



Investigating the Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation on Working Memory and Psychological Indicators in Children with Cerebral Palsy

Fereshteh Neissari¹, Peyman Hassani Abharian^{2*}, Reza Rostami³

Abstract

The aim of this study was to examine the effectiveness of transcranial direct current stimulation (tDCS) on working memory and psychological indicators in children with cerebral palsy (CP). This quantitative research employed a quasi-experimental, two-group design with pre-test and post-test measures. A total of 24 children aged 7 to 18 years with CP were selected through convenience sampling and randomly assigned to either the tDCS (experimental) group or the control group (12 participants in each). To assess outcomes, the Multidimensional Anxiety Scale for Children, the Children's Depression Inventory, and the Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF) were administered. The findings revealed that post-test scores for social anxiety, separation anxiety, harm avoidance, somatic symptoms, and depression in the tDCS group significantly differed from their own pre-test scores, as well as from both pre- and post-test scores of the control group ($p < .001$). In contrast, the control group's post-test scores only differed significantly from the tDCS group's post-test scores. These results indicate a significant improvement in anxiety and depression variables following tDCS intervention; however, no significant difference was observed between the groups in working memory ($p \geq .05$). tDCS appears to be a promising intervention in the rehabilitation of children with CP, particularly in enhancing their psychological functioning. This approach offers a novel pathway by leveraging the brain's neuroplasticity to support the rehabilitation process in this population.

Keywords: Anxiety, Cerebral Palsy, Depression, Transcranial Direct Current Stimulation, Working Memory.

Submission: 21 August 2024

Revised: 9 May 2025

Acceptance: 24 May 2025

1. student Psychology and Education of Exceptional Children, Faculty of Literature, Humanities and Social Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. **Corresponding author:** Assistant Professor in Cognitive Rehabilitation Department, Institute for Cognitive Sciences studies (IRICSS), Tehran, Iran. *E-mail:* abharian1972@yahoo.com

3. Professor of Psychology Department, University of Tehran, Tehran, Iran.



اثربخشی تحریک جریان مستقیم فرا مجموعه‌ای بر حافظه کاری و شاخص‌های روان‌شناختی کودکان مبتلا به فلج مغزی

فرشته نیساری^۱، پیمان حسنی ابهریان^{۲*}، رضا رستمی^۳

چکیده

هدف این مطالعه بررسی اثربخشی تحریک جریان مستقیم فرا مجموعه‌ای (tDCS) بر حافظه کاری و شاخص‌های روان‌شناختی کودکان مبتلا به فلج (CP) مغزی بود. پژوهش حاضر از نوع کمی با رویکرد نیمه‌آزمایشی دوگروهی با پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. ۲۴ کودک ۷ تا ۱۸ ساله مبتلا به فلج مغزی به شیوه نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه کنترل و tDCS یا آزمایش (هر گروه ۱۲ نفر) جای دهی شده است. جهت ارزیابی‌ها از مقیاس چندبعدی اضطراب کودکان، افسردگی کودکان و پرسش‌نامه کارکردهای اجرایی بریف (BRIEF) استفاده شده است. یافته‌ها نشان داد متغیرهای اضطراب اجتماعی، اضطراب جدایی، اجتناب از آسیب، نشانه‌های جسمانی و نمره افسردگی پس‌آزمون گروه tDCS با پیش‌آزمون گروه tDCS، پیش‌آزمون گروه کنترل و پس‌آزمون گروه کنترل تفاوت معناداری دارد ($P < 0.001$) و این در حالی است که پس‌آزمون گروه کنترل فقط با پس‌آزمون گروه tDCS تفاوت معناداری دارد. این نتایج نشانگر تفاوت معنادار میان دو گروه پیش‌و پس از دریافت مداخله tDCS در متغیرهای اضطراب و افسردگی است؛ اما متغیر حافظه کاری میان دو گروه تفاوت معناداری نداشته است ($P \geq 0.05$). tDCS به‌عنوان یک مداخله امیدوارکننده در توان‌بخشی کودکان CP، به‌ویژه در تقویت توانایی‌های روان‌شناختی این کودکان ظاهر شده است که یک رویکردی جدید را با بهره‌گیری از قابلیت نوروپلاستی مغز برای توان‌بخشی کودکان CP ارائه می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: اضطراب، افسردگی، تحریک جریان مستقیم فرا مجموعه‌ای، حافظه کاری، فلج مغزی

تاریخ دریافت: ۳۱ مرداد ۱۴۰۳ تاریخ بازنگری: ۱۹ اردیبهشت ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش: ۳ خرداد ۱۴۰۴

۱. دانشجوی دکتری تخصصی روان‌شناسی و آموزش کودکان استثنایی، دانشکده ادبیات، علوم انسانی و اجتماعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. نویسنده مسئول: استادیار گروه توان‌بخشی شناختی، مؤسسه آموزش عالی علوم‌شناختی، تهران، ایران. ایمیل: abharian1972@yahoo.com

۳. استاد گروه روان‌شناسی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

مقدمه

فلج مغزی، ناتوانی حرکتی پیشرو در دوران کودکی با شیوع جهانی ۲ در ۱۰۰۰ تولد زنده است (کیلچیوگلو^۱ و همکاران، ۲۰۲۳) که در آن عملکرد مغزی قبل، حین یا بعد از تولد آسیب دیده و ناحیه اصلی آسیب آن ماده سفید مغز، منطقه‌ای نزدیک بطن جانبی به نام ناحیه دور بطنی است (گوپتا^۲ و همکاران، ۲۰۱۷). کودکان فلج مغزی ممکن است نقص در توجه، حافظه و سایر عملکردهای شناختی و روان‌شناختی را تجربه کنند که می‌تواند بر استقلال و فعالیت‌های زندگی روزمره آنها تأثیر بگذارد (یانگ^۳ و همکاران، ۲۰۲۲). این درحالی است که کودکان مبتلا به CP به دلیل محدودیت‌های حرکتی از نظر تحرک و مراقبت از خود به دیگران وابسته هستند و این محدودیت‌ها بر مشارکت در فعالیت‌های روزانه و کیفیت زندگی آنها تأثیر می‌گذارد (ناریان^۴ و همکاران، ۲۰۲۳). این عوامل ممکن است اختلال در احساس، ادراک و شناخت را ایجاد یا تقویت کرده و حتی گاهی ممکن است محدودیت‌های فعالیتی بزرگ‌تری نسبت به اختلالات حرکتی مشخصه CP ایجاد کنند (بارتونک^۵ و همکاران، ۲۰۲۱).

مطالعات نشان داده است افرادی که از ناتوانی‌های جسمی و حرکتی رنج می‌برند، عوارض روانی مرتبط با ناتوانی خود را نیز دارند. افسردگی، خستگی، درد مزمن و تغییرات شناختی از جمله موانع روانی-منطقی در توانبخشی بیماران فلج مغزی هستند (اکبر^۶ و همکاران، ۲۰۱۹). افسردگی و اضطراب دو مورد از شایع‌ترین بیماری‌های روانی در جمعیت عمومی هستند و شواهد قابل توجهی وجود دارد که نشان می‌دهد زندگی با یک بیماری یا ناتوانی طولانی مدت با افزایش ۲ تا ۳ برابری احتمال ابتلا به این اختلال مرتبط است (اسمیت^۷ و همکاران، ۲۰۱۹). برخی از این کودکان ممکن است با درک پایداری اختلالات ناشی از CP تحت یک فرآیند غم و اندوه قرار گیرند؛ این درحالی است که علائم افسردگی می‌تواند با از دست دادن و تغییرات ناشی از جابجایی مکرر دستیاران یا کمک‌کنندگان در خانه و مدرسه نیز مرتبط باشد (بجروگس^۸ و همکاران، ۲۰۲۱). افسردگی یکی از شایع‌ترین اختلالات روانی در سطح جهان جهان است که می‌تواند باعث ایجاد طیفی از اختلالات شناختی و عاطفی شود (کوب^۹ و همکاران، ۲۰۲۰). افراد مبتلا به افسردگی ممکن است با تنظیم خلق و خوی خود دست و پنجه نرم کنند، ظرفیت کمتری برای تشخیص و بیان عاطفی از خود نشان دهند، راهبردهای تنظیم هیجان موثری نداشته باشند و پاسخ‌های هیجانی تشدید یافته یا کم‌رنگی را نشان دهند (تیان^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۵). علاوه بر این موارد علامت معمول افسردگی یعنی بی‌لذتی با اختلال حافظه کاری ارتباط زیادی دارد و افراد مبتلا به علائم افسردگی ممکن است در ابعاد مختلف حافظه کاری دچار اختلال شوند (ژاو^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۴). همچنین قابل ذکر است، DLPFC به عنوان یک مرکز مهم کنترل شناختی^{۱۲} اغلب در افسردگی ناکارآمد است (وانگ^{۱۳} و همکاران، ۲۰۲۴) و مدل‌های شناختی افسردگی بیان می‌کنند که نقص کنترل اطلاعات در حافظه کاری علائم خلقی افسردگی را تشدید می‌کند (لمولت و گوتلیب^{۱۴}، ۲۰۱۹). با توجه به اینکه تجربه حالت‌های خلقی منفی و رویدادهای منفی زندگی، بازنمایی‌های سازگار با خلق را در حافظه کاری فعال می‌کند، توانایی کنترل محتویات حافظه کاری می‌تواند برای درک اینکه چرا برخی افراد راحت‌تر از عواطف منفی بهبود

1. Kilcioglu
2. Gupta
3. Yang
4. Narayan
5. Bartonek
6. Akbar
7. Smith
8. Bjorgaas
9. Kube
10. Tian
11. Zhao
12. Cognitive Control
13. Wang
14. LeMoult & Gotlib

می‌یابند، در حالی که دیگران در استفاده از راهبردهای سازگار تنظیم هیجان ناتوان هستند بسیار مهم باشد (وارن^۱ و همکاران، ۲۰۲۱).

حافظه کاری^۲ (WM) یکی از اساسی‌ترین و شناخته شده‌ترین کارکردهای شناختی است و به عنوان پایه و اساس تفکر و یادگیری شناخته می‌شود. این سیستم پردازش اطلاعات را کنترل می‌کند تا به طور موقت اطلاعات را برای درک مؤثر، استدلال، تصمیم‌گیری، حل مسئله، رفتار هدفمند، زبان، حل مسائل، درک قیاس‌های هندسی، نگهداری، پردازش و عملیاتی کند (رخشان^۳ و همکاران، ۲۰۲۲). حافظه کاری قابلیت است که از طریق آن فرد می‌تواند اطلاعات را به طور موقت برای انجام طیف وسیعی از تکالیف شناختی ذخیره کند (تجادینی^۴ و همکاران، ۲۰۱۹). از نظر آناتومی اعصاب، شبکه‌ای که از حافظه فعال پشتیبانی می‌کند در سراسر مناطق مختلف مغز و به طور برجسته در قشر پیش‌پیشانی^۵ (PFC) و نواحی آهیانه توزیع شده است (اینگندوه^۶ و همکاران، ۲۰۲۳).

تحریک جریان مستقیم فراجمعه‌ای^۷ (tDCS) یک ابزار غیر تهاجمی برای تعدیل فعالیت عصبی و مطالعه رفتار مرتبط با شبکه‌های عصبی مانند قشر پیش‌پیشانی، از جمله قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی^۸ (DLPFC) است. با توجه به دخالت حیاتی DLPFC در فرآیندهای کنترل عاطفی مانند به‌روزرسانی محتوای عاطفی حافظه کاری و تنظیم احساسات که اغلب در اختلالات روانی مانند افسردگی مختل می‌شوند. فعال‌سازی DLPFC مغز می‌تواند علائم افسردگی را کاهش و عملکرد حافظه کاری را بهبود بخشد (اولویرا^۹ و همکاران، ۲۰۱۳). tDCS که از الکترودهای روی پوست سر برای ایجاد جریان الکتریکی ضعیف به منظور تعدیل تحریک‌پذیری قشر مغز استفاده می‌کند شکلی از تحریک غیر تهاجمی مغز است (سولدینی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۴) که می‌تواند به صورت متمرکز مناطق قشری مغز را مورد هدف قرار دهد (هو^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۴) و به عنوان ابزاری برای بهبود عملکرد اجرایی و درمان افسردگی استفاده شوند (سولدینی و همکاران، ۲۰۲۴). این تکنیک‌های تعدیل عصبی، به‌ویژه تحریک غیرتهاجمی مغز، جایگزین‌های درمانی ایمن و امیدوارکننده و یا مکمل‌هایی درمانی هستند که می‌توانند برای پر کردن شکاف درمان سلامت روان مورد استفاده قرار گیرند (گالوپ^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۳). و به طور خاص، علاقه فزاینده‌ای به روش‌های مقرون به صرفه و غیرتهاجمی تحریک مغز، مانند تحریک جریان مستقیم فراجمعه‌ای tDCS برای استفاده در کودکان وجود دارد. مزایای tDCS برای گروه‌های بالینی اختلال بیش‌فعالی کمبود توجه و اختلال افسردگی اساسی (جیانگ^{۱۳} و همکاران، ۲۰۲۴) اختلال توجه پایدار کودکان دارای اختلال طیف اوتیسم (چن^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۴) امیدوارکننده بوده‌اند. از طرفی افراد مبتلا به CP با توجه به پیچیدگی‌های CP و چالش‌های شناختی مرتبط با آن نیازمند رویکردهای درمانی نوآورانه در جهت افزایش توانایی‌های شناختی و روان‌شناختی باشند و از آن‌جا که درمان‌های نوظهور مانند tDCS در تقویت نوروپلاستیسیته و بهبود نتایج شناختی و روان‌شناختی کودکان با سایر اختلالات اثر گذار بوده است و با توجه به ماهیت غیرتهاجمی این محرک‌ها، ارزان بودن، سهولت اجرا و توانایی بالقوه آنها برای تعدیل شناخت این نوع از مداخلات نوآورانه را به یک رویکرد جدید و جذاب برای استفاده توسط افراد دارای آسیب‌های شناختی مانند کودکان مبتلا به فلج مغزی تبدیل کرده است (رخشان و همکاران، ۲۰۲۲). می‌توان فرض کرد کاوش در اثربخشی کاربرد tDCS در

1. Warren
2. Working Memory
3. Rakhshan
4. Tajadini
5. Prefrontal Cortex
6. Ingendoh
7. Transcranial Direct Current Stimulation
8. Dorsolateral Prefrontal Cortex
9. Oliveira
10. Soldini
11. Hou
12. Gallop
13. Jiang
14. Chen

اختلالات شناختی و روان‌شناختی کودکان مبتلا به فلج مغزی ممکن است بینش‌های ارزشمندی در مورد اثربخشی این نوع از مداخلات در حمایت از حافظه کاری و شاخص‌های روان‌شناختی کودکان مبتلا به فلج مغزی ارائه دهد.

روش

پژوهش حاضر از نوع کمی با رویکرد نیمه‌آزمایشی دوگروهی (یک گروه آزمایشی و یک گروه گواه) در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. جامعه آماری مورد بررسی در این مطالعه شامل کلیه کودکان مبتلا به فلج مغزی شهر تهران بود. در این مطالعه حجم نمونه توسط نرم‌افزار تعیین حجم نمونه Gpower؛ با $\alpha = 0/05$ و اندازه اثر $0/85$ ؛ ۲۴ نفر تعیین شده است. این حجم از نمونه باتوجه به هدف و نوع اختلال مورد بررسی با شیوه نمونه‌گیری در دسترس از میان کودکان مبتلا به فلج مغزی مراجعه کننده به کلینیک‌های توان بخشی ویژه کودکان مبتلا به فلج مغزی شهر تهران انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه کنترل و tDCS یا آزمایش (هر گروه ۱۲ نفر) جای دهی شده است. معیارهای ورود به این مطالعه داشتن حداقل سواد خواندن و نوشتن برای والدین و برای کودکان قرارگرفتن در دامنه سنی ۷ تا ۱۸ سال، داشتن تشخیص فلج مغزی به تشخیص متخصص اطفال، توانایی نگه داشتن و استفاده از tDCS، نداشتن سایر اختلالات پزشکی و روان پزشکی، مصرف نکردن دارو برای اختلالات روان پزشکی و تمایل به همکاری خانواده کودک بود. معیارهای خروج از پژوهش عدم تکمیل و پاسخ کامل به پرسش نامه‌ها، مخدوش و بی اعتبار بودن پرسشنامه‌ها، داشتن اختلال صرع و حرکات بدنی غیر قابل کنترل و قرار گرفتن تحت درمان‌های دارویی که نتایج پژوهش حاضر را تحت تاثیر قرار دهد بود. لازم به ذکر است ۲ نفر از مشارکت کنندگان (از هر گروه یک نفر) به دلیل نقض معیارهای ورود و خروج از مطالعه یعنی عدم تمایل خانواده برای ادامه مراحل مداخله و غیبت بیش از ۲ جلسه از روند تحلیل‌ها کنار گذاشته شدند و تحلیل‌های مطالعه بر روی ۲۲ فرد باقی مانده در مطالعه انجام شده است.

ابزار

مقیاس افسردگی کودکان^۱: این یک مقیاس خود گزارشگر است که برای سنجش علائم شناختی، رفتاری و عاطفی افسردگی در کودکان و نوجوانان ۷ تا ۱۷ ساله طراحی شده است. این مقیاس دارای ۲۷ سؤال است و هر سؤال شامل سه جمله است؛ مشارکت‌کننده باید یکی از سه جمله را که بیانگر احساسات، افکار و رفتار او در طول دو هفته گذشته است انتخاب کند. نمره‌دهی سؤال‌ها به صورت لیکرت بوده و از صفر تا ۲ نمره‌گذاری می‌شود. نمره صفر نشان‌دهنده فقدان نشانه، نمره یک بیانگر نشانه متوسط و نمره ۲ بیانگر وجود نشانه آشکار است، در نتیجه دامنه نمرات از صفر تا ۵۴ است که نمرات بالاتر نشان‌دهنده افسردگی بیشتر است. همچنین میزان آلفای کرونباخ و امگای مک‌دونالد برای همه عوامل بالای ۰/۷ بود که این میزان نشانگر روایی و پایایی این مقیاس است (مشهدی و همکاران، ۲۰۱۷).

مقیاس چندبعدی اضطراب کودکان^۲: این مقیاس که در سال ۱۹۹۷ ساخته شده است ۳۹ گویه دارد که برای ارزیابی نشانه‌های اضطراب در گروه‌های سنی ۸ تا ۱۹ سال استفاده می‌شود. هر گویه بر مبنای یک مقیاس چهار درجه‌ای لیکرت از صفر تا سه (هرگز، بندرت، گاهی اوقات و همیشه) نمره‌گذاری می‌شود. این مقیاس چهار بعد را اندازه‌گیری می‌کند؛ که شامل اضطراب اجتماعی، اضطراب جدایی، اجتناب از آسیب و نشانه‌های جسمانی است، اعتبار بازآزمایی و همسانی درونی کل مقیاس چند بعدی اضطراب کودکان به ترتیب ۰/۴۸ و ۰/۷۹ به دست آمده است (مشهدی زاده و همکاران، ۱۳۹۱).

پرسش‌نامه کارکردهای اجرایی بریف^۳: پرسش‌نامه کارکردهای اجرایی بریف فرم والدین در سال ۲۰۰۰ نوشته شده است. این معیار دارای دو فرم والدین و معلمین بوده و ۸۶ سؤال دارد که باتوجه به شرایط حادث شدن وضعیت برای کودک به‌عنوان

1. Children's Depression Scale
2. Multidimensional Scale of Child Anxiety
3. Executive Functions Questionnaire Brief

“هیچ وقت” و “گاهی اوقات” و “همیشه” به ترتیب از ۱ تا ۳ توسط والدین نمره گذاری می شود و رفتارهای کودک را در مدرسه و یا منزل مورد بررسی قرار می دهد و به منظور تفسیر رفتاری عملکرد اجرایی کودکان ۵ تا ۱۸ ساله طراحی شده است. زمان تکمیل این فرم بین ۱۰ تا ۱۵ دقیقه است. این پرسش نامه دو زیرمجموعه اصلی شامل مهارت های تنظیم رفتار (بازداری، انتقال، کنترل هیجان) و مهارت های فراشناخت (برنامه ریزی، سازمان دهی مواد، نظارت، حافظه کاری، آغازگری) دارد. در مطالعه عبدالمحمدی و همکاران (۱۳۹۹) آلفای کرونباخ محاسبه شده برای شاخص تنظیم رفتار، شاخص شناختی و نمره کل پرسش نامه BRIEF به ترتیب ۰/۸۶، ۰/۸۹ و ۰/۹۳ بود (عبدالمحمدی و همکاران، ۱۳۹۹). که در این مطالعه از زیر مجموعه حافظه کاری این مقیاس استفاده شده است.

شیوه اجرای پژوهش

این پژوهش برگرفته از رساله دکتری با شناسه ۱۶۲۸۵۶۲۸۹ دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات (تهران) بوده است. در این مطالعه شرایط پژوهش به نحوی طراحی شده بود که اجرای آن هیچ گونه آسیب جسمی و ذهنی برای مشارکت کنندگان در بر نداشته باشد و رضایت کتبی آگاهانه از والدین یا سرپرستان دریافت شد. در این مطالعه تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه ای با استفاده از دستگاه - NEUROSTIM ساخت شرکت مدینا طب گستر روی نواحی قشر حرکتی و از طریق دو پد 2×1.5 سانتیمتر (الکتروود آند) و 2×6 سانتی متر (الکتروود کاتد) آغشته به محلول نمک با شدت جریان 0.3 میلی آمپر و به صورت مستقیم در مدت زمان ۲۰ دقیقه در طول ۱۰ جلسه اعمال شد. به منظور یافتن نقاط مورد نظر بر روی سر از سیستم بین المللی ۱۰-۲۰ استفاده شد.

یافته ها

نتایج بررسی ویژگی های جمعیت شناختی در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. داده های جمعیت شناختی کودکان شرکت کننده در این پژوهش

| | گروه کنترل | | گروه tDCS | |
|----------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | فراوانی | درصد فراوانی | فراوانی | درصد فراوانی |
| ۸ تا ۱۰ | ۴ | ۳۶/۳۶ | ۴ | ۳۶/۳۶ |
| ۱۱ تا ۱۳ | ۴ | ۳۶/۳۷ | ۵ | ۴۵/۴۶ |
| ۱۴ تا ۱۶ | ۳ | ۲۷/۲۷ | ۲ | ۱۸/۱۸ |
| دختر | ۶ | ۵۴/۵۴ | ۵ | ۵۴/۵۴ |
| پسر | ۵ | ۴۵/۴۵ | ۶ | ۴۵/۴۶ |

در این مطالعه به صورت کلی ۳۶/۳۶ درصد شرکت کنندگان هر دو گروه ۸ تا ۱۰ ساله، ۴۵/۴۶ درصد گروه tDCS ۱۱ تا ۱۳ ساله و ۱۸/۱۸ درصد این گروه ۱۴ تا ۱۶ سال سن داشته اند، همچنین ۵۴/۵۴ درصد شرکت کنندگان گروه tDCS و ۴۵/۴۵ درصد گروه کنترل دختر و مابقی پسر بوده اند. در ادامه ی تجزیه و تحلیل داده ها ابتدا نحوه توزیع داده ها با استفاده از آزمون کالموگروف اسمیرینف مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس نتایج این آزمون داده های مطالعه از توزیع نرمال برخوردار بودند ($P \geq 0.05$). همچنین همگنی واریانس ها با استفاده از آزمون لوین مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد شرط همگنی واریانس ها در میان داده های مطالعه برقرار است ($P \geq 0.05$). در ادامه پس از بررسی یافته های توصیفی متغیرهای مطالعه مقایسه های دو به دو میان گروه ها با استفاده از آزمون پارامتریک تحلیل واریانس آمیخته صورت گرفته است.

جدول ۲. داده های توصیفی متغیرهای پژوهش

| | گروه کنترل $M \pm SD$ | | گروه tDCS $M \pm SD$ | |
|----------------|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| | پس آزمون | پیش آزمون | پس آزمون | پیش آزمون |
| حافظه کاری | ۱/۴۴ ± ۱۰/۴۵ | ۲ ± ۱۰ | ۲/۵۴ ± ۱۰/۶۴ | ۱/۴۴ ± ۱۰/۴۵ |
| افسردگی | ۸/۳۲ ± ۳۰/۷۳ | ۲/۹۴ ± ۲۶/۳۶ | ۶/۱۶ ± ۴۹/۳۶ | ۲/۹۴ ± ۲۶/۳۶ |
| اضطراب اجتماعی | ۱/۵۷ ± ۹/۹۱ | ۲/۶۳ ± ۹/۸۲ | ۲/۷۷ ± ۲۳/۴۵ | ۱/۵۷ ± ۹/۹۱ |
| اضطراب جدایی | ۱/۴۸ ± ۷/۲۷ | ۴/۰۳ ± ۸/۹۱ | ۳/۰۶ ± ۲۱/۶۴ | ۱/۴۸ ± ۷/۲۷ |

اثربخشی تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای بر حافظه کاری و شاخص‌های روان‌شناختی کودکان مبتلا به فلج مغزی

فرشته نیساری، پیمان حسنی ابهریان و رضا رستمی

| | | | | |
|------------|-----------|------------|------------|------------------|
| ۱/۹۲±۲۴/۰۲ | ۱/۳۴±۹/۲۷ | ۱۱/۷۳±۵/۴۶ | ۱/۳۴±۹/۲۷ | اجتناب از آسیب |
| ۳/۱۳±۱۹/۲۷ | ۱/۳۴±۹/۲۷ | ۸/۳۷±۱۳/۹۱ | ۲/۵۸±۱۱/۰۹ | نشانه‌های جسمانی |

نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۲) نشانگر وجود تفاوت‌هایی در میانگین متغیرهای سنجیده شده پیش و پس از دریافت مداخله tDCS است. جهت بررسی معناداری این تفاوت‌ها و با توجه به نیاز به مقایسه‌های درون گروهی و میان گروهی در این مطالعه از شیوه آماری تحلیل واریانس آمیخته استفاده شده است. از دیگر شروط استفاده از این تحلیل اماری فرض همگنی کوواریانس گروه‌ها است که با استفاده از آزمون BOX' S M ($F = ۱/۶۶; P = ۰/۰۰۱$) سنجیده شده است و به دلیل برقرار بودن این شرط از آزمون Pillai's Trace یا اثر پیلایی ($F = ۳/۴۵; P = ۰/۰۰۱$) برای تفسیر نتایج خود در جدول چند متغیره یا Multivariate استفاده کرده ایم. این نتایج نشان می‌دهد با سطح ۹۹٪ اطمینان اثر سطح قرارگیری در گروه‌های مختلف معنی دار است. در ادامه جهت بررسی معناداری تفاوت‌های موجود به جدول ۳. توجه می‌کنیم.

جدول ۳. آزمون تحلیل واریانس آمیخته جهت بررسی تفاوت درون گروهی متغیرهای مورد بررسی

| منبع | متغیر | مجموع مربعات | df | میانگین مربعات | F | Sig. | اندازه اثر نسبی |
|------------------|------------------|----------------|---------|----------------|---------|---------|-----------------|
| مدل اصلاح شده | اضطراب اجتماعی | ۱۵۲۰/۵۴ | ۳ | ۵۰۶/۸۴ | ۱۰۳/۳۴ | ۰/۰۰۱ | ۰/۸۸ |
| | اضطراب جدایی | ۱۱۰۹/۰۹ | ۳ | ۳۶۷/۳۶ | ۴۸/۱۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۷۸ |
| | اجتناب از آسیب | ۹۳۰/۲۷ | ۳ | ۳۱۰/۰۹ | ۲۵/۷۷ | ۰/۰۰۱ | ۰/۶۵ |
| | نشانه‌های جسمانی | ۲۳۵۸/۲۵ | ۳ | ۷۶۸/۰۸ | ۳۳/۷۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۷۱ |
| | نمره افسردگی | ۳۹۶۹/۳۴ | ۳ | ۱۳۲۳/۱۱ | ۴۲/۴۸ | ۰/۰۰۱ | ۰/۷۶ |
| | حافظه کاری | ۲/۴۳ | ۳ | ۰/۸۱ | ۰/۲۲ | ۰/۸۸ | ۰/۰۱ |
| | اینرست | اضطراب اجتماعی | ۷۷۵۱/۲۷ | ۱ | ۷۷۵۱/۲۷ | ۱۵۸۰/۴۲ | ۰/۰۰۱ |
| اضطراب جدایی | | ۵۰۲۰/۴۵ | ۱ | ۵۰۲۰/۴۵ | ۴۴۶۲۷ | ۰/۰۰۱ | ۰/۹۴ |
| اجتناب از آسیب | | ۷۰۷۶/۴۵ | ۱ | ۷۶۷۰/۴۵ | ۵۸۸/۱۴ | ۰/۰۰۱ | ۰/۹۳ |
| نشانه‌های جسمانی | | ۱۱۵۳۵/۸۴ | ۱ | ۱۱۵۳۵/۸۴ | ۴۹۵/۳۹ | ۰/۰۰۱ | ۰/۹۲ |
| نمره افسردگی | | ۴۸۵۱۱/۸۴ | ۱ | ۴۸۵۱۱/۸۴ | ۹۰۰۱۵۵۷ | ۰/۰۰۱ | ۰/۹۷ |
| حافظه کاری | | ۴۷۴۷/۵۶ | ۱ | ۴۷۴۷/۵۶ | ۱۳۰۰/۴۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۹۷ |
| گروه | | اضطراب اجتماعی | ۱۵۲۰/۵۴ | ۳ | ۵۰۶/۸۴ | ۱۰۳/۴۳ | ۰/۰۰۱ |
| | اضطراب جدایی | ۱۱۰۹/۰۹ | ۳ | ۳۷۶/۳۶ | ۴۸/۱۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۷۸ |
| | اجتناب از آسیب | ۹۳۰/۲۷ | ۳ | ۳۱۰/۰۹ | ۲۵/۷۷ | ۰/۰۰۱ | ۰/۶۵ |
| | نشانه‌های جسمانی | ۲۳۵۸/۲۵ | ۳ | ۷۸۶/۰۸ | ۳۳/۷۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۷۱ |
| | نمره افسردگی | ۳۹۶۹/۳۴ | ۳ | ۱۳۲۳/۱۱ | ۴۲/۴۸ | ۰/۰۰۱ | ۰/۷۶ |
| | حافظه کاری | ۲/۴۳ | ۳ | ۰/۸۱ | ۰/۲۲ | ۰/۸۸ | ۰/۰۱۶ |
| | خطا | اضطراب اجتماعی | ۱۹۶/۱۸ | ۴۰ | ۴/۹۰ | | |
| اضطراب جدایی | | ۳۰۵/۴۵ | ۴۰ | ۷/۶۳ | | | |
| اجتناب از آسیب | | ۴۸۱/۲۷ | ۴۰ | ۱۲/۰۳ | | | |
| نشانه‌های جسمانی | | ۹۳۲/۹۰ | ۴۰ | ۲۳/۲۳ | | | |
| نمره افسردگی | | ۱۲۴۵/۸۱ | ۴۰ | ۳۱/۱۴ | | | |
| حافظه کاری | | ۱۴۶ | ۴۰ | ۳/۶۵ | | | |
| کل | | اضطراب اجتماعی | ۹۴۶۸ | ۴۴ | | | |
| | اضطراب جدایی | ۶۲۲۸ | ۴۴ | | | | |
| | اجتناب از آسیب | ۸۴۸۸ | ۴۴ | | | | |
| | نشانه‌های جسمانی | ۱۴۸۴۵ | ۴۴ | | | | |
| | نمره افسردگی | ۵۳۷۲۷ | ۴۴ | | | | |

| | | |
|------------------|---------|----|
| حافظه کاری | ۴۸۹۵ | ۴۴ |
| اضطراب اجتماعی | ۱۷۱۶/۷۲ | ۴۳ |
| اضطراب جدایی | ۱۷۰۷/۵۷ | ۴۳ |
| اجتناب از آسیب | ۱۴۱۱/۵۴ | ۴۳ |
| نشانه‌های جسمانی | ۳۲۹۱/۱۵ | ۴۳ |
| نمره افسردگی | ۵۲۱۵/۱۵ | ۴۳ |
| حافظه کاری | ۱۴۸/۴۳ | ۴۳ |

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد دو گروه در متغیرهای افسردگی و اضطراب و زیر مولفه‌های این دو متغیر پیش و پس از دریافت مداخله tDCS با یک دیگر تفاوت معناداری داشته‌اند. اما حافظه کاری میان دو گروه پیش و پس از دریافت مداخله میان دو گروه تفاوت معناداری نداشته است. که در ادامه جهت تعیین تغییرات میانگین‌های گروه‌ها و مشخص ساختن جهت این تفاوت‌ها از آزمون پس تعقیبی بن فرونی استفاده شده است که نتایج در جدول ۴ قابل مشاهده است.

جدول ۴. آزمون بن فرونی جهت تعیین جهت تفاوت‌های معنادار در متغیرهای افسردگی و اضطراب

| متغیر | گروه (I) | گروه (J) | میانگین تفاوت‌ها (I-J) | انحراف معیار خطا | Sig. | سطح اطمینان ۹۵٪ | |
|------------------|------------------------|----------------------|------------------------|------------------|-------|-----------------|---------|
| | | | | | | حد پایین | حد بالا |
| اضطراب اجتماعی | پس‌آزمون گروه tDCS | پس‌آزمون گروه کنترل | ۱۳/۵۵* | ۰/۹۴ | ۰/۰۰۱ | ۱۰/۹۲ | ۱۶/۱۷ |
| | | پیش‌آزمون گروه کنترل | ۱۳/۶۴* | ۰/۹۴ | ۰/۰۰۱ | ۱۱/۰۲ | ۱۶/۲۶ |
| | پس‌آزمون گروه کنترل | پیش‌آزمون گروه tDCS | ۱۳/۵۵* | ۰/۹۴ | ۰/۰۰۱ | ۱۰/۹۲ | ۱۶/۱۷ |
| | | پس‌آزمون گروه tDCS | -۱۲/۵۵* | ۰/۹۴ | ۰/۰۰۱ | -۱۶/۱۷ | -۱۰/۹۲ |
| | پس‌آزمون گروه کنترل | پیش‌آزمون گروه کنترل | ۰/۰۹ | ۰/۹۴ | ۱/۰ | -۲/۵۳ | ۲/۷۱ |
| | | پیش‌آزمون گروه tDCS | -۰/۰۱ | ۰/۹۴ | ۱/۰ | -۲/۶۲ | ۲/۶۲ |
| اضطراب جدایی | پس‌آزمون گروه tDCS | پس‌آزمون گروه کنترل | ۱۲* | ۱/۱۷ | ۰/۰۰۱ | ۸/۷۳ | ۱۵/۲۷ |
| | | پیش‌آزمون گروه کنترل | ۱۰/۳۶* | ۱/۱۷ | ۰/۰۰۱ | ۷/۰۹ | ۱۶/۶۳ |
| | پس‌آزمون گروه کنترل | پیش‌آزمون گروه tDCS | ۱۲* | ۱/۱۷ | ۰/۰۰۱ | ۸/۷۳ | ۱۵/۲۷ |
| | | پس‌آزمون گروه tDCS | -۱۲* | ۱/۱۷ | ۰/۰۰۱ | -۱۵/۲۷ | -۸/۷۳ |
| | پس‌آزمون گروه کنترل | پیش‌آزمون گروه کنترل | -۱/۶۴ | ۱/۱۷ | ۱/۰ | -۴/۹۱ | ۱/۶۳ |
| | | پیش‌آزمون گروه tDCS | -۰/۰۱ | ۱/۱۷ | ۱/۰ | -۳/۲۷ | ۳/۲۷ |
| اجتناب از آسیب | پس‌آزمون گروه tDCS | پس‌آزمون گروه کنترل | ۱۱/۱۸* | ۱/۴۷ | ۰/۰۰۱ | ۷/۰۸ | ۱۵/۲۹ |
| | | پیش‌آزمون گروه کنترل | ۸/۷۳* | ۱/۴۷ | ۰/۰۰۱ | ۴/۶۲ | ۱۲/۸۳ |
| | پس‌آزمون گروه کنترل | پیش‌آزمون گروه tDCS | ۱۱/۱۸* | ۱/۴۷ | ۰/۰۰۱ | ۷/۰۸ | ۱۵/۲۹ |
| | | پس‌آزمون گروه tDCS | -۱۱/۱۸** | ۱/۴۷ | ۰/۰۰۱ | -۱۵/۲۹ | ۷/۰۸ |
| | پس‌آزمون گروه کنترل | پیش‌آزمون گروه کنترل | -۲/۴۵ | ۱/۴۷ | ۰/۶۲ | -۶/۵۶ | ۱/۶۵ |
| | | پیش‌آزمون گروه tDCS | -۰/۰۱ | ۱/۴۷ | ۱/۰ | -۴/۱۱ | ۴/۱۱ |
| نشانه‌های جسمانی | پس‌آزمون گروه tDCS | پس‌آزمون گروه کنترل | ۱۷/۶۴* | ۲/۰۵ | ۰/۰۰۱ | ۱۱/۹۲ | ۲۳/۳۵ |
| | | پیش‌آزمون گروه کنترل | ۱۴/۸۲* | ۲/۰۵ | ۰/۰۰۱ | ۹/۱ | ۲۰/۵۳ |
| | پس‌آزمون گروه کنترل | پیش‌آزمون گروه tDCS | ۱۷/۶۴* | ۲/۰۵ | ۰/۰۰۱ | ۱۱/۹۲ | ۲۳/۳۵ |
| | | پس‌آزمون گروه tDCS | -۱۷/۶۴* | ۲/۰۵ | ۰/۰۰۱ | -۲۳/۳۵ | -۱۱/۹۲ |
| | پس‌آزمون گروه کنترل | پیش‌آزمون گروه کنترل | -۲/۸۲ | ۲/۰۵ | ۱/۰ | -۸/۵۳ | ۲/۹ |
| | | پیش‌آزمون گروه tDCS | -۰/۰۱ | ۲/۰۵ | ۱/۰ | -۵/۷۲ | ۵/۷۲ |

| | | | | | | |
|--------|--------|-------|------|--------|----------------------|---------------------|
| ۲۹/۶۱ | ۱۶/۳۹ | ۰/۰۰۱ | ۲/۳۸ | ۲۳* | پس‌آزمون گروه کنترل | |
| ۲۵/۲۴ | ۱۲/۰۳ | ۰/۰۰۱ | ۲/۳۸ | ۱۸/۶۴* | پیش‌آزمون گروه کنترل | پس‌آزمون گروه tDCS |
| ۲۹/۶۱ | ۱۶/۳۹ | ۰/۰۰۱ | ۲/۳۸ | ۲۳* | پیش‌آزمون گروه tDCS | |
| -۱۶/۳۹ | -۲۹/۶۱ | ۰/۰۰۱ | ۲/۳۸ | -۲۳* | پس‌آزمون گروه tDCS | نمره افسردگی |
| ۲/۲۴ | -۱۰/۹۷ | ۰/۴۴ | ۲/۳۸ | -۴/۳۶ | پیش‌آزمون گروه کنترل | پس‌آزمون گروه کنترل |
| ۶/۶۱ | -۶/۶۱ | ۱/۰ | ۲/۳۸ | ۰/۰۰۱ | پیش‌آزمون گروه tDCS | |
| ۲/۴۴ | -۲/۰۸ | ۱/۰ | ۰/۸۱ | ۰/۱۸ | پس‌آزمون گروه کنترل | |
| ۲/۹ | -۱/۶۲ | ۱/۰ | ۰/۸۱ | ۰/۶۴ | پیش‌آزمون گروه کنترل | پس‌آزمون گروه tDCS |
| ۲/۴۴ | -۲/۰۸ | ۱/۰ | ۰/۸۱ | ۰/۱۸ | پیش‌آزمون گروه tDCS | |
| ۲/۰۸ | -۲/۴۴ | ۱/۰ | ۰/۸۱ | -۰/۱۸ | پس‌آزمون گروه tDCS | حافظه کاری |
| ۲/۷۲ | -۱/۸۱ | ۱/۰ | ۰/۸۱ | ۰/۴۵ | پیش‌آزمون گروه کنترل | پس‌آزمون گروه کنترل |
| ۲/۲۶ | -۲/۲۶ | ۱/۰ | ۰/۸۱ | ۰/۰۰۱ | پیش‌آزمون گروه tDCS | |

اختلاف میانگین‌ها در سطح ۰/۰۵ معنادار است

نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۴) نشان می‌دهد پس از دریافت مداخله tDCS اضطراب و افسردگی کودکان مبتلا به فلج مغزی دریافت‌کننده آن نسبت به پیش از آن کاهش یافته است این نتایج نشان می‌دهد در متغیر اضطراب اجتماعی، اضطراب جدایی، اجتناب از آسیب، نشانه‌های جسمانی و نمره افسردگی پس‌آزمون گروه tDCS با پیش‌آزمون گروه tDCS، پیش‌آزمون گروه کنترل و پس‌آزمون گروه کنترل تفاوت معناداری دارد (p = ۰/۰۰۱) و این در حالی است که پس‌آزمون گروه کنترل فقط با پس‌آزمون گروه tDCS تفاوت معناداری دارد. این نتایج نشانگر تفاوت معنادار میان دو گروه پیش و پس از دریافت مداخله tDCS در متغیرهای اضطراب و افسردگی است؛ اما متغیر حافظه کاری میان دو گروه تفاوت معناداری نداشته است (P ≥ ۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف بررسی اثربخشی tDCS بر عملکرد شناختی حافظه کاری و شاخص‌های روان‌شناختی کودکان مبتلا به فلج مغزی صورت گرفت و نتایج به دست آمده نشان داد مداخله tDCS بر سطح افسردگی و اضطراب کودکان مبتلا به فلج مغزی موثر است؛ اما این مداخله تأثیری بر عملکرد شناختی حافظه کاری ندارد. لازم به ذکر است با توجه به موجود نبودن ادبیات علمی در زمینه تأثیر tDCS بر عملکردهای روان‌شناختی و حافظه کاری کودکان مبتلا به فلج مغزی مقایسه میان این مطالعه و مطالعات موجود در سایر اختلالات مشابه صورت گرفته است. در تبیین این نتایج به دست آمده می‌توان گفت، در مجموع، اثر تعدیل‌کننده tDCS بر تحریک‌پذیری و انعطاف‌پذیری قشر مغز که مکانیسم پیشنهادی برای اثرات شناختی و روان‌شناختی و بهبود علائم اختلالات مرتبط با tDCS است به تعاملات پیچیده در قشر مغز بستگی دارد. نکته مهم این است که فعالیت فرستنده‌ها و گیرنده‌های مغز در حال رشد و بالغ متفاوت هستند (حامد و همکاران، ۲۰۱۹). افسردگی کودکان و نوجوانان شامل تغییر ارتباط قشر پیشانی میانی با نواحی مغزی درگیر در عملکردهای اجرایی، تنظیم هیجان، توجه و پردازش پاداش است. بر این اساس، tDCS به عنوان یک مداخله تعدیل‌کننده عصبی ممکن است برای تعدیل فعالیت قشر مغز در این مناطق استفاده شود (صالحی نژاد و همکاران، ۲۰۲۱) و می‌توان گفت از آنجایی که ناحیه پیش‌پیشانی چپ وظیفه تولید افکار مثبت و ناحیه پیش‌پیشانی راست در تولید افکار منفی نقش دارد، تحریک DLPFC چپ منجر به افزایش افکار و احساسات مثبت در بیماران افسرده می‌شود. از طرفی تحریک کاتدی DLPFC منجر به مهار این ناحیه و در نتیجه کاهش افکار و احساسات منفی می‌شود. در نتیجه، این اثرات ممکن است در بهبود افسردگی نقش داشته باشند (سعیدی منش و همکاران، ۲۰۲۳). از طرفی دیگر DLPFC به شدت در حافظه کاری نقش دارد و در اکثریت تحقیقاتی که به بررسی اثرات tDCS بر عملکرد حافظه کاری می‌پردازد، DLPFC به عنوان منطقه هدف برای تحریک انتخاب شده است (هیل^۱ و همکاران، ۲۰۱۶) و لذا تحریک این ناحیه می‌تواند بر عملکرد شناختی حافظه کاری اثر گذار باشد. در این راستا همسو

1. Hill

با یافته‌های مطالعه حاضر، آزمایشات بالینی قبلی نشان داده‌اند که tDCS پتانسیل بهبود علائم خلقی بیماران افسرده را دارد (لی و همکاران، ۲۰۲۴) و یافته‌های یک مرور سیستماتیک نشان داد tDCS با هدف قرار دادن DLPFC چپ با شدت ۲ میلی آمپر به طور قابل توجهی علائم افسردگی را کاهش می‌دهد. این مطالعه بر DLPFC چپ به عنوان یک مکانیسم عصبی فراتشخیصی زیربنای علائم افسردگی و شرایط دیگر تاکید کرد و نویسندگان نشان داده‌اند مداخله tDCS با مدت زمان ۲۰ دقیقه با کاهش علائم اضطراب همراه است (ژنگ^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). از طرفی تا به امروز، توانایی tDCS برای تعدیل حافظه کاری در تعدادی از مطالعات مورد بررسی قرار گرفته است، البته نتایج حاصل از این مطالعات متفاوت و گاه متناقض بوده است، به عنوان مثال برخلاف یافته‌های مطالعه حاضر، مطالعه جزینی و شیخی (۱۴۰۰) نشانگر بهبود حافظه کاری و عملکرد حرکتی کودکان مبتلا به اختلال هماهنگی رشدی پس از دریافت tDCS بود (جزینی و شیخی، ۱۴۰۰). این درحالی است که همسو با یافته‌های مطالعه حاضر در متآنالیزی که تحریک جریان مستقیم فراجمعه ایبا کیفیت بالا برای تقویت حافظه کاری را مورد بررسی قرار داد، یافته نشان داد هیچ اثر قابل توجهی از tDCS آندال بر روی PFC سمت چپ برای حافظه کاری و زمان واکنش وجود ندارد (مولر^۲ و همکاران، ۲۰۲۲).

در نتیجه tDCS به عنوان یک مداخله امیدوارکننده در توانبخشی کودکان مبتلا به فلج مغزی، به ویژه در تقویت توانایی‌های روان شناختی این کودکان ظاهر شده است و به طور خلاصه، tDCS یک رویکرد جدید برای افزایش عملکرد شناختی کودکان فلج مغزی ارائه می‌دهد و دانشی در مورد استراتژی‌های توانبخشی ارائه می‌دهد که از نوروپلاستی استفاده می‌کنند. همانطور که تحقیقات در حال تکامل است، درک مفاهیم و محدودیت‌های tDCS برای ادغام این تکنیک در شیوه‌های درمانی استاندارد برای کودکان مبتلا به اختلالات عصبی بسیار مهم خواهد بود. همچنین لازم به ذکر است هر مطالعه‌ای در فرایندهای اجرایی خود با محدودیت‌هایی روبه‌رو است. مطالعه حاضر نیز از این قاعده دور نبوده و در فرایند اجرایی خود محدودیت‌هایی داشته است که از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به استفاده از روش نمونه‌گیری غیرتصادفی اشاره کرد که محقق به دلیل ماهیت این اختلال و شرایط جامعه خود مجبور به استفاده از این شیوه نمونه‌گیری شده است و همچنین نداشتن دوره پیگیری که در صورت اجرا شدن می‌توانست روشن کننده ی میزان ماندگاری این نوع از مداخلات باشد در ادامه به پژوهش گران آتی توصیه می‌شود این مطالعات را با استفاده از اندازه‌گیری‌های عصبی شناختی برای تأیید اثرات فرضی tDCS بر همگام سازی امواج مغزی و تأثیر بعدی آن بر حالات شناختی و عاطفی در کودکان مبتلا تکرار کنند و از آنجایی که مطالعات موجود هم نوید و هم پیچیدگی‌های این حوزه را برجسته می‌کند نیاز به توجه زیاد به این زمینه را نمایان می‌کند.

تشکر و قدردانی

از کلیه مشارکت‌کنندگان و مراقبین آن‌ها که ما را در انجام این مطالعه یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

تعارض و منافع

کلیه نویسندگان اعلام می‌دارند در این مطالعه تعارض منافی نداشته‌اند.

منابع

عبدالحمیدی، ک.، غدیری صورمان آبادی، ف.، ابراهیم زاده، خ.، علیزاده، الف.، زارعان، م.، و نورافکن، ف. (۱۳۹۹). بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی پرسشنامه مشکلات رشدی - رفتاری در کودکان ۵ تا ۱۵ سال ایرانی، *فصلنامه /اندازه‌گیری تربیتی*، ۱۱ (۳۹)، ۱۵-۱.

مشهدی، علی.، سلطانی شال، ر.، میردورقی، ف و بهرامی، ب. (۱۳۹۱). ویژگی‌های روانسنجی مقیاس چندبعدی اضطراب کودکان. *فصلنامه روان‌شناسی کاربردی*، ۶ (۲).

1. Zheng
2. Müller

- Akbar, E., Abutorabi Zarchi, H., Namiranian, N., & Abutorabi Zarchi, M. (2019). The Effect of 8-week Aquatic and Terrestrial Exercises on Functional Balance and Psychological Factors of Spastic Cerebral Palsy Girls. *Function and Disability Journal*, 2(1), 125–132.
- Bartonek, Å., Piccardi, L., & Guariglia, C. (2021). Topographical working memory in children with cerebral palsy. *Journal of Motor Behavior*, 53(2), 200–208.
- Beauchene, C., Abaid, N., Moran, R., Diana, R. A., & Leonessa, A. (2016). The effect of binaural beats on visuospatial working memory and cortical connectivity. *PLoS One*, 11(11), e0166630.
- Bjorgaas, H. M., Elgen, I. B., & Hysing, M. (2021). Trajectories of psychiatric disorders in a cohort of children with cerebral palsy across four years. *Disability and Health Journal*, 14(1), 100992.
- Chen, L., Du, B., Li, K., Li, K., Hou, T., Jia, F., & Li, L. (2024). The effect of tDCS on inhibitory control and its transfer effect on sustained attention in children with autism spectrum disorder: An fNIRS study. *Brain Stimulation*, 17(3), 594–606.
- Gallop, L., Westwood, S. J., Lewis, Y., Campbell, I. C., & Schmidt, U. (2023). Effects of transcranial direct current stimulation in children and young people with psychiatric disorders: A systematic review. *European Child & Adolescent Psychiatry*.
- Gupta, M., Bhatia, D., & Rajak, B. L. (2017). Study of available intervention technique to improve cognitive function in cerebral palsy patients. *Curr Neurobiol*, 8(1), 51–59.
- Hameed, M. Q., Damar, U., MacMullin, P., & Rotenberg, A. (2019). Chapter 2—The Developing Brain—Relevance to Pediatric Neurotechnology. In L. M. Oberman & P. G. Enticott (Eds.), *Neurotechnology and Brain Stimulation in Pediatric Psychiatric and Neurodevelopmental Disorders* (pp. 9–30). Academic Press.
- Hill, A. T., Fitzgerald, P. B., & Hoy, K. E. (2016). Effects of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation on Working Memory: A Systematic Review and Meta-Analysis of Findings from Healthy and Neuropsychiatric Populations. *Brain Stimulation*, 9(2), 197–208.
- Hou, W., Zhou, F., Wang, Q., Li, H., Qin, X., Ding, Y., Dong, F., Bo, Q., Li, A., Zhang, L., Chen, Z., Wang, Z., Li, X., Lee, J., & Wang, C. (2024). Effect of transcranial direct current stimulation with concurrent cognitive performance targeting posterior parietal cortex vs prefrontal cortex on working memory in schizophrenia: A randomized clinical trial. *Translational Psychiatry*, 14(1), 1–10.
- Ingendoh, R. M., Posny, E. S., & Heine, A. (2023). Binaural beats to entrain the brain? A systematic review of the effects of binaural beat stimulation on brain oscillatory activity, and the implications for psychological research and intervention. *PLOS ONE*, 18(5), e0286023.
- Jazini, F., & Sheikh, M. (2022). Comparison of the Effect of Direct Transcranial Electrical Stimulation of Motor and Vision Cortex on Working Memory and Motor Performance in Children with Developmental Coordination Disorder.
- Jiang, S., Jones, M., & von Bastian, C. C. (2024). TDCS over PPC or DLPFC does not improve visual working memory capacity. *Communications Psychology*, 2(1), 1–10.
- Kilcioglu, S., Schiltz, B., Araneda, R., & Bleyenheuft, Y. (2023). Short-to Long-Term Effects of Virtual Reality on Motor Skill Learning in Children with Cerebral Palsy: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR Serious Games*, 11(1), e42067.
- Kube, T., Schwarting, R., Rozenkrantz, L., Glombiewski, J. A., & Rief, W. (2020). Distorted Cognitive Processes in Major Depression: A Predictive Processing Perspective. *Biological Psychiatry*, 87(5), 388–398.
- LeMoult, J., & Gotlib, I. H. (2019). Depression: A cognitive perspective. *Clinical Psychology Review*, 69, 51–66.
- Li, J., Kung, S., Croarkin, P., & Lapid, M. (2024). Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) for Treatment Resistant Depression (TRD): A Systematic Review. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 32(4, Supplement), S99.
- Mashhadi, A., Reza, S., Fatemeh, M., & Batol, B. (2014). Psychometric properties of children's multidimensional anxiety scale. https://www.sid.ir/fa/VEWSSID/J_pdf/30313912105.pdf

- Müller, D., Habel, U., Brodtkin, E. S., & Weidler, C. (2022). High-definition transcranial direct current stimulation (HD-tDCS) for the enhancement of working memory – A systematic review and meta-analysis of healthy adults. *Brain Stimulation, 15*(6), 1475–1485.
- Narayan, A., Muhit, M., Whitehall, J., Hossain, I., Badawi, N., Khandaker, G., & Jahan, I. (2023). Associated Impairments among Children with Cerebral Palsy in Rural Bangladesh—Findings from the Bangladesh Cerebral Palsy Register. *Journal of Clinical Medicine, 12*(4), Article 4.
- Oliveira, J. F., Zanão, T. A., Valiengo, L., Lotufo, P. A., Benseñor, 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.
- Rakhshan, V., Hassani-Abharian, P., Joghataei, M., Nasehi, M., & Khosrowabadi, R. (2022). Effects of the Alpha, Beta, and Gamma Binaural Beat Brain Stimulation and Short-Term Training on Simultaneously Assessed Visuospatial and Verbal Working Memories, Signal Detection Measures, Response Times, and Intrasubject Response Time Variabilities: A Within-Subject Randomized Placebo-Controlled Clinical Trial. *BioMed Research International, 2022*, 1–42.
- Saeidmanesha, M., Shabanzadehb, R., Shabanzadeha, M., Abedini, M., Demheria, F., Yeganehfard, E., Aghaei, E., Haghighi, M. M., Alizadeh, A., & Fazeli, Z. (2023). The effect of transcranial Direct Current Stimulation on working memory and depression in mothers with deaf children. *Journal of Clinical Physiotherapy Research, 8*(1), e79.
- Salehinejad, M. A., Vicario, C. M., Vila-Rodriguez, F., Kadosh, R. C., & Nitsche, M. A. (2021). tDCS in Child and Adolescent Psychiatry. In A. R. Brunoni, M. A. Nitsche, & C. K. Loo (Eds.), *Transcranial Direct Current Stimulation in Neuropsychiatric Disorders: Clinical Principles and Management* (pp. 283–312). Springer International Publishing.
- Smith, K. J., Peterson, M. D., O’Connell, N. E., Victor, C., Liverani, S., Anokye, N., & Ryan, J. M. (2019). Risk of depression and anxiety in adults with cerebral palsy. *JAMA Neurology, 76*(3), 294–300.
- Soldini, A., Vogelmann, U., Aust, S., Goerigk, S., Plewnia, C., Fallgatter, A., Normann, C., Frase, L., Zwanzger, P., Kammer, T., Schönfeldt-Lecuona, C., Vural, G., Bajbouj, M., Padberg, F., & Burkhardt, G. (2024). Neurocognitive function as outcome and predictor for prefrontal transcranial direct current stimulation in major depressive disorder: An analysis from the DepressionDC trial. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*.
- Tajadini, S., Farpour, H., & Farpour, S. (2019). The Relationship Between Working Memory and Acquisition of Mathematical Strategies in Children with Cerebral Palsy: A Review of Literature. *Journal of Rehabilitation Sciences & Research, 6*(3), 103–108.
- The Impact of Affective Information on Working Memory: A Pair of Meta-Analytic Reviews of Behavioral and Neuroimaging Evidence., 145 *Psychological bulletin 566* (American Psychological Association 2019).
- Tian, H., Wang, Z., Meng, Y., Geng, L., Lian, H., Shi, Z., Zhuang, Z., Cai, W., & He, M. (2025). Neural mechanisms underlying cognitive impairment in depression and cognitive benefits of exercise intervention. *Behavioural Brain Research, 476*, 115218.
- Vöckel, J., Spitznagel, N., Markser, A., Sigrist, C., & Koenig, J. (2024). A paucity of evidence in youth: The curious case of transcranial direct current stimulation for depression. *Asian Journal of Psychiatry, 91*, 103838.
- Wang, J., Yao, X., Ji, Y., & Li, H. (2024). Cognitive potency and safety of tDCS treatment for major depressive disorder: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Human Neuroscience, 18*.
- Warren, S. L., Heller, W., & Miller, G. A. (2021). The Structure of Executive Dysfunction in Depression and Anxiety. *Journal of Affective Disorders, 279*, 208–216.
- Yang, S., Suh, J. H., Kwon, S., & Chang, M. C. (2022). The effect of neurologic music therapy in patients with cerebral palsy: A systematic narrative review. *Frontiers in Neurology, 13*.
- Zhao, Q., Wang, X., Li, S.-F., Wang, P., Wang, X., Xin, X., Yin, S.-W., Yin, Z.-S., & Mao, L.-J. (2024). Relationship between physical activity and specific working memory indicators of depressive symptoms in university students. *World Journal of Psychiatry, 14*(1), 148–158.

اثربخشی تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای بر حافظه کاری و شاخص‌های روان‌شناختی کودکان مبتلا به فلج مغزی
فرشته نیساری، پیمان حسنی ابهریان و رضا رستمی

Zheng, E. Z., Wong, N. M. L., Yang, A. S. Y., & Lee, T. M. C. (2024). Evaluating the effects of tDCS on depressive and anxiety symptoms from a transdiagnostic perspective: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Translational Psychiatry*, *14*(1), 1–15.