

## اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای (TDCS) بر بهبود کارکردهای شناختی و حل مسئله در دانش‌آموزان

سیف الله آقاجانی<sup>۱</sup>، مینا طاهری فرد<sup>۲</sup> و جابر علیزاده گورادل<sup>۳</sup>

### چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای (TDCS) بر بهبود کارکردهای شناختی و حل مسئله دانش‌آموزان انجام شد. پژوهش حاضر از نوع آزمایشی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری پژوهش را تمامی دانش‌آموزان پسر مقطع دبیرستان در سال تحصیلی ۱۳۹۷-۹۶ تشکیل دادند (N=۱۰۲۹). از این افراد، ۳۰ نفر به روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چند مرحله‌ای انتخاب شدند و به صورت تصادفی ساده در دو گروه آزمایش (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) قرار گرفتند. تحریک الکتریکی مستقیم مغز (TDCS) در ۱۰ جلسه برای گروه آزمایش انجام شد. درحالی‌که آزمودنی‌های گروه کنترل چنین مداخله‌ای دریافت نکردند. جهت گردآوری اطلاعات از آزمون شناختی مونترال و آزمون برج لندن استفاده شد. برای آزمون فرضیه پژوهش از آزمون تحلیل کواریانس چند متغیره و یک متغیره استفاده گردید. نتایج نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم مغز (TDCS) موجب افزایش میانگین نمرات عناصر کارکردهای شناختی و عملکرد حل مسئله دانش‌آموزان شده است ( $P < 0/01$ ). با استفاده از رویکرد درمانی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای می‌توان حل مسئله و کارکرد شناختی دانش‌آموزان را بهبود بخشید.

**واژه‌های کلیدی:** تحریک الکتریکی مستقیم مغز، کارکرد شناختی، حل مسئله، دانش‌آموزان

۱. نویسنده‌ی رابط: استادیار گروه روان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲. دانشجوی دکتری تخصصی روان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی

(taherifard70@yahoo.com)

۳. دانشجوی دکتری تخصصی روان‌شناسی بالینی، دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۲۰

**مقدمه**

دانش‌آموزان بخش عظیمی از جمعیت جامعه ما را تشکیل می‌دهند و این گروه گردانندگان جامعه فردا خواهند بود. یکی از دلایل موفقیت نظام آموزشی در هر کشور، داشتن دانش‌آموزانی سالم است. وجود مشکلات روانی و جسمی در امر آموزش دانش‌آموزان تأثیر جدی داشته و افت تحصیلی و گاهی ترک تحصیل را به دنبال دارد. اختلالات روانی دانش‌آموزان مشکلات فراوانی در زندگی ایجاد می‌کند و می‌تواند خانواده، مدرسه و جامعه را تحت تأثیر قرار دهد. اختلالات روانی باعث افت تحصیلی دانش‌آموزان و نیز اختلال در رشد شناختی، عاطفی، اخلاقی و اجتماعی آنان می‌شود (توکلی زاده، ابراهیمی قوام آبادی، فرخی نور و گلزاری، ۱۳۹۰).

موفقیت تحصیلی دانش‌آموزان وابسته به کارکردهای شناختی آنان است. افراد از طریق فرآیندهای اجرایی، کارکردها یا فرآیندهای شناختی مغز خود را برنامه‌ریزی، جستجو، نظارت یا کنترل می‌کنند (برک<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷). عملکردهای شناختی - اجرایی مغز، عملکردهای ثابت یا منسجم نیستند، بلکه مجموعه‌ای از زیرساخت‌هایی هستند که برنامه‌ریزی، جمع‌بندی و هماهنگی و پایش سایر عملکردهای شناختی را موجب می‌شوند (استرن<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳). از کارکردهای شناختی، مجموعه - ای از توانایی‌های عالی شامل: خودگردانی، بازداری، خودآغازگری، برنامه‌ریزی راهبردی، توانایی انتزاعی، انعطاف‌پذیری شناختی و کنترل تکانه است (ویدانت و ویلیس<sup>۳</sup>، ۱۹۹۴). قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی چپ، عملکردهای اجرایی را که به عنوان عملکردهای شناختی سطح بالا - شامل کنترل و جهت‌دهی عملکردهای خودکار و سطح پایین‌تر تعریف می‌شود، میانجی‌گری می‌کند. این منطقه با شناخت‌های پیچیده‌ای مثل توجه انتخابی، حافظه‌ی انتخابی، حافظه‌ی کاری، حافظه‌ی راهبردی، استدلال مفهومی، انتخاب هدف، برنامه‌ریزی، زنجیره‌سازی، نظارت و استفاده

- 
1. Berk
  2. Stern
  3. Weydant & Willis

از بازخورد در انجام تکلیف رابطه دارد (لووستاند<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲). در پیشینه پژوهشی، حافظه‌ی کاری به عنوان یک صفت پایدار که ارتباط نزدیک با هوش عمومی دارد، تعریف شده است. هرچند پژوهش‌های متعددی به محدودیت ظرفیت ذخیره‌سازی و پردازش اطلاعات در حافظه کاری، وراثتی بودن این نوع حافظه و مقاومت آن به تجربه پیرامونی‌های اشاره کرده‌اند، اما شواهد موجود نشان می‌دهد که حافظه‌ی کاری انعطاف‌پذیر است و قابلیت بهبود از طریق برنامه‌های آموزش شناختی و درمانی را دارد (بادلی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۲).

عملکرد حل مسئله<sup>۳</sup> یکی از کارکردهای شناختی است که تحت تأثیر توانبخشی شناختی می‌توان آن را ارتقا داد. حل مسئله به مثابه عالی‌ترین شکل یادگیری قلمداد می‌شود و شامل فرآیندی است که طی آن یادگیرنده از راه ترکیب قواعد از قبل آموخته شده به یادگیری جدید نیز می‌رسد (سیدمن، بیدرمان، منوتوکس، دوپله و فرائونه<sup>۴</sup>، ۲۰۰۶). در این راستا، حل مسئله، فرآیند ذهنی و تفکر منطقی و منظمی است که به فرد کمک می‌کند تا هنگام رویارویی با مشکلات، راه‌حل‌های متعددی را جستجو و سپس بهترین راه‌حل را انتخاب کند (یوان، ویلیامز، فنگ و پنگ<sup>۵</sup>، ۲۰۱۲). حل مسئله، شامل سه مؤلفه اعتماد به خود در حل مسئله، شیوه اجتناب-نزدیکی به مسئله و کنترل شخصی است که به ترتیب، بیانگر اعتقاد فرد به توانایی در حل مشکلات، تمایل وی برای رد شدن از کنار مشکلات و یا مقابله رودررو با آنها و استفاده از راه‌کارهای متنوع و متفاوت در کنترل رفتار و هدفمندی در فرآیند حل مسئله است (فیضی و فداکار، چهرزاد و کاظم‌نژاد، ۱۳۹۵). مایر<sup>۶</sup> (۱۹۹۲) معتقد است که حل مسئله، فرآیندی شناختی است که در رفتار خود را نشان می‌دهد و پیدا کردن راه حل، پیامد فرآیند منطقی حل مسئله است (زارع، عباس پور و یوسفی، ۱۳۹۴). سرگلزاری، جناآبادی و عرب (۱۳۹۷) نشان دادند که آموزش

1. Lovstad
2. Baddeley
3. problem solving
4. Seidman, Biederman, Monuteaux, Doyle & Faraone
5. Yuan, Williams, Fang & Pang
6. Mayer

فراشناختی حل مسأله باعث کاهش حواس‌پرتی دانش‌آموزان با نارسایی ریاضی می‌شود. نتایج مطالعات انجام شده در حوزه عصب‌شناختی نشان داده است که توانایی حل مسأله در تکالیف پیچیده‌ای مانند برج لندن و برج هانوی نشان دهنده سلامت عملکرد قسمت پیش‌پیشانی کورتکس است. برای حل یک مسأله ابتدا فرد باید از ماهیت مسأله آگاه شود و این کار با ایجاد یک بازنمایی ذهنی از مسأله آغاز می‌شود که به پیدا کردن راه‌حل برای مسأله ارایه شده کمک می‌کند (رابرتسون<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱). اسماعیلی نسب، ملک محمدی، غیاثوند و بهرامی (۲۰۱۱) تقویت حل مسأله را در افزایش مهارت‌های لازم دانش‌آموزان در رفع مشکلات مدرسه و مشکلات آموزشی آن‌ها مؤثر دانسته‌اند.

در نتیجه‌ی پیشرفت در تصویربرداری از مغز، دانش ما در ارتباط با مناطق مغزی درگیر در کارکردهای حرکتی، حسی، شناختی یا هیجانی در طول دو دهه گذشته افزایش یافته است. در نتیجه تکنیک‌های ساده‌تر و ارزان‌تر تحریک عصبی می‌تواند درک ما را از کارکردهای بالینی تکنیک‌های غیرتهاجمی افزایش دهد. روش بسیار نویددهنده در این زمینه، تحریک الکتریکی مغز با جریان مستقیم است. روش تحریک غیرتهاجمی مغز است که با استفاده از جریان ضعیف الکتریکی بر جمجمه، تغییرات موقتی در تحریک‌پذیری مناطق قشری ایجاد می‌کند (کلارک، کافمن، ترومبو و گاسپاروویک<sup>۲</sup>، ۲۰۱۱). کاربرد روش TDCS بر ناحیه قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی چپ، فعالیت پاراسمپاتیک را افزایش و فعالیت سمپاتیک را کاهش می‌دهد (گانکالوز و جسوس، ۲۰۱۲؛ به نقل از مرادی کلارده، یاریاری و عبداللهی، ۱۳۹۵). نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که توانایی‌های شناختی و کارکردهای اجرایی می‌تواند پیش‌بینی‌کننده رفتارهای سازگارانه باشند، از این رو کارکردهای اجرایی در پردازش اطلاعات، مهارت‌های زندگی روزانه و نگهداری مؤثر از خود، نقش مهمی دارند (سوا،

2. Robertson

2. Clark, Coffman, Trumbo &amp; Gasparovic

لین، ویو و چن<sup>۱</sup>، (۲۰۰۸). بوگیو، فروسی و ریگناتی<sup>۲</sup> (۲۰۰۶) گزارش کرده‌اند، تحریک الکتریکی مستقیم مغز، باعث ارتقای حافظه فعال در افراد سالم می‌شود و در بیماران مبتلا به بیماران پارکینسون نیز همین تأثیر را دارد. همچنین نتایج مطالعه آندرز، های، انتیکوت، داسکالاکیس و فیتزجرالد<sup>۳</sup> (۲۰۱۱) بر روی اثر TDCS آنودی بر حافظه فعال نشان می‌دهد که حتی تحریک کردن در یک جلسه حافظه فعال را بهبود می‌بخشد. مطالعه بریپیل و جونز<sup>۴</sup> (۲۰۱۲) نیز نشان می‌دهد که تحریک آنودی بر روی قشر پیش پیشانی پشتی - جانبی راست و یا چپ به مدت ۱۰ دقیقه حافظه فعال را، تنها در افراد با سطح تحصیلات بالا افزایش می‌دهد و انجام این پروتکل بر روی افراد با سطح تحصیلات پایین تأثیری ندارد. ارکان و یاریاری (۱۳۹۳) در پژوهشی نشان دادند که تحریک آنودی سبب کاهش زمان واکنش و افزایش تعداد پاسخ‌های صحیح شده است و به نظر می‌رسد موجب بهبود حافظه‌ی کاری می‌شود. عبداللهی، حسن‌آبادی و سمیعی سنجانی (۱۳۹۴) نشان داد که تحریک مغز از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی (TDCS) بر کارکردهای اجرایی تأثیر دارد. هم‌چنین بیان کرد تحریک آنودی کرتکس پیش پیشانی خلفی جانبی سبب ارتقا توجه انتخابی و حافظه می‌شود. روح‌الامینی، سلیمانی و واقف (۱۳۹۷) در پژوهشی نشان دادند TDCS موجب بهبودی توجه انتخابی و انعطاف‌پذیری شناختی دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص خواندن می‌شود. فلوئل<sup>۵</sup> (۲۰۱۴) در پژوهشی نشان داد که TDCS می‌تواند عملکرد شناختی و حرکتی را در بیماری‌های عصبی افزایش دهد. گنزالز، فانگ و براون<sup>۶</sup> (۲۰۱۸) در پژوهشی نشان دادند که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر برخی از عناصر عملکرد شناختی بزرگسالان مبتلا به اختلال شناختی خفیف تأثیر مثبتی دارد. آلتاوی، آلوسیان، آل‌موسند، آل‌هالی، آلمادای، حبیب و

1. Su, Lin, Wu & Chen
2. Boggio, Ferrucci & Rigonatti
3. Andrews, Hoy, Enticott, Daskalakis & Fitzgerald
4. Berryhill & Jones
5. Floel
6. Gonzalez, Fong & Brown

همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۷) در پژوهشی نشان دادند که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای (TDCS) بر قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ در بهبود عملکرد شناختی افراد مصرف‌کننده دخانیات مؤثر است.

یکی از مهم‌ترین مهارت‌هایی که قادر است بالندگی و بهداشت روانی کودکان و نوجوانان را در مواجهه با مشکلات آینده و تحصیلی حفظ و تقویت نماید، کارکردهای شناختی بهبودیافته و مهارت حل مسأله است. با توجه به این‌که دانش‌آموزان ممکن است از حل مسائل و مشکلات ناتوان باشند و ممکن است اقدام به راه‌حل‌های نامؤثر نمایند که منجر به عملکرد تحصیلی پایین آن‌ها شود. در این راستا تقویت حل مسأله و کارکردهای شناختی دانش‌آموزان یکی از راه‌های مقابله با مشکلات زندگی و تحصیلی است (دانش، سلیمی‌نیا، فلاحتی، سابقی و شمشیری، ۱۳۹۳). مرور مطالعات گذشته نشان می‌دهد که پژوهش‌های متعددی در حیطه اثربخشی TDCS بر بهبود مؤلفه‌های کارکردهای شناختی بر روی نمونه‌های متفاوت انجام شده است. با این وجود در خصوص کاربرد TDCS برای دانش‌آموزان عادی و سالم هنوز خلأهای پژوهشی وجود دارد. بر این اساس، هدف پژوهش حاضر بررسی اثربخشی روش تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای بر بهبود کارکردهای شناختی و حل مسأله دانش‌آموزان است.

## روش

پژوهش حاضر از نوع آزمایشی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل بود.

**جامعه، نمونه و روش نمونه‌گیری:** جامعه آماری پژوهش را تمامی دانش‌آموزان پسر مقطع دبیرستان شهر اردبیل به تعداد ۱۰۲۹ نفر در سال تحصیلی ۹۶-۱۳۹۷ تشکیل دادند ( $N=1029$ ). با توجه به این‌که در تحقیقات آزمایشی حداقل نمونه بایستی ۱۵ نفر باشد (دلاور، ۱۳۸۶)، بنابراین، ۳۰ نفر به روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای به عنوان نمونه پژوهش حاضر انتخاب شدند و به صورت تصادفی ساده در دو گروه آزمایش (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر)

1. Alatawi, Alhussien, Almusned, Alohal, Alghamdi, Habib & et al

قرار گرفتند. بدین ترتیب که ابتدا ۵ مدرسه دبیرستانی انتخاب و از هر مدرسه ۶ دانش‌آموز پسر با توجه به ملاک‌های ورود انتخاب شدند. با اعضای هر دو گروه به صورت انفرادی مورد پیش-آزمون با استفاده از آزمون شناختی مونترال و آزمون برج لندن قرار گرفتند، سپس مداخله با استفاده از دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای (TDCS)، بر روی اعضای گروه آزمایش به مدت ۱۰ روز متوالی طی ۲۰ دقیقه به صورت انفرادی توسط پژوهشگر آموزش دیده انجام شد. پس‌آزمون بر روی هر دو گروه آزمایش و کنترل اجرا شد. ملاک‌های ورودی جهت شرکت در این پژوهش به قرار زیر بود: راست دست و بهنجار باشند و سابقه اختلالات روانی، صرع، تشنج و یا دیگر اختلالات عصب شناختی را نداشته باشند و قطعات پیوندی فلزی در بدن-شان نباشد.

برای گردآوری اطلاعات از ابزارهای اندازه‌گیری زیر استفاده شد.

**الف) پرسش‌نامه آزمون شناختی مونترال:** این پرسش‌نامه توسط نصرالدین و همکاران در سال ۲۰۰۵، به عنوان یک ابزار غربالگری سریع اختلال خفیف شناختی برای تعیین اختلال شناختی پایه‌گذاری شده است. این آزمون حوزه‌های گوناگون شناخت را که عبارتند از: توجه و تمرکز، اعمال اجرایی، حافظه، کلام، مهارت‌های بینایی و ساختمانی، تفکر انتزاعی و آگاهی به زمان و مکان را ارزیابی می‌کند (نصرالدین، فیلیپس، بدرین، چاربنویو، وایت‌هد، کالین و همکاران، ۲۰۰۵). آزمون شناختی مونترال به ۲۲ زبان زنده دنیا ترجمه شده است. این آزمون ۳۰ امتیازی در مدت ۱۰ دقیقه قابل استفاده است. افرادی که از این آزمون امتیاز ۲۶ یا بیشتر را دریافت کنند، عادی و طبیعی تلقی می‌شوند؛ درحالی‌که کسب امتیاز کمتر از ۲۶ غیرطبیعی و مطرح‌کننده ابتلا به اختلال خفیف شناختی است (اسیلینگام، ۲۰۰۷). ویژگی‌های روان‌سنجی این مقیاس در مطالعات گوناگون بررسی و روایی و پایایی آن تأیید شده است. در مطالعه‌ای که به منظور بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی مقیاس ارزیابی شناختی مونترال در بیماران پارکینسونی شهر اصفهان انجام

1. Phillips, Bedirian, Charbonneau, Whitehead, Collin & et al
2. Athilingam

شد، نتایج نشان‌دهنده ضریب آلفای کرونباخ ۰/۷۷، روایی همزمان ۰/۷۹، حساسیت ۰/۸۵ و ویژگی ۰/۹۰ بود (امساک، مولوی، چیت‌ساز، موحدابطحی و عسگری، ۱۳۹۰).

**ب) آزمون برج لندن:** این آزمون یکی از پرکاربردترین آزمون‌های فیزیولوژی عصبی برای تعیین توانایی حل مسئله و برنامه‌ریزی است. این آزمون برای اندازه‌گیری بهینه عملکرد حل مسئله و ویژگی‌های حل مسئله با کمترین حرکت‌های مورد نیاز به طور سریع و کارآمد مورد استفاده قرار می‌گیرد. اعتبار این آزمون مورد قبول و ۰/۷۹ محاسبه شده است. شیوه‌نمره‌گذاری در این آزمون بدین صورت است که بر مبنای این که فرد در چه کوششی مسئله را حل نماید نمره به او تعلق می‌گیرد. بدین ترتیب، زمانی که یک مسئله در کوشش اول حل شود ۳ نمره، زمانی که مسئله در کوشش دوم حل شود ۲ نمره و زمانی که در کوشش سوم حل شود ۱ نمره و زمانی که سه کوشش به شکست منجر شود نمره صفر به فرد داده می‌شود. حداکثر نمره در این آزمون ۳۶ می‌باشد. در مطالعات مختلفی نیز در ایران این آزمون مورد استفاده قرار گرفته است (لزاک<sup>۱</sup>، ۲۰۰۴؛ زلازو، مولر، فری، مارکوویتچ، ارگیتیس و یوسویسکی و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳؛ قمری، نریمانی و محمودی، ۱۳۹۱).

بعد از بررسی شرایط ورود دانش‌آموزان به طرح، ابتدا نحوه عملکرد دستگاه TDCS برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد. هم‌چنین بعد از کسب رضایت آزمودنی‌ها، این طرح در محیط مدرسه اجرا شد. متغیرهایی مانند دما، نور و صدا در تمام جلسات تا حد امکان کنترل شدند. در تجزیه و تحلیل داده‌ها، پس از انجام مقدماتی توصیفی داده‌ها (میانگین، انحراف معیار) جهت پی‌بردن به این موضوع که مداخله انجام شده منجر به تغییر معنادار میانگین‌های کارکردهای شناختی و حل مسئله در مرحله پس‌آزمون شده است یا نه از تحلیل کواریانس چندمتغیری و تک‌متغیری به وسیله نرم‌افزار SPSS18 استفاده شد.

1. Lezak

2. Zelazo, Muller, Frye, Marcovitch, Argitis & Boseovski et al



## نتایج

با توجه به نتایج، میانگین و انحراف سنی دانش‌آموزن پسر  $16/24 \pm 1/75$  بود. یافته‌های توصیفی مربوط به نمرات آزمودنی گروه‌های آزمایش و کنترل در پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای وابسته در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد دو بار اندازه‌گیری (پیش‌آزمون-پس‌آزمون) عملکرد شناختی و حل مسئله

متغیرها	مؤلفه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
	گروه	SD±M	SD±M
حافظه کوتاه‌مدت	آزمایش	5/35 ± 14/84	5/89 ± 16/88
	کنترل	4/63 ± 15/64	4/30 ± 15/32
مهارت‌های بینایی - فضایی	آزمایش	5/45 ± 14/96	5/95 ± 16/92
	کنترل	4/21 ± 13/28	4/85 ± 14/52
عملکردهای اجرایی	آزمایش	5/13 ± 15/24	5/72 ± 17/32
	کنترل	5/16 ± 17/96	4/97 ± 18/04
شناختی	آزمایش	5/15 ± 13/52	6/93 ± 17/80
	کنترل	6/36 ± 17/12	6/30 ± 17/16
زبان	آزمایش	6/94 ± 15/20	6/41 ± 23/56
	کنترل	5/98 ± 20/64	6/67 ± 22/60
آگاهی نسبت به زمان و مکان	آزمایش	4/79 ± 11/20	3/70 ± 14/92
	کنترل	4/17 ± 12/00	2/58 ± 12/76
حل مسئله	آزمایش	6/79 ± 23/40	7/43 ± 27/96
	کنترل	5/29 ± 22/40	5/29 ± 23/64

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین نمره‌های متغیرهای پژوهش گروه آزمایش در پس-آزمون نسبت به پیش‌آزمون به طور معناداری تغییر کرده است، درحالی‌که میانگین گروه کنترل

در دو مرحله تغییر معناداری ندارد.

جهت پاسخ‌گویی به یافته‌های پژوهش از تحلیل کواریانس چند متغیره و یک متغیره استفاده گردید. یکی از مفروضه‌های آزمون تحلیل کواریانس چند متغیره، بررسی همسانی ماتریس‌های واریانس- کواریانس است که بدین منظور از آزمون باکس استفاده شده است ( $P=0/073$ )؛  $F=1/47$ ؛  $Box's M=35/89$ ). میزان معناداری آزمون باکس از  $0/05$  بیشتر است، لذا نتیجه گرفته می‌شود که ماتریس واریانس- کواریانس‌ها همگن هستند.

برای بررسی همگونی واریانس دو گروه در از همگونی واریانس‌های لوین استفاده شد. آزمون لوین محاسبه شده در مورد هیچ یک از متغیرهای مورد بررسی معنادار نبود (حافظه کوتاه مدت  $F=0/577$ ،  $P=451$ ؛ مهارت‌های بینایی- فضایی  $P=0/619$ ،  $F=0/251$ ؛ عملکردهای اجرایی  $P=0/554$ ،  $F=0/356$ ؛ توجه، تمرکز، حافظه کاری  $P=0/425$ ،  $F=0/622$ ؛ زبان  $P=0/479$ ،  $F=0/510$ ؛ آگاهی نسبت به زمان و مکان  $P=0/210$ ،  $F=0/821$ ). بنابراین مفروضه همگونی واریانس‌ها نیز تأیید شد.

جدول ۲. یافته‌های تحلیل مانکووا برای مقایسه میانگین‌های نمره پس آزمون در خرده مقیاس‌های

عملکردهای شناختی پس از کنترل پیش‌آزمون

منبع	متغیر	SS	df	MS	F	P	Eta
	حافظه کوتاه مدت	۹۲/۶۲۶	۱	۹۲/۶۲۶	۵/۴۱۲	۰/۰۲۵	۰/۱۱۴
	مهارت‌های بینایی - فضایی	۸۶/۴۱۸	۱	۸۶/۴۱۸	۴/۰۶	۰/۰۴۵	۰/۰۹۲
	عملکردهای اجرایی	۱۰۶/۲۴۷	۱	۱۰۶/۲۴۷	۴/۵۲	۰/۰۳۹	۰/۰۹۷
گروه	توجه، تمرکز، حافظه کاری	۱۲۰/۳۳۱	۱	۱۲۰/۳۳۱	۱۱/۸۷۹	۰/۰۰۱	۰/۲۲۱
	زبان	۳۲۲/۳۹۶	۱	۳۲۲/۳۹۶	۱۰/۰۱۱	۰/۰۰۳	۰/۱۹۲
	آگاهی نسبت به زمان و مکان	۱۹۱/۷۴۸	۱	۱۹۱/۷۴۸	۹/۰۱۶	۰/۰۰۴	۰/۱۷۷

تحلیل مانکووا (با کنترل نمره‌های پیش آزمون) نشان داد درمان تحریک الکتریکی در مرحله پس آزمون بر میانگین تمامی مؤلفه‌های عملکرد شناختی اثر داشته است. جهت بررسی تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم بر حل مسئله از روش تحلیل کوواریانس یک متغیره استفاده شد. یکی از مفروضه‌های آزمون تحلیل کوواریانس یک متغیره، بررسی همسانی ماتریس‌های واریانس- کوواریانس است که بدین منظور از آزمون باکس استفاده شده است ( $F=2$ ;  $P=0/058$ ; Box's  $M=14/00$ ). میزان معناداری آزمون باکس از  $0/05$  بیشتر است لذا نتیجه گرفته می‌شود که ماتریس واریانس- کوواریانس‌ها همگن هستند. برای بررسی همگونی واریانس دو گروه در از همگونی واریانس‌های لوین استفاده شد. آزمون لوین محاسبه شده در مورد متغیر مورد بررسی معنادار نبود ( $F=0/225$ ,  $P=0/089$ ) بنابراین مفروضه همگونی واریانس‌ها نیز تأیید شد.

جدول ۳. نتایج تجزیه و تحلیل کوواریانس یک متغیره جهت نمرات پس آزمون حل مسئله در دو گروه آزمایش و کنترل

منبع تغییرات	SS	df	MS	F	P	Eta
پیش آزمون	۵۰۹۴/۰۹۵	۱	۵۰۹۴/۰۹۵	۴۸/۶۹۶	۰/۰۰۰۱	۰/۵۰۹
گروه	۵۷۳۷/۱۰۸	۱	۵۷۳۷/۱۰۸	۵۴/۸۴۳	۰/۰۰۰۱	۰/۵۳۹
خطا	۴۹۱۶/۶۲۵	۴۷	۱۰۴/۶۰۹			

تحلیل داده‌های مربوط با استفاده از تحلیل کوواریانس تک متغیره نشان داد که در کل، مداخله مورد نظر بر حل مسئله در گروه آزمایش ( $F=54/84$  و  $P < 0/0001$ ) معنادار است.

### بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم مغز (TDCS) بر بهبود کارکردهای شناختی و حل مسئله دانش‌آموزان انجام شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد، تحریک الکتریکی مستقیم مغز (TDCS) در افزایش عناصر کارکردهای شناختی و حل مسئله دانش‌آموزان

مؤثر است. این یافته با مطالعه عبداللهی و همکاران (۱۳۹۴) مبنی بر تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم مغز (TDCS) بر کارکردهای اجرایی و ارتقاء توجه انتخابی و حافظه و با نتایج پژوهش فلوئل (۲۰۱۴)، گنزالز و همکاران (۲۰۱۸) مبنی بر این که TDCS می‌تواند عملکرد شناختی افراد را افزایش می‌دهد، همخوان است. این مشاهدات با نتایج تحقیقات برونی، فروسی، برتولماسی، ورگاری، تدینی، بگیو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۱) در افزایش عملکرد شناختی با TDCS سازگاری دارد. تحریک آندی قشر پیش‌پیشانی جانبی چپ، ارتقاء کارآیی وظایف در سرتاسر تعدادی از وظایف شناختی رفتاری - بهره‌برداری از سطوح بالاتر عملکردهای شناختی، مانند حافظه کاری، نفوذ کلامی و توانایی برنامه‌ریزی را نشان داده است (برونی و همکاران، ۲۰۱۱).

در راستای پژوهش حاضر یافته‌های امیدوارکننده‌ای نیز از تأثیر TDCS بر روی افراد دچار سکتة مغزی به دست آمده است. برای مثال، بررسی ده بیمار دچار اختلالات شناختی پس از سکتة مغزی نشان داد که ۱ و ۳ ساعت پس از تحریک آنودی با شدت ۲ میلی‌آمپر بر روی قشر پیش‌پیشانی پشتی-جانبی قدرت تمرکز این افراد را بالا می‌برد (کانگ، بئک، کیم و پائک<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹). همچنین این که تحریک TDCS بر روی قشر پیش‌پیشانی چپ با شدت ۲ میلی‌آمپر به مدت ۳۰ دقیقه در افراد دچار سکتة تحت حاد، حافظه کاری را به طور چشمگیری افزایش داد (جو، کیم، کو، اوهن، جوئن و لی<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹). همچنین پژوهش‌ها اثربخشی TDCS بر توجه انتخابی و انعطاف‌پذیری شناختی دانش‌آموزان با اختلال خواندن (روح-الامینی و همکاران، ۱۳۹۷) و افزایش حافظه‌ی فعال دانش‌آموزان مبتلا به اختلال ریاضی (ارجمند-نیا، اسبقی، افروز و رحمانیان، ۱۳۹۵) نشان داده‌اند.

با توجه به این که پروتکل معمول TDCS که از طریق دو الکترود متصل شونده بر روی پوست است، استفاده شد که یکی به عنوان آنود بر روی قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ (F3) و

1. Brunoni, Ferrucci, Bortolomasi, Vergari, Tadinin, Boggio et al
2. Kang, Baek, Kim & Paik
3. Jo, Kim, Ko, Ohn, Joen, & Lee

دیگری به عنوان کاتود بر روی قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی راست (F4) قرار گرفت. جریان الکتریکی یک تا دو میلی‌آمپر به مدت بیست دقیقه بین این دو الکترود که هر کدام معمولاً سطح مقطعی برابر با ۳۵ سانتی‌متر مربع دارند، اعمال گردید. جهت جریان از آنود به کاتود بوده است، هم چنین اثرات رفتاری یک جلسه استفاده از TDCS تا حدود یک ساعت باقی می‌ماند. در TDCS آنودی با دیپلاریزه کردن نورون‌ها اثری تحریکی بر سلول‌های عصبی داشته، درحالی‌که نوع کاتودی آن با هیپریلاریزه کردن نورون‌ها منجر به مهار و خاموشی بافت عصبی شد (نیتسچی، فریک، هنسچک، اسچلیترلو، لیتانز، لانگ و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳).

از آن‌جا که قشر پیش‌پیشانی پشتی-جانبی به این دلیل که در اعمال شناختی ویژه در حافظه کاری، برنامه‌ریزی، رفتار مبتنی بر هدف، تمرکز و کنترل مهارتی نقش مهمی دارد، هدف قرار دادن این قشر از مغز به نظر می‌رسد ظرفیت بالایی در ارتقاء عملکردهای شناختی داشته باشد. علاوه بر این، تحریک ۲۰ دقیقه‌ای قشر پیش‌پیشانی پشتی-جانبی سمت چپ نیز حاکی از ارتقاء حافظه کاری بود (کیسر، پدبرگ، ریسینجر، پوگارل، کریچ، پالم و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳).

در تبیین این یافته می‌توان گفت که تأثیرات مشاهده شده ناشی از افزایش در تحریک‌پذیری کرتکسی در کرتکس پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ باشد؛ زیرا تحریک آنودی با دیپلاریزه کردن نورونی موجب تغییر در استراحت نورورنی می‌شود و تحریک‌پذیری آن ناحیه را افزایش می‌دهد (مارشال، ماتیز، هاتویگ و سیبیر<sup>۳</sup>، ۲۰۰۵). یعنی شبکه‌های کرتکسی که در انواع تکالیف شناختی درگیر است. فرض دیگر می‌تواند نقش دوپامین در حافظه و تکالیف شناختی باشد. یعنی افزایش تحریک‌پذیری سطحی در کرتکس پیش‌پیشانی موجب افزایش رهاسازی دوپامین می‌شود که خود ممکن است موجب بهبود عملکرد شناختی و حل مسئله شود. بنابراین TDCS آنودی موجب آثار بهبود تحریکی می‌شود که آن شاید سطوح گلوتامات، آمینو اسید مرتبط با

1. Nitsche, Fricke, Henschke, Schlitterlau, Liebetanz, Lang & et al
2. Keeser, Padberg, Reisinger, Pogarell, Kirsch, Palm & et al
3. Marshall, Matthias, Hartwig & Siebner

حافظه‌ی کاری، بازشناسی حافظه و یادگیری محرک - پاسخ را افزایش می‌دهد (اولیویرا، تامرز، زان، والینگو، لوتوفا، بنز و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳). همچنین جریان ثابت الکتریکی می‌تواند موجب تغییرات در غلظت یونی محلی شود که سبب تغییر پروتئین‌های عبوری از غشا و نیز تغییرات در یون هیدروژن مثبت (H+) شود (باربی، کونیکس و گرافمن<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳) و عوامل بهبود تحریک‌پذیری را در پی داشته باشد. فرض دیگر می‌تواند تحریک‌شدن قسمت‌های دیگر با تحریک ناحیه‌ی کرتکس پیش‌پیشانی خلفی جانبی باشد (جوادی و چنگ<sup>۳</sup>، ۲۰۱۳) که موجب بهبود در حافظه کوتاه مدت، مهارت‌های بینایی-فضایی، عملکردهای اجرایی، توجه، تمرکز، حافظه کاری، زبان، آگاهی نسبت به زمان و مکان و حل مسأله دانش‌آموزان می‌شود.

بنابراین، انتظار از نظام‌های آموزشی این است که افزون بر دروس خواندن و نوشتن، بر بهبود کارکردهای شناختی و حل مسأله دانش‌آموزان تأکید کند و از طرفی دیگر با برنامه‌ریزی بهتر، مانع از ترک تحصیل، شکست و بیشتر شدن مشکلات این دانش‌آموزان و خانواده‌های آن‌ها شود. با توجه به نتایج و شواهد این پژوهش، توصیه می‌شود این روش درمانی توسط روان‌پزشکان، روان‌شناسان و روان‌درمانگران در مدارس، دانشگاه‌ها و مراکز خدمات روان‌شناسی به عنوان یک روش مداخله و پیشگیری به کار گرفته شود. مهم‌ترین محدودیتی که در انجام این پژوهش وجود داشت، حجم پایین نمونه بود. همچنین، حوزه تحریک الکتریکی مستقیم مغز (TDCS) در ایران جدید است، و پژوهش‌ها در این زمینه به خصوص در مورد حل مسأله و کاربرد آن در افراد سالم بسیار محدود بود، به همین دلیل محدودیت منابع و یافته‌های فارسی وجود داشت. با توجه به این که نمونه انتخاب شده مربوط به دانش‌آموزان دبیرستان شهر اردبیل است، بنابراین تعمیم نتایج به سایر دانش‌آموزان لازم است با احتیاط صورت گیرد.

1. Oliveir, Tamires, Zan, Valiengo, Lotufo, Bense & et al
2. Barbey, Koenigs & Grafman
3. Javadi & Cheng

## منابع

- ارجمندنیا، علی اکبر؛ اسبقی، مونا؛ افروز، غلامعلی و رحمانیان، مهدیه. (۱۳۹۵). تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه (tDCS) بر افزایش حافظه‌ی فعال کودکان مبتلا به اختلال ریاضی. *مجله‌ی ناتوانی یادگیری*، ۶(۱)، ۷-۲۵.
- ارکان، امین و یاریاری، فریدون. (۱۳۹۳). تحریک مغز از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی (TDCS) بر حافظه‌ی کاری در افراد سالم. *فصل‌نامه روان‌شناسی شناختی*، ۲(۲)، ۱-۸.
- امساک، گلپتا؛ مولوی، حسین؛ چیت‌ساز، احمد؛ موحد ابطحی، مهسا و عسگری، کریم. (۱۳۹۰). معرفی و بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی مقیاس ارزیابی شناختی مونترآل در بیماران مبتلا به پارکینسون. *مجله دانشکده پزشکی اصفهان*، ۲۹ (۱۵۸)، ۱۳۹۱-۱۴۰۰.
- توکلی‌زاده، جهان‌شیر؛ ابراهیمی قوام آبادی، صغری؛ فرخی‌نور، علی و گلزاری، محمود. (۱۳۹۰). بررسی اثربخشی آموزش راهبردهای یادگیری خودتنظیمی بر سلامت روانی دانش‌آموزان پسر سال دوم راهنمایی شهر مشهد. *اصول بهداشت روانی*، ۱۳(۳)، ۲۵۰-۲۵۹.
- دانش، عصمت؛ سلیمی‌نیا، نرگس؛ فلاحتی، حوا؛ سابقی، لیلیا و شمشیری، مینا. (۱۳۹۳). اثربخشی آموزش گروهی مهارت حل مسئله بر سازگاری دختران نوجوان ناسازگار. *فصل‌نامه روان‌شناسی کاربردی*، ۸ (۲)، ۲۳-۴۰.
- دلاور، علی. (۱۳۸۶). روش تحقیق در روان‌شناسی و علوم تربیتی، تهران: نشر ویرایش.
- روح‌الامینی، شکوفه؛ سلیمانی، مهران و واقف، لادن. (۱۳۹۷). اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (tDCS) بر توجه-انتخابی و انعطاف‌پذیری شناختی دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص خواندن. *مجله‌ی ناتوانی‌های یادگیری*، ۸(۱)، ۲۳-۴۱.
- زارع، حسین؛ عباسپور، پرستو و یوسفی، فایق. (۱۳۹۴). نقش آموزش مهارت حل مسئله و بازسازی شناختی بر راهبردهای تنظیم شناختی هیجان و کارکرد خانواده در زنان نابارور. *فصل‌نامه علمی پژوهشی شناخت*، ۲ (۱)، ۸۱-۹۳.

عبداللهی، محمدحسین؛ حسن‌آبادی، حمیدرضا و سمیعی‌سنجانی، منا. (۱۳۹۴). تأثیر تحریک مغز از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی (TDCS) بر کارکردهای مغزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد روان‌شناسی. دانشگاه خوارزمی تهران.

سرگلزایی، مرتضی؛ جناآبادی، حسین و عرب، علی. (۱۳۹۷). اثر بخشی شیوه‌های آموزش فراشناختی حل مسأله و تنظیم هیجان بر پردازش هیجانی، تکانشوری و حواس‌پرتی دانش‌آموز مبتلا به اختلال یادگیری خاص (نارسایی در ریاضی). مجله ناتوانی‌های یادگیری، ۷(۴)، ۴۲-۶۷.

فیضی، لیلی؛ فداکار، ریحانه؛ چهرزاد، مینومیترا؛ کاظم‌نژاد لیلی، احسان (۱۳۹۵). مهارت‌های حل مسأله دانشجویان پرستاری و عوامل مرتبط با آن. پرستاری و مامایی جامع‌نگر، ۲۵(۸۱)، ۸۶-۹۵.

قمری گیوی، حسین؛ نریمانی، محمد و محمودی، هیوا. (۱۳۹۱). اثر بخشی نرم افزار پیشبرد شناختی بر کارکردهای اجرایی، بازداری پاسخ و حافظه کاری کودکان دچار نارساخوانی و نقص توجه/بیش‌فعالی. مجله‌ی ناتوانی‌های یادگیری، ۱(۲)، ۹۸-۱۱۵.

مرادی کلارده، سارا؛ یاریاری، فریدون و عبداللهی، محمدحسین. (۱۳۹۵). اثربخشی تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای قشر پیش‌پیشانی پشتی - جانبی بر ولع سیگار و استرس. پژوهش در سلامت روان-شناختی، ۱۰(۳)، ۱-۸.

- Abdollahi, M.H., Hasan Abadi, H.R., Samii Sanjani, M. (2015). The effect of stimulating the brain from the skull, using direct electric current (TDCS) on brain functions. Master's Thesis. Kharazmi University, Faculty of Psychology. (Persian).
- Alatawi, A., Alhussien, A., Almusned, T., Alohal, M., Alghamdi, F., Habib, S., Bashir, S. (2017). Effect of transcranial direct current stimulation on cognitive function in tobacco smokers: a preliminary study. *Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation*. 10(2), 533.
- Andrews, S.C., Hoy, K.E., Enticott, P. G., Daskalakis, Z.J., & Fitzgerald, P.B. (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(2), 84-89.
- Arjmandnia, A. A., Asbaghi, M., Afrooz, G., & Rahmanian, M. (2016). The effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) on improving working memory performance in children with mathematical disorder. *Journal of Learning Disabilities*, 6(1),7-25. (Persian)
- Arkan, A., & Yaryari, F. (2014). Effect of transcranial direct current stimulation (TDCS) on working memory in healthy people. *Journal of Cognitive Psychology*, 2(2), 1-8. (Persian)



- Athilingam, P. (2007). Validation of an instrument to measure cognitive in patients with heart failure. University of Rochester: School of Nursing.
- Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1-29.
- Barbey, A.K., Koenigs, M., & Grafman, J. (2013). Dorsolateral prefrontal contributions to human working Memory. *Cortex*, 9, 195-220.
- Berk, L. (2007). Development through the Lifespan, 4th ed. New York: Taylor and Francis.
- Berryhill, M. E., & Jones, K.T. (2012). TDCS selectively improves working memory in older adults with more education. *Neuroscience Letters*, 521(2), 148-151.
- Boggio, P.S., Ferrucci, R., & Rigonatti, S.P. (2006). Effects of transcranial direct current stimulation on working memory in patients with Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 249(1), 31-38.
- Brunoni, A., Ferrucci, R., Bortolomasi, M., Vergari, M., Tadini, L., Boggio, P., & et al. (2011). Transcranial direct current stimulation (tDCS) in unipolar vs. bipolar depressive disorder. *Progress in Neuro Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 65(1), 63-101.
- Clark, V.P., Coffman, B.A., Trumbo, M.C., & Gasparovic, C. (2011). Transcranial direct current stimulation (tDCS) produces localized and specific alterations in neurochemistry: a (1) H magnetic resonance spectroscopy study. *Neuroscience Letters*, 500(1), 67-71.
- Danesh, E., Saliminia, N., Falahati, H., Sabeghi, L., & Shamshiri, M (2014). Effectiveness of group problem solving skill training on adaptive behavior of maladaptive teenage girls. *Journal of Applied Psychology*, 8(2), 23-40. (Persian)
- Delavar, A. (2007). Research Methods in Psychology and Educational Sciences, Tehran: Virayesh Edition. (Persian)
- Emsaki, G., Molavi, H., Chitsaz, A., Movahed Abtahi, M., & Asgari, K. (2011). Psychometric properties of the montreal cognitive assessment (MoCA) in parkinson's disease patients in Isfahan. *Journal of Isfahan Medical School*, 29(158),1391-1400. (Persian)
- Esmailinasab, M., Malekmohamadi, D., Ghiasvand, Z., & Bahrami, S. (2011). Effectiveness of life skills training on increasing self-esteem of high school students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 30,1043-1047.
- Feizi, L., Fadakar, R., Chehrzad, M.M., & Kazemnejad-Leili, E. (2015). Problem solving skills and their related factors in nursing students. *Journal of Holistic Nursing and Midwifery*, 25(81), 86-95. (Persian)
- Floel, A. (2014). TDCS-enhanced motor and cognitive function in neurological diseases. *NeuroImage*, 85(3), 934-947.
- Ghamari Givi, H., Narimani, M., & Mahmoodi, H. (2012). The effectiveness of cognition-promoting software on executive functions, response inhibition and working memory of children with dyslexia and attention deficit/hyperactivity. *Journal of Learning Disabilities*, 1(2), 98-115. (Persian)

- Gonzalez, P., Fong, K. N. K., & Brown, T. (2018). The effects of transcranial direct current stimulation on the cognitive functions in older adults with Mild cognitive impairment: A Pilot Study. *Behavioral Neurology*.
- Javadi, A.H. & Cheng, P. (2013). Transcranial Direct Current Stimulation (TDCS) Enhances Reconsolidation of Long-Term Memory. *Brain Stimulation*, 6, 668-674.
- Jo, J.M., Kim, Y.H., Ko, M.H., Ohn, S.H., Joen, B., Lee, K.H. (2009). Enhancing the working memory of stroke patients using TDCS. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 88(5), 404-409.
- Kang, E.K., Baek, M.J., Kim, S., & Paik, N.J. (2009). Non-invasive cortical stimulation improves post-stroke attention decline. *Restorative Neurology and Neuroscience*. 27(6), 645-50.
- Keeser, D., Padberg, F., Reisinger, E., Pogarell, O., Kirsch, V., Palm, U., et al. (2013). Prefrontal direct current stimulation modulates resting EEG and event-related potentials in healthy subjects: a standardized low resolution tomography (SLORETA) study. *Neuroimage*. 55 (2), 644-657.
- Lezak, M.D. (2004). *Neuropsychological assessment*. Oxford: Oxford University Press.
- Lovstad, M. (2012). Executive functions after focal lesions to the lateral, orbital and medial subdivisions of the prefrontal cortex. *Sunnaas Rehabilitation Hospital Department of Research*, 11-59.
- Marshall, L., Matthias, M., Hartwig, R., & Siebner, J.B. (2005). Bifrontal transcranial direct current stimulation slows reaction time in a working memory task. *BMC Neuroscience*, 6, 23.
- Mayer, R. E. (1992). *Thinking, problem solving, cognition*. WH Freeman/Times Books/Henry Holt & Company.
- Moradi Kellardeh, S., Yaryari, F., Abdollahi, M.H. (2016). Effectiveness of transcranial direct current stimulation on dorsolateral prefrontal cortex in cigarette craving and Stress. *Journal of Research in Psychological Health*. 10 (3), 30-37. (Persian).
- Nasreddine, Z.S., Phillips, N.A., Bedirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I; et al. (2005). The montreal cognitive assessment, MOCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*. 53(4), 695-699.
- Nitsche, M.A., Fricke, K., Henschke, U., Schlitterlau, A., Liebetanz, D., Lang, N., et al. (2003). Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. *The Journal of Physiology*. 553(1), 293-301.
- Oliveira, J.F., Tamires, A., Zan, A.T., Valiengo, L., Lotufo, P., Bense, I.M., & et al. (2013). Acute working memory improvement after TDCS in antidepressant-free patients with major depressive disorder. *Neuroscience Letters*, 537, 60- 64.
- Robertson, S.I. (2001). *Problem solving*. Hove: Psychology Press. Sadok & Sadok, B (2007). *Summary of psychiatry*. Farzin translations Foster (2008). Tehran: Arjmand. (Persian)
- Rooholamini, SH., Soleymani, M., & Vaghef, L. (2018). Effectiveness of transcranial direct current stimulation (TDCS) on executive functions (selective attention and

- flexibility) in students with dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 8(1),23-41. (Persian)
- Sargolzae, M., Janaabadi, H., & Arab, A. (2018). Effectiveness of problem-solving metacognitive training and excitement regulation on emotional processing, impulsivity and sensuality of students with specific learning disorder (malfunctioning in mathematics). *Journal of Learning Disabilities*, 7(4),42-67. (Persian)
- Seidman, L.J., Biederman, J., Monuteaux, M.C., Doyle, A., & Faraone, S.V. (2006). Learning disabilities and executive dysfunction in boys with attention deficit/hyperactivity disorder. *Neuropsychology*, 15(4), 544-556.
- Stern, Y. (2003). The concept of cognitive reserve: A catalyst for research. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25(5), 589-593.
- Su, C.Y., Lin, Y.H., Wu, Y.Y., Chen, C.C. (2008). The role of cognition and adaptive behavior in employment of people with mental retardation. *Research in Developmental Disabilities*. 29(1), 83-95.
- Tavakolizadeh, J., Ebrahimi Qavam, S., Farrokhi, N.A., & Golzari, M. (2011). A study on the efficacy of teaching self-regulated learning strategies on mental health in boys studying in second grade of junior-high school in Mashhad. *Journal of Fundamentals of Mental Health*, 13(3), 250-259. (Persian)
- Weydant, L., Willis, W.G. (1994). Executive function in schooled: potential efficacy of task in discriminative clinical groups. *Developmental Psychology*, 10, 27-38.
- Yuan, H.B., Williams, B.A., Fang, J.B., & Pang, D. (2012). Withdrawn: The relationship between self-directed learning readiness and problem solving in Chinese baccalaureate nursing students. *Nurse Education Today*, 32(4), 427-431.
- Zare, H., Abaspor, P., & Yousefi, F. (2015). The role of problem-solving skill training and cognitive restructuring on cognitive emotion regulation strategies, and family functioning in infertile women. *Shenakht. Journal of Psychology and Psychiatry*, 2 (1), 81-93. (Persian)
- Zelazo, P.D., Müller, U., Frye, D., Marcovitch, S., Argitis, G., Boseovski, J., Chiang, J.K., Hongwanishkul, D., Schuster, B.V., Sutherland, A. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 68(3), 137.

## The effectiveness of Transcendental Direct Electric Stimulation (TDCS) on improving cognitive functions and problem solving skills of students

S. Aghajani<sup>1</sup>, M. TaheriFard<sup>۲</sup> & J. Alizadeh Goradel<sup>۳</sup>

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the effectiveness of transcendental direct electric stimulation (TDCS) on improving cognitive functions and student problem solving. Its design includes pretest-posttest with a control group. The population of the study consisted of all male high school students in the academic year 2017-2018 (N=1029). 30 of them were selected by multistage cluster sampling. They were randomly divided into two groups of experimental (n=15) and control (n=15). TDCS was performed in 10 sessions for the experimental group and the control group did not receive any intervention. To collect the data, Montreal cognitive test and London Tower test were used. To test the research hypothesis, multivariate covariance analysis and one variable test were used. The results showed that TDCS increased the mean scores of cognitive functions and problem solving skills ( $p < 0.1$ ). An over-speech direct electrical stimulation therapy can improve the students' cognitive functioning and problem solving skills.

**Keywords:** Transcendental Direct Electric Stimulation (TDCS), cognitive functions, problem solving, students

---

1. Corresponding Author: Assistant Professor of Psychology, University of Mohaghegh Ardabili

2. Ph.D. Student of Psychology, University of Mohaghegh Ardabili.  
taherifard70@yahoo.com

3. Ph.D. Student of Clinical Psychology, Shahid Beheshti University