اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (tDCS) بر حافظه‌کاری و سطح خواندن دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص خواندن

شکوفه روح‌الامینی[۱]، دکتر مهران سلیمانی[۲]، دکتر لادن واقف[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۹ تجدیدنظر: ۱۴۰۱/۱۰/۵
پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۲/۱۸

چکیده

هدف: پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز tDCS بر حافظه‌کاری و سطح خواندن دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص خواندن است. **روش:** در این پژوهش نیمه آزمایشی جامعه آماری تمامی دانش‌آموزان مقطع ابتدایی با ناتوانی یادگیری خواندن شهرستان سیرجان در سال تحصیلی ۹۶-۹۵ بود که از این تعداد ۲۰ نفر شامل ۶ پسر و ۱۴ دختر در پایه تحصیلی اول و دوم به صورت نمونه‌گیری دردسترس انتخاب شدند. تمامی آزمودنی‌ها در دو گروه ۱۰ نفره آزمایش و شم، به مدت ۱۰جلسه و هر جلسه به مدت۲۰ دقیقه، الکترود آند بر ناحیه DLPFC و الکترود کاتد بر شانه سمت مخالف قرار گرفت، به منظور بررسی اثر تحریک الکتریکی، گروه آزمایش در معرض تحریک قرار گرفت.**یافته‌ها:** تمامی آزمودنی‌ها در پیش از اعمال مداخله و پس از مداخله به وسیله آزمون‌های نرم‌افزاریN- back و آزمون نارساخوانی نما ارزیابی قرار شدند. نتایج تحلیل داده‌های به دست آمده با استفاده از روش تحلیل کوواریانس تک متغیره و چندمتغیره نشان داد که اعمال tDCS موجب بهبودی حافظه‌کاری و سطح خواندن دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص خواندن می‌شود. **نتیجه‌گیری:** نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که برنامه مداخله tDCS سبب افزایش تحریک‌پذیری قشری شبکه‌ای از نواحی مغزی (که در کارکردهای اجرایی نقش مهمی ایفا می‌کنند) می‌شود و قابلیت‌های نهفته‌ای را در بهبود و توانبخشی کودکان با اختلال یادگیری خاص خواندن دارند.

واژه‌های کلیدی: *تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز tDCS، حافظه‌کاری، سطح خواندن، اختلال یادگیری خاص خواندن*

۱. **نویسنده مسئول**: کارشناسی ارشد روانشناسی و آموزش کودکان استثنایی،دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.
۲. دکتری روانشناسی، استادیار دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.
۳. دکتری علوم اعصاب شناختی، استادیار دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on Working Memory and Reading Level in Students with Specific Learning Disorder (Dyslexia)

Shokoofeh Rooholamini[1], M.A., Mehran Soleymani[2], Ph.D. LadanVaghef[3], Ph.D.

Received: 11. 30 .2017 Revised: 12.16.2022 Accepted: 05. 8.2023

Abstract

Objective: The purpose of this research was to investigate the effect of the transcranial direct current stimulation (tDCS) on the working memory and reading levels of students with Specific Learning Disorder (Dyslexia). **Method:** In this semi-experimental study, the statistical population included all Dyslexia students of elementary schools in Sirjan City in the school year of 2006-2007; out of this number, 20 subjects, including 6 boys and 14 girls in the first and second grades were selected through the sampling method. The subjects were divided and tested in two groups of 10 experimental and 10 sham students for 10 sessions (each session 20 minutes). In the test, the anode electrode was placed on the DLPFC region and the cathode electrode was placed on the opposite side shoulder. In order to investigate the effect of electrical stimulation, the experimental group was exposed to stimulation. **Results:** All subjects were evaluated before and after the intervention by the N-back and Disability of Reading tests. The results of acquisitive data analysis using single-variable and multi-variable covariance showed that tDCS caused improvement in the working memory and readability of students with Dyslexia. **Conclusion:** The research findings indicated that the protocol of tDCS intervention program increases cortical network excitability of brain areas that play an important role in executive functions. It also has potential ability for improving the effectiveness of rehabilitation in children with Dyslexia.

Keywords: *Transcranial direct current stimulation (tDCS), Working memory, Reading level, Specific Learning Disorder (Dyslexia)*

1. **Corresponding author**: M.A. in Psychology and Education of Exceptional Children, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran. **Email**: shokoofehrooholamini@gmail.com
2. Assistant Professor, PhD in Psychology, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
3. Assistant Professor, PhD in Cognitive Neuroscience, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

[Downloaded from mail.joec.ir on 2026-10-18]

مقدمه

ناتوانی یادگیری خاص از سوی متخصصان پزشکی و سلامت روانی به منزله اختلال عصب-زیست شناختی در پردازش شناختی یا یادگیری شناخته شده است. بنابراین دیدگاه، در اثر نارسایی کنش‌وری مغزی، روش پردازش و کسب اطلاعات در افراد با ناتوانایی-های یادگیری خاص با آنچه در وضعیت بهنجار از یک کودک یا بزرگسال انتظار می‌رود، متفاوت است (پولیسی و همکاران، ۲۰۰۸).

ناتوانی‌های یادگیری خاص انواع مختلفی دارند که عبارتند از اختلال در بیان نوشتاری، اختلال در ریاضی و اختلال در خواندن. در این میان، نارساخوانی یکی از انواع شدید ناتوانی‌های یادگیری خاص و نوعی غیر معمول از اختلال شدید در خواندن است. نارساخوانی به هرگونه ناتوانی در خواندن اطلاق می-شود که به واسطه آن، کودکان از سطح پایه کلاس خود در زمینه خواندن عقب می‌مانند و هیچ‌گونه شواهد عینی مبنی بر نارسایی چون نارسایی‌های رشدی و ذهنی، آسیب عمده مغزی یا مشکلات هیجانی و فرهنگی و نیز زبان گفتاری وجود ندارد (لوین، ۱۹۹۵؛ به نقل از لرنر، ۱۳۹۰).

در مجموع، خواندن یکی از کارهای بی‌نهایت پیچیده انسانی است که پیش‌نیاز آن وجود مغز و دستگاه عصبی مرکزی سالم و کارامد است. در حدود یک قرن دانشمندان گمان می‌کردند نارساخوانی پایه عصبی دارد و دشواری در به دست آوردن مهارت‌های خواندن از کارکرد نابهنجار مغز ریشه می‌گیرد (لرنر، ۱۳۹۰).

سطح خواندن در طول دوره رشد متفاوت است در طول سال‌های اولیه رشد تأکید بر مهارت های واج شناختی و شناخت کلمه است. کسانی که مشکلات خواندن دارند در رمزگشایی و واج شناختی مشکل دارند که منجر به مشکل در روان و درک مطلب می‌شود. متأسفانه این مشکلات در طول زمان از بین نمی‌رود و افراد دارای مشکل خواندن، از خواندن اجتناب می‌کنند که به دنبال آن، درنهایت مشکلات آنها انباشته می‌شود، در نتیجه سطح خواندن آنها پایین‌تر از حد مورد انتظار است (ریکیو، سولیون و کوهن،۲۰۱۰).

کودکان با ناتوانی یادگیری خواندن در زمینه‌های مختلفی نقص و مشکل دارند. اشکال در کارکردهای اجرایی ازجمله این مشکلات است که در دهه‌های پیشین به آن بسیار توجه شده است(سدمن، ۲۰۰۶). به نظر می‌رسد کارکردهای اجرایی در رشد اجتماعی، موفقیت تحصیلی و آموزشگاهی نقش کلیدی داشته باشد (بلیار، زلازو وگرینبرگ، ۲۰۰۵). کارکردهای اجرایی(که جایگاه آن در لوب پیش‌پیشانی مغز است)نوعی مهارت شناختی عالی مغز و دربردارنده کارکردهای کنترل به شمار می‌آیند. این مهارت‌ها و توانایی‌های شناختی برای رفتارهای هدفمند و سازگاری با تغییرات محیطی ضروری‌اند و اغلب عهده‌دار مهارت‌های شناختی نظیر توجه، زبان، ادراک، ایجاد سطوح بالاتر تفکر خلاق یا انتزاعی می‌باشند. همه این فعالیت ها در سه بخش اصلی کارکردهای اجرایی شامل توجه، انعطاف‌پذیری شناختی و حافظه‌کاری انجام می‌گیرد و رابطه متقابل بین این سه بخش از کارکردهای اجرایی وجود دارد (بست، میلرو جون ، ۲۰۰۹).

یکی از مهم‌ترین بخش‌های کارکردهای اجرایی در کودکان با ناتوانی یادگیری خواندن، حافظه‌کاری است، که یکی از کارکردهای شناختی مرتبط با عملکردهای اجرایی و هسته مرکزی بسیاری از عملکردهای شناختی است. حافظه‌کاری مجموعه‌ای از فرایندهایی است که به فرد اجازه می‌دهد تا زمان به کارگیری اطلاعات و یا رمزگردانی، آن‌ها را در ذهن حفظ کرده و یا اطلاعات را به گونه‌ای نگهداری کند که دسترسی فوری به آن‌ها امکان‌پذیر باشد (لروکس و همکاران، ۲۰۰۹). به عبارت دیگر، حافظه کاری نظامی با ظرفیت محدود است که در ذخیره‌سازی موقت و پردازش اطلاعات، حفظ، یکپارچه‌سازی و

[Downloaded from mail.joec.ir on 2026-10-18]

دستکاری اطلاعات از انواع منابع (خارجی و داخلی به فرد) نقش اساسی دارد (اسمیداسپارک و فیسک، ۲۰۰۷). در میان نمونه‌های مطرح در زمینه حافظه، الگوی حافظه‌کاری بدلی است که شامل حداقل سه مؤلفه زیر است: سیستم اجرایی مرکزی، سیستم ذخیره‌سازی حلقه واج‌شناختی و صفحه‌دیداری-فضایی (بدلی، ۲۰۰۳؛ بدلی و هیتچ، ۱۹۷۴). اختلال در حافظه کاری به‌عنوان یکی از ویژگی‌های عمده تعریف ناتوانی یادگیری خواندن است و مشکلات حافظه تأثیر بسیاری بر یک فرد با ناتوانی یادگیری خواندن در طول زندگی آن دارد، درنتیجه مهم است که به درک دقیق‌تر نفوذ ناتوانی یادگیری خواندن در کار حافظه توجه کرد (جفریس و ایورات، ۲۰۰۴).

با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده و نقش و اهمیت کارکردهای اجرایی در کودکان با ناتوانی یادگیری خواندن و اهمیت ارتقای سطح خواندن در این افراد با به‌کارگیری روش‌های جدید مداخله می‌توان در جهت بهبود آن برآمد. یکی از این مداخله‌های درمانی مطرح در حیطه ناتوانی یادگیری خواندن، استفاده‌از تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (tDCS) می‌باشد (ویکاریوونیتسچه، ۲۰۱۳) که روشی غیرتهاجمی برای تحریک مغز است. تحریک الکتریکی برای تعدیل سیستم اعصاب و درمان اختلال‌های عصب شناختی و بیماری‌های روانی مانند هیستری از زمان‌های قدیم استفاده قرار می‌شد (سیرونی، ۲۰۱۱؛ به نقل ازحسن-نیا روشن، ۱۳۹۵). امروزه این روش به‌طور فزاینده‌ای در کلینیک‌ها به‌منظور آسانی و درمان اختلالات مختلف عصبی-روانپزشکی استفاده می‌شود(ویلیامز، ایمامورا و فرگنی، ۲۰۰۹؛ اسچلاوگ، رنگا و نیر، ۲۰۰۸). tDCS ارائه یک جریان الکتریکی مستقیم قطبی ضعیف به قشر از راه دو الکترود است. یک الکترود آندی یا فعال که بر قسمت مشخص شده جمجمه قرار می‌گیرد و یک الکترود کاتدی یا مرجع که می‌تواند روی پیشانی طرف مقابل یا شانه قرار بگیرد. سازوکار عمل tDCS عبارت است از تغییر آستانه تحریک نورونها. تحریک آند باعث آسان شدن دپلاریزاسیون غشای سلولی و افزایش نرخ شلیک عصبی می‌شود، درحالی‌که تحریک کاتدی موجب کاهش فعالیت عصبی می‌شود (گالا، جایارام، اجاجبی و کلنیک، ۲۰۰۹؛ استاگ و همکاران، ۲۰۰۹؛ هچت،۲۰۱۰).

در بسیاری از پژوهش‌ها علت عصب‌شناختی در اختلال خواندن به اثبات رسیده است. در این زمینه درمان‌های عصب روان‌شناختی نظیر نوروفیدبک برای درمان اختلال خواندن و یا توانبخشی‌های شناختی نظیر استفاده از بازی‌های رایانه‌ای برای کاهش نشانه‌های اختلال خواندن استفاده می‌شوند (خانجانی و مهدویان، ۱۳۹۱). در بین روش‌های درمانی مختلف موجود، استفاده از تحریک الکتریکی مستقیم مغز در درمان ناتوانی یادگیری خواندن، از حوزه‌های جدید پژوهش است (ویکاریو و نیچه، ۲۰۱۳). در یک پژوهش که توسط ویکاریو و نیچه در سال ۲۰۱۳ انجام شد به بررسی تأثیر tDCS بر افراد دارای اختلال خواندن پرداختند و اینکه tDCS می‌تواند بر سه نقطه پیش پیشانی، قسمت فوقانی گیجگاهی و قسمت میانی-پس‌سری در افراد با اختلال خواندن تأثیر معنادار داشته باشد و موجب بهبودی خواندن در این افراد شده و به‌عنوان یک ابزار کلینیکالی استفاده قرار شود (ویکاریو و نیتچه،۲۰۱۳). در یکی از اولین پژوهش‌های مربوط به تأثیرtDCS بر حافظه کاری که به وسیله پیشگامان این حوزه، یعنی فرگینی و همکاران در سال ۲۰۰۵ انجام شد. یافته‌ها نشان دادند که تحریک آندی DLPFC چپ می‌تواند افزایش عملکرد حافظه‌کاری را در تکلیف N-back موجب شود (فرگنی و همکاران، ۲۰۰۵). غلامعلی افروز و همکاران در سال ۱۳۹۵پژوهشی با هدف بررسی اثر درمانی تحریک مغز از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی(tDCS) بر حافظه‌کاری کودکان مبتلا به اختلال ریاضی انجام داده‌اند. به این منظور در این طرح پژوهشی، ۲۰ نفر از دانش‌آموزان با

[Downloaded from mail.joec.ir on 2026-10-18]

اختلال ریاضی در دوره ابتدایی انتخاب شدند. همه آزمودنی‌ها قبل و بعد از مداخله با آزمون حافظه کاری N-back ارزیابی قرار شدند. آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی در گروه آزمایش و کنترل تقسیم شدند. برنامه درمانی گروه آزمایش به مدت ۱۰ روز که هر روز به مدت ۱۰ دقیقه در ناحیه مغزیf3 با شدت ۱ میلی‌آمپر افراد در معرض درمان قرار گرفتند. نتایج نشان داد بین دو گروه آزمایش و کنترل در بهبود حافظه‌کاری تفاوت معناداری وجود دارد و tDCS در بهبود حافظه‌کاری کودکان دارای اختلال ریاضی مؤثر است (ارجمندنیا، اسبقی، افروز، غلامعلی و رحمانیان، ۲۰۱۶). خانجانی و مهدویان (۱۳۹۰) نیز پژوهشی بر درمان دانش‌آموزان نارساخوان انجام دادند. در این پژوهش از نوروفیدبک استفاده شد و به مدت ۲۰ جلسه درمان دریافت کردند. پژوهش در چارچوب طرح تجربی تک‌موردی و با پیگیری دوماهه و سه‌ماهه انجام شد. به‌منظور ارزیابی پیشرفت این کودکان از آزمون خواندن و نارساخوانی‌نما استفاده شد. نتایج نشان داد آزمودنی‌ها در آزمون خواندن پیشرفت داشتند و این پیشرفت در پیگیری دوماهه و سه‌ماهه پایدار بود. در پژوهشی دیگر که توسط مسلمی و همکاران سال ۱۳۹۹ انجام شد، نشان داد که تحریک آندی بر حافظه کاری مؤثر و موجب بهبود مشکل نارساخوانی است. همچین اثربخشی tDCS بر ناحیه قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ F3 بر کارکردهای شناختی نشان داد که ممکن است تحریک این ناحیه باعث بهبود کارکردهای شناختی شود.

با توجه به موارد بالا، هدف از پژوهش حاضر پاسخ‌دادن به این سوال‌ها است:

۱- آیا تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز(tDCS) بر حافظه‌کاری دانش‌آموزان با ناتوانی یادگیری خواندن مؤثر است؟

۲- آیا تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (tDCS) بر سطح خواندن دانش‌آموزان با ناتوانی یادگیری خواندن مؤثر است؟

روش

طرح این پژوهش از نوع پژوهش‌های نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون – پس‌آزمون با گروه شم است. در این نوع پژوهش آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی ساده در گروه‌ها اختصاص پیدا می‌کنند و حداکثر کنترل برمتغیرهای مربوط به اعتبار بیرونی به عمل می‌آید.

جامعه آماری، نمونه و روش نمونه‌گیری: جامعه آماری این پژوهش را تمامی دانش‌آموزان با ناتوانی یادگیری خواندن که در سال تحصیلی ۹۷-۹۶ به مرکز اختلال یادگیری شهرستان سیرجان مراجعه کردند،تشکیل می‌دهد. نمونه این پژوهش با توجه به نوع نیمه-آزمایشی با طرح پیش‌آزمون – پس‌آزمون با دو گروه شامل ۲۰ نفر (۱۴ دختر و ۶ پسر) دانش‌آموزان با ناتوانی یادگیری خواندن بود که از میان جامعه دانش-آموزان با ناتوانی یادگیری خواندن شهرستان سیرجان به‌صورت نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. آزمودنی‌های پژوهش در دو گروه آزمایش و شم به-صورت تصادفی ساده جایگذاری شدند (هر گروه ۱۰ نفر). برنامه مداخله‌ای در ۱۰ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای با نظارت درمانگر در کلاسی ساکت به آزمودنی‌های گروه آزمایش ارائه شد درحالی‌که تمام این مدت برنامه مداخله tDCS به گروه شم ارائه شد، با این تفاوت که به‌جای ۲۰ دقیقه تحریک الکتریکی، فقط ۳۰ ثانیه تحریک دریافت کردند، بدون اینکه آزمودنی از خاموش‌شدن دستگاه مطلع شود.

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) و استنباطی (تحلیل کواریانس چندمتغیری و تک‌متغیری) MANCOVA , ANCOVA به کمک نرم‌افزارSPSS استفاده شد. برای جمع‌آوری اطلاعات از ابزارهای زیر استفاده شد.

ابزار: به‌منظور انجام پژوهش حاضر از ابزارهای زیر استفاده شد.

آزمون N-back: آزمون حافظه‌کاری یک تکلیف

[Downloaded from mail.joec.ir on 2026-10-18]

سنجش عملکرد شناختی است که نخستین بار توسط کرچتر در سال (۱۹۸۵) به‌منظور بررسی حافظه‌کاری معرفی شد (آرنستن وروبیا، ۲۰۱۲). نتایج فراتحلیل نشان از فعالیت بخش خلفی جانبی کورتکس پیش-پیشانی، یکی از مناطق اصلی درگیر در حافظه‌کاری زمان انجام این تکالیف است (اون و همکاران، ۲۰۰۵). در اینجا از نرم‌افزار N-back استفاده شد. روند تکلیف به این شکل است که شرکت‌کنندگان پس از نمایش پیاپی تعدادی محرک با فاصله۱۸۰۰ میلی‌ثانیه بر رایانه، شباهت هر محرک را با محرک‌های پیشین شناسایی کنند. شباهت دو محرک با کلید ۱ و شباهت نداشتن آنها با کلید ۲ پاسخ داده می‌شود که هر دو نیازمند نگهداری و بازبینی اطلاعات در حافظه کوتاه مدت است. روند کلی تکلیف به این شکل است که دنباله‌ای از محرک‌ها (بیشتر دیداری) به صورت گام‌به‌گام، به آزمودنی ارائه می‌شود و آزمودنی باید بررسی کند که آیا محرک ارائه‌شده فعلی، با محرک n گام قبل از آن هم‌خوانی دارد یا خیر. انجام این آزمایش با مقادیر مختلف n انجام شده و با افزایش میزان n بر دشواری تکلیف افزوده می‌شود. به این ترتیب، در تکلیف یک 1-back، آخرین محرک ارائه-شده با محرک قبلی مقایسه می‌شود و در تکلیف 3-back، آخرین محرک ارائه‌شده با ۳ محرک قبل مقایسه خواهد شد. این آزمون زمان پاسخ و میزان پاسخ‌های درست و خطا را تعیین می‌کند (بروننی و همکاران، ۲۰۱۴). این آزمون زمان پاسخ و میزان پاسخ‌های درست و خطا را تعیین می‌کند (بروننی و همکاران، ۲۰۱۴). راش و همکاران پایایی این آزمون را با روش بازآزمایی۰/۷۸ گزارش کردند (بوش و همکاران، ۲۰۰۸). از این آزمون دو نمره، درصد بازشناسی غلط با ضریب پایایی ۰/۵۱ و درصد عدم بازشناسی با ضریب پایایی ۰/۷۶ به دست آمده است (قدیری، جزایری، عشایری و قاضی طباطبایی، ۱۳۸۵). روایی این آزمون ۰/۵۴ تا ۰/۸۴ به دست آمد (کساییان و همکاران، ۱۳۹۳).

آزمون خواندن و نارسا خوانی نما: در این پژوهش برای جمع‌آوری اطلاعات از آزمون خواندن و نارساخوانی (نما) استفاده شد. این آزمون توسط کرمی نوری و مرادی (۱۳۸۷) پدید آمد و به زبان‌های فارسی، آذری و کردی هنجار شد. این آزمون از ۱۰ خرده‌آزمون تشکیل شده است. مطالعه‌های مقدماتی این آزمون بر ۳۰۰ نفر (۱۰۰ نفر دانش‌آموز فارس زبان از شهر تهران، ۱۰۰ نفر دانش دانش‌آموزان کردزبان از شهر سنندج، ۱۰۰ نفر دانش‌آموز از شهر تبریز) انجام شد. پس از تحلیل داده‌های مطالعه مقدماتی اصلاحات لازم اعمال شد و درنهایت نسخه نهایی آزمون نیز آماده شد. اجرای اصلی آزمون بر ۱۶۱۴ نفر (۷۷۰ دانش‌آموز پسر و ۸۴۴ دانش‌آموز دختر) در پنج پایه تحصیلی و در سه مدرسه شهر تهران، سنندج و تبریز انجام شد. پس از گردآوری داده‌ها و انجام عملیات آماری برای هر پایه در هر شهر نمرات خام و نمرات هنجار محاسبه شدند(کرمی نوری و همکاران، ۱۳۸۷). هدف این آزمون بررسی میزان ناتوانی خواندن دانش‌آموزان عادی دختر و پسر در دوره دبستان با ویژگی‌های دوزبانگی و یک زبانگی و تشخیص کودکان دارای مشکلات خواندن و نارساخوانی است. خرده آزمون‌های این آزمون و نمره‌گذاری به شرح زیر است : خرده‌آزمون‌های: ۱-خواندن کلمات؛ ۲-زنجیره کلمات؛ ۳-قافیه، ۴- نامیدن تصاویر؛ ۵-درک متن؛ ۶-درک کلمات؛ ۷-حذف آواها؛ ۸-خواندن ناکلمات (کلمات بدون معنا)؛ ۹- نشانه‌های حرف و ۱۰-نشانه مقوله. پاسخ‌های درست هر خرده‌مقیاس با مراجعه به جدول مربوط، نمره ترازشده به دست می‌آید، نمرات ترازشده برای هر پایه در هر شهرستان متفاوت است. میانگین آزمون خواندن و نارساخوانی ۱۰۰ و انحراف معیار این آزمون برابر با ۱۵ است. اعتبار و پایایی این آزمون برای خرده‌آزمون‌های مختلف بین ۰/۴۳ تا ۰/۹۸ و کل آزمون۰/۸۲ به دست آمده. میانگین آزمون خواندن و نارساخوانی ۱۰۰ و انحراف معیار این آزمون

[Downloaded from mail.joec.ir on 2026-10-18]

برابر با ۱۵ است. نقطه برش این آزمون ۱۵۷ است. دانش‌آموزانی که در این آزمون نمره ۱۵۷ یا کمتر از ۱۵۷کسب کردند به عنوان دانش‌آموز دارای اختلال خواندن تشخیص داده می‌شود. ضریب روایی این آزمون۰/۷۱ است(حیدری، امیری و مولوی، ۱۳۹۱).

روش اجرا و مداخله: نخست در یک جلسه به ارائه مطالبی در مورد نحوه برگزاری و ساز و کار اثر tDCS به پدر ومادر و گرفتن رضایت‌نامه کتبی از آنها قبل از شروع جلسه‌های مداخله انجام شد؛ نسبت به شرایط و طول مداخله و همچنین بی‌خطربودن آن اطلاعات کافی ارائه شد و نسبت به رازداری و افشانکردنی اطلاعات به آنان اطمینان کامل داده شد. سپس از بین شرکت‌کنندگان، آنهایی که معیارهای ورود از جمله (داشتن توافق آگاهانه برای شرکت در پژوهش، کودکان دارای اختلال خواندن (تشخیص اختلال به وسیله متخصصان این حیطه در مرکز مشکلات یادگیری، اجرای آزمون نارساخوانی نما و کسب نمره ۱۵۷ و کوچکتر از آن)، برخورداری از توانایی هوشی ۸۵ به بالا (از روش آزمون وکسلر)، سن ۹-۷ سال، مصرف نکردن دارو، وجود نداشتن سابقه تشنج، راست دست بودن (از راه پرسشنامه برتری جانبی ادینبرگ) به دلیل اینکه نقطه F_3 در نیمکره چپ واقع شده است، از افراد راست‌دست در این پژوهش استفاده شد و وارد مرحله مداخله شدند. جلسه اول از تمامی دانش‌آموزان گروه نمونه آزمون‌های N-back و خواندن و نارساخوانی نما گرفته شد، به‌این ترتیب داده‌های پیش‌آزمون گردآوری شد. در ادامه افراد به‌طور تصادفی در دو گروه آزمایشی و شم قرار گرفتند. سپس برنامه مداخله‌ای (tDCS) که جریان مستقیم و ضعیفی ۱/۵میلی‌آمپر بر گروه آزمایش به مدت ۱۰ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای از راه الکترود آند به منطقه قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ DLPFC (f3) اعمال شد و الکترود کاتد بر شانه سمت راست قرار گرفت. در طول این مدت گروه شم به‌جای ۲۰ دقیقه تحریک فقط ۳۰ ثانیه تحریک دریافت کردند. درنهایت، پس از اجرای جلسه‌ها ، در روز بعد از شرکت‌کنندگان هر دو گروه، آزمون‌های N-back، خواندن و نارسا خوانی نما به عنوان پس‌آزمون گرفته شد. طول درمان ۱۰ جلسه به مدت دو هفته برگزار شد.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها: در پژوهش حاضر برای تحلیل داده‌ها از نرم افزار آماری (۲۲) SPSS استفاده شد. در بخش آمار استنباطی نیز از روش آماری تحلیل کواریانس استفاده شد.

یافته‌ها

آیا اعمال tDCS بر بهبود سطح خواندن کودکان با اختلال خواندن تأثیر دارد؟

برای بررسی این سؤال از آزمون نما استفاده شد. آزمون نما از لحاظ موضوع و توالی شامل ۱۰ خرده آزمون است که در این بخش پیش از اجرای آزمون، نخست مفروضه‌های اساسی تحلیل کوواریانس شامل توزیع نرمال‌بودن داده‌ها، همگنی شیب رگرسیون و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون‌های کلموگروف‌اسمیرنوف، آزمون بررسی همگنی شیب رگرسیون و آزمون لون ارائه شد، سپس در اینجا نمره کل آزمون از راه تحلیل کوواریانس تک‌متغیره (ANCOVA) بررسی شد.

مفروضه توزیع نرمال بودن داده‌ها: با توجه به اینکه سطح‌معناداری مقدار محاسبه شده کلموگروف اسمیرنوف در تکلیف مربوط به سطح خواندن۰/۹۵۹ از ۰/۰۵بزرگتر است، بنابراین داده‌ها، از مفروضه توزیع نرمال بودن متغیرها پیروی می‌کند. با توجه به این نتیجه در ادامه از آزمون‌های آماری پارامتریک استفاده شده است.

مفروضه همگنی شیب رگرسیون: با توجه به اینکه سطح معناداری مقدار محاسبه شده همگنی شیب رگرسیون برای تکلیف مربوط به سطح خواندن۰/۲۹۲ از ۰/۰۵بزرگتر است، بنابراین داده‌ها از مفروضه همگنی شیب رگرسیون پیروی کردند.

مفروضه همگنی واریانس‌ها: با توجه به سطح معناداری به‌دست‌آمده در تکلیف مربوط به سطح

[Downloaded from mail.joec.ir on 2026-10-18]

خواندن ۰/۵۷۴ بزرگتر از ۰/۰۵ می‌باشد، ازاین‌رو، می‌توان نتیجه گرفت که همگنی واریانس برای تکلیف یادشده برقرار شد(جدول ۱).

جدول ۱ تحلیل کوواریانس تک متغیره در بررسی اثربخشی پروتکل توانبخشی بر تکلیف سطح خواندن

متغیر	منابع	مجموع مجذورات	درجه آزادی df	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری	اندازه اثر
	گروه	۳۱/۵۶	۱	۳۱/۵۶	۲۸/۲۰	۰/۰۱	۰/۹۷۶
نمره کلی	خطا	۴۵/۵۳	۱۷	۲۶/۷۹			
آزمون نما	کل	۸۲/۲۱	۲۰				

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، تحلیل کوواریانس تک‌متغیره بیانگر آن است که اثر اصلی نمرات اکتسابی آزمودنی‌ها در تکلیف نما ($F_{(1,17)}$=۲۸/۲۰،p≤ ۰/۰۰۱، partialη^2= ۰/۹۷) معنادار است.

جدول ۲ میانگین تعدیل شده برای تکلیف مربوط به سطح خواندن

متغیر	گروه	Mean
نمره کلی آزمون	آزمایش	۷۶/۴۵
	کنترل	۴۵/۱۷

همانطور که در (جدول۲) مشاهده می‌شود، در نمره کلی آزمون نما مقدار میانگین تعدیل‌شده به دست آمده گروه آزمایش از گروه شم بیشتر شد. بنابراین از نتایج جدول بالا می‌توان نتیجه گرفت گروهی که بر آنها tDCS اعمال شد، نمره بالاتری را نسبت به گروه شم کسب کردند.

آیا اعمال tDCS بر بهبود عملکرد حافظه کاری کودکان با اختلال خواندن تأثیر دارد؟

برای بررسی این سؤال از آزمون N-back استفاده شد. آزمون N-back شامل ۲ خرده‌آزمون است. که در اینجا تحلیل شدند. در این بخش پیش از اجرای آزمون، نخست مفروضه‌های اساسی تحلیل واریانس شامل توزیع نرمال‌بودن داده‌ها، همگنی شیب رگرسیون، همگنی واریانس‌ها، همگنی ماتریس‌های واریانس و کوواریانس و همبستگی بین متغیرهای وابسته با استفاده از آزمون‌های همگنی شیب رگرسیون، کلموگروف اسمیرنوف، آزمون لون، آزمون باکس و آزمون بارتلت ارائه شد. سپس تحلیل کوواریانس چندمتغیره (MANCOVA) بررسی شد.

مفروضه توزیع نرمال بودن داده‌ها: با توجه به اینکه سطح معناداری مقدار محاسبه شده کلموگروف اسمیرنوف در تکلیف مربوط به حافظه کاری در خرده‌آزمون‌های تعداد پاسخ صحیح و میانگین زمان به‌ترتیب ۰/۶۳۳ و ۰/۵۰۴ از ۰/۰۵بزرگتر است، بنابراین داده‌ها از مفروضه توزیع نرمال‌بودن متغیرها پیروی کردند و در ادامه هم از آزمون‌های آماری پارامتریک استفاده شد.

مفروضه همگنی شیب رگرسیون: با توجه به اینکه سطح معناداری مقدار محاسبه‌شده همگنی شیب رگرسیون برای تکلیف مربوط به حافظه فعال در دو خرده‌آزمون تعداد پاسخ صحیح و میانگین زمان به ترتیب۰/۰۹۶ و ۰/۱۴۹ از ۰/۰۵بزرگتر است، بنابراین داده‌ها، از مفروضه همگنی شیب رگرسیون پیروی کردند.

مفروضه همگنی واریانس، همگنی ماتریس‌های واریانس-کوواریانس و همبستگی بین متغیرهای وابسته: با توجه به نتایج گزارش‌شده نشان می‌دهد که سطح معناداری در تکلیف مربوط به حافظه کاری در آزمون لون در دو خرده‌آزمون تعداد پاسخ صحیح و میانگین زمان به‌ترتیب ۰/۵۰۰ و ۰/۴۴۲ بزرگتر از ۰/۰۵ است، معنادار نیست و در آزمون باکس ۰/۵۴۹ بزرگتر از ۰/۰۵ و در آزمون بارتلت کوچکتر از۰/۰۰۱ است و معنادار نیست، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که همگنی واریانس، همگنی ماتریس‌های واریانس-

[Downloaded from mail.joec.ir on 2026-10-18]

کوواریانس و همبستگی بین متغیرهای وابسته برای تکلیف مربوط به حافظه‌کاری برقرار شد(جدول۳).

جدول ۳ نتایج آزمون تحلیل واریانس چندمتغیری برای بررسی پروتکل توانبخشی بر تکلیف مربوط به حافظه کاری

متغیر	آزمون‌ها	مقادیر	F	درجه آزادی- اثر	درجه آزادی- خطا	Sig	اندازه اثر
گروه	اثر پیلایی	۰/۷۸۱	۲۶/۶۹	۲	۱۵	۰/۰۰۱	۰/۷۸۱
	لامبدای ویلکز	۰/۲۱۹	۲۶/۶۹	۲	۱۵	۰/۰۰۱	۰/۷۸۱
	اثر هتلینگ	۳/۵۵	۲۶/۶۹	۲	۱۵	۰/۰۰۱	۰/۷۸۱
	بزرگترین ریشه‌روی	۳/۵۵	۲۶/۶۹	۲	۱۵	۰/۰۰۱	۰/۷۸۱

همانطور که در (جدول ۳) مشاهده می‌شود، سطح معناداری به دست آمده هر چهار آمارۀ چند متغیری مربوط یعنی اثر پیلایی، لامبدای ویلکز، اثر هتلینگ و بزرگترین ریشه روی کوچکتر از۰/۰۰۱ است (P≤۰/۰۰۱، F=۲۶/۶۹) و نشان می‌دهد گروه آزمایشی که tDCS دریافت کردند، نمرات بالاتری در تکلیف حافظه کاری کسب کردند.

متغیر	منابع	مجموع مجذورات	درجه آزادی df	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری	اندازه اثر
تعدادپاسخ صحیح	گروه	۹۷/۲۵	۱	۹۷/۲۵	۵۶/۱۴	۰/۰۱	۰/۷۷۸
	خطا	۲۷/۶۱	۱۶	۱۷/۲۲			
	کل	۱۰	۲۰				
میانگین زمان	گروه	۵۱/۸۶	۱	۵۱/۸۶	۲/۰۱	۰/۰۱۷	۰/۱۱۲
	خطا	۴۱/۹۳	۱۶	۲۵/۹۳			
	کل	۱۳	۲۰				

همانگونه که در (جدول۴) مشاهده می‌شود، خلاصه تحلیل واریانس چندمتغیره بیانگر آن است که اثر اصلی نمرات اکتسابی آزمودنی‌ها در تکلیف N-back (partialη²= ۰/۷۸۱، لامبدای ویلکز=۰/۲۱۹، p≤ ۰/۰۰۱، $F_{(1,16)}$=۲۶/۶۹) معنادار است.

جدول۵. میانگین تعدیل شده برای تکلیف مربوط به حافظه کاری

متغیر	گروه	Mean
تعداد پاسخ صحیح	آزمایش	۸۸/۱۹
	شم	۴۰/۱۰
میانگین زمان	آزمایش	۷۵/۵۴
	شم	۸۶/۴۵

همانطور که در جدول۵ مشاهده می‌شود پاسخ صحیح مقدار میانگین تعدیل‌شده به‌دست‌آمده مربوط به گروه آزمایش از گروه شم بیشتر است و در میانگین زمان، مقدار زمان صرف‌شده برای انجام تکلیف حافظه کاری در گروه آزمایش کم‌تر از گروه شم به نظر می‌رسد. بنابراین از نتایج جدول بالا می‌توان نتیجه گرفت که، گروه آزمایش که tDCS دریافت کردند، نمرات بالاتری را در تکلیف حافظه کاری (آزمون N-back) کسب کردند.

بحث و نتیجه‌گیری

در یک مطالعه انجام‌شده توسط فارست و هیچ (۲۰۰۰) شواهدی از گسترش کارکردهای اجرایی از ابتدای کودکی تا بزرگسالی به دست آمد و نشان داد که در دامنه سنی۷ تا ۱۰ سال رشد کارکردهای اجرایی سرعت پیدا می‌کند و در انتهای بزرگسالی به بالاترین حد خود می‌رسد، این یافته ضرورت آموزش کارکردهای اجرایی از آغاز کودکی تا بزرگسالی را یادآوری می‌کند. درنتیجه اعمال توانبخشی شناختی

[Downloaded from mail.joec.ir on 2026-10-18]

در محدوده سنی ۷ تا ۱۰ سال خود موجب اثربخشی و بهبود بیشتر کارکردهای اجرایی خواهد شد براساس مطالعه‌های عصب‌شناختی، مغز در صورت دریافت تحریک‌های بیشتر، قوی‌تر عمل خواهد کرد و هر اندازه مغز به فعالیت بیشتری وادار شود، قدرت شناختی بیشتری خواهد داشت. سلول‌های مغزی نیز با تحریک زیاد دارای شعبات دندریت و آکسون بیشتری می‌شوند و شبکه‌های ارتباطی پیچیده‌تری در آن‌ها ایجاد می‌شود و قدرت شناختی نیز افزایش پیدا می‌کند (تبریزی، ۱۳۹۱). اعمال tDCS به گروه آزمایش، عملکرد بهتر و صحت پاسخ بیشتری را در تکالیف مربوط به سطح خواندن آزمون نما و حافظه‌کاری، نسبت به گروه شم در مرحله پس‌آزمون دارد. کیبی، مارکس، مورگان و لانگ (۲۰۰۴) از بررسی ارتباط ناتوانی‌های تحولی خواندن و حافظه-کاری دریافتند که کودکان دچار ناتوانی‌های تحولی خواندن، اختلال آشکاری در حافظه‌کاری دارند. به نقل از یوسفی لویه (۱۳۸۶) به‌طورکلی سرعت پردازش در افراد نارساخوان پایین است و این به دلیل نقص در عملکرد حافظه‌کاری آنهاست. به عبارت دیگر ظرفیت پردازش آنها محدود است و سرعت پردازش شنیداری و پردازش واج‌شناختی آن‌ها با یکدیگر متناسب و هماهنگ نیست. این کودکان در تمام مؤلفه‌های حافظه‌کاری اعم از رمزگردانی واج‌شناختی، رمزگردانی کلامی و حافظه واج‌شناختی نقص دارند و ظرفیت حافظه‌کاری آنها محدود است.

از منظر عصب‌شناختی می‌توان به پژوهش کلینبرگ و همکاران (۲۰۰۰) اشاره کرد که در پژوهش خود از MRI به‌منظور بررسی عملکرد حافظه استفاده کردند و نشان دادند که در زمان انجام تکالیف مربوط به حافظه برخی از نواحی خاص مرتبط با حافظه فعالیت بیشتری را نشان می‌دهند. از طرف دیگر مطالعات باجیو و همکاران (۲۰۰۹) که از راه الکتروانسفالوگرافی، EEG انجام شد، نشان می‌دهد که در طول تکلیف مرتبط با حافظه کاری، دوپامین در نواحی پیش‌پیشانی افزایش پیدا می‌کند، که این افزایش دوپامین در سیستم عصبی- شناختی مربوط به حافظه کاری، خود باعث عملکرد بهتر فرد در زمان انجام کار مرتبط با حافظه‌کاری می‌شود.

همچنین در پژوهشی دیگر بر کودکان با اختلال یادگیری خاص خواندن نشان داد که اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز و افزایش تحریک‌پذیری سطحی در کورتکس پیش‌پیشانی موجب کاهش انتقال‌دهندهی عصبی گابا و نیز افزایش دوپامین در قسمت مغزی مرتبط با توجه به منطقه قشر پیش‌پیشانی خلفی - جانبی سمت چپ در این افراد شده است (روح‌الامینی و همکاران، ۱۳۹۷).

در پژوهش دیگرکه توسط اولیویرا، زان، ولینگو و همکاران (۲۰۱۳) انجام شد، اشاره شده است که افزایش تحریک‌پذیری سطحی در کورتکس پیش-پیشانی موجب افزایش رهاسازی دوپامین می‌شود که خود موجب بهبود عملکرد حافظه‌کاری است. ممکن است تحریک دوپامینرژیک برای حفظ فعالیت کورتکس پیش‌پیشانی و فرایندهای حافظه‌کاری ضروری باشد، بنابراین tDCS آندی موجب آثار بهبود تحریکی می‌شود که شاید آن سطوح گلوتامات آمینواسید مرتبط با حافظه‌کاری، بازشناسی حافظه و یادگیری محرک پاسخ را افزایش می‌دهد. همچنین در پژوهشی دیگر توسط بیات مختاری و همکاران (۱۳۹۶) گفته شده است که دوپامین به‌عنوان یک عامل نهفته در شکل‌پذیری سیناپس و سازوکارهای حافظه معرفی شده است. در مورد نقش دوپامین در حافظه و یادگیری شواهد فارماکولوژی وجود دارد. جلوگیری از برداشت دوپامین یادگیری را بهبود می‌بخشد و رهاسازی استیل کولین از هیپوکامپ را افزایش می دهد.

قنبرزاده و همکاران (۱۴۰۰) در تبیین یافته‌های خود گفتند تحریک آندی در هر دو لوب DLPFC آزمودنی‌ها با دپوالریزه‌شدن نورون‌ها همراه است و موجب کاهش استراحت نورونی و در نهایت

[Downloaded from mail.joec.ir on 2026-10-18]

تحریک‌پذیری بیشتر نورون‌های این ناحیه شده است. از سوی دیگر، افزایش تحریک‌پذیری نورون‌های ناحیه از قشر سبب رهاسازی هرچه بیشتر نورو ترانسمیترهای این بخش می‌شود .به این‌ترتیب نوروترانسمیترها زمان بیشتری در فضای بین‌سیناپسی باقی می‌مانند و آثار طولانی‌مدت بر بهبود حافظه کاری خواهند داشت.

در نتیجه می‌توان گفت که تحریک مناطق حافظه‌کاری به‌وسیله tDCS باعث افزایش فعالیت سلول‌های عصبی در مناطق ذکرشده می‌شود که درنتیجه سرعت پردازش و همچنین بهبود عملکرد را به همراه خواهد داشت. در یک مطالعه انجام‌شده توسط فارست و هیچ (۲۰۰۰) شواهدی از گسترش کارکردهای اجرایی از آغاز کودکی تا بزرگسالی به دست آمد و نشان داد که در دامنه سنی ۷ تا ۱۰ سال رشد کارکردهای اجرایی سرعت پیدا می‌کند و در انتهای بزرگسالی به بالاترین حد خود می‌رسد. این یافته ضرورت آموزش کارکردهای اجرایی از آغاز کودکی تا بزرگسالی را یادآوری می‌کند. درنتیجه اعمال توانبخشی شناختی در محدوده سنی ۷ تا ۱۰ سال خود موجب اثربخشی و بهبود بیشتر کارکردهای اجرایی خواهد شد. براساس مطالعه‌های عصب‌شناختی، مغز در صورت دریافت تحریک بیشتر، قوی‌تر عمل خواهد کرد و هر اندازه مغز به فعالیت بیشتری وادار شود، قدرت شناختی بیشتری خواهد داشت. سلول‌های مغزی نیز با تحریک زیاد دارای شعبات دندریت و آکسون بیشتری می‌شوند و شبکه‌های ارتباطی پیچیده‌تری در آن‌ها ایجاد می‌شود و قدرت شناختی نیز افزایش پیدا می‌کند(تبریزی، ۱۳۹۱). باتوجه به پژوهش انجام شده توسط نیچه و همکاران (۲۰۰۵) در تبیین چگونگی تأثیر tDCS بر قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ (DLPFC) می‌توان گفت که ارائه تحریک tDCS با تغییر تحریک‌پذیری نورون‌ها و جابه‌جایی پتانسیل غشای نورون‌های سطحی در جهت دپولاریزاسیون یا هایپرپولاریزاسیون باعث شلیک بیشتر یا کمتر سلول‌های مغز می‌شود. در مطالعه حاضر، قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ (DLPFC) از راه یک جریان الکتریکی ضعیف به شیوهٔ غیرتهاجمی تحریک شد. تحریک tDCS به‌منظور تحریک‌پذیری قشری در ناحیهٔ قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی انجام می‌شود که درنتیجه آن، کارکرد نورون‌های مغز، افزایش یا کاهش پیدا می‌کند. همچنین در مورد محدوده‌ای که الکترود آند روی آن قرار می‌گیرد، باید گفت که اثر کارکردی tDCS فقط همان ناحیه را تحریک قرار می‌کند.

در مجموع یافته‌های این مطالعه همسو با نتایج مطالعه‌های انجام شده در گذشته بود و تأییدی بر اثربخشی تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر بهبود حافظه‌کاری است. به دنبال مشکل و بدکارکردی در کارکردهای اجرایی، بدعملکردی و کاهش سطح خواندن در افراد با نارساخوانی مشاهده خواهد شد. به‌این ترتیب کارکردهای اجرایی و سطح خواندن در تعامل نزدیک با یکدیگر هستند. وقتی بیان می‌شود عملکرد و سطح خواندن، باید توجه داشت که مولفه‌های زیادی در کنار هم و به طور یک کل جامع سطح خواندن را در افراد با نارساخوانی تشکیل می‌دهند، ازجمله می‌توان به خرده‌آزمون‌های آزمون نما اشاره کرد که مواردی مختلف را در این افراد سنجش می‌کنند و در کنار یکدیگر و به‌طور جامع یک نمره به‌دست می‌آورند که این نمره کل نشان‌دهنده عملکرد و سطح خواندن افراد است که این نمره در اینجا معنادار بوده و همچنین با توجه به عملکرد کودکان در بخش پیش آزمون و پس‌آزمون، آزمون نما و مقایسه آن‌ها در طی انجام تکلیف از نظر تعداد پاسخ‌های صحیح، کاهش تعداد خطا سرعت عمل پاسخ‌گویی و نیز کاهش زمان جواب به سوال‌ها در قبل و بعد اعمال برنامه مداخله نشان‌دهنده اثربخشی tDCS است.

[Downloaded from mail.joec.ir on 2026-10-18]

در پژوهشی که توسط کوستانزو و همکاران (۲۰۱۹) انجام شد، شواهدی از بهبود مداوم خواندن در کودکان و نوجوانان مبتلا به اختلال یادگیری خاص خواندن به‌وسیله tDCS ارائه می‌دهد که همسو با نتایج پژوهش است.

ازاین‌رو برای بهبود سطح خواندن در دانش‌آموزان دارای اختلال خواندن می‌توان از راه بهبود کارکردهای اجرایی با استفاده از دستگاه tDCS بر منطقه f_3 (DLPFC) اقدام کرد. در نهایت کاربرد tDCS در بهبود حافظه‌کاری در دانش‌آموزان نارساخوان منجر به بهبود سطح خواندن می‌شود و می‌تواند راهکاری سریع و مطمئن در بهبود سریع‌تر این دانش‌آموزان باشد.

با توجه به دسترسی نداشتن به نمونه کافی برای بررسی و مقایسه برنامه‌های مداخله تحریکی با شدت جریان‌های گوناگون، انجام نمونه‌گیری در دسترس و محدودیت زمانی برای اتمام پژوهش حاضر، امکان انجام مرحله پیگیری در مدت زمان طولانی‌تر مقدور نبود. وجود محدودیت سنی آزمودنی‌ها (فقط کودکان ۷-۹ ساله در پژوهش شرکت داده شد) و همچنین پژوهش حاضر تنها بر کودکان با اختلال طیف خواندن اجرا شد، بنابراین در تعمیم نتایج آن به سایر گروه‌ها باید دقت شود.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی در حجم نمونه بزرگتر و با انجام مراحل پیگیری انجام شود. از سایر برنامه‌های توانبخشی شناختی در کنار این برنامه‌ها استفاده شود.

همچنین اثربخشی برنامه مداخله به‌کاررفته در پژوهش حاضر بر سایر گروه‌های آسیب‌های شناختی اجرا شود. همچنین توصیه می‌شود اثربخشی برنامه مداخله به‌کاررفته در پژوهش حاضر بر سایر جنبه‌های کارکردهای شناختی مثل بازداری پاسخ و حل مسئله بررسی شود. برنامه مداخله معرفی‌شده در ابعاد وسیع‌تر در مراکز توانبخشی برای غنی‌ترساختن برنامه‌های جامع توانبخشی در این افراد استفاده شود.

تشکر و قدردانی

در اینجا از شرکت محترم مدینا طب‌گستر ارائه دهنده دستگاه tDCS با فراهم کردن شرایط تهیه دستگاه به‌منظور پژوهش، آموزش‌وپرورش و مرکز مشکلات یادگیری شهرستان سیرجان بابت همکاری صمیمانه، نهایت تشکر و قدردانی می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1. Central executive system
2. Phonological loob
3. Visuospatial sketchpad

References

Arjamandania, A; Sbaghi, M.; Afrooz, G. and Rahmanian, M. (2016). The effect of direct electrical stimulation from the skull (tDCS) on increasing the working memory of children with math disorder. Learning Disabilities, 6(1) 7-25. [DOI:https://jld.uma.ac.ir/article_453.html?lang=fa] [Persian]

American Psychiatric Association (2013). The fifth edition of diagnostic and statistical manual of mental disorders. Tehran: Honorable.

Andrews, S. C., Hoy, K. E., & et al. (2011). Improving working memory : the effect of combining cognitive activity and anodal transcranial direct curreent stimulation to the left dorsolateral prefrontal cortex. Brain stimulation,4,84-9. [DOI:https://doi.org/10.1016/j.brs.2010.06.004]

Arnsten, A. F., Rubia, K. (2012). Neurobiological circuits regulating attention,cognitive control,motivation,and emotion:disruptions in neurodevelopmental psychiatric disorders. Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry,51(4),356-367. [DOI:https://doi.org/10.1016/j.jaac.2012.01.008]

Baddeley ,A. (2003). Working memory:looking back and looking forward. Nature reviews neuroscience,4(10),829-839 .[DOI:https://www.nature.com/articles/nrn1201]

Baddeley, A. D., &Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of learning and motivation,8,47-89.*

Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. Psychology of learning and motivation, 8, 47-89.

Baddeley, A. D., Kopelman, M. D., & Wilson, B. A. (2003). The handbook of memory disorders. John Wiley & Sons.

Bayat Mokhtari, L.; Agha Yousfi, A.; Zare, A. and Nejati, V. (2016). The effect of electrical stimulation of the brain from the skull and phonological awareness training on improving the performance of the auditory aspect of working memory in dyslexic children. Exceptional Children Quarterly, 4, 2016, 37-48. [DOI:https://www.sid.ir/paper/96452/fa][Persian]

[Downloaded from mail.joec.ir on 2026-10-18]

Best, J. R., Miller, P. H., & Jones, L. L. (2009). Executive functions after age 5 :Changes and correlates. *Developmental review, 29*(3), 180-200.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.dr.2009.05.002]

Blair, C., Zelazo, P. D., & Greenberg, M. T. (2005). The measurement of executive function in early childhood. *Developmental neuropsychology, 28*(2), 561-571. [DOIhttps://api.taylorfrancis]

Brunoni, A., R.,Vanderhasselt,M,A .,(2014) . Working memory improvement with non-invasive brain stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex:a systematic review and meta-analysis. Brain and cognition,86,1-9.
[DOIhttps://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.01.008]

Tabrizi, M. (2011). Treatment of dictation disorders. Tehran: Abundant. [Persian]

Tabatabai, M.; Qadiri, F; Jazayeri, A. and Ashairi, H. (1385). The role of cognitive rehabilitation in reducing the deficits of executive functions and obsessive-compulsive symptoms of schizo-obsessive patients. Journal of Rehabilitation, 4(7).
[DOI:https://www.noormags.ir/view/en/articlepage][Persian]

transcranial direct current stimulation (tDCS): challenges and future directions. *Brain stimulation, 5*(3), 175-195.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.brs.2011.03.002]

Bush, G., Spencer,T, J., Holmes, J., Shin, L.M., Valera, E.M., Seidman, L.J &,. et al. (2008). Functional magnetic resonance imaging of methylphenidate and placebo in attention-deficit/hyperactivity disorder during the multi-source interference task. *Arch Gen Psychiatry,65,102-114.*
[DOI:10.1001/archgenpsychiatry.2007.16]

Carrasco, M. (2011). Visual attention:The past 25 years.Vision Research. 51,1484_1525 [DOI:https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.04.012]

Costanzo, F., Varuzza,C.,Rossi,S.,Varvara,P., & et al. (2016). Evidence for reading improvement following tDCS treatment in children and adolescents with Dyslexia. *Restorative Neurology and Neuroscience,34,215*. [DOI:10.3233/RNN-150561]

Costanzo, F., Varuzza,C.,Rossi,S.,Varvara,P., & et al.(2019) Long-lasting improvement following tDCS treatment combined with a training for reading in children and adolescents with dyslexia. Child Neuropsychiatric Unit, Bambino Gesù Children's Hospital, IRCCS, Department of Neuroscience, Piazza Sant'Onofrio4, I-00165.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.03.016]

Doty, L. (2012). Exective function and memory\cognition changes.partially supported by the florid department of elder affairs Alzheimer disease initiative.

Fregni, F., Boggio, P. S., Nitsche, M., Bermpohl, F., Antal, A., Feredoes, E., Paulus ,W. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Experimental brain research, 166*(1), 23-30.
[DOI:https://springer.com/article/10.1007/s00221-005-2334-6]

Fregni, F., & Pascual-Leone, A. (2007). Technology insight: noninvasive brain stimulation in neurology—perspectives on the therapeutic potential of rTMS and tDCS. *Nature Clinical Practice Neurology, 3*(7), 383-393 .
[DOI:https://www.nature.com/articles/ncpneuro0530]

FÜrst, A. J., & Hitch, G. J. (2000). Separate roles for executive and phonological components of working memory in mental arithmetic. Memory & cognition, 28(5), 774-782.
[DOI:https://springer.com/article/10.3758/BF03198412]

Galea, J. M., Jayaram, G., Ajagbe, L., & Celnik, P. (2009). Modulation of cerebellar excitability by polarity-specific noninvasive direct current stimulation. *Journal of Neuroscience, 29*(28), 9115-9122.
[DOI:https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2184-09.2009]

Ghanbarzadeh, M.; Rostami, R. and Hatami, J. (1400). Determining the effectiveness of transcranial direct stimulation along with reading training on working memory and reading performance of dyslexic children; Evidence of event-dependent potentials. Quarterly Journal of Applied Psychological Research. 81-59.(1)12.[DOI: 10.22059/JAPR.2021.298078.643442] [Persian]

Gladwin, T. E., den Uyl ,T. E., & Wiers, R. W. (2012). Anodal tDCS of dorsolateral prefontal cortex during an Implicit Association Test. *Neuroscience letters, 517*(2), 82-86.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.04.025]

Harris, M. and Alipour, A. (1386). Investigating the reliability and validity of the Edinburgh Handicap Questionnaire in Iran. Psychological Sciences, 117, 266-252. [Persian]

Hecht, D. (2010). Transcranial direct current stimulation in the treatment of anorexia. *Medical hypotheses, 74*(6), 1044-1047.
[DOI:https://doi.org/10.1016/j.mehy.2009.12.032]

Heth, I., & Lavidor, M. (2015). Improved reading measures in adults with dyslexia following transcranial direct current stimulation treatment. *Neuropsychologia, 70*, 107-113.

[Downloaded from mail.joec.ir on 2026-10-18]

[DOI:https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.02.022]

Hoy, K. E., Emonson, M. R., Arnold, S. L., Thomson, R. H ,. Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2013). Testing the limits: investigating the effect of tDCS dose on working memory enhancement in healthy controls. *Neuropsychologia, 51*(9), 1777-1784. [DOI:https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.05.018]

Javadi, A. H., &Walsh,V. (2012). Transcranal direct current stimulation(tDCS)of the left dorsolateral prefrontal cortex modulates declarative memory. Brain stimulation,5(3),231-241. [DOI:https://doi.org/10.1016/j.brs.2011.06.007]

Jeffries, S., & Everatt, J. (2004). Working memory: its role in dyslexia and other specific learning difficulties. Dyslexia, 10(3) ,214-196. [DOI:https://doi.org/10.1002/dys.278]

Jeon, S. Y., & Han, S. J. (2012). Improvement of the working memory and naming by transcranial direct current stimulation. Annals of rehabilitation medicine,36(5),585-595. [DOI:https://doi.org/10.5535/arm.2012.36.5.585]

Karmi Nouri, R. and Moradi, A. (1387). Reading and dyslexia test (view). Tehran: Jihad University of Teacher Training. [Persian]

Khanjani, Z; Mahdovian, H.; Ahmadi, P.; Hashemi, T. and Fatholapour, L. (2012). The effectiveness of Fernald's multi-sensory method on dyslexia of secondary school students in Tabriz city (case study). Psychology of exceptional people, 2(6), 135-157. [DOI:https://jpe.atu.ac.ir/article_2146][Persian]

Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2000). Training of working memory inchildren with ADHD. Journal of clinical and Intervention Neuropsychology,24(6)781-791 [DOI:https://doi.org/10.1097/00004583-200502000-00010]

Lerner, J. W. (1989). *Learning disabilities: Theories, diagnosis, and teaching strategies*: Houghton Mifflin Harcourt (HMH).

Levine, M. D., & Swartz , C. W. (1995). the unsuccessful adolescent in learning disabilities association of america (ed),secondary education and beyond: providing opportunities for students with learning dsabilities(pp.3-12),pirtsburgh: learning disabilities association of America

Mokhtari, L.; Agha Yousofi, A; Zare, H. and Nejati, V. (2016). The effect of direct electrical stimulation of the brain from the skull and phonological awareness training on improving the performance of the visual aspect of working memory in dyslexic children. Scientific-Research Quarterly Journal of Neuropsychology, third year, number two, (8). [DOI:https://www.sid.ir/paper/96452/fa][Persian]

Nitsche, M. A., Seeber, A., Frommann, K., Klein, C. C., Rochford, C., Nitsche, M. S., & Paulus, W. (2005). Modulating parameters of excitability during and after transcranial direct current stimulation of the human motor cortex. . The Journal of physiology, 568(1), 291-303. [DOI:https://doi.org/10.1113/jphysiol.2005.092429]

Oliveira, J. F., Zanao, T.A., Valiengo, L. Lotufo, P. A., Bensenor, I. M., Fregni, F., & Brunoni, A. R. (2013). Acute working memory improvement after tDCS in antidepressant-free patients with major depressive disorder. *Neuroscience letters,537,60-64* . [DOI:https://doi.org/10.1016/j.neulet.2013.01.023]

Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handednes:the Edinburgh inventory. Neuropsychologia,9(1),97-113. [DOI:https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4]

Owen, A. M., McMillan, K. M., Laird, A. R., & Bullmore, E. (2005). N-back working memory paradigm:A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. Human brain mapping,25(1),46-59. [DOI:https://doi.org/10.1002/hbm.20131]

Policy, N., Silver, C. H., Ruff, R. M., Iverson, G. L., Barth, J. T., Broshek, D .K., Committee, P. (2008). Learning disabilities: The need for neuropsychological evaluation. *Archives of Clinical Neuropsychology, 23*(2), 217-219.[DOI: https://doi.org/10.1016/j.acn.2007.09.006]

Riccio, C. A., Sullivan, J. R., & Cohen, M. J. (2010). Neuropsychological assessment and intervention for childhood and adolescent disorders. John Wiley & Son.

Rouholamini, Sh. Soleimani, M. Waqif, L. (2017). The effectiveness of transcranial direct electrical stimulation of the brain (tDCS) on selective attention and cognitive flexibility of students with specific learning disabilities in reading. Learning disabilities. 8(1), 23-41. [DOI:10.22098/jld.2018.707][Persian]

Schlaug, G., Renga, V., & Nair, D. (2008). Transcranial direct current stimulation in stroke recovery. *Archives of neurology, 65*(12), 1571-1576.[DOI: 10.1001/archneur.65.12.1571]

Seidman, L. J. (2006). Neuropsychological functioning in people with ADHD across the lifespan. *Clinical psychology review, 26*(4), 466-485.[DOI: https://doi.org/10.1016/j.cpr.2006.01.004]

Sironi, V. A. (2011). Origin and evolution of deep brain stimulation. *The development of deep brain stimulation for neurological and psychiatric disorders: clinical, societal and ethical issues,* 4. [DOI:https://doi.org/10.3389/fnint.2011.00042]

[Downloaded from mail.joec.ir on 2026-10-18]

Smith-Spark, J. H., & Fisk, J. E. (2007). Working memory functioning in developmental dyslexia. Memory, 15(1), 34-56. [DOI:https://doi.org/10.1080/09658210601043384]

Stagg, C. J., Best, J. G., Stephenson, M. C., O'Shea, J., Wylezinska, M., Kincses, Z. T., Johansen-Berg, H. (2009). Polarity-sensitive modulation of cortical neurotransmitters by transcranial stimulation. *Journal of Neuroscience*, *29*(16), 5202-5206 [DOI:https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4432-08.2009]

Stagg, C. J., Best, J. G., Stephenson, M. C., O'Shea, J., Wylezinska, M., Kincses, Z. T., Johansen-Berg, H. (2009) .Polarity-sensitive modulation of cortical neurotrasmitters by transcranial stimulation. *The Journal of neuroscience,29(16),5202-5206.* [DOI:https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4432-08.2009]

Vicario, C. M., & Nitsche, M. A. (2013). Transcranial direct current stimulation: a remediation tool for the treatment of childhood congenital dyslexia.*Frontiers in human neuroscience*, *7*, 139. [DOI:https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00139]

Williams, J. A., Imamura, M., & Fregni, F. (2009) . Updates on the use of non-invasive brain stimulation in physical and rehabilitation medicine. *Journal of rehabilitation medicine*, *41*(5), 305-311.[DOI: https://doi.org/10.2340/16501977-0356].

Arkan A, Yaryari F. Effect of transcranial direct current stimulation (TDCS) on working memory in healthy people. Abstract. Journal title 2014; 2 (2) :10-17 [DOI:http://jcp.khu.ac.ir/article-1-2229-fa.html][Persian]

Younger, J. W., Melissa, R. W., & Booth, J. R. (2016). Weighing the cost and benefit of Transcranial Direct Current Stimulation on Different reading subskills. Frontiers in neuroscience,10-262. [DOI:https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2016.00262/full]

Yousefi Louye, M. (1386). An introduction to the psychology of memory. Tehran: Zarbaf Asl. [Persian]

Zaehle, T., Sandmann, P., Thorne, J. D., Jäncke, L., & Herrmann, C. S. (2011). Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates working memory performance: combined behavioural and electrophysiological evidence. *BMC neuroscience*, *12*(1), 2. [DOI:https:// springer.com/article/10.1186/1471-2202-12-2]

[Downloaded from mail.joec.ir on 2026-10-18]