

تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه (tDCS) بر افزایش حافظه‌ی فعال کودکان مبتلا به اختلال ریاضی

علی اکبر ارجمندنیا^۱، مونا اسبقی^۲، غلامعلی افروز^۳ و مهدیه رحمانیان^۴

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر درمانی تحریک مغز از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی (tDCS) بر حافظه‌ی فعال کودکان مبتلا به اختلال ریاضی انجام گرفته است. بدین منظور در این طرح پژوهشی ۲۰ نفر از دانش‌آموزان دارای اختلال ریاضی در دوره‌ی ابتدایی با روش نمونه‌گیری هدفمند از مراجعه‌کنندگان به کلینیک شهر تهران انتخاب شدند. همه آزمودنی‌ها قبل و بعد از مداخله درمانی با آزمون حافظه‌ی فعال N-back مورد ارزیابی قرار گرفتند. دانش‌آموزان به صورت تصادفی در دو گروه ۱۰ نفری آزمایش و کنترل تقسیم شدند. برای افراد گروه آزمایش به مدت ۱۰ روز برنامه درمانی (tDCS) اجرا گردید به این ترتیب که هر روز به مدت ۱۰ دقیقه در ناحیه مغزی F3 با شدت ۱ میلی‌آمپر افراد در معرض درمان قرار گرفتند. داده‌ها با استفاده از آزمون کوواریانس تک‌متغیره تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد که بین دو گروه آزمایش و کنترل در بهبود حافظه‌ی فعال تفاوت معناداری وجود دارد ($P=0/001$). می‌توان چنین نتیجه گرفت که مداخله تحریک الکتریکی مغز یا (tDCS) در بهبود حافظه‌ی فعال کودکان دارای اختلال ریاضی مؤثر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تحریک الکتریکی مغز، اختلال ریاضی، حافظه‌ی فعال

۱. دانشیار گروه روان‌شناسی و آموزش کودکان استثنائی، دانشگاه تهران

۲. نویسنده‌ی رابط: کارشناس ارشد روان‌شناسی و آموزش کودکان استثنائی، دانشگاه تهران (asbaghi.m@ut.ac.ir)

۳. استاد ممتاز گروه روان‌شناسی و آموزش کودکان استثنائی، دانشگاه تهران

۴. استادیار گروه روان‌شناسی، دانشگاه پیام نور

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۱۵

مقدمه

ناتوانی یادگیری خاص عبارت است از وجود اختلال در یک یا بیش از یک فرایند روان‌شناختی پایه که در فرایند درک یا کاربرد زبان شفاهی یا نوشتاری نقش دارد (شکوهِی‌یکتا و پرند، ۱۳۸۹). کودکان مبتلا به ناتوانی یادگیری، گروه ناهمگنی هستند که وجوه مشترکی در خصوص عملکرد تحصیلی دارند (سوتوزاکی و پارلو^۱، ۲۰۰۶؛ نقل از غفوری، ۱۳۹۱) و مشخصه اصلی این اختلال‌ها در کودک یا نوجوان عدم پیشرفت تحصیلی در زمینه‌ی خواندن، بیان نوشتاری یا ریاضیات در مقایسه با توانایی هوشی کلی کودک است (کاپلان و سادوک^۲، ۲۰۰۳؛ ترجمه رضاعی، ۱۳۸۲). اختلال‌های یادگیری طبق تعریف در DSM-5^۳ طیفی از اختلال‌های یادگیری خاص را تشکیل می‌دهند و مطابق با این تعریف اختلال‌های یادگیری خاص با مشکل در زمینه خواندن، نوشتن و یا ریاضیات شناخته می‌شود. یکی از انواع اختلال یادگیری خاص اختلال از نوع نارسایی در حساب می‌باشد. در اختلال‌های ریاضی نقایصی در چهار گروه مهارت‌ها شناسایی شده است: (۱) مهارت زبانی (مهارت‌هایی که مربوط به درک اصطلاحات ریاضی و تبدیل مسائل نوشتاری به نمادهای ریاضی است)، (۲) مهارت‌های ادراکی (توانایی شناسایی و درک نمادها، مرتب کردن مجموعه و مشاهده درست مفاهیم عملیاتی). این اختلال اغلب همراه با اختلال خواندن و اختلال بیان نوشتاری دیده می‌شود (کاپلان و سادوک، ۲۰۰۳؛ ترجمه رضاعی، ۱۳۸۲).

در چند دهه اخیر پژوهش‌های بسیاری در زمینه‌ی علت‌شناسی این اختلال صورت گرفته است. برخی پژوهشگران، مهم‌ترین عوامل مؤثر در این اختلال را عوامل ژنتیکی، تراژون، بدکاری عصبی مرکزی و اختلال‌های پردازش روان‌شناختی می‌دانند (هالاها و کافمن^۴، ۲۰۰۳؛ ترجمه علیزاده، صابری، هاشمی و محی‌الدین، ۱۳۹۰). برخی پژوهش‌ها ضعف در عملکردهای

1. Sotozaki & Parlow
2. Kaplan & Sadock
3. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders
4. Hallahan and Kauffman

اجرائی و حافظه‌ی فعال را علت اصلی در پیدایش مشکل در ریاضیات می‌دانند (بوتگ، هنریشز، چان، سرلین^۱، ۲۰۰۱؛ گری^۲، ۲۰۰۵؛ راسل و نوئل^۳، ۲۰۰۷؛ کارکمن و پسونن^۴، ۱۹۹۴؛ سوانسون و سیگل^۵، ۲۰۰۱، ارجمندیا، شریفی و رستمی، ۱۳۹۲؛ کوهبنانی، علیزاده، هاشمی، صرامی و کوهبنامی، ۱۳۹۲؛ جانه، ابراهیمی‌قوام و علیزاده، ۱۳۹۱). دانش‌آموزان دچار نقص شدید حافظه اغلب نظام زیربنایی اعداد را می‌فهمند اما نمی‌توانند اعداد را به‌سرعت به خاطر بیاورند. دانش‌آموزی که در کسب مفاهیم پایه‌ای محاسبه به سطح خودکار نرسیده است، انرژی و زمان زیادی را صرف رسیدن به جواب می‌کند. حافظه‌ی بینایی هم در یادگیری هندسه اهمیت دارد زیرا مستلزم به خاطر سپردن شکل‌های هندسی مختلف و تعداد زاویه‌های یک شکل است (سیف نراقی و نادری، ۱۳۸۴). گیری^۶ ۱۹۹۳ نیز به نقل از لندرل^۷ و همکاران (۲۰۰۴) پیشنهاد می‌کند که حافظه‌ی فعال ضعیف نه تنها منجر به مشکل در انجام فرایندهای محاسبه‌ای می‌شود بلکه ممکن است بر یادگیری عملیات ریاضی نیز تأثیر داشته باشد. همچنین گیری (۲۰۰۳) پیشنهاد داده‌اند که ضعف حافظه معنایی ممکن است زمینه‌ای برای مشکل‌های یادگیری عملیات ریاضی و ضعف در خواندن که مکرراً با اختلال یادگیری ریاضی همراه می‌شود باشد. این نویسندگان نتیجه گرفتند که به طور کلی حافظه‌ی فعال و بعضی جنبه‌های کارکردهای اجرائی در کودکان مبتلا به مشکل‌های ریاضی ضعیف هستند.

بدلی^۸ در سال ۱۹۷۴ حافظه کوتاه مدت را حافظه‌ی فعال نامید و برای آن تعریف دقیق‌تر و جامع‌تری پیشنهاد کرد. او پیشنهاد اتکینسون و شیفرین^۹ (۱۹۷۱) را که نقش یک نظام اجرائی

1. Bottge, Heinrichs, Chan & Serlin
2. Geary
3. Rousselle & Noël
4. Korkman & Pesonen
5. Swanson & Siegel
6. Geary
7. Landerl
8. Baddeley
9. Atkinson & Shiffrin

تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر افزایش حافظه‌ی فعال کودکان مبتلا به اختلال ریاضی

کنترل کننده را برای حافظه کوتاه مدت قائل شدند، مطالعه و آزمایش کرد و اهمیت پردازش کوتاه مدت را به عنوان حافظه‌ی فعال و عمل کننده در تکالیف شناختی نظیر یادگیری، استدلال و درک معنایی نشان داد. او یک نظام اجرایی مرکزی کنترل کننده را برای حافظه‌ی فعال پیشنهاد کرد که زیر مجموعه‌های دیگری دارد. همچنین مدل حافظه‌ی فعال و مؤلفه‌های تشکیل دهنده آن نقش بسیار مهمی در مطالعات علمی شناخت داشته است (کرمی نوری، ۱۳۸۳).

سیگل و رایان (۱۹۸۹؛ به نقل از لندر، بوان و بتروث^۱، ۲۰۰۴) دریافتند که کودکان دارای اختلال ریاضی در تفکیک حافظه‌ی فعال عددی که شامل شمارش و یادآوری ارقام بود، پایین تر از گروه کنترل بودند اما در تکلیف حافظه‌ی فعال غیر عددی مشکلی نداشتند. به این ترتیب بیان داشتند که یک سیستم حافظه‌ی فعال تخصیص یافته برای اطلاعات عددی وجود دارد و کودکان دارای اختلال ریاضی مشکلات ویژه‌ای با این سیستم دارند. گری (۱۹۹۳؛ نیز به نقل از لندر و همکاران ۲۰۰۴) پیشنهاد می‌کند که حافظه‌ی فعال ضعیف نه تنها منجر به مشکل در انجام فرایندهای محاسبه‌ای می‌شود بلکه ممکن است بر یادگیری عملیات ریاضی نیز تأثیر داشته باشد. همچنین گری و همکاران (۲۰۰۳؛ به نقل از لندر و همکاران، ۲۰۰۴) پیشنهاد داده‌اند که ضعف حافظه معنایی ممکن است زمینه‌ای برای مشکل‌های یادگیری عملیات ریاضی و ضعف در خواندن که مکرراً با اختلال در ریاضی همراه می‌شود باشد. این نویسندگان نتیجه گرفتند که به طور کلی حافظه‌ی فعال و بعضی جنبه‌های کارکردهای اجرایی در کودکان دارای اختلال در ریاضی ضعیف هستند. مطالعات در زمینه‌ی مقایسه‌ی عملکرد حافظه‌ی فعال کودکان ناتوان در حیطه‌ی ریاضیات با کودکان طبیعی، شواهد زیادی را در رابطه با اهمیت حافظه‌ی فعال در پردازش ریاضیاتی کودکان ارائه می‌دهد. راسل^۲ و همکاران (۲۰۰۶) دریافتند که گروهی از کودکان مبتلا به مشکل‌های ریاضی و کودکانی که مشکل‌های خواندن دارند، نسبت به گروه کنترل، به طور قابل توجهی امتیازات کمی در حافظه‌ی فعال، در تکالیفی که هم حلقه آواشناختی و هم

1. Landerl, Bevan & Butterworth
2. Rossell

عملکردهای مجری مرکزی را می‌سنجد کسب می‌کنند. مکلیان و هیچ^۱ (۱۹۹۹) نقایصی را در مجری مرکزی و حافظه‌ی فعال دیداری- فضایی در گروهی از کودکان با ناتوانی‌های خاص در پردازش ریاضیاتی گزارش کردند. این شواهد نشان می‌دهد که کودکان با ناتوانی‌های در ریاضیات (با و بدون مشکلات خواندن) ضعیف‌تر از گروه کنترل در وظایف حافظه‌ی فعال ایفای نقش کرده و این مسئله را که حافظه‌ی فعال کلیدی است به سوی پردازش ریاضیاتی مؤثر را تأیید می‌کند. اگر چه مطالعات زیادی در زمینه‌های درمان و افزایش حافظه‌ی فعال در کودکان دارای اختلال یادگیری ریاضی صورت گرفته است، (روزرت، لئونکر، کوسیان، مارتین^۲ و همکاران، ۲۰۰۹؛ مامارلا، هیل، دوین، کاویولا و سوزوس^۳، ۲۰۱۵؛ ارجمندیا، شریفی و رستمی، ۱۳۹۲؛ خدامی، عابدی و آتش‌پور، ۱۳۹۰؛ عابدی و آقابابایی، ۱۳۹۰؛ فهیمی، ارجمندیا و فتح‌آبادی، ۱۳۹۳)، اما در زمینه بررسی اثربخشی درمان تحریک مغزی (tDCS) بر افزایش ظرفیت حافظه‌ی فعال کودکان دارای اختلال یادگیری ریاضی پژوهشی انجام نشده است. هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر درمان تحریک مغزی (tDCS) بر افزایش حافظه‌ی فعال کودکان دارای اختلال یادگیری ریاضی صورت گرفت است، حتی شایان ذکر است که مطالعات زیادی در اثربخش بودن تحریک مغزی (tDCS) بر روی حافظه‌ی فعال کودکان دارای اختلال ریاضی صورت نگرفته است اما اثربخشی تحریک (tDCS) بر افزایش حافظه‌ی فعال در اختلال‌های دیگر و حتی افراد عادی و سالم در بسیاری از پژوهش‌ها به اثبات رسیده است. در پژوهشی که در سال ۲۰۱۱ توسط اندرسون و همکارانش اجرا شد نشان داده شد که تحریک الکتریکی مغز در هر دو گروه افراد سالم و افراد دارای اختلال‌های رفتاری و کلینیکی می‌تواند سبب افزایش ظرفیت حافظه‌ی فعال آنها گردد.

در زمینه درمان و مداخله برای افراد دارای ناتوانی در ریاضی تا امروز تلاش‌های بسیاری

1. McLean & Hitch

2. Rotzer, Loenneker, Kucian & Martin

3. Mammarella, Hill, Devine, Caviola & Szucs

تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر افزایش حافظه‌ی فعال کودکان مبتلا به اختلال ریاضی

صورت گرفته است. از به‌کار بردن درمان‌های رفتاری و روان‌شناختی گرفته تا درمان‌های عصبی‌شناختی که امروزه کاربرد دارد. همانگونه که گفته شد در بسیاری از پژوهش‌ها علت عصب‌شناختی در اختلال ریاضی به اثبات رسیده است. در این زمینه درمان‌های عصب روان‌شناختی نظیر تحریک مغناطیسی فراقشری (rTMS)^۱ (کادوش و همکاران؛ ۲۰۰۷) و یا تحقیقات زیادی که از نوروفیدبک برای درمان اختلال ریاضی استفاده کرده‌اند (بهزادی و همکاران؛ ۱۳۹۳، کوهبنانی و همکاران؛ ۱۳۹۲) و یا سایر درمان‌های عصب‌شناختی مثل استفاده از بازی‌های رایانه‌ای برای افزایش حافظه‌ی فعال و کاهش نشانه‌های اختلال ریاضی (ارجمندنی و شریفی، ۱۳۹۳). استفاده از درمان tDCS (تحریک مغز از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی) نیز درمان غیرتهاجمی جدیدی است که در پژوهش‌های اخیر در درمان نشانه‌های اختلال یادگیری ریاضی در بزرگسالان از آن استفاده شده است (لوکولان و کادوش؛ ۲۰۱۴، هوش و همکاران؛ ۲۰۱۳^۳، اوور؛ ۲۰۱۱^۴، کروس و کادوش؛ ۲۰۱۳^۵).

تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه^۶ یک تکنیک درمانی عصبی است که جریان مستقیم و ضعیفی را به مناطق قشری وارد و فعالیت خودانگیخته عصبی را تسهیل یا بازداری می‌کند (بروننی، نیچه، بلوگنی، بیکسون، واگنر و مرابت^۷، ۲۰۱۲). تحریک الکتریکی مغز در یک دهه گذشته به طور گسترده مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است و به عنوان یک روش جایگزین غیرتهاجمی، ارزان و ایمن برای تغییر تحریک‌پذیری قشر مغز از طریق تغییر پتانسیل استراحت سلول عصبی قشر مغز عمل می‌کند. این جریان ضعیف و مستقیم از طریق اتصال دو الکترود با قطب‌های متفاوت معمولاً یک آند و یک کاتد در نقاط مختلف بر روی سطح جمجمه منجر به

1. Transcranial Magnetic Stimulation
2. Juculano & Kadosh
3. Hauser
4. Janelle weaver
5. Krause & Kadosh
6. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)
7. Brunoni, Nitsche, Blognini, Bikson, Wagner & Merabet

تحریک نورون‌های زیرین می‌شود. تحریک کاتد باعث کاهش تحریک‌پذیری مغز و تحریک آند منجر به افزایش تحریک‌پذیری مغز می‌شود (داسیلوا، ولز، بیکسون و فرگنی^۱، ۲۰۱۱). تحریک الکتریکی مستقیم از روی مجموعه یک تکنیک درمانی عصبی است که جریان مستقیم و ضعیفی را به مناطق قشری وارد و فعالیت خودانگیخته عصبی را تسهیل یا بازداری می‌کند (بروننی، نیچه، بلوگنی، بیکسون، واگنر و مرابت^۲، ۲۰۱۲). تحریک الکتریکی مغز در یک دهه گذشته به طور گسترده مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است و به عنوان یک روش جایگزین غیرتهاجمی، ارزان و ایمن برای تغییر تحریک‌پذیری قشر مغز از طریق تغییر پتانسیل استراحت سلول عصبی قشر مغز عمل می‌کند. این جریان ضعیف و مستقیم از طریق اتصال دو الکترود با قطب‌های متفاوت معمولاً یک آند و یک کاتد در نقاط مختلف بر روی سطح مجموعه منجر به تحریک نورون‌های زیرین می‌شود. تحریک کاتد باعث کاهش تحریک‌پذیری مغز و تحریک آند منجر به افزایش تحریک‌پذیری مغز می‌شود (داسیلوا، ولز، بیکسون و فرگنی، ۲۰۱۱). tDCS شامل عبور یک جریان ضعیف (معمولاً کمتر از ۱ میلی‌آمپر) از مغز در بین دو الکترود می‌شود. جریان از آند وارد مغز می‌شود، از بافت می‌گذرد و از کاتد خارج می‌شود. بسته به اینکه کدام الکترود بر روی ناحیه‌ای که باید تحریک شود قرار می‌گیرد بعضی از محققان از آن به عنوان tDCS کاتدی یا tDCS آندی یاد می‌کنند. به کارگیری tDCS هم بسیار آسان است. بسیاری از محققان به سادگی از اسفنج مرطوب همراه با الکترود استفاده می‌کنند، که می‌تواند هر جایی بر روی پوست سر قرار گیرد و در مکان مورد نظر با یک هدبند نگاه داشته می‌شود (هیگینز، ۲۰۰۹). اینکه دقیقاً در مغز و در حین tDCS چه می‌گذرد نامشخص مانده است. به هر حال، آزمایشات بر روی حیوانات، انسان و حتی شواهد ثبت شده مستقیم از نورون‌های موارد آزمایش شده، یک توضیح کلی را پیش رو می‌گذارد. با شروع از مقدمات، آند (که منفی است) مکانی است که الکتریسته وارد مغز می‌شود. کاتد (که مثبت است) جایی است که الکتریسته از مغز

1. Dasilva, Volz, Bikson & Fregni

2. Brunoni, Nitsche, Blognini, Bikson, Wagner & Merabet

تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر افزایش حافظه‌ی فعال کودکان مبتلا به اختلال ریاضی

خارج می‌شود. بنابراین، یک بار منفی در زیر کاتد تحریک‌کننده و زمانی که الکترون‌ها برای داخل شدن به الکتروود تحریک‌کننده تجمع می‌کنند ایجاد می‌شود. یک کاتد کوچک‌تر می‌تواند بار کانونی‌تری را به ناحیه موردنظر در مغز برساند و این زمانی است که بار بیشتری در درب خروجی (کاتد) تجمع کرده است. بنابراین می‌توان اندازه‌ی ناحیه‌ای از مغز را که تحت تأثیر قرار می‌گیرد را به وسیله تغییر اندازه الکتروود کاتدی و یا با تغییر اندازه و محل الکتروود آندی شکل داد و یا کنترل کرد (نیچه، ۲۰۰۷).

پژوهش‌های بسیاری اثربخشی تحریک الکتریکی مغز (tDCS) را بر افزایش حافظه‌ی فعال نشان داده‌اند (لالی، نورد و رويسر^۱، ۲۰۱۳؛ زهل، سندمن، تورن، جانک و هرمان^۲، ۲۰۱۱؛ فرگنی، بوگیو، نیچه، برمپهل، آنتال، فردوس^۳ و همکاران، ۲۰۰۵؛ مارشال، موئل، سیبیر و بون^۴، ۲۰۰۵). اندروس^۵ و همکارانش (۲۰۱۱) در پژوهشی نشان دادند که ۱۰ دقیقه تحریک الکتریکی مغز در ناحیه C3 می‌تواند هم در افراد عادی و هم افراد دارای اختلال مفید واقع شده و ظرفیت حافظه‌ی فعال در این افراد افزایش یابد. از آنجایی که اعمال تحریک الکتریکی در ساختار مغز در حال رشد کودکان همواره در پژوهش‌ها با احتیاط استفاده می‌شود در بسیاری از پژوهش‌ها توصیه شده است که در دوز استفاده از شدن جریان الکتریکی در کودکان همواره از ۱ میلی‌آمپر افزایش نیابد (کسلر، مینهاس، وود، روسن، گورمن و بیکسون، ۲۰۱۳).

با توجه به سبب‌شناسی اختلال یادگیری ریاضی و ضعف این افراد در زمینه حافظه‌ی فعال و اثربخشی درمان (tDCS) در افزایش ظرفیت حافظه‌ی فعال و همچنین لزوم تشخیص و درمان سریع این اختلال در افراد به منظور جلوگیری از اختلال‌های رفتاری مانند مشکل در عزت‌نفس و ... استفاده از این روش درمانی می‌تواند نسبت به سایر روش‌های درمانی مؤثرتر باشد، همچنین از

1. Lally, Nord, Jonathan & Roiser
2. Zaehle, Sandmann, Thorne, Janche & Herrmann
3. Fregni, Boggio, Nitsche, Bermppohl, Antal & Feredose
4. Marshall, Molle, Siebner & Born
5. Andrews

آنجایی که بسیاری از پژوهش‌ها سبب‌شناسی ضعف در حافظه‌ی فعال را مشکل در لوب پیشانی و ناحیه (F3) می‌دانند تحریک این ناحیه می‌تواند مؤثر باشد. در این پژوهش آزمودن این فرضیه که آیا درمان تحریک الکتریکی (tDCS) می‌تواند در افزایش ظرفیت حافظه‌ی فعال کودکان دارای اختلال یادگیری خاص در زمینه ریاضی مؤثر واقع شود یا خیر هدف پژوهش قرار گرفته است.

روش

این پژوهش به صورت شبه آزمایشی است که از طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون استفاده شده است. در این پژوهش درمان (tDCS) به عنوان متغیر مستقل محسوب شد و متغیرهای وابسته حافظه‌ی فعال است.

جامعه، نمونه و روش نمونه‌گیری: جامعه‌ی آماری پژوهش حاضر دربرگیرنده‌ی تمام افرادی است که به مراکز درمانی شهر تهران مراجعه کرده‌اند و تشخیص اختلال یادگیری ریاضی را از طریق اجرای تست هوش تهران استنفورد-بینه و سپس تست تشخیصی ایران کی-مت گرفته‌اند. نمونه‌ی پژوهش حاضر شامل ۲۰ نفر از این جامعه بود که در دامنه‌ی سنی ۷ تا ۱۴ سال بودند. از تعداد فوق به صورت تصادفی ۱۰ نفر به گروه آزمایش و ۱۰ نفر به گروه کنترل اختصاص یافتند. جلسات درمانی تحریک الکتریکی مغز از روی جمجمه (tDCS) به مدت ۱۰ روز و جلسات ۱۰ دقیقه‌ای بر روی ناحیه f3 مغز مطابق با سیستم (۱۰/۲۰)، با شدت ۱ میلی‌آمپر انجام شد. روش نمونه‌گیری در این پژوهش به شیوه نمونه‌گیری هدفمند بود. از ابزارهای زیر برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده شد:

۱- **دستگاه (tDCS):** یک دستگاه کوچک تحریک‌کننده مغز که از طریق اتصال الکترودهایی با قطبیت متفاوت (آند، فعال‌کننده و کاتد، بازدارنده) که روی پوست سر نصب می‌شوند، جریان ثابت الکتریکی را از روی جمجمه به مغز منتقل می‌کند. الکترودها کربنی و رسانا بوده و برای جلوگیری از واکنش شیمیایی نقطه تماس بین الکترودها و پوست درون

تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر افزایش حافظه‌ی فعال کودکان مبتلا به اختلال ریاضی

اسفنج‌های مصنوعی آغشته به محلول کلرید سدیم ۰/۹ قرار داده می‌شوند. در این مطالعه از دستگاه *activadose inotophoresis* ساخت شرکت *Active Tek* برای تحریک مغزی استفاده شده است. منبع جریان یک باتری ۹ ولت است.

۲- **N-back**: این آزمون برای ارزیابی حافظه‌ی فعال مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این آزمون تعدادی محرک بینایی و شنوایی به صورت سریال بر روی صفحه نمایشگر ظاهر می‌شوند و فرد باید در شرایط آزمون با بار کم در صورت تشابه هر محرک با محرک قبل کلید هدف را فشار دهد. خروجی این آزمون درصد تعداد پاسخ‌های صحیح ارائه شده است (متیو، فلیپسن و اسوالدی^۱، ۲۰۱۲).

روش اجرا: ابتدا کلیه دانش‌آموزان گروه نمونه به وسیله‌ی آزمون حافظه‌ی فعال *N-back* مورد ارزیابی قرار گرفتند، به این ترتیب، داده‌های پیش‌آزمون گردآوری شد. در ادامه، افراد به طور تصادفی در دو گروه آزمایشی و کنترل قرار گرفتند. سپس برنامه‌ی مداخله‌ای (tDCS) بر روی گروه آزمایش به مدت ۱۰ جلسه‌ی ۱۰ دقیقه‌ای اجرا شد. در نهایت، پس از اجرای جلسات، از شرکت‌کنندگان هر دو گروه، آزمون حافظه‌ی فعال *N-back* را به عنوان پس‌آزمون گرفته شد. برنامه مداخله در این پژوهش درمان تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه (tDCS) است که جریان مستقیم و ضعیفی ۱ میلی آمپر را به مدت ۱۰ دقیقه به مناطق قشری در ناحیه لوب پیشانی در ناحیه (F3)^۲ وارد می‌گردید. طول درمان ما ۱۰ جلسه به صورت روزانه و پشت سر هم برگزار شد. از جایی که دادن تحریک الکتریکی tDCS برای افرادی که تشنج دارند صورت نمی‌گیرد قبل از برگزاری جلسات از تمام افراد شرح حال گرفته شد و پس از ارائه‌ی بروشورهایی در مورد نحوه‌ی برگزاری و مکانیزم اثر tDCS به والدین و اخذ رضایت‌نامه‌ی کتبی از آنها جلسات درمانی آغاز گردید.

1. Matthies, Philipsen & Svaldi
2. Left frontal lob

نتایج

مطابق با شاخص‌های توصیفی گروه مورد مطالعه، میانگین، انحراف استاندارد، خطای استاندارد میانگین، کمینه و بیشینه نمرات آزمون حافظه‌ی فعال N-back برای هر یک از گروه‌های آزمایش و کنترل ارائه شده است.

جدول ۱. یافته‌های توصیفی آزمون حافظه‌ی فعال N-back

گروه	مرحله	M	SD	SEM	کمینه	بیشینه
آزمایش	پیش آزمون	۴۳	۲۲/۹۴	۷/۲۵	۱۴	۸۵
	پس آزمون	۸۸	۱۳/۷۶	۴/۳۵	۶۳	۱۰۰
کنترل	پیش آزمون	۳۹	۱۹/۳۶	۶/۱۲	۱۶	۷۱
	پس آزمون	۳۸	۱۸/۷۹	۵/۹۴	۱۵	۶۸

همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، نمره‌های افراد در گروه آزمایش در پیش-آزمون (میانگین، ۴۳ و انحراف استاندارد، ۲۲/۹۴) و نمرات پس‌آزمون (میانگین، ۸۸ و انحراف استاندارد ۱۳/۷۶) نشان می‌دهد که مداخله مؤثر بوده است و نمرات از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون تغییر داشته و افزایش یافته است. در بررسی نمرات گروه کنترل نشان داده می‌شود میانگین نمره‌ها در پیش‌آزمون ۳۹ با انحراف استاندارد ۱۹/۳۶ و در پس‌آزمون میانگین ۳۸ و انحراف استاندارد ۱۸/۷۹ بیانگر عدم تفاوت و تغییر در گروه کنترل می‌باشد. در نتیجه کلی از یافته‌های توصیفی آزمون حافظه‌ی فعال نشان داده شد که مداخله مؤثر بوده است و سبب افزایش نمره‌های افراد گروه آزمایش در بخش پیش‌آزمون و پس‌آزمون گردیده است.

جدول ۲. آزمون شاپیروویک جهت بررسی فرض نرمال بودن نمره‌های وابسته در مجموعه

آزمون حافظه‌ی فعال N-back

گروه	Z	df	P
آزمایش	۰/۹۴۹	۱۰	۰/۶۶۱
کنترل	۰/۹۳۱	۱۰	۰/۴۶۲

تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر افزایش حافظه‌ی فعال کودکان مبتلا به اختلال ریاضی

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود نتایج آزمون شاپیروویک نشان دهنده‌ی این موضوع است که هر دو گروه کنترل و آزمایش در آزمون حافظه‌ی فعال N-back دارای توزیع نرمال هستند ($p = 0/05$) به عبارتی در آزمون حافظه‌ی فعال سطح معناداری کمتر از $0/05$ نبوده ($p = 0/05$) و این نکته به این معنا است که توزیع نمره‌ها در این متغیر نرمال است در نتیجه اولین پیش فرض استفاده از تحلیل کواریانس برقرار بوده و استفاده از تحلیل کواریانس بلامانع است.

جدول ۳. آزمون لوین جهت بررسی فرض همسانی واریانس خطای نمره‌های وابسته در آزمون حافظه‌ی فعال N-back

P	dfخطا	DF	F
0/067	18	1	5/103

پیش فرض دوم در استفاده از آزمون تحلیل کواریانس فرض همسانی واریانس‌ها است. از این رو از آزمون لوین به منظور بررسی فرض همسانی واریانس خطای نمره‌های وابسته در آزمون حافظه‌ی فعال N-back استفاده شد. نتایج حاصل از آزمون لوین جهت بررسی فرض همسانی واریانس خطای نمره‌های وابسته در جدول ۳ ارائه شده است. همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود نسبت F مشاهده شده معنادار نشده است ($p = 0/05$) در نتیجه مفروضه برابری واریانس خطا آزمون حافظه‌ی فعال N-back برقرار می‌باشد. و استفاده از تحلیل کواریانس بلامانع است.

جدول ۴. مفروضه همگنی شیب خط رگرسیون برای آزمون حافظه‌ی فعال N-back

P	F	MS	DF
0/717	0/136	61/23	1

همان طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود سطح معناداری در محاسبه‌ی همگنی شیب خط رگرسیون برای آزمون حافظه‌ی فعال N-back معنادار نیست به این معنا که تعامل بین شرایط آزمایشی و متغیر همپراش معنادار نبوده ($p = 0/05$) بر این اساس مفروضه همگنی شیب خط رگرسیون نیز برقرار است.

با توجه به برقراری دو مفروضه از مفروضه‌های فوق (شیب خط رگرسیون و نرمال بودن توزیع) استفاده از تحلیل داده‌های حاصل از پژوهش حاضر در زمینه حافظه‌ی فعال N-back تحلیل کواریانس تک متغیره مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۵. نتایج تحلیل واریانس برای آزمون حافظه‌ی فعال N-back در دو گروه آزمایش و کنترل

مقیاس‌ها	SS	df	f	P	Eta
درون گروهی	۲۴۵۷/۵	۱	۱۷/۲۱	۰/۰۰۱	۰/۵۰۳
بین گروهی	۱۱۴۶۸/۸	۱	۸۰/۳۲	۰/۰۰۰	۰/۸۲۵
خطا	۲۴۲۷/۲	۱۷	-----	-----	-----

همان طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود به منظور بررسی اثربخشی مداخله‌ی (tDCS) بر حافظه‌ی فعال دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری ریاضی تحلیل کواریانس تک متغیره مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل، پس از شرکت در مداخله، در نمره کلی آزمون حافظه‌ی فعال از نظر آماری تفاوت معناداری داشته است ($p=0/825$, $f=80/32$, $P=0/000$). با این نتایج می‌توان نتیجه گرفت که برنامه مداخله‌ای تحریک مغزی تأثیر معناداری بر افزایش حافظه‌ی فعال کودکان دارای اختلال یادگیری ریاضی داشته است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بین دو گروه آزمایش و کنترل در بهبود حافظه‌ی فعال تفاوت معناداری وجود دارد ($p=0/825$, $f=80/32$, $P=0/000$) می‌توان چنین نتیجه گرفت که مداخله تحریک الکتریکی مغز (tDCS) در بهبود حافظه‌ی فعال کودکان دارای اختلال ریاضی مؤثر می‌باشد.

تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر افزایش حافظه‌ی فعال کودکان مبتلا به اختلال ریاضی

باشد. نتایج مطالعه‌ی حاضر همسو با مطالعات پیشین (اندرسون، هوی، انتیکت، دسکالاکیس^۱ و همکاران، ۲۰۱۱؛ هوی، امونسون، آرنولد، تومسون^۲ و همکاران، ۲۰۱۳؛ بگیو، فروچی، ریگوناتی، کاور^۳ و همکاران، ۲۰۰۶؛ بریپیل^۴، ۲۰۱۲؛ فرگینی، بوگیو، نیچه، برمپهل و همکاران^۵، ۲۰۰۵؛ ساک‌هون، چنگ، کیونگ، هاوان^۶ و همکاران، ۲۰۰۸؛ جانگ‌می، یانگ‌هی، میانگ‌هاوان، ساک‌هون^۷، ۲۰۰۹) نشان داد که تحریک (tDCS) در ناحیه F3 سبب افزایش حافظه‌ی فعال در گروه کودکان دارای اختلال ریاضی شده است. این تحریک به صورت روزانه در طی ۱۰ روز به مدت ۱۰ دقیقه و با جریان ۱ میلی‌آمپر در ناحیه F3 توانست نشان دهد که ظرفیت حافظه‌ی فعال این افراد افزایش یافته است. در بسیاری از پژوهش‌های پیشین اثربخشی تحریک (tDCS) بر افزایش حافظه‌ی فعال سایر گروه‌های اختلال و همچنین افراد سالم به اثبات رسیده بود اما با توجه به مشکل حافظه‌ی فعال در گروه کودکان دارای اختلال یادگیری ریاضی در این پژوهش این درمان برای این گروه خاص نیز انجام شد که نتایج نشان از کارا بودن این درمان برای این گروه از اختلال می‌باشد.

سیگل و رایان (۱۹۸۹؛ به نقل از لندر، بوان و بتروث^۸، ۲۰۰۴) دریافتند که کودکان دارای اختلال ریاضی در تفکیک حافظه‌ی فعال عددی که شامل شمارش و یادآوری ارقام بود، پایین‌تر از گروه کنترل بودند اما در تکلیف حافظه‌ی فعال غیر عددی مشکلی نداشتند. از آنجایی که لوب پیشانی مسئول مستقیم حفظ توجه و حافظه‌ی فعال است (دموس^۹، ۲۰۰۵). پژوهش‌های بسیاری تحریک در ناحیه‌ی راست لوب پیشانی (F3) را برای افزایش گستره حافظه‌ی فعال پیشنهاد

1. Andrews, Hoy, Enticott & Daskalakis
2. Hoy, Emonson, Arnold & Thomson
3. Boggio, Ferrucci, Rigonatti & Covre
4. Berryhill
5. Fregni, Boggio, Nitsche & Bermpohl
6. Sukhoon, chang, Kyoung & Hwan
7. Jungmi, Yun-hee, Myoung-Hwan & Sukhun
8. Landerl, Bevan & Butterworth
9. Demos

نموده‌اند (لالی، نورد و رویسر^۱، ۲۰۱۳؛ زهل، سندمن، تورن، جانک و هرمان^۲، ۲۰۱۱؛ فرگنی، بوگیو، نیتچه، برمهیل، آنتال، فردوس^۳ و همکاران، ۲۰۰۵؛ مارشال، موئل، سیبیر و بون^۴، ۲۰۰۵).

بنابراین بر مبنای یافته‌های حاصل از این پژوهش می‌توان گفت تقویت حافظه‌ی فعال و افزایش ظرفیت آن در درمان ناتوانی‌های یادگیری به‌ویژه ناتوانی یادگیری در ریاضی امری ضروری است. در این خصوص پیشنهاد می‌گردد با شناخت درست و به موقع این اختلال در کودکان و استفاده از روش تحریک الکتریکی مغز از مشکل‌های ثانویه ایجاد شده‌ی این اختلال جلوگیری شود. به پژوهشگران پیشنهاد می‌گردد این روش درمانی یعنی تحریک الکتریکی مغز از روی مجموعه (tDCS) را در مورد سایر گروه‌های اختلال یادگیری از قبیل نارساخوانی و نارسانویسی هم به کار برده و بیازمایند که آیا تقویت حافظه‌ی فعال در این گروه از افراد هم می‌تواند نشانه‌های ناشی از اختلال را کمتر نماید یا خیر. همچنین اجرای این طرح درمانی در بزرگسالان دارای مشکل‌های ریاضی و اختلال یادگیری ریاضی هم مد نظر قرار گیرد و نیز می‌توان این تحریک را در سایر نواحی مغزی مربوط به عملکردهای اجرایی و حافظه نیز به کار برد. به دلیل محدودیت زمانی این پژوهش در اجرای این مداخله امکان پیگیری نتایج میسر نشد. ضمن اینکه دسترسی مجدد به برخی از این آزمودنی‌ها نیز امکان‌پذیر نبود چرا که بسیاری از آنها به دلیل اتمام برنامه‌ی درمانی دیگر به مرکز مراجعه نمی‌کردند. این محدودیت قدرت تعمیم یافته‌ها را کاهش می‌دهد.

منابع

- کاپلان، هارولد و سادوک، بنیامین. (۲۰۰۳). خلاصه روانپزشکی بالینی. (جلد سوم) ترجمه رفیعی، حسین و رضاعی، فرزین (۱۳۸۲). تهران: انتشارات ارجمند.
- کرمی‌نوری، رضا (۱۳۸۳). روان‌شناسی حافظه و یادگیری: با رویکردی شناختی. تهران: انتشارات سمت.

1. Lally, Nord, Jonathan & Roiser
2. Zaehle, Sandmann, Thorne, Janche & Herrmann
3. Fregni, Boggio, Nitsche, Bermanpohl, Antal & Feredose
4. Marshall, Molle, Siebner & Born

تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر افزایش حافظه‌ی فعال کودکان مبتلا به اختلال ریاضی

- شکوهِ یکتا، محسن و پرند، اکرم. (۱۳۸۵). ناتوانی‌های یادگیری. تهران: تیمورزاده.
- سیف‌نراقی، مریم و نادری، عزت‌الله. (۱۳۸۹). نارسایی‌های ویژه‌یادگیری. تهران: نشر ارسباران.
- خدای، نغمه، عابدی، احمد و آتش‌پور، حمید. (۱۳۹۰). تأثیر آموزش حافظه‌ی فعال و فراشناخت بر عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان دختر ناتوان در یادگیری ریاضی. *دانش و پژوهش در روان‌شناسی کاربردی*، (۱)، ۴۵-۵۳.
- عابدی، احمد و آقابابایی، سارا. (۱۳۹۰). اثربخشی آموزش حافظه‌ی فعال بر بهبود عملکرد تحصیلی کودکان با ناتوانی یادگیری ریاضی. *روان‌شناسی بالینی*، (۴)، ۸۱-۷۳.
- جان، مزده، ابراهیمی‌قوام، صغری و عزیزاده، حمید. (۱۳۹۱). بررسی کارکردهای اجرایی استدلال، برنامه‌ریزی، سازماندهی و حافظه کاری در دانش‌آموزان با و بدون اختلال ریاضی در مقطع ابتدایی استان تهران. *فصلنامه روان‌شناسی افراد استثنائی*، (۵)، ۴۲-۲۱.
- ارجمندنی، علی‌اکبر، شریفی، علی و رستمی، رضا. (۱۳۹۲). اثربخشی برنامه‌ی تمرین رایانه‌ای شاختی بر عملکرد حافظه‌ی فعال دیداری-فضایی دانش‌آموزان با مشکلات ریاضی. *ناتوانی‌های یادگیری*، (۴)، ۶-۲۴.
- کوهبنانی، سکینه، عزیزاده، حمید، هاشمی، ژانت، صرامی، غلام‌رضا و موهبنانی، ساجده. (۱۳۹۲). اثربخشی برنامه رایانه‌ی آموزش حافظه کاری بر کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان با اختلال ریاضی. *تحقیقات علوم رفتاری*، (۱۱)، ۲۱۸-۲۰۸.
- فهیمی، مهنوش، ارجمندنی، علی‌اکبر و فتح‌آبادی، جلیل (۱۳۹۳). بررسی اثربخشی نرم‌افزار تقویت حافظه‌ی فعال بر عملکرد حافظه‌ی فعال دانش‌آموزان. *پژوهش‌های کاربردی روان‌شناختی*، (۲)، ۸۰-۶۵.
- Abedi, A., Aghababae, S., (2011). The Effectiveness of working memory training on improving the academic performance of children with dyscalculia. *Journal of clinical psychology*, (2), 73-81.(Persian).
- Andrews, S., Hoy, K., Enticott, P., Daskalakis, Z., Fitzgerald, P., (2011). Improving working memory: the effect of combining cognitive activity and anodal transcranial direct current stimulation to the left dorsolateral prefrontal cortex. *Brain Stimulation*, 4, 84-9.
- Arjmandnia, A.A., Sharifi, A., Rostami, R., (2014). The effectiveness of computerized cognitive training on the performance of visual-spatial working memory of students with mathematical problems. *Journal of learning disabilities*, (3), 6-24.(Persian)

- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), the psychology of learning and motivation. New York: Academic Press, (47–90).
- Berryhill, (2012). Insights from neuropsychology; pinpointing the role of the posterior parietal cortex in episodic and working memory. *Frontiers in integrative neuroscience*, 10, 3389.
- Boggio, Paulo, S., Ferrucci, R., Rigonatti, Sergio P., Cobre, P., Nitsche, M., Pascual-Leone, A. & Fregni, F. (2006). Effects of transcranial direct stimulation on working memory in patients with Parkinson's disease. *The Neurological sciences*, 249, 31-38.
- Bottge, BA., Heinrichs, M., Chan, SY., and Serlin, RC. (2001). Anchoring Adolescents' Understanding of Math Concepts in Rich Problem-Solving Environments. *Remedial and Special Education*, 22(5), 299-314.
- Brunoni, A. R., Nitsche, M. A., Bolognini, N., Bikson, M., Wagner, T., Merabet, L., et al. (2012). Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): Challenges and future directions. *Brain Stimulation*, 5(3), 175-195.
- Dasilva, A. F., Volz, M. S., Bikson, M., and Fregni, F. (2011). Electrode Positioning and Montage in Transcranial Direct Current Stimulation. RACGP Online. Available at: URL: http://www.jove.com/pdf/2744/jove-protocol-2744_electrode-positioning-montage-transcranial-direct-current. Accessed Mar 15, 2013.
- Dasilva, A. F., Volz, M. S., Bikson, M., Fregni, F. (2013). Electrode Positioning and Montage in Transcranial Direct Current Stimulation. RACGP Online. Available at: URL: <http://www.jove.com/pdf/2744/jove-protocol-2744>.
- Demos, J. N. (2005). Getting started with neurofeedback: WW Norton and Company. *Neurophysiological evidence*. BMC Neuroscience.
- Fahimi, M., Arjmandnia, A. A., Fathabadi, J. (2014). Investigating Efficacy of Working memory training software on students working memory. *Applied Psychological Research Quarterly*, 5(2), 65-80. (Persian).
- Fregni, F., Boggio, P., Nitsche, M., Bermanpohl, F., Antal, A., Feredoes, E., Marcolin, M., Rigonatti, S. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Experimental Brain*, 199, 23-30.
- Fregni, F., Boggio, P., Nitsche, M., Bermanpohl, F., Antal, A., Feredoes, E., Marcolin, M. A., Rigonatti, S., Silva, M., Paulus, W., Alvaro, and Pascual-Leone. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Brain Res*, 166, 23-30.
- Geary, D. C. (2003). Learning disability in arithmetic: problem-solving differences and cognitive deficits. *Handbook of learning disabilities*. The Guilford press, 200-212.
- Geary, D. C. (2005). Role of cognitive theory in the study of learning disability in mathematics. *Journal of Learning Disabilities*, 38(4), 305.
- Hauser, T., Rotzer, S., Grabner, R., Méryllat, S, and Jäncke, L. (2013). Enhancing performance in numerical magnitude processing and mental arithmetic using transcranial Direct Current Stimulation (tDCS). *Human neuroscience*, 7, 244.

تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر افزایش حافظه‌ی فعال کودکان مبتلا به اختلال ریاضی

- Hoy-Kate, E., Emonson, M., Arnold, S., Thomson, R., Daskalakis, Z., Paul, B., & Fitzgerald. (2013). Testing The limits: investigating the effect of (tDSC) dose on working memory enhancement in healthy controls. *Neuropsychologia*, 51, 1777-1784.
- Iuculano, T., Kadosh, R. C. (2013). the Mental Cost of Cognitive Enhancement. *The Neuroscience*, 33(10),4482– 4486
- Janeh, M., Ebrahimi ghavam, S., Alizadeh, H. (2012). The study of executive function, Reasoning, planning, organization and working memory in student with and without dyscalculia in elementary school in Tehran. *Journal of Exceptional children*. (5), 21-42. (Persian).
- Jung, Mi, Jo., Yun-Hee, Kim., Myoung-Hwan, Ko., Suk Hun, Ohn., Bohyun, Joen., Ho, Lee., & Kwang. (2009). Enhancing the working memory of stroke patients using (tDCS). *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitatio* .88, 404-409.
- Kaplan, H., Sadock, B., (2003). Synopsis of psychiatry. Book 3. Rafie, H., Rezae, F., (2003). Press: Arjmand. (Persian).
- Karami noori, R. (2004). Psychology of memory and learning: cognitive approach. Tehran. Press: samt. (Persian).
- Kessler, K., Minhas, P., Woods, A., Rosen, A., Gorman, C., Bikson, M. (2013). Dosage Considerations for Transcranial Direct Current Stimulation in Children: A Computational Modeling study.<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0076112>.
- Khodami, N., Abrdi, A., Atashpoor, H., (2011). The Effective of working memory and metacognitive on educational performance of girls student with dyscalculia. *Knowledge & Reaserch in Applied Psychology*, (1), 45-53.(Persian).
- Kohbanani, S., Alizadeh, H., Hashemi, J., Sarami, GH., Mohabnani, S., (2013). The effectiveness of yaranehyar program working memory training on executive function in students with dyscalculia. *Journal of Research of behavioral sciences*. (11), 208-218.(Persian).
- Korkman, M., & Pesonen AE. (1994). A comparison of neuropsychological test profiles of children with attention deficits hyperactivity disorder and/or learning disorder. *Journal of Learning disabilities*, 27(6), 383-92.
- Krause, B., Kadosh, R,C. (2013). Can transcranial electrical stimulation improve learning difficulties in atypical brain developmental? A future possibility for cognitive training. *Developmental Cognitive Neuroscience*. 6, 176-194.
- Lally, N., Nord, C., Walsh, V., Roiser, J. (2013). Does excitatory fronto-extracerebral tDCS lead to improved working memory performance? (doi:10.12688/f1000research.2-219.v1.
- Landerl, k., Bevan, A. & Butterworth, B., (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8 – 9 year-old students. *Cognition*. 93(2), 99-125.
- Mammarella, C., Hill, F., Devine, A., Caviola, S. & Szucs, D. (2015). Math anxiety and developmental dyscalculia: A study on working memory processes. *Clinical and Experimental Neuropsychology*, 37, 56-69.
- Marshall, L., Mölle, M., Siebner, H., Born, J. (2005). Bifrontal Transcranial direct current stimulation slows reaction time in a working memory task. *BMC Neuroscience*.

- Matthies, S., Philipsen, A., & Svaldi, J. (2012). Risky decision making in adults with ADHD. *J Behav Ther Exp sychiatry*, 43(3), 938-46.
- McClean, JanetF, Hitch, Graham. (1999). Working memory impairment in children with specific arithmetic learning difficulties. *Experimental child psychology*, 74(3), 240-260.
- Rosselli, M., Matute, e., Pinto, n., & Ardila, A. (2006). Memory abilities in children with subtypes of dyscalculia. *Developmental Neuropsychology*, 30(3), 801-818.
- Rotzer, T., Loenneker, K., Kucian, E., Martin, P., Klaver & M, von Aster. (2009). Dysfunctional neural network of spatial working memory contributes ro developmental dyscalculia. *Neuropsychologia*. (47), 2859-2865.
- Rousselle, L., & Noel, MP. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities:A comparison of symbolc vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*. 102(3), 361-395.
- Seif naraghi, M., Naderi, E., (2010). *Especial learning disabilities*. Tehran. Press: Arasbaran. (Persian).
- Shokohi yekta, M., Parand, A., (2006). *Learning disabilities*. Tehran. Press: Teimorzade. (Persian).
- Suk Hoon, Park., Chang-II, Yoo., Woo-Kyoung, Ko., Myoung-Hwan, Choi., Kyung, Pil., Kim, Gyeong-Moon, Lee., Yong, Taek., & Kim, Yun-Hee.(2008). Time-dependent effect of transcranial direct current stimulation on the enhancement of working memory. *Cognitive neuroscience and neuropsychology*. 19, 43-47.
- Swanson, HL., & Siegel, L. (2001). Learning disabilities as a working memory deficit. *Issues in Education. Contributions of Educational Psychology*, 7(1), 1-48.
- Zaehle, T, Sandmann, P., Thorne, J., Jäncke, L., Herrmann, C. (2011). Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates working memory performance: combined behavioral and electrophysiological evidence. *BMC Neuroscience*.

The effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) on improving working memory performance in children with mathematical disorder

A. A. Arjmandnia¹, M. Asbaghi², GH. Afrooz³ & M. Rahmanian⁴

Abstract

The main aim of the present study was investigating the effect of tDCS on improving working memory of children with mathematical disorder. To do so, 20 elementary students with math disorder were selected from Tehran clinics' clients using purposeful sampling. For assessing working memory, N-back test was conducted by all subjects. Subjects were divided into two groups; 10 subjects received tDCS and rest of them, the control group, didn't receive it. Training sessions were conducted for 10 days: each day one session-10 minutes with an intensity of 1 mA. Data were analyzed using Analysis of Covariance (ANCOVA). The results showed that effect of tDCS on working memory performance have been effective. The results of this study showed that tDCS can improve working memory performance in children with mathematical disorder.

Key words: tDCS, mathematical disorder, working memory.

1. Corresponding Author: Assistant professor of psychology, University of Tehran (arjmandnia@ut.ac.ir)

2. M. A of Psychology, University of Tehran

3. Professor of Psychology, University of Tehran

4. Assistant of professor of psychology, payam-noor university