی- بدنی شناختی و کارکردی با توجه به اساس عصب‌شناختی اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی بر درگیری نواحی عصبی خاص مانند لوب پیشانی، لوب آهیانه‌ای، هیپوکامپ و مخچه در این اختلال تأکید دارند (فیروز آبادی و همکاران، ۲۰۲۲). این نواحی عصبی ارتباط نزدیکی با کنش‌های اجرایی[5] نیز دارند به نحوی‌که باعث شده است محققان فراوانی نقایص موجود در کنش‌های اجرایی را به‌عنوان هسته اصلی این اختلال بشناسند و این نقایص را توجیهی برای مشکلات در نارسایی توجه، تکانش گری و فزون کنشی این افراد بدانند (داف و سولا[6]، ۲۰۱۵). کنش‌های اجرایی، کنش‌های عالی نظام عصبی هستند که به مجموعه‌ای از توانایی‌های شناختی از قبیل برنامه‌ریزی، کنترل مهاری، سازماندهی، حافظه کاری[7] و حل مسئله اطلاق می‌شود (فیسک و هلمبویی[8]، ۲۰۱۹). کنش‌های اجرایی به فرد در تنظیم رفتار، برنامه‌ریزی، استدلال انتزاعی، تغییر جهت توجه و بازداری کمک کرده و بدین ترتیب وی را قادر به خودکنترلی می‌سازد (ملتزر[9]، ۲۰۱۹). کنش‌های اجرایی همچنین بیشترین ارتباط را با لوب پیشانی و پیش پیشانی نیز دارند و مشخص شده است که کودکان دچار ضایعه در لوب پیشانی با ناهنجاری‌هایی در کنترل تکانش گری، فعالیت حرکتی و دامنه توجه ظاهر می‌شوند. بر اساس برخی شواهد یکی از مهمترین کنش‌های اجرایی که در کودکان مبتلابه نارسایی توجه/ فزون کنشی دچار ضعف هست، حافظه کاری است (فیسک و هلمبویی، ۲۰۱۹).

حافظه کاری عبارت است از ذخیره‌سازی و دستکاری اطلاعات برای یک دوره زمانی معین و کوتاه‌مدت (بدلی[10]، ۲۰۱۷). مطالعات عصب‌شناختی نشان داده است که مبتلایان به نارسایی توجه/ فزون کنشی دارای نارسایی‌هایی در هیپوکامپ می‌باشند (تیان[11] و همکاران، ۲۰۱۹) از آنجایی که هیپوکامپ نقش مهمی در حافظه کاری دارد، می‌توان نارسایی موجود در حافظه کاری را در این افراد توجیه کرد (ال امین[12] و همکاران، ۲۰۱۸). علاوه بر این، پژوهشگران به اهمیت لوب آهیانه‌ای و پیشانی نیز در عملکرد حافظه کاری اشاره دارند، به‌طوریکه شکنج فوق حاشیه‌ای ناحیه آهیانه و ناحیه پیشانی در نگهداری اطلاعات و ذخیره‌سازی اطلاعات در تکالیف حافظه کاری نقش دارند (دی ووگد و هرمنس[13]، ۲۰۲۲). فعالیت این نواحی در حین انجام تکالیف مربوط به حافظه کاری در افراد مبتلابه نارسایی

[1]. Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD)
[2]. American Psychiatric Accociation (APA)
[3]. Kazda
[4]. Xu
[5]. Executions function
[6]. Duff & Sulla
[7]. Working memory
[8]. Fiske, & Holmboe
[9]. Meltzer
[10]. Baddeley
[11]. Tian
[12]. Al-Amin
[13]. de Voogd & Hermans

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

توجه/ فزون کنشی نابهنجار است و نقایص این مناطق مغزی می‌تواند تبیین کننده مشکلات مربوط به تمرکز و بازداری در این افراد باشد (کامینسکی[1] و همکاران، ۲۰۲۱).

با توجه به مطالب ارائه‌شده می‌توان به اهمیت کنش‌های اجرایی خصوصاً حافظه کاری در مبتلایان به اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی پی برد. به همین دلیل نیاز است مداخلات مؤثری برای بهبود این کنش اجرایی انجام گیرد تا تأثیرات مثبتی در نشانه‌های این افراد نمایان شود. تاکنون تلاش‌های فراوانی برای این امر انجام گرفته است که این روش‌ها را می‌توان طیفی از مداخله‌های دارویی تا روانی- اجتماعی و شناختی تقسیم نمود (فیرمن[2] و همکاران، ۲۰۲۰). در سال‌ها اخیر روش‌های تحریک غیرتهاجمی مغز به‌عنوان یک روش درمانی نوین در خصوص اختلالاتی که مبانی عصب-شناختی دارند معرفی شده و مورد پژوهش قرار گرفته است. یکی از این روش‌ها، روش تحریک الکتریکی مستقیم مغز[3] (tDCS) است. تحریک الکتریکی مستقیم مغز یک فن درمانی است که جریان مستقیم و ضعیفی را به مناطق قشری وارد می‌کند و فعالیت خودانگیخته عصبی را تسهیل یا بازداری میکند (استگ[4] و همکاران، ۲۰۱۸).

تحریک فراجمجمه‌ای مغز در قالب دو الکترود که بر روی مناطق هدف بر روی سطح سر قرار می‌گیرند با جریانی ضعیف ۱ تا ۲ میلی آمپر ارائه می‌شود. بعد از حدود ۵ دقیقه این جریان ضعیف از سطح جمجمه عبور کرده و فعالیت سلول‌های عصبی در ناحیه قرار گرفتن الکترودها و مناطق زیر قشر متصل به آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (گیوردانو[5] و همکاران، ۲۰۱۸). این امر موجب افزایش یا کاهش شلیک نورون و در نتیجه تعدیل فعالیت آن‌ها می‌شود. در تحریک الکتریکی با جریان نویز تصادفی (tRNS[6]) نیز برای اینکه تحریک الکتریکی مستقل از قطب مثبت و یا منفی باشد، جریان به‌صورت یک نوسان دائمی از قطب مثبت به منفی ارائه می‌شود بر خلاف روش تحریک الکتریکی مستقیم است که جریان مثبت و منفی به‌صورت مستقیم بر سطح جمجمه اعمال می‌شوند (مورت[7] و همکاران، ۲۰۱۹).

در خصوص اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم با هدف بهبود کارکرد حافظه‌کاری، اگر چه تعداد زیادی از مقالات نشان می‌دهند که تحریک الکتریکی مستقیم می‌تواند کارکرد حافظه‌کاری را بهبود بخشد (صالحی نژاد و همکاران، ۲۰۱۹؛ نجاتی و همکاران، ۲۰۲۰؛ وستوود[8] و همکاران، ۲۰۲۲)؛ اما این اثر به شدت ناپایدار است (فرامراندو[9] و همکاران، ۲۰۲۱). این نتایج متناقض، به نظر می‌رسد ناشی از تفاوت در طرح مطالعات، پروتکل تحریک و تفاوت‌های بین‌فردی باشد (جانتز، کتز و رویتر-لورنز[10]، ۲۰۱۶). اثربخشی تحریک الکتریکی با جریان نویز تصادفی نیز بر کارکردهای شناختی مانند توجه در چندین مطالعه بررسی شده است (برای مثال پالم[11] و همکاران، ۲۰۱۶). با این حال برائور[12] و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای با تحریک منطقه قشر پیشانی تحتانی راست با استفاده از تحریک الکتریکی جریان نویز تصادفی هیچ تغییری در نتایج تکلیف برو/نرو و داده‌های رفتاری نیافتند. در مطالعه‌ای دیگر برویت-آبی[13] و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که سه جلسه تحریک الکتریکی با جریان نویز تصادفی در منطقه قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی چپ موجب کاهش

[1] . Kamiński
[2] . Fairman
[3] . Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)
[4] . Stagg
[5] . Giordano
[6] .Transcranial Random Noise Stimulation (tRNS)
[7] . Moret
[8] . Westwood
[9] . Framorando
[10] .Jantz, Katz & Reuter-Loren
[11] . Palm
[12] .Brauer
[13] .Brevet-Aeby

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

زمان واکنش افراد در آزمون برو/نرو می‌گردد اما بر دقت پاسخ افراد در این آزمون تأثیری ندارد.

مقایسه میان دو نوع تحریک الکتریکی مستقیم و جریان نویز تصادفی نیز در خصوص بهبود عملکرد افراد در کارکرد حافظه‌کاری در پژوهش مولکیونی[1] و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که تحریک منطقه قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی چپ به مدت ۱۰ دقیقه موجب بهبود عملکرد افراد در آزمون ۲-بک گردیده اما این اثر در گروه تحریک الکتریکی با جریان نویز تصادفی مشاهده نشد. اما در پژوهش‌های جدیدتر مورفی[2] و همکاران (۲۰۲۰) نشان داده شد که تحریک الکتریکی با جریان نویز تصادفی اثربخشی بیشتری در مقایسه با تحریک مستقیم در بهبود حافظه کاری دارد. به طور کلی تحقیقات تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی نشان دادند که در مورد حافظه کاری قشر پیش پیشانی پشتی جانبی[3] هر دو نیمکره به همراه قشر پیشانی جانبی و قشر حلقوی قدامی اهمیت بالایی دارند (جانتز و همکاران، ۲۰۱۶). بر همین اساس تحریک مناطق فوق با استفاده از جریان مستقیم و نویز تصادفی می‌تواند تأثیرات مثبتی بر کارکردهای شناختی داشته باشد. علاوه بر این ارائه این تحریکات همراه با آموزش‌های شناختی نظیر آموزش حافظه کاری امروزه در اکثر تحقیقات انجام شده در این حوزه رایج شده است (برای مثال وستوود و همکاران، ۲۰۲۲).

با توجه به شواهد اختصاصی مطالعات تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی در مورد مناطق تعیین کننده در خصوص حافظه کاری، مناطقی که به سطح جمجمه نزدیک‌تر هستند می‌توانند هدف مداخلات تحریک غیرتهاجمی مغز باشند. بر همین اساس مقایسه دو روش تحریک الکتریکی مستقیم و نویز تصادفی درحالی‌که مناطق تحریک و شدت آنها کنترل شده و از آموزش‌های شناختی یکسان برای به دست آوردن نتایج دقیق‌تر استفاده شود می‌تواند اثر هر یک از این روش‌ها را بر فعالیت مغز و کارکردهای شناختی هدف روشن سازد. از سوی دیگر با توجه به اهمیت حافظه کاری در اختلال نقص توجه-بیش فعالی و نیاز به ارائه درمان‌های نوین و کم هزینه و فراگیر در خصوص مشکلات افراد دارای این اختلال و با توجه به تعداد اندک تحقیقات انجام گرفته در زمینه تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم و نویز تصادفی بر حافظه کاری در افراد مبتلا به نقص توجه – بیش فعالی از یکسو و یافته‌های متناقض از سوی دیگر، هدف این مطالعه مقایسه اثر تحریک الکتریکی مستقیم و تحریک الکتریکی با نویز تصادفی همراه با آموزش شناختی بر عملکرد حافظه کاری افراد دارای اختلال نقص توجه/ بیش فعالی است.

طرح پژوهش

مطالعه حاضر از نوع کاربردی و نیمه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه گواه و دوره پیگیری بود.

جامعه، نمونه و روش نمونه‌گیری

جامعه آماری این پژوهش شامل تمامی نوجوانان مبتلا به اختلال نقص توجه-بیش فعالی در محدوده سنی ۱۳ تا ۱۷ سال زاهدان بود که در نیمه دوم سال ۱۳۹۸ و سال ۱۳۹۹ به بیمارستان روان‌پزشکی بهاران دانشگاه علوم پزشکی زاهدان مراجعه کرده بود. تعداد ۴۵ نفر از این افراد که از طرف روانشناسان بالینی و روان‌پزشکان بیمارستان روان‌پزشکی بهاران دانشگاه علوم پزشکی زاهدان تشخیص اختلال نقص توجه-بیش فعالی دریافت کرده بودند؛ به‌صورت هدفمند به‌عنوان نمونه پژوهش انتخاب شدند. این افراد از بین ۱۱۰ نفر که تشخیص قطعی این اختلال را داشتند، پس از هماهنگی با مسئولین و کادر درمان بیمارستان روان‌پزشکی بهاران و اعلام آمادگی خانواده و خودشان

[1] .Mulquiney
[2] . Murphy
[3] .The Dorsolateral Prefrontal Cortex (DLPFC)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. ملاک‌های ورود به پژوهش عبارت بودند از: ۱- داشتن تشخیص اختلال نقص توجه-بیش فعالی طبق ملاک‌های معیارهای DSM-5 و تأیید روانشناس و روان‌پزشک؛ ۲- قرار گرفتن در محدوده سنی ۱۳ تا ۱۷ سال؛ ۳- رضایت والدین و فرد شرکت‌کننده در پژوهش؛ ۴- راست دست بودن؛ ۵- جنسیت پسر. ملاک خروج نیز عبارت بودند از: ۱- سابقه تشنج و صرع؛ ۲- ضربه به سر؛ ۳- سابقه ابتلا به اختلالات روان‌پزشکی؛ ۴- عدم تمایل فرد نسبت به حضور در پژوهش در هر مرحله از انجام آن؛ ۵- تجربه هرگونه ناراحتی و یا دشواری در مراحل دریافت تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای در صورتی که برای فرد قابل تحمل نباشد. پس از انتخاب افراد، تعداد ۱۵ نفر به‌صورت تصادفی در گروه تحریک الکتریکی فراجمجمه ای با جریان مستقیم، ۱۵ نفر در گروه تحریک الکتریکی فراجمجمه ای با جریان نویز تصادفی و ۱۵ نفر در گروه گواه گمارده شدند. هر یک از افراد گروه‌های آزمایش ۵ جلسه تحریک الکتریکی با فاصله ۲۴ ساعت میان هر جلسه دریافت کردند؛ علاوه بر این برای اینکه شرایط یکسانی هر سه گروه داشته باشند؛ هر سه گروه تکلیف شناختی نیز دریافت کردند و گروه گواه نیز تحریک فراجمجمه ای ساختگی نیز دریافت نمود. پیش از شروع جلسات (مرحله پیش‌آزمون)، پس از مداخلات (مرحله پس‌آزمون) و یک هفته بعد از پایان مداخله در دوره پیگیری تکالیف پژوهش را تکمیل نمودند.

ابزار پژوهش

در این پژوهش برای سنجش حافظه کاری از آزمون کامپیوتری حافظه کاری ان –بک[1] و پاره تست فراخنای ارقام هوش وکسلر[2] استفاده شد که در زیر شرح این ابزارها ارائه شده است.

آزمون کامپیوتری ان –بک: این آزمون یک آزمون سنجش عملکرد شناختی مرتبط با کنش‌های اجرایی است که نخستین بار در سال ۱۹۸۵توسط کرچنر[3] معرفی شد. این آزمون امروزه به‌صورت گسترده‌ای در مطالعات و مداخلات عصب-روانشناختی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آن جا که این آزمون هم نگهداری اطلاعات شناختی و هم دستکاری آنها را شامل می‌شود، ابزاری مناسب در سنجش حافظه کاری به شمار می‌رود و یکی از پر کاربردترین ابزارهای نابسته به فرهنگ است (کین[4] و همکاران، ۲۰۰۷). در این پژوهش از نسخه فارسی این آزمون کامپیوتری استفاده شد. تکلیف کلی در آزمون یاد شده این است که اعداد ۱ تا ۹، به‌صورت تصادفی بر صفحه نمایشگر ظاهر می‌شوند. آزمودنی‌ها باید هر عدد را با عدد ماقبل (یکی به عقب)، دو عدد قبلتر (دو تا به عقب)، یا سه عدد قبل‌تر (سه تا به عقب) مقایسه کنند و مشخص نمایند که آیا دو عدد یکسان هستند یا خیر. انجام این تکلیف مستلزم فعال نگهداشتن آیتم ها در حافظه کاری به منظور مقایسه است. در این مطالعه از تکلیف یکی به عقب استفاده شد و از آزمودنی‌ها خواسته شد تا هرعدد را با عدد ماقبل آن مقایسه کنند و اگر این دو عدد یکسان بودند کلید راست و اگر غیر یکسان بودند، کلید چپ را بفشارند. تعداد پاسخ‌های درست و زمان واکنش کلی هر آزمودنی توسط سیستم ثبت شد. ضرایب اعتبار این آزمون بین ۰/۵۴ تا ۰/۸۴ اعتبار بالای این آزمون را نشان می‌دهد و اعتبار آن به‌عنوان شاخص عملکرد حافظه کاری بسیار قابل قبول است (خرم آبادی و همکاران، ۱۳۹۷).

آزمون فراخنای ارقام هوش وکسلر

این آزمون، یک خرده آزمون از مقیاس هوش وکسلر است که در دو قسمت فراخنای ارقام مستقیم و معکوس طراحی‌شده است. پاره تست فراخنای ارقام

[1]. N- back
[2]. wechsler Digit Span Test
[3]. Kirchner
[4]. Kane

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

مستقیم ابزاری برای سنجش حافظه کوتاه مدت و توجه است (آیوپرلی[1] و همکاران، ۲۰۱۲). پاره تست فراخنای ارقام معکوس ابزار مهمی برای ارزیابی حافظه کاری است (وستبرگ، ۲۰۰۴). ضریب آلفای کرونباخ برای این پاره تست ۰/۶۵ و ضریب اعتبار با روش باز آزمایی ۰/۸۳گزارش‌شده است (مرادی و همکاران، ۲۰۱۱).

تحریک الکتریکی فراجمجمه ای

در پژوهش حاضر، تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای با استفاده از دستگاه دو کانالهٔ NEUROSTIM-2 ساخت شرکت مدینا طب گستر اعمال گردید. این دستگاه با استفاده از دو منبع انرژی مستقل، دو الکترود کاتد و دو الکترود آند کاملاً ایزوله و مجزا را در اختیار قرار می‌دهد. قطب آند در این روش منجر به افزایش تحریک‌پذیری قشری و قطب کاتد منجر به کاهش تحریک‌پذیری قشری می‌گردد (فرگنی[2] و همکاران، ۲۰۰۵). این دستگاه قادر به کنترل دایم امپدانس الکترودها بوده و مانع از هر گونه خطر سوزش و آسیب‌دیدگی پوست سر می‌گردد. شدت جریان خروجی دستگاه از ۰/۱ تا ۲ میلی‌آمپر قابل تنظیم می‌باشد. الکترودها کربنی و رسانا بوده و برای جلوگیری از واکنش شیمیایی نقطهٔ تماس بین الکترود و پوست درون اسفنج‌های مصنوعی آغشته به محلول کلرید سدیم ۹ قرار داده شد تا ضمن افزایش رسانایی جریان الکتریکی از افزایش حرارت پیشگیری شود. با توجه به تنظیمات پیش‌فرض، فرکانس تحریک این دستگاه قادر به تحریک‌های مختلفی همانند tDCS، tRNS، tACS و tPCS است. در این پژوهش تنها از تحریک tDCSو tRNS به اقتضای موضوع پژوهش استفاده شد. لازم به توضیح است که در تحریک الکتریکی با جریان نویز تصادفی (tRNS) برای اینکه تحریک الکتریکی مستقل از قطب مثبت و یا منفی باشد، جریان به‌صورت یک نوسان دائمی از قطب مثبت به منفی ارائه شد و بر خلاف روش تحریک الکتریکی مستقیم است که جریان مثبت و منفی به‌صورت مستقیم بر سطح جمجمه اعمال می‌شوند. این ابزار مورد تأیید جامعه عصب روان‌شناسی و کاردرمانی بوده و در تحقیقات مختلفی نیز جهت تحریک مغزی مورد استفاده قرار گرفته است (شاه محمدی کلیبر و همکاران، ۱۳۹۸). برای افراد گروه گواه، پروتکل مشابهی اجرا شد، با این تفاوت که با این تفاوت که به جای تحریک واقعی، تحریک شم (ساختگی) به مدت فقط سی ثانیه اعمال گردید. دلیل انتخاب سی ثانیه جهت تحریک به این دلیل بود که در ابتدای اعمال تحریک روی پوست سر سوزش بسیار خفیفی ایجاد می‌شود که قابل احساس است و در ادامه تحریک، این احساس بسیار کمتر می‌شود. بدین صورت برای شرکت‌کنندگان قابل تشخیص نبود که این تحریک واقعی یا ساختگی است (ارسطو و همکاران، ۲۰۱۹).

تکلیف توانبخشی شناختی

در این پژوهش هم راستا با پژوهش‌های پیشین (مانند پژوهش وستوود و همکاران، ۲۰۲۲)، همراه با تحریک فراجمجمه‌ای، برای افزایش ظرفیت حافظه کاری هر سه گروه از تکلیف توانبخشی شناختی ان-بک استفاده شد. در این تکلیف، توالی از محرک‌ها یکی پس از دیگری بر روی صفحه نمایش داده می‌شود و از آزمودنی خواسته می‌شود محرک اخیر را با آیتم هایی که n تعداد مرتبه قبلی در توالی ظاهر شده‌اند، مقایسه کند و در صورت همتا بودن کلید پاسخ را فشار دهد. نوع دیگری از تکلیف ان-بک که اثربخشی تمرین آن در تحقیقات مختلف به اثبات رسیده است تمرین ان-بک دوگانه می‌باشد که در آن دو نوع محرک (دیداری-فضایی و شنیداری) مورد استفاده قرار می‌گیرد (هاینزل[3] و همکاران، ۲۰۱۷). پژوهش‌های در حوزه اعصاب نشان داده است تمرین

[1] . Aupperle
[2] . Fregni
[3] . Heinzel

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

ان-بک دوگانه اغلب فعالیت نواحی پیش پیشانی چپ و راست به خصوص ناحیه خلفی-جانبی چپ را فعال می‌کند و تحریک‌پذیری این ناحیه را به‌عنوان شاخصی از عملکرد بروزرسانی، جابجایی و بازداری افزایش می‌دهد. این ابزار در مطالعات داخلی و خارجی فراوانی استفاده شده است و اثربخشی آن نشان داده شده است (حق نظری و همکاران، ۱۴۰۱).

یافته‌ها

شرکت‌کنندگان این پژوهش شامل ۴۵ نفر بودند که در سه گروه ۱۵ نفره قرار داشتند. براساس اطلاعات جمع آوری شده، تمامی آزمودنی‌ها پسر بودند. علاوه بر این، میانگین سنی گروه تحریک الکتریکی مستقیم (tDCS) برابر با ۱۳/۹۳، میانگین سنی گروه تحریک الکتریکی با جریان نویز تصادفی (tRNS) برابر با ۱۴ و میانگین سن گروه گواه برابر با ۱۳/۸۶ بود. در جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش بر حسب عضویت گروهی و مراحل ارزیابی نشان داده شده است.

جدول ۱: شاخص‌های توصیفی نمرات آزمودنی‌ها در متغیرهای پژوهش براساس عضویت گروهی و مراحل ارزیابی

	مرحله	گروه (tDCS)	گروه (tRNS)	گروه گواه
		میانگین (انحراف معیار)	میانگین (انحراف معیار)	میانگین (انحراف معیار)
فراخنای ارقام مستقیم	پیش‌آزمون	۷/۵۳۳ (۰/۸۳۳)	۷/۸۰۰ (۰/۷۴۴)	۷/۴۶۶ (۰/۷۴۳)
	پس‌آزمون	۱۰/۴۶۶ (۰/۹۱۵)	۹/۴۰۰ (۱/۱۸۳)	۷/۸۰۰ (۱/۲۰۷)
	پیگیری	۱۰/۱۳۳ (۱/۱۲۵)	۸/۴۰۰ (۰/۷۳۶)	۸/۰۰ (۰/۹۲۵)
فراخنای ارقام معکوس	پیش‌آزمون	۵/۹۳۳ (۰/۷۰۳)	۵/۸۰۰ (۰/۸۶۱)	۵/۸۶۶ (۰/۸۳۳)
	پس‌آزمون	۱۱/۰۰ (۱/۶۹۰)	۷/۸۰۰ (۱/۰۱۴)	۶/۰۶۶ (۰/۸۸۳)
	پیگیری	۹/۸۰۰ (۱/۲۰۷)	۷/۲۰۰ (۱/۰۱۴)	۶/۴۰۰ (۰/۷۳۶)
تعداد خطا	پیش‌آزمون	۱۴/۴۶۶ (۳/۱۵۹)	۱۳/۸۶۶ (۳/۰۲۰)	۱۴/۲۰۰ (۲/۵۶۹)
	پس‌آزمون	۱۱/۰۰ (۲/۲۳۶)	۱۳/۰۰ (۲/۴۴۹)	۱۳/۴۶۶ (۱/۷۶۷)
	پیگیری	۹/۵۳۳ (۰/۹۱۵)	۱۳/۶۰۰ (۲/۵۵۷)	۱۳/۸۶۶ (۲/۱۳۳)
زمان واکنش پاسخ	پیش‌آزمون	۰/۶۰۶ (۰/۱۰۰)	۰/۵۸۹ (۰/۰۸۲)	۰/۶۲۴ (۰/۱۰۵)
	پس‌آزمون	۰/۴۹۸ (۰/۰۸۷۳)	۰/۶۱۱ (۰/۰۹۷۰)	۰/۶۰۱ (۰/۰۷۹۹)
	پیگیری	۰/۵۰۲ (۰/۰۸۷۱)	۰/۶۱۳ (۰/۰۹۹۳)	۰/۶۰۷ (۰۷۲۰)

با توجه به نتایج جدول ۱ میانگین نمرات متغیرهای پژوهش در گروه‌های آزمایش و گواه در مرحله پس‌آزمون و پیگیری نسبت به مرحله پیش‌آزمون تغییراتی داشته است. جهت بررسی این تفاوت‌ها و ارزیابی دقیق‌تر نتایج آموزشی از روش آماری تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر به‌صورت آمیخته استفاده شد. استفاده از آزمون تحلیل اندازه‌گیری مکرر مستلزم رعایت مجموعه‌ای از پیش‌فرض‌ها می‌باشد. مهمترین این پیش‌فرض‌ها عبارت‌اند از: نرمال بودن توزیع داده‌ها، همگنی واریانس‌ها، همگنی ماتریس کوواریانس و بررسی کروی بودن واریانس‌های درون‌گروهی. برای بررسی پیش‌فرض نرمال بودن

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

داده‌ها از شاخص کجی و کشیدگی استفاده شد، نتایج نشان داد که شاخص کجی و کشیدگی همه متغیرهای پژوهش در دامنه ۲ و ۲- قرار داشت و این به معنای نرمال بودن داده‌ها می‌باشد. از آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس‌ها استفاده شد که نتایج نشان داد در هیچکدام از متغیرهای وابسته این آزمون معنادار نبود (p>۰/۰۵) که نشان می‌دهد که این پیش‌فرض برای همه متغیرها رعایت شده است.

سومین پیش‌فرض کروی بودن

واریانس‌های درون‌گروهی بود که از آزمون ماوچلی[1] برای بررسی معنی‌داری این پیش فرض استفاده شد، نتایج این آزمون نشان داد که این مفروضه برای مولفه‌های فراخنای ارقام مستقیم و معکوس (وکسلر)، برقرار می‌باشد. یعنی سطح معنی‌داری بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد. همچنین برای مولفه‌های تعداد خطا (ان – بک) و زمان واکنش پاسخ (ان –بک) این مفروضه برقرار نمی‌باشد. یعنی سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد. با توجه به اینکه برای مؤلفه تعداد خطا مقدار اپسیلون بیشتر از ۰/۷۵ بود از اصلاحیه هیون- فلدت برای بررسی معنی‌داری این متغیرهای معنی‌دار شده استفاده شد؛ همچنین با توجه به اینکه برای مؤلفه زمان واکنش پاسخ مقدار اپسیلون کمتر از ۰/۷۵ است از اصلاحیه گرین هاوس- گیسر استفاده شد (مصرآبادی، ۱۳۹۷).

[1] . Mauchly

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

در ادامه نتایج تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر به‌صورت آمیخته برای متغیرهای پژوهش ارائه شده است.

جدول ۲: خلاصه نتایج تحلیل واریانس آمیخته با عوامل درون گروهی و بین گروهی برای متغیر حافظه کاری

متغیر	منابع تغییر	مجموع مجذورات	DF	میانگین مجذورات	F	P	اندازه اثر
فراخنای ارقام مستقیم	مراحل	۶۴/۸۴	۲	۳۲/۴۴	۴۷/۹۱	۰/۰۰۱	۰/۵۳
	تعامل مرحله*گروه	۳۴/۳۱	۴	۸/۵۷	۱۲/۶۷	۰/۰۰۱	۰/۵۳
	گروه	۵۹/۲۴	۲	۲۹/۶۲	۲۱/۴۱	۰/۰۰۱	۰/۵۰
فراخنای ارقام معکوس	مراحل	۱۴۷/۶۵	۲	۷۳/۸۳	۷۸/۹۲	۰/۰۰۱	۰/۶۵
	تعامل مرحله*گروه	۹۶/۴۳	۴	۲۴/۱۰	۲۵/۷۷	۰/۰۰۱	۰/۶۵
	گروه	۱۸۶/۴۱	۲	۹۳/۲۰	۶۹/۶۲	۰/۰۰۱	۰/۷۶
تعداد خطا	مراحل	۹۴/۱۷	۱/۷۸	۵۲/۷۸	۲۱/۲۴	۰/۰۰۱	۰/۳۳
	تعامل مرحله*گروه	۱۰۸/۳۱	۳/۴۵۶	۳۰/۳۵	۱۲/۲۱	۰/۰۰۱	۰/۳۳
	گروه	۱۲۲/۸۴	۲	۶۱/۴۲	۴/۷۹	۰/۰۱	۰/۱۸
زمان واکنش پاسخ	مراحل	۰/۰۳	۱/۳۳	۰/۰۲	۱۵/۴۳	۰/۰۰۷	۰/۲۶
	تعامل مرحله*گروه	۰/۰۸	۲/۶۶	۰/۰۳	۱۸/۶۳	۰/۰۰۱	۰/۴۷
	گروه	۰/۱۵	۲	۰/۰۷	۳/۵۱	۰/۰۳	۰/۱۴

در جدول ۲ نتایج آزمون ANOVA اندازه‌گیری مکرر برای بررسی معنی‌داری تفاوت میانگین‌های نمرات حافظه کاری در مراحل مختلف پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری ارائه شده است. براساس نتایج مندرج در جدول مذکور در همه متغیرهای حافظه کاری در هر سه اثر درمان (گروه)، زمان و اثر متقابل گروه در زمان معنی‌دار است ($p<۰/۰۵$). به این معنا که در این متغیرها از مرحله پیش‌آزمون تا پیگیری تفاوت معنی‌داری به وجود آمده است (اثر زمان)؛ بین سه گروه نیز در معنی‌داری مولفه‌های فوق تفاوتی وجود دارد (اثر گروه) و نشانگر عملکرد متفاوت گروه‌ها در طی مراحل پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری است (اثر متقابل گروه در زمان).

در ادامه نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه تفاوت زوجی مراحل اندازه‌گیری و آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت زوجی گروه‌ها در نمرات ادراک بیماری و مولفه‌های آن در جدول ۳ و جدول ۴ داده شده است.

جدول ۳: نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در طی زمان در حافظه کاری

متغیر	مقایسه		tDCS		tRNS		گواه	
			تفاوت میانگین‌ها	معنی‌داری	تفاوت میانگین‌ها	معنی‌داری	تفاوت میانگین‌ها	معنی‌داری
فراخنای ارقام مستقیم	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	-۲/۹۳۳	۰/۰۰۱	-۱/۶۰۰	۰/۰۰۱	۰/۳۱۳	-۰/۳۳۳
	پیش‌آزمون	پیگیری	-۲/۶۰۰	۰/۰۰۱	-۰/۶۰۰	۰/۰۴۱	۰/۲۸۴	-۰/۵۳۳
	پس‌آزمون	پیگیری	۰/۳۳۳	۰/۲۷۷	۱/۰۰	۰/۰۰۲	۰/۳۰۳	-۰/۲۰۰
فراخنای	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	-۵/۰۶۷	۰/۰۰۱	-۲/۰۰	۰/۰۰۱	-۰/۲۰۰	۰/۵۴۴
	پیش‌آزمون	پیگیری	-۳/۸۶۷	۰/۰۰۱	-۱/۴۰۰	۰/۰۰۱	-۰/۵۳۳	۰/۰۹۴

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

ارقام معکوس	پس‌آزمون	پیگیری	۱/۲۰۰	۰/۰۰۶	۰/۶۰۰	۰/۱۵۳	-۰/۳۳۳	۰/۴۲۴
تعداد خطا	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	۳/۴۶۷	۰/۰۰۱	۰/۸۶۷	۰/۰۴۱	۰/۷۳۳	۰/۰۸۲
	پیش‌آزمون	پیگیری	۴/۹۳۳	۰/۰۰۱	۰/۲۶۷	۰/۶۷۷	۰/۳۳۳	۰/۶۰۳
	پس‌آزمون	پیگیری	۱/۴۶۷	۰/۰۱۲	-۰/۶۰۰	۰/۲۸۹	-۰/۴۰۰	۰/۴۷۸
زمان واکنش پاسخ	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	۰/۱۰۹	۰/۰۰۱	-۰/۰۲۲	۰/۰۹۸	۰/۰۲۳	۰/۰۹۳
	پیش‌آزمون	پیگیری	۰/۱۰۴	۰/۰۰۱	-۰/۰۲۳	۰/۱۳۸	۰/۰۱۷	۰/۲۸۰
	پس‌آزمون	پیگیری	-۰/۰۰۵	۰/۵۲۴	-۰/۰۰۱	۰/۸۶۹	-۰/۰۰۶	۰/۴۳۹

جهت مقایسه مراحل سه گانه اندازه‌گیری در گروه‌های آزمایش و گواه از آزمون تعقیبی بونفرونی در جدول ۳ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در هیچکدام از مراحل سنجش در گروه گواه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (p>۰/۰۵). با این حال در گروه tDCS در مولفه‌های فراخنای ارقام معکوس و تعداد خطا در همه مراحل مقایسه (پیش‌آزمون با پس‌آزمون، پیش‌آزمون با پیگیری و پس‌آزمون با پیگیری) تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p<۰/۰۱). همچنین در این گروه در مؤلفه فراخنای ارقام مستقیم و زمان واکنش پاسخ بین مرحله پیش‌آزمون با پس‌آزمون و پیش‌آزمون با پیگیری تفاوت معنی‌داری یافت شد (p<۰/۰۰۱). در گروه tRNS در مؤلفه فراخنای ارقام مستقیم در همه مراحل پژوهش تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p<۰/۰۵). در این گروه در مؤلفه فراخنای ارقام معکوس در مراحل پیش‌آزمون با پس‌آزمون و پیش‌آزمون با پیگیری تفاوت معنی‌داری یافت شد . همچنین در مؤلفه تعداد خطا بین مرحله پیش‌آزمون با پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p<۰/۰۵). با این حال در مؤلفه زمان واکنش پاسخ و سایر مراحل مؤلفه‌ای این گروه تفاوت معنی‌داری یافت نشد. با توجه به نتایج این جدول از مرحله پیش‌آزمون تا پیگیری آزمودنی‌های گروه tDCS بهبودی بالاتری را در مقایسه با گروه tRNS در مولفه‌های مرتبط با حافظه کاری تجربه کرده بودند.

جدول ۴: نتایج آزمون تعقیبی توکی در طی زمان در حافظه کاری

متغیر	مقایسه		پیش‌آزمون		پس‌آزمون		پیگیری	
			تفاوت میانگین‌ها	معنی‌داری	تفاوت میانگین‌ها	معنی‌داری	تفاوت میانگین‌ها	معنی‌داری
فراخنای ارقام مستقیم	tDCS	tRNS	-۰/۲۶۷	۰/۳۵۷	۱/۰۶۷	۰/۰۱۲	۱/۷۳۳	۰/۰۰۱
	tDCS	گواه	۰/۰۶۷	۰/۸۱۷	۲/۶۶۷	۰/۰۰۱	۲/۱۳۳	۰/۰۰۱
	tRNS	گواه	۰/۳۳۳	۰/۲۵۱	۱/۶۰۰	۰/۰۰۱	۰/۴۰۰	۰/۲۵۲
فراخنای ارقام معکوس	tDCS	tRNS	۰/۱۳۳	۰/۶۵۲	۳/۲۰۰	۰/۰۰۱	۲/۶۰۰	۰/۰۰۱
	tDCS	گواه	۰/۰۶۷	۰/۸۲۱	۴/۹۳۳	۰/۰۰۱	۳/۴۰۰	۰/۰۰۱
	tRNS	گواه	-۰/۰۶۷	۰/۸۲۱	۱/۷۳۳	۰/۰۰۱	۰/۸۰۰	۰/۰۳۵
تعداد خطا	tDCS	tRNS	۰/۶۰۰	۰/۵۷۸	-۲/۰۰	۰/۰۱۵	-۴/۰۶۷	۰/۰۰۱
	tDCS	گواه	۰/۲۶۷	۰/۸۰۴	-۲/۴۶۷	۰/۰۰۳	-۴/۳۳۳	۰/۰۰۱
	tRNS	گواه	-۰/۳۳۳	۰/۷۵۷	-۰/۴۶۷	۰/۵۵۹	-۰/۲۶۷	۰/۷۱۶
زمان	tDCS	tRNS	۰/۰۱۷	۰/۶۳۳	-۰/۱۱۴	۰/۰۰۱	-۰/۱۱۱	۰/۰۰۱

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

واکنش	tDCS	گواه	-۰/۰۱۶	۰/۶۲۳	-۰/۱۰۴	۰/۰۰۳	-۰/۱۰۵	۰/۰۰۱
پاسخ	tRNS	گواه	-۰/۰۳۴	۰/۳۳۴	۰/۰۱۰	۰/۷۴۷	۰/۰۰۶	۰/۸۵۱

نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت گروه‌ها در مراحل ارزیابی در جدول ۴ نشان می‌دهد که در مرحله پیش‌آزمون هیچ تفاوتی بین گروه‌ها وجود نداشته است (p>۰/۰۵). در مرحله پس‌آزمون در همه گروه‌ها بین فراخنای ارقام مستقیم و فراخنای ارقام معکوس تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p<۰/۰۱). به این معنا که هر دو گروه آزمایش در مقایسه با گروه گواه افزایش نمره بیشتری را در فراخنای ارقام مستقیم و معکوس به دست آورده بودند. همچنین در مقایسه بین دو گروه آزمایش، اثربخشی گروه tDCS در مرحله پس‌آزمون در مؤلفه فراخنای ارقام مستقیم و معکوس بیشتر از گروه tRNS بوده است. همچنین در مرحله پس‌آزمون بین گروه tRNS و گواه تفاوت معنی‌داری یافت نشد (p>۰/۰۵). در مرحله پیگیری نیز نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین گروه tDCS با گروه tRNS و گواه وجود داشت و نتایج بیانگر آن بود که شرکت‌کنندگان گروه tDCS در مرحله پیگیری افزایش نمرات بالاتری را در مقایسه با گروه tRNS و گواه تجربه کرده بودند. همچنین نتایج نشان داد که در مرحله پیگیری بین دو گروه tRNS و گواه تفاوت معنی‌داری یافت نشد (p>۰/۰۵). در مجموع نتایج نشان می‌دهد که اثربخشی گروه tDCS در مؤلفه حافظه کاری در مقایسه با گروه tRNS بیشتر بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف مقایسه اثر تحریک الکتریکی مستقیم و تحریک الکتریکی با نویز تصادفی همراه با آموزش شناختی بر عملکرد حافظه کاری افراد دارای اختلال نقص توجه/ بیش فعالی انجام گرفت، نتایج پژوهش نشان داد که در اکثر مولفه‌های حافظه کاری شرکت‌کنندگان گروه tDCS اثربخشی بالاتری را در مقایسه با گروه گواه و گروه tRNS تجربه کرده بودند؛ علاوه بر این اثربخشی tDCS در مقایسه با tRNS در طی زمان ماندگارتر بوده است. یافته‌های پژوهش با مطالعاتی که نقش tDCS را بر حافظه کاری و کارکردهای اجرایی کودکان مبتلا به نقص توجه – بیش فعالی نشان داده‌اند همسو می‌باشد (از جمله صالحی نژاد و همکاران، ۲۰۱۹؛ نجاتی و همکاران، ۲۰۲۰؛ وستوود و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین این یافته همسو با نتایج مولکیونی و همکاران (۲۰۱۱) می‌باشد که نشان دادند تحریک الکتریکی مستقیم تأثیری بیشتری بر عملکرد شناختی در مقایسه با تحریک الکتریکی با نویز تصادفی دارد؛ علاوه بر این، این نتیجه ناهمسو با نتایج مورفی و همکاران (۲۰۲۰) است که نشان داده است که تحریک الکتریکی با جریان نویز تصادفی اثربخشی بیشتری در مقایسه با تحریک مستقیم در بهبود حافظه کاری دارد. نتایج حاضر همچنین مغایر با یافته مایلیوس[1] و همکاران (۲۰۱۲) است که با وجود جریان دو میلی‌آمپری tDCS تغییری از بهبود حافظه کاری گزارش نشده است که ممکن است ناشی از فاصله یک هفته‌ای بین جلسات تحریک باشد؛ به این صورت که فاصله انجام تحریکات در این پژوهش ۲۴ ساعت بوده است.

در تبیین اثربخشی tDCS بر عملکرد حافظه کاری افراد دارای اختلال نقص توجه/ بیش فعالی می‌توان به تغییر فعالیت مغزی از طریق تعدیل انتقال دهنده عصبی نورون گیرنده اشاره کرد. tDCS می‌تواند

[1] . Mylius

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

سرعت انتشار انتقال دهنده عصبی را از طریق تأثیر بر انتشار پتانسیل عمل یا احتمال آزاد شدن وزیکول‌ها[1] تغییر دهد. شواهد محکمی وجود دارد که نشان می‌دهد tDCS بر غلظت انتقال دهنده‌های عصبی تأثیر می‌گذارد (راتورف[2] و همکاران، ۲۰۱۹). البته این تأثیر بر غلظت ممکن است اختصاصی باشد. در تائید این نظر، یافته‌ها نشان می‌دهد تحریک آندی tDCS می‌تواند فعالیت انتقال دهنده عصبی گابا[3] را در بخشی از مغز فعال کند حال آن‌که در منطقه‌ای دیگر چنین تأثیری را نداشته باشد (هیمراث[4] و همکاران، ۲۰۲۰). در زمینه تأثیر tDCS آندی بر قشر جانبی خلفی پیش‌پیشانی[5](DLPFC)، نیز می‌توان فرضیه افزایش میزان انتقال دهنده عصبی گلوتامات را مطرح کرد. گلوتامات با حافظه کاری مرتبط است و موجب تسریع فرآیند حافظه می‌گردد (مورفی و همکاران، ۲۰۲۰). علاوه بر این، شرکت‌کنندگان این پژوهش همگی راست برتر بودند که می‌تواند نشان‌دهندهٔ برتری نسبی نیمکرهٔ چپ مغز باشد. به نظر می‌رسد که در اثر تحریک آندی در DLPFC چپ، تحریک‌پذیری کرتکسی به میزان بیشتری افزایش یافته است و این برتری نسبی بیشتر نمایان شده و موجب بهبود در برخی کارکردها از جمله زمان واکنش شده است. پژوهش‌های مختلفی اثربخشی tDCS بر ناحیه DLPFC بر کارکردهای شناختی از جمله حافظه، زبان، یادگیری و توجه را نشان داده‌اند؛ یعنی ممکن است تحریک این ناحیه موجب بهبود کارکردهای شناختی شود، زیرا این ناحیه با فعالیت‌ها و کنش‌های شناختی درگیر است که خود موجب بهبود عملکرد در تکلیف حافظه کاری شود (دوبریول – وال[6] و همکاران، ۲۰۱۹). یکی دیگر از فرضیاتی که در زمینه تأثیر tDCS بر حافظه کاری آزمودنی‌ها مطرح می‌شود، بحث پتانسیل بلندمدت است. این مکانیسم به افزایش فعالیت طولانی‌مدت سلول‌های عصبی می‌پردازد و در بحث انعطاف‌پذیری نورونی مطرح می‌گردد. پتانسیل بلندمدت یکی از عوامل تأثیرگذار مهم در بحث یادگیری و حافظه است. طبق این مکانیسم، تحریک آندی tDCS، موجب فرآیند ناقطبی شدن سلول و در نتیجه افزایش تحریک‌پذیری سلول می‌گردد اما تحریک کاتدی tDCS موجب بالا رفتن سطح آستانه سلول عصبی و کاهش تحریک‌پذیری سلول می‌شود. مطالعات رابطه پتانسیل بلندمدت و tDCS را نشان می‌دهند (استگ[7] و همکاران، ۲۰۱۸).

از سوی دیگر نتایج نشان داد که tRNS اثربخشی مورد انتظاری بر حافظه کاری نداشت. این یافته همسو با نتایج مولکیونی و همکاران (۲۰۱۱) بود. در هر دو این تحقیقات برای سنجش حافظه کاری از تکلیف یکی به عقب استفاده شده است و از آزمودنی‌ها خواسته شده تا هرعدد را با عدد ماقبل آن مقایسه کنند. با این حال در مطالعات دیگر مانند پژوهش مورفی و همکاران (۲۰۲۰) از سطوح بالاتر این تکلیف استفاده شده است. با این حال دلایل دیگری نیز وجود دارد از جمله تنوع عوامل مرتبط با پروتکل تحریک الکتریکی مانند: تعداد جلسات، محل قرار گرفتن الکترودها، شدت تحریک و همچنین ابزارهای شناختی که به منظور ارزیابی اثر تحریک الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته است موجب تنوع

[1] . vesicles
[2] . Ruttorf
[3] . GABA
[4] . Heimrath
[5] . dorsal-lateral prefrontal cortex (DLPFC)
[6] . Dubreuil-Vall
[7] . Stagg

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

نتایج شده و تفسیر یافته‌های پژوهشی در این حوزه را دشوار کرده است (ولدما[1] و همکاران، ۲۰۲۱). یک تبیین احتمالی در مورد عدم تأثیر قابل قبول tRNS بر حافظه کاری می‌تواند اندازه الکترودها باشد؛ مطالعه ما از الکترودهای فعال‌کوچکتر با سطح غیر دایره‌ای در مقایسه با بسیاری از مطالعات قبلی استفاده کرد که همان ناحیه مورد نظر را تحریک می‌کرد و چون اندازه الکترود وسعت ناحیه تحریک شده زیر الکترودها را تعیین می‌کند احتمال می‌رود اگر از اندازه‌های الکترودهای بالاتری استفاده می‌شد شاید تغییری در نتایج به دست می‌آمد.

در مجموع نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که tDCS می‌تواند حافظه کاری را بهبود بخشد و این ارتقاء عملکرد می‌تواند به تکلیف سنجش حافظه کاری n-back و فراخنای ارقام منتقل شود؛ با این حال تأثیرات tRNS بر حافظه کاری چندان امیدوار کننده نبود؛ اما این نتایج غیر معنی‌دار نیز به علت این که پژوهش جزو اولین پژوهش‌هایی می‌باشد که در این زمینه با روش‌شناسی خاص این پژوهش انجام گرفته است، می‌توانند به‌عنوان پیشینه پژوهشی برای تحقیقات آینده مورد استفاده قرار گیرد و از جهتی تحقیقات غیر معنی‌دار همواره منجر به افزایش حیطه‌های دانش شده‌اند.

محدودیت‌ها

از محدودیت‌های پژوهش حاضر استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند به دلیل عدم تعداد نمونه کافی می‌باشد. این طرح توانایی ضعیفی در کنترل عوامل مؤثر دیگری، همچون امکان دریافت خدمات درمانی جانبی دیگر داشت.

به علت محدودیت‌های موجود، این پژوهش تنها بر روی پسران مبتلا به اختلال نقص توجه – بیش فعالی انجام گرفته است و بر این اساس شاید نتوان این پژوهش را برای دختران تعمیم داد.

پیشنهادات

با توجه به نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی از نمونه‌های با حجم بزرگ‌تر برای سنجش تأثیر تحریکات فوق بر حافظه کاری استفاده کرد.

پیشنهاد می‌شود در صورت امکان از روش‌های نمونه‌گیری تصادفی که مناسب‌تر می‌باشند، استفاده نمود.

به پژوهشگران علاقه‌مند پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های بعدی کودکان دارای اختلال نقص توجه – بیش فعالی دختر را به‌عنوان جامعه پژوهش مورد مطالعه قرار دهند و یا در صورت امکان به مقایسه عملکرد هر دو جنس در این حوزه بپردازند.

همچنین پیشنهاد می‌شود از تحریک الکتریکی مستقیم همزمان با سایر درمان‌ها در جهت بهبود حافظه کاری کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه – بیش فعالی استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه دکتری تخصصی می‌باشد. بدین وسیله از تمام شرکت‌کنندگان پژوهش کمال تشکر و قدردانی را داریم. همچنین از زحمات سرکار خانم دکتر محبوبه قویدل حیدری (روانشناس تربیتی)، سرکار خانم دکتر زهرا غیاثی (روانپزشک)، جناب آقای دکتر بهزاد ریگی (روانشناس بالینی) و سرکار خانم نادیا خوشخوی (روانسنج) به واسطه حمایت های ویژه ای که در طول جمع آوری داده های رساله در بحبوبه دوران بیماری کرونا داشتند تشکر ویژه داریم.

[1] . Veldema

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

منابع

Al-Amin, M., Zinchenko, A., & Geyer, T. (2018). Hippocampal subfield volume changes in subtypes of attention deficit hyperactivity disorder. *Brain research*, *1685*, 1-8.

American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: Fifth Edition. President DiliP. Jeste, M.D (2013).

Arastoo, A. A., Parsaei, S., Zahednejad, S., Alboghebish, S., & BurBur, A. (2019). Effect of unilateral transcranial direct current stimulation on reaction time in veterans and athletes with disabilities. *Iranian Journal of War and Public Health*, *11*(3), 133-138. [Persian]

Aupperle, R. L., Melrose, A. J., Stein, M. B., & Paulus, M. P. (2012). Executive function and PTSD: disengaging from trauma. *Neuropharmacology*, 62(2), 686-694.

Baddeley, A. D. (2017). The concept of working memory: A view of its current state and probable future development. In *Exploring working memory* (pp. 99-106). Routledge.

Brevet-Aeby, C., Mondino, M., Poulet, E., & Brunelin, J. (2019). Three repeated sessions of transcranial random noise stimulation (tRNS) leads to long-term effects on reaction time in the Go/No Go task. *Neurophysiologie Clinique*, *49*(1), 27-32.

De Voogd, L. D., & Hermans, E. J. (2022). Meta-analytic evidence for downregulation of the amygdala during working memory maintenance. *Human Brain Mapping*.

Dubreuil-Vall, L., Chau, P., Ruffini, G., Widge, A. S., & Camprodon, J. A. (2019). tDCS to the left DLPFC modulates cognitive and physiological correlates of executive function in a state-dependent manner. *Brain stimulation*, *12*(6), 1456-1463.

Duff, C. T., & Sulla, E. M. (2015). Measuring executive function in the differential diagnosis of attention-deficit/hyperactivity disorder: Does it really tell us anything? *Applied Neuropsychology: Child*, *4*(3), 188-196.

Fairman, K. A., Peckham, A. M., & Sclar, D. A. (2020). Diagnosis and treatment of ADHD in the United States: Update by gender and race. *Journal of attention disorders*, *24*(1), 10-19.

Firouzabadi, F. D., Ramezanpour, S., Firouzabadi, M. D., Yousem, I. J., Puts, N. A., & Yousem, D. M. (2022). Neuroimaging in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Recent Advances. *American Journal of Roentgenology*, *218*(2), 321-332.

Fiske, A., & Holmboe, K. (2019). Neural substrates of early executive function development. *Developmental Review*, *52*, 42-62.

Framorando, D., Cai, T., Wang, Y., & Pegna, A. J. (2021). Effects of transcranial direct current stimulation on effort during a working-memory task. *Scientific Reports*, *11*(1), 1-9.

Fregni, F., Boggio, P. S., Nitsche, M., Bermpohl, F., Antal, A., Feredoes, E., ... & Pascual-Leone, A. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Experimental brain research*, *166*(1), 23-30.

Giordano, J., Bikson, M., Kappenman, E. S., Clark, V. P., Coslett, H. B., Hamblin, M. R., & Calabrese, E. (2017). Mechanisms and effects of transcranial direct current stimulation. *Dose-Response*, *15*(1), 1559325816685467.

Haqnazari, F., Nejati, V., Pouretemad, H. (2022). Effectiveness of Computerized Working Memory Training on Sustained Attention and Working Memory of Male School Students. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 11(1), 2-13. [Persian]

Heimrath, K., Brechmann, A., Blobel-Lüer, R., Stadler, J., Budinger, E., & Zaehle, T. (2020). Transcranial direct current

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

stimulation (tDCS) over the auditory cortex modulates GABA and glutamate: a 7 T MR-spectroscopy study. *Scientific Reports*, *10*(1), 1-8.

Heinzel, S., Rimpel, J., Stelzel, C., & Rapp, M. A. (2017). Transfer effects to a multimodal dual-task after working memory training and associated neural correlates in older adults–a pilot study. *Frontiers in human neuroscience*, *11*, 85.

Jantz, T. K., Katz, B., & Reuter-Lorenz, P. A. (2016). Uncertainty and promise: the effects of transcranial direct current stimulation on working memory. *Current Behavioral Neuroscience Reports*, *3*(2), 109-121.

Kamiński, J., Sullivan, S., Chung, J. M., Ross, I. B., Mamelak, A. N., & Rutishauser, U. (2017). Persistently active neurons in human medial frontal and medial temporal lobe support working memory. *Nature neuroscience*, *20*(4), 590-601.

Kane, M. J., Conway, A. R., Miura, T. K., & Colflesh, G. J. (2007). Working memory, attention control, and the N-back task: a question of construct validity. *Journal of Experimental psychology: learning, memory, and cognition*, *33*(3), 615.

Kazda, L., Bell, K., Thomas, R., McGeechan, K., Sims, R., & Barratt, A. (2021). Overdiagnosis of attention-deficit/hyperactivity disorder in children and adolescents: a systematic scoping review. *JAMA network open*, *4*(4), e215335-e215335.

Khorram Abadi R, Sepehri Shamloo Z, Salehi Fadardi J, Bigdeli I. Structural model of executive function and extramarital relationship with mediating role of self-control. Journal of Cognitive Psychology 2018; 6 (1) :41-50

Leon-Dominguez, U., Martín-Rodríguez, J. F., & León-Carrión, J. (2015). Executive n-back tasks for the neuropsychological assessment of working memory. *Behavioural brain research*, *292*, 167-173.

Meltzer, L. (Ed.). (2018). *Executive function in education: From theory to practice*. Guilford Publications.

Misrabadi, J. (2019). *Application of inferential statistics in behavioral sciences*. Publications of Shahid Madani University of Azerbaijan: Tabriz. [Persian]

.Moradi, A., Salimi, M., & Fathi-Ashtiani, A. (2011). Memory performance of patients suffering posttraumatic stress disorder resulting from the war. *Journal of Behavior Sciences*, 4(4), 269-276.

Moret, B., Donato, R., Nucci, M., Cona, G., & Campana, G. (2019). Transcranial random noise stimulation (tRNS): a wide range of frequencies is needed for increasing cortical excitability. *Scientific reports*, *9*(1), 1-8.

Mulquiney, P. G., Hoy, K. E., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2011). Improving working memory: exploring the effect of transcranial random noise stimulation and transcranial direct current stimulation on the dorsolateral prefrontal cortex. *Clinical Neurophysiology*, *122*(12), 2384-2389.

Murphy, O. W., Hoy, K. E., Wong, D., Bailey, N. W., Fitzgerald, P. B., & Segrave, R. A. (2020). Transcranial random noise stimulation is more effective than transcranial direct current stimulation for enhancing working memory in healthy individuals: Behavioural and electrophysiological evidence. *Brain Stimulation*, *13*(5), 1370-1380.

Mylius, V., Jung, M., Menzler, K., Haag, A., Khader, P. H., Oertel, W. H., ... & Lefaucheur, J. P. (2012). Effects of transcranial direct current stimulation on pain perception and working memory. *European journal of pain*, *16*(7), 974-982.

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

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]

memory, and cognitive flexibility. *Journal of attention disorders*, *24*(13), 1928-1943.

Palm, U., Chalah, M. A., Padberg, F., Al-Ani, T., Abdellaoui, M., Sorel, M., ... & Ayache, S. S. (2016). Effects of transcranial random noise stimulation (tRNS) on affect, pain and attention in multiple sclerosis. *Restorative neurology and neuroscience*, *34*(2), 189-199.

Ruttorf, M., Kristensen, S., Schad, L. R., & Almeida, J. (2019). Transcranial direct current stimulation alters functional network structure in humans: a graph theoretical analysis. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, *38*(12), 2829-2837.

Salehinejad, M. A., Wischnewski, M., Nejati, V., Vicario, C. M., & Nitsche, M. A. (2019). Transcranial direct current stimulation in attention-deficit hyperactivity disorder: a meta-analysis of neuropsychological deficits. *PloS one*, *14*(4), e0215095.

Shahmohammadi Kaleybar, M., Bafandeh, H., Yousefi, R., & Rahbaran, R. (2019). Effect of Transcranial Direct Current Stmulation on the Response Inhibition in Patient with Obsessive Compulsive Disorder. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*, *7*(2), 1-12. [Persian]

Stagg, C. J., Antal, A., & Nitsche, M. A. (2018). Physiology of transcranial direct current stimulation. *The journal of ECT*, *34*(3), 144-152.

Tian, T., Zhang, Y., Wu, T., Yang, L., Chen, C., Li, N., ... & Hu, Y. (2019). miRNA profiling in the hippocampus of attention-deficit/hyperactivity disorder rats. *Journal of cellular biochemistry*, *120*(3), 3621-3629.

Veldema, J., Gharabaghi, A., & Jansen, P. (2021). Non-invasive brain stimulation in modulation of mental rotation ability: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Neuroscience*, *54*(10), 7493-7512.

Westerberg, H. (2004). *Working memory: Development, disorders and training. Institution enförkvinnorsoch barns hälsa/Department of Women's and Children's Health.* Stockholm: Karolinska University Press.

Westwood, S. J., Bozhilova, N., Criaud, M., Lam, S. L., Lukito, S., Wallace-Hanlon, S., ... & Rubia, K. (2022). The effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) combined with cognitive training on EEG spectral power in adolescent boys with ADHD: A double-blind, randomized, sham-controlled trial. *IBRO neuroscience reports*, *12*, 55-64.

Xu, G., Snetselaar, L. G., Strathearn, L., Ryckman, K., Nothwehr, F., & Torner, J. (2022). Association between history of attention-deficit/hyperactivity disorder diagnosis and cardiovascular disease in US adults. *Health Psychology*, 21(3), 452-459

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-06-16]