

Comparing the Effectiveness of Cognitive Rehabilitation Program with Transcranial Electrical Stimulation on Brain Waves of Children with Math Learning Disorder

Nazila Broumand Esfangarh¹, Saeed Rezaei^{1*}, Ali Jahan², Mohammad Reza Ghasemian Moghadam³

¹Department of Psychology and Education of Exceptional Children, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

²Department of Speech Therapy, Faculty of Rehabilitation, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

³Movement Behavior Department, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Article Info:

Received: 14 Aug 2024

Revised: 5 Nov 2024

Accepted: 1 Dec 2024

ABSTRACT

Introduction: As a specific learning disorder, mathematical learning disorder is an obstacle to learning mathematics and is associated with problems in remembering numerical facts, accurate and fluent calculation, and mathematical reasoning. The present study was conducted to compare the effectiveness of cognitive rehabilitation programs and transcranial electrical stimulation intervention on the brain waves of children with math learning disorders. **Materials and Methods:** Thirty students, aged 6 to 10, from Tabriz with learning disabilities, were randomly selected based on inclusion/exclusion criteria using clinical interviews, academic record observations, and the Wechsler IQ test. The study employed a semi-experimental, multi-group pre-test/post-test design. To collect data, Wechsler's children's intelligence scale was used to evaluate normal intelligence as a control variable, and working memory and processing speed scales were used to diagnose learning disorders. After randomly assigning them to the groups, before the intervention, brain waves were recorded with electroencephalography, which were considered as pre-test scores. Then, each of the experimental groups participated separately in the digital cognitive rehabilitation program sessions and transcranial direct current stimulation, while the control group did not receive any intervention during this period. After completing the interventions, brain waves were recorded again in all 3 groups and the obtained scores were considered as post-test. Finally, the pre-test and post-test were analyzed. **Results:** The results indicated that both the cognitive rehabilitation program and transcranial direct current stimulation (tDCS) effectively reduced the absolute power of the frontal theta wave and increased the absolute power of the occipital alpha wave in children with math learning disorders. However, transcranial direct current stimulation showed a greater effectiveness compared to the cognitive rehabilitation program. **Conclusion:** Transcranial direct current stimulation is an effective treatment for math learning disorders and may be considered a preferred option by specialists in this field.

Keywords:

1. Cognitive Training
2. Transcranial Direct Current Stimulation
3. Learning Disabilities

*Corresponding Author: Saeed Rezaei

Email: rezayi.saeed10@gmail.com

مقایسه اثربخشی برنامه توانبخشی شناختی با تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای بر امواج مغزی کودکان مبتلا به اختلال یادگیری ریاضی

نازیلا برومند اسفنگره^۱، سعید رضایی^{۱*}، علی جهان^۲، محمد رضا قاسمیان مقدم^۳

^۱گروه روانشناسی و آموزش کودکان استثنائی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
^۲گروه گفتار درمانی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
^۳گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

پذیرش: ۱۱ آذر ۱۴۰۳

اصلاحیه: ۱۵ آبان ۱۴۰۳

دریافت: ۲۴ مرداد ۱۴۰۳

چکیده

مقدمه: اختلال یادگیری ریاضی به‌عنوان یک اختلال یادگیری خاص، مانعی بر سر راه یادگیری ریاضیات است و با مشکلاتی در یادآوری حقایق عددی، محاسبه دقیق و روان و استدلال ریاضی همراه است. مطالعه حاضر با هدف مقایسه اثربخشی برنامه‌های توانبخشی شناختی و مداخله تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای بر امواج مغزی کودکان دارای اختلال یادگیری ریاضی انجام شد. **مواد و روش‌ها:** ۳۰ دانش‌آموز ۶ تا ۱۰ ساله شهر تبریز با ناتوانی‌های یادگیری بر اساس معیارهای ورود/خروج با استفاده از مصاحبه بالینی، مشاهدات سوابق تحصیلی و آزمون هوش و کسرها به‌طور تصادفی انتخاب شدند. این مطالعه از یک طرح نیمه‌آزمایشی، پیش‌آزمون/پس‌آزمون چند گروهی استفاده کرد. برای جمع‌آوری داده‌ها از مقیاس هوش و کسرها کودکان برای ارزیابی هوش طبیعی به‌عنوان متغیر کنترل و مقیاس حافظه فعال و سرعت پردازش برای تشخیص اختلالات یادگیری استفاده شد. پس از تخصیص تصادفی آن‌ها به گروه‌ها، قبل از مداخله، امواج مغزی با الکتروانسفالوگرافی ثبت شد که به‌عنوان نمرات پیش‌آزمون در نظر گرفته شد. سپس هر یک از گروه‌های آزمایشی به‌طور جداگانه در جلسات برنامه توانبخشی شناختی دیجیتال و تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای شرکت کردند، در حالی که گروه کنترل در این مدت هیچ مداخله‌ای دریافت نکردند. پس از اتمام مداخلات، امواج مغزی مجدداً در هر ۳ گروه ثبت شد و نمرات به دست آمده به‌عنوان پس‌آزمون در نظر گرفته شد. در نهایت، پیش‌آزمون و پس‌آزمون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد که هم برنامه توانبخشی شناختی و هم تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای به‌طور موثری باعث کاهش قدرت مطلق موج تتای پیشانی و افزایش قدرت مطلق موج آلفای پس‌سری در کودکان مبتلا به اختلالات یادگیری ریاضی شد. با این حال، تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای اثربخشی بیشتری را در مقایسه با برنامه توانبخشی شناختی نشان داد. **نتیجه‌گیری:** تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در درمان اختلال یادگیری ریاضی موثر است و ممکن است از نظر متخصصان این رشته به‌عنوان یک گزینه مطلوب در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی:

- ۱- آموزش شناختی
- ۲- تحریک جریان مستقیم ترانس کرانیال
- ۳- ناتوانی یادگیری

*نویسنده مسئول: سعید رضایی

پست الکترونیک: rezayi.saeed10@gmail.com

مقدمه

براساس راهنمای تشخیصی و آماری اختلالات روانی (ویرایش پنجم؛ DSM-5)، اختلال یادگیری^۱ (LD) یک اختلال مبتنی بر مهارت‌های تحصیلی پایه است که می‌تواند در خواندن، نوشتن و / یا ریاضیات، خود را نشان دهد. اختلال یادگیری خاص با اسپسیفایر ریاضی یا دیسکلکولیا^۲ نوعی ناتوانی در یادگیری است که با وجود هوش طبیعی و فرصت‌های تحصیلی، به‌عنوان یک مشکل مداوم در درک حتی ابتدایی ترین مفاهیم عددی و ریاضی آشکار می‌شود (۱).

در طی چند دهه اخیر، توجه فزاینده‌ای به فرایندهای شناختی، تحصیلی و یادگیری کودکان شده است و مداخلات متعددی برای رفع مشکلات یادگیری کودکان مبتلا به اختلال یادگیری مطرح و به کار برده شده است که بیشتر آنها در زمینه توانبخشی‌های شناختی هستند. با پیشرفت علم و فناوری رایانه، آموزش توان بخشی شناختی با کمک رایانه به فناوری جدیدی برای توانبخشی اختلال شناختی تبدیل شده است که شامل طیف گسترده‌ای از انواع موضوعات جالب و محتوای بصری، راحت و کارآمد است و آموزش‌هایی همانند هماهنگی چشم و دست، حافظه، توجه و توانایی پردازش فضایی بینایی از طریق استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای تأثیر قابل توجهی در بهبود توانایی شناختی بیماران دارد (۲). پژوهش‌های انجام یافته، تاییدکننده تأثیر برنامه توانبخشی شناختی بر عملکرد تحصیلی دانش آموزان است، به نحوی که با انجام این روش درمانی می‌توان با بهبود انعطاف پذیری شناختی مغز بر محدودیت‌های مغزی در زمینه ضعف پردازش اطلاعات غلبه کرد (۳). با کمک تمرینات توانبخشی شناختی می‌توان امکان انتقال اطلاعات از حافظه حسی کوتاه مدت و فعال را تسهیل کرد و با افزایش مدت زمان حفظ علایم و نمادها، به فراخوانی این اطلاعات در مواجهه با مسائل تحصیلی، بهتر کمک کرد (۴). تمرینات توانبخشی شناختی موجب ایجاد تحریکات ویژه در حواس بینایی و شنیداری شده و به ایجاد پیام رسانی‌های میان نورونی کمک می‌کند. همچنین بخشهای مربوط به حافظه و شناخت را تحریک کرده و با تعدیل سازش یافتگی‌های سیستم اعصاب مرکزی، به خصوص هیپوکامپ، سبب بهبود عملکرد حافظه و یادگیری تحصیلی می‌شود (۵).

از طرف دیگر روش‌های جدیدتری مثل تحریک فراجمجمه‌ای با تأثیر مستقیم بر انعطاف پذیری

عصبی در شبکه‌های عصبی ناکارآمد، می‌تواند تأثیر آموزش شناختی را افزایش دهد و منجر به نتایج مشابه در یک دوره مداخله کوتاه‌تر شود (۶). نتایج نشان می‌دهد که آموزش شناختی به تنهایی باعث ایجاد تغییر خاص در عملکرد و سطح عصبی می‌شود (۷، ۸)، ولی با این حال تحریک مغز می‌تواند با تعدیل مواد شیمیایی عصبی که در تقویت طولانی مدت^۳ (LTP) درگیر هستند، اثرات آموزش‌ها را با تغییرات قابل اندازه‌گیری در مغز و انعطاف پذیری آن را افزایش دهد و اثربخشی آموزش‌ها کارآمدتر شود (۹).

چنین فرض می‌شود که در حالی که قشر مغزی کودکان مبتلا به اختلال یادگیری در برخی جنبه‌ها، غیرطبیعی است (۱۰)، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای^۴ (tDCS) ممکن است مناطقی از مغز را در برخی از جمعیت‌های خاص کودکان، فعال کند (۱۱، ۱۲). tDCS می‌تواند بیشتر عملکردهای شناختی مثل خواندن و گفتار یا حساب را با افزایش تحریک پذیری قشر مغز بهبود می‌یابد. tDCS باعث بهبود عملکرد پردازش عددی و مهارت‌های زبانی می‌شود که معمولاً با مشکلات یادگیری عمیق همراه است (۱۳-۱۵، ۶). لذا tDCS برای رفع مشکلات یادگیری روش مناسبی است، زیرا غیر معمول بودن مغز این کودکان عمدتاً شامل مناطق قشری مغز است که در tDCS قابل دسترسی هستند (۱۶). در حقیقت tDCS از طریق تأثیر بر تعاملات نورون‌های مغز و متعادل‌سازی فعالیت نورونی، سبب ایجاد تغییراتی در پیچیدگی مغز افراد می‌شود که می‌تواند بهبود عملکرد را در پی داشته باشد (۱۷). از اینرو تمایل متخصصان به استفاده از tES به‌عنوان یک ابزار مکمل یا جایگزین برای درمان اختلالات روانپزشکی و عصب‌شناختی در دهه گذشته به طور قابل توجهی رشد کرده است (۱۸).

برای ارزیابی تأثیر این مداخلات باید گفت که در سطح پدیده‌های رفتاری، اختلال یادگیری ریاضی معمولاً از لحاظ عملیاتی به‌عنوان شرایطی تعریف می‌شود که پیشرفت ریاضی (بسیار) پایین‌تر از حد متوسط باشد. این پیشرفت به طور معمول با آزمون‌های استاندارد ریاضی سنجیده می‌شود. با این حال، ریاضیات مجموعه‌ای از مهارت‌های مختلف است. در نتیجه، محتوای آزمون‌های استاندارد شده مختلف ریاضیات می‌تواند به طور قابل توجهی متفاوت باشد. به‌عنوان مثال، برخی از آزمون‌ها ممکن است به تفسیر مشکلات کلامی متکی باشند، در حالی که برخی دیگر به محاسبات با ارقام

^۱ Learning disability

^۲ Dyscalculia

^۳ Long-term potentiation

^۴ Transcranial direct current stimulation

خروج (عدم دریافت درمان روانپزشکی و یا ابتلا به اختلالات روانپزشکی دیگر بر پایه معیارهای تشخیصی و آماری اختلالات روانی/ وجود سابقه خانوادگی صرع و عدم همکاری کودکان در جلسات و غیبت بیش از دو جلسه) و استفاده از مصاحبه بالینی، مشاهده سوابق تحصیلی و انجام تست هوشی و کسeler انتخاب شدند. بعد از گماردن تصادفی آنها در گروه‌ها، امواج مغزی شرکت کنندگان توسط دستگاه الکتروانسفالوگرافی ثبت شد که به‌عنوان نمرات پیش‌آزمون در نظر گرفته شد. سپس گروه‌های آزمایشی به صورت مجزا در جلسات برنامه توانبخشی شناختی دیجیتال و تحریک جریان مستقیم فراجمعه‌ای شرکت کردند. در حالی که گروه کنترل در این مدت مداخله‌ای دریافت ننمود. پس از اتمام مداخلات، مجدداً ثبت گرفته شد و نمرات به دست آمده به‌عنوان پس‌آزمون در نظر گرفته شد. نهایتاً پیش‌آزمون و پس‌آزمون، با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ مورد تحلیل قرار گرفت.

ابزار جمع‌آوری داده‌ها

مقیاس هوش و کسeler برای کودکان - ویرایش چهارم (WISC-IV)

مقیاس هوش و کسeler به‌عنوان یکی از کاربردی‌ترین مقیاس‌های انفرادی سازه هوش محسوب می‌شود که در سال ۱۹۴۷ در شهر نیویورک توسط دیوید و کسeler تهیه و منتشر شده است. نسخه اول و دوم مقیاس‌های هوش و کسeler کودکان با دوازده خرده‌آزمون و نسخه سوم مقیاس‌های هوش و کسeler کودکان با سیزده خرده‌آزمون در راستای شناسایی کنش‌های شناختی کودکان کاربرد داشتند و می‌توانست از طریق تحلیل پراکنش اصلی و تکمیلی در راستای تشخیص و شناسایی ناتوانی یادگیری پرداخت. سپس تشخیص و غربالگری ناتوانی یادگیری از طریق تحلیل پراکنش در نسخه چهارم توسط ۱۵ خرده‌آزمون در سال ۲۰۰۳ انجام پذیرفت و می‌توان گفت که نسخه چهارم مقیاس هوش و کسeler ابزاری مفید در زمینه اندازه‌گیری فرایندهای شناختی کودکان است. مقیاس هوش و کسeler کودکان برای سنجش هوش کودکان ۶ تا ۱۶ ساله کاربرد دارد. با استفاده از تحلیل‌های روان‌سنجی در حیطه‌ی سنجش استثنایی بالینی ۴ نمره ترکیبی از هوشبهرهای چهارگانه به دست آمدند که با تأکید بر آزمون‌های سازنده به شرح ذیل مطرح می‌شوند. فهم کلامی شامل خرده‌آزمون‌های شباهت‌ها، واژگان، فهمیدن، اطلاعات و استدلال کلمه می‌باشد. استدلال ادراکی شامل خرده‌آزمون‌های طراحی مکعب‌ها، مفاهیم تصویر، استدلال ماتریس و تکمیل تصویر می‌باشد. حافظه فعال شامل ظرفیت عدد، توالی

و نمادها متکی هستند. وقتی آزمون‌ها برای گروه‌های سنی مختلف انجام می‌شود، در محتوای آزمون‌ها تفاوت بیشتری ایجاد می‌شود. بنابراین، آزمون‌های استاندارد شده مختلف، لزوماً یک نوع ناتوانی ریاضی و/ یا مهارت ریاضی را اندازه‌گیری نمی‌کنند. این تنوع بر تشخیص تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، هیچ توافقی در مورد آستانه خاص یا نمره برش آزمون وجود ندارد که بر اساس آن کودک تشخیص اختلال یادگیری ریاضی را دریافت کند (۱۹). لذا به نظر می‌رسد مطالعات متکی بر ارزیابی‌های مبتنی بر ابزارهای عصب شناختی مثل QEEG در تشخیص این اختلال و بررسی نتایج مداخلات بهتر عمل کنند. چرا که داده‌های مغزی قوی‌تر از داده‌های رفتاری هستند (۲۰). در واقع تجزیه و تحلیل کمی EEG، بینش بیشتری در مورد اختلالات بالینی فراتر از پروفایل‌های رفتاری ارائه می‌دهد. نقش QEEG لزوماً مشخص کردن تشخیص فوری نیست، بلکه در ارائه بینش بیشتر به منظور دستیابی به اطلاعات عینی برای دستیابی به تشخیص دقیق، ارزیابی صحیح شدت بیماری و ارزیابی پاسخ درمانی خاص کمک کننده است (۲۱).

باید عنوان کرد که با وجود اینکه پیشینه موجود، نشان دهنده وجود یک رابطه مثبت بین مداخلات توانبخشی شناختی و تحریک فراجمعه‌ای است، اما تأثیرات آنها بر بهبود علائم کودکان مبتلا به اختلال یادگیری نامشخص است. همچنین اکثر مطالعات انجام شده به بررسی اثربخشی مداخلات مختلف بر کارکردهای اجرایی مرتبط با اختلال یادگیری و نه خود علائم و نشانه‌های اختلال پرداخته‌اند. بنابراین، هدف از این مطالعه درک بیشتر ما از مقایسه اثربخشی برنامه توانبخشی شناختی دیجیتال و مداخله تحریک الکتریکی فراجمعه‌ای بر امواج مغزی کودکان با اختلال یادگیری ریاضی بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، نیمه آزمایشی و از نوع پیش‌آزمون-پس‌آزمون چند گروهی بود. جامعه آماری این پژوهش کلیه دانش‌آموزان ۶ تا ۱۰ سال شهر تبریز با اختلال یادگیری ریاضی بودند که به مراکز ویژه کودکان اختلال یادگیری معرفی شده بودند. روش نمونه‌گیری در این پژوهش بصورت تصادفی بود. بدین ترتیب که ابتدا از بین مراکز ویژه کودکان اختلال یادگیری تعداد ۳۰ دانش‌آموز بصورت تصادفی انتخاب شدند. سپس ۱۰ نفر از این دانش‌آموزان بصورت تصادفی در گروه آزمایشی مرتبط با برنامه توانبخشی شناختی دیجیتال (CR)، ۱۰ نفر در گروه آزمایشی مرتبط با تحریک جریان مستقیم فراجمعه‌ای (tDCS) و ۱۰ نفر در گروه کنترل قرار گرفتند. دانش‌آموزان براساس ملاک‌های ورود/

⁵ Cognitive rehabilitation

⁶ Transcranial direct current stimulation

الکتروود سعی شد، مقاومت الکتروودها به زیر پنج کیلو اهم برسد. از شرکت کننده خواسته شد که در هنگام ثبت آرام و بدون حرکت بماند و در عین حال، هشجاری خود را حفظ کند. مدت زمان انجام QEEG ۱۰ دقیقه بود. امواج مغزی در دو وضعیت چشمان بسته و چشمان باز هر کدام به مدت حداقل ۵ دقیقه ثبت گردید.

توانبخشی شناختی دیجیتال (CR)

مطابق با آزمون انفرادی پیشرفت تحصیلی وکسلر (WIAT-II)، که برای سنجش اختلال یادگیری تدوین شده است، برنامه توانبخشی شناختی مبتنی بر حافظه با مولفه‌های عملیات عددی و استدلال ریاضی تهیه و تدوین گردید. مسائل از ساده به دشوار تنظیم شدند. برخلاف بسیاری از برنامه‌های توانبخشی شناختی که عمدتاً بر کارکردهای اجرایی تمرکز می‌کنند، هدف از این برنامه بیشتر تاکید بر کاهش علائم و نشانه‌های اختلال یادگیری ریاضی و مبتنی بر حافظه با محوریت آموزش مسائل و محاسبات ریاضی بود. این برنامه براساس پروتکل توانبخشی شناختی مبتنی بر مدل سلسله مراتبی شولبرگ و ماتیر^۷ (۲۰۰۱) تنظیم شده که مداخله‌های شناختی و عصب‌شناختی است و بر توانایی‌های شناختی مبتنی بر حافظه تمرکز دارد. برنامه مداخلاتی در ۸ جلسه ۳۰ دقیقه‌ای و دوبار در هفته اجرا گردید. هدف و محتوای جلسات در جدول ۱ ارائه شده است:

عدد و حرف و محاسبات می‌باشد. سرعت پردازش شامل رمزگذاری، نمادپایی و حذف کردن می‌باشد (۲۲). پژوهش‌های زیادی در تحلیل عوامل و روایی آن انجام شده است. روایی و پایایی آن در ایران هم تایید شده است (۲۴-۲۳).

الکتروانسفالوگرافی کمی (QEEG)

نقشه مغزی یا الکتروانسفالوگرافی کمی یک ابزار تشخیصی است که با استفاده از پردازش نوار مغزی یا EEG میزان فعالیت الکتریکی را در قسمت‌های مختلف مغز اندازه می‌گیرد. با استفاده از QEEG اختلالاتی نظیر ADHD، اضطراب، افسردگی، آلزایمر، اختلالات یادگیری و اختلال وسواس اجباری قابل تشخیص‌اند. در این روش، امواج مغزی حاصل از فعالیت قشر مخ بیمار (با استفاده از الکتروودهای متصل به مجموعه) وارد کامپیوتر شده و با انجام یک سری عملیات ریاضی، این امواج به عدد و اعداد به نمودار یا تصویر تبدیل می‌شوند. می‌توان با مقایسه QEEG فرد بیمار با QEEG افراد بهنجار، ناهنجاری‌های کارکرد مغز را شناسایی کرد و با تطبیق آن با الگوهای موجود، نوع اختلال را مشخص نمود. در این پژوهش با استفاده از یک کلاه مخصوص که بر روی سر قرار می‌گیرد، امواج مغزی از ۱۹ نقطه سر ثبت شد. الکتروودها طبق سیستم استاندارد الکتروگذاری بین المللی ۲۰-۱۰ روی کلاه نصب شده بودند. پوست سر زیر الکتروودها با الکل تمیز شد و با تزریق ژل به زیر

جدول ۱- هدف و محتوای برنامه توانبخشی شناختی مبتنی بر حافظه با تاکید بر مسائل و محاسبات ریاضی

هدف	محتوا	فعالیت یادگیری	تکلیف
برقراری ارتباط و معرفی برنامه	توضیح درباره ساختار جلسات، برنامه پیش روی، روش‌ها و تمرین‌های شناختی	آگاهی از برنامه، هدف‌ها و توجه به نوع فعالیت شناختی	تکمیل آیتم‌های آشنایی با فعالیت‌های شناختی
تقویت حافظه دیداری	آموزش مفاهیم، حفظ توجه نسبت به محرک‌های دیداری و جزئیات آنها	افزایش دقت و حساسیت دیداری	جزئیات تصویر، تفاوت تصاویر، انتخاب شکل متضاد
تقویت حافظه شنیداری	توجه و گوش به زنگ بودن نسبت به محرک‌های شنیداری	افزایش دقت و حساسیت شنیداری، تداعی‌های زوجی	تکرار مستقیم و معکوس، انتخاب تصویر، بیان تداعی‌ها
تقویت حافظه بصری فضایی	ارائه بازی‌های مرتبط با سرعت پردازش اطلاعات و هماهنگی بصری فضایی	توجه آگاهانه به مهارت‌های بصری فضایی	گزارش جزئیات حذف شده تصاویر، پاسخ به مکان اشیاء، تکمیل پازل
توالی دیداری و شنیداری	الگویابی اعداد، الگویابی مستقیم و معکوس، تداعی‌ها زوجی	تقویت حافظه عددی و افزایش مهارت تداعی کلمات	مرتب کردن تصاویر، تکمیل الگوهای ناقص، اشاره به جزئیات تصاویر
تقویت حافظه رویدادی و بسط شناختی	تغییر توجه در حافظه رویدادی، توجه انتخاب و پردازش توجه، سازماندهی کلامی، گسترش معنایی	ارتقا توجه به رویدادها و توسعه بافت معنایی	سئوالات زمان و مکان و جهت یابی، انتخاب تصویر، پاسخ به سئوالات داستان‌ها
تقویت حافظه زمانی و مکانی	تصویرسازی زمانی و مکانی، فراخوانی تجارب گذشته اخیر و فوری	بهبود یادآوری رویدادها به صورت زمانی و مکانی	سئوالات فعالیت‌های روزمره، انتخاب تصاویر فصل‌ها، انتخاب فعالیت مربوط به هر مکان
تقویت حافظه حرکتی	اجرای دستورالعمل یک تا چند مرحله‌ای	مهارت در اجرای فعالیت‌های عملی	دستورات حرکتی یک مرحله‌ای، مرتب کردن تصاویر و رویدادهای اجرای حرکات
تقویت فرا حافظه	تصویرسازی و حل مسئله به صورت ذهنی، برنامه‌ریزی و حذف تدریجی نشانه‌های حافظه‌ای	شناخت فرافاصله و شیوه‌های مناسب بازیابی و فراخوانی	پاسخ به عملیات عددی، حل مسئله به صورت ذهنی و تقویم
اتمام جلسات و جمع بندی	مروری بر محتوای جلسات	آمادگی برای تمرین‌های مستقل براساس آموخته‌ها	تکمیل تمرین‌های مرتبط با مهارت‌های شناختی

مشتق

تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS)

یافته‌ها

در این بخش داده‌های جمعیت شناختی و یافته‌های توصیفی پژوهش ارائه شده است. دامنه سنی شرکت کنندگان در این پژوهش بین ۶ تا ۱۰ سال بود. از ۳۰ نفر شرکت کننده، ۱۷ نفر پسر و ۱۳ نفر دختر بودند (جدول ۲). با توجه به عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار برای عامل‌های سن، جنسیت و بهره هوشی ($P < 0.05$)، جهت پرهیز از پیچیدگی جداول و نمودارها، در تحلیل‌های بعدی از این عوامل صرف‌نظر شده است.

همچنین با توجه به پیشینه نظری و تجربی پژوهش و کاهش پیچیدگی داده‌ها، تنها امواج تتا در ناحیه پیشانی و امواج آلفا در ناحیه پس سری مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفتند. شاخص‌های مرکزی و پراکندگی این نواحی ثبت به تفکیک گروه‌ها در جدول ۳ ارائه شده‌اند.

در این پژوهش از دستگاه دو کاناله NEUROSTIM شرکت مدینا طب گستر استفاده شد. این دستگاه دارای دو کانال مجزا بوده و دارای باتری قابل شارژ و نمایشگر LCD می‌باشد. هر کانال به طور مستقل از دیگری قابل تنظیم است و شدت خروجی قابل تنظیم از ۰/۱ تا ۲ میلی آمپر است. دستگاه دارای ۲ الکتروود آند و کاتد و دو پد کوچک و بزرگ آغشته به محلول نمک است. بر طبق پیشینه پژوهشی و مطابق با سیستم بین المللی ۲۰-۱۰، الکتروود فعال بر روی P3 قرار داده شد که با مرکز قشر آهیانه‌ای خلفی در شیار آهیانه‌ای خلفی مطابقت دارد (۲۵-۲۶). الکتروود مرجع هم روی ناحیه سوپرااوربیتال طرف مقابل^۸ قرار داده شد. شدت جریان ۲ میلی آمپر (بدون نوسان/ مداوم ضعیف) به مدت ۱۰ دقیقه اعمال شد. دفعات تحریک ۳ بار در هفته، به مدت ۸ جلسه بود.

جدول ۲- میانگین و انحراف استاندارد متغیرها

گروه	سن (سال)		جنسیت		IQ	
	میانگین	انحراف معیار	دختر	پسر	میانگین	انحراف معیار
CR	۸/۵۲	۰/۸۴۵	۵ نفر	۵ نفر	۹۸/۸	۷/۶۵۶
tDCS	۸/۵۲	۱/۱۳۶	۴ نفر	۶ نفر	۹۹/۹	۸/۵۳۰
کنترل	۸/۶۰	۱/۲۶۸	۴ نفر	۶ نفر	۹۸	۵/۹۸۱

جدول ۳- شاخص‌های مرکزی و پراکندگی متغیرهای وابسته به تفکیک نواحی ثبت و گروه‌ها

گروه	موج مغزی	ناحیه ثبت	پیش آزمون		پس آزمون	
			میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
CR	تتا	Fp1	۵۵/۳	۲۵/۳۴	۴۱/۸	۲۰/۶۴
		Fp2	۶۸/۸	۲۶/۴۳	۴۱/۲	۱۸/۷۷
		Fz	۷۴/۸	۲۶/۸۱	۳۹/۵	۲۰/۰۹
		F3	۷۸	۱۸/۸۶	۴۹/۸	۲۳/۳۴
		F4	۸۴/۸	۲۲/۱۹	۴۲/۸	۲۲/۲۱
		F7	۷۷/۶	۲۲/۷۲	۵۰/۵	۱۴/۰۹
		F8	۷۶/۱	۲۲/۴۱	۴۶/۶	۱۸/۱۴
		O1	۱۸/۳	۱۰/۶۹	۴۳/۹	۸/۸۷
	آلفا	O2	۱۲/۷	۵/۰۷	۳۱/۴	۵/۳۱

⁸ Contralateral supraorbital region

۷/۶۱	۲۲	۱۹/۰۸	۶۴/۱	Fp1	تتا	tDCS	
۱۳/۲۰	۲۱/۵	۲۲/۲۳	۴۹/۹	Fp2			
۱۶/۶۱	۳۳/۲	۲۳/۶۵	۷۰/۵	Fz			
۱۴/۴۳	۳۶/۵	۲۸/۳۰	۷۷/۹	F3			
۱۰/۴۲	۳۲	۲۳/۵۱	۶۹/۱	F4			
۱۰/۴۰	۲۶/۱	۲۴/۸۱	۷۷/۲	F7			
۱۰/۱۳	۳۱/۸	۲۳/۵۵	۷۷/۶	F8			
۱۷/۲۹	۳۹/۳	۶/۳۴	۱۳/۶	O1	آلفا	کنترل	
۱۴/۶۰	۳۷/۵	۵/۲۳	۱۲/۶	O2			
۱۶/۱۳	۵۰/۴	۱۵/۹۶	۴۷	Fp1	تتا		
۲۳/۱۶	۷۸/۵	۲۵/۹۹	۷۷/۷	Fp2			
۱۹/۵۴	۷۶/۹	۱۸/۷۸	۸۲/۱	Fz			
۱۹/۷۸	۷۲/۱	۲۱/۷۸	۸۰/۲	F3			
۱۱/۸	۷۸/۴	۱۷/۹۶	۷۱	F4			
۱۸/۵۹	۸۰/۱	۱۵/۸۶	۷۷	F7			
۲۲/۴۷	۷۹/۵	۲۴/۵۸	۷۹/۴	F8		آلفا	
۱۴/۲۳	۱۹/۱	۱۴/۶۲	۲۰/۹	O1			
۷/۵۶	۱۳/۲	۶/۷۲	۱۵/۲	O2			

شماره

موجود، ابتدا باید داده خام EEG پیش پردازش شوند. برای پیش پردازش داده های EEG از نرم افزار نوروگاید استفاده شد. سیگنال های EEG از یک فیلتر میان گذر با فرکانس قطع پایین برابر با ۰/۵ هرتز و فرکانس قطع بالای برابر با ۴۵ هرتز عبور داده شدند تا سیگنال های ناخواسته همچون نویز برق شهر حذف شده و اجازه عبور به سیگنال های مورد نظر داده شود. تحلیل طیف توان داده های EEG پیش پردازش شده با استفاده از تبدیل فوریه سریع (FFT)^۹ انجام شد. در این تحلیل، خروجی ها توصیف کننده توان (میکروولت به توان دو) باندهای فرکانسی مختلف هستند. توزیع طیفی برای هر فرد و الکتروود به صورت جداگانه میانگین گرفته شد و مقادیر توان مطلق درون باندهای فرکانسی از پیش تعیین شده به دست آمد. دلتا به عنوان توان میانگین در بازه ۴-۱ هرتز، تتا در بازه ۸-۴ هرتز، آلفا در بازه ۱۲-۸ هرتز و بتا در بازه ۳۰-۱۲ هرتز تعریف شد.

چنانچه در جدول ۳ نشان داده شده است، میانگین نمرات پس آزمون توان مطلق موج تتا در نواحی پیشانی برخلاف گروه کنترل در گروه های آزمایشی کاهش یافته است. این در حالی است که بالعکس آن میانگین نمرات پس آزمون توان مطلق موج آلفا در نواحی پس سری در گروه های آزمایشی افزایش یافته است، ولی در گروه کنترل با اندکی تغییر کاهش یافته است. معنی داری یافته های فوق در بخش یافته های استنباطی مورد بررسی قرار گرفته است. نهایتاً به منظور تعیین میزان اثربخشی مداخلات توانبخشی شناختی و تحریر الکتریکی فراجمعه ای در گروه های آزمایشی و کنترل از آزمون تحلیل کوواریانس چند متغیره استفاده شد.

با توجه به اینکه داده های EEG خام دارای نویزهای متفاوتی از جمله برق شهر و آرتیفکت های حرکتی مانند پلک زدن، حرکت چشمها و عضلات گردن است، نمی توان به صورت مستقیم و خام از آن ها استفاده کرد. بنابراین، به منظور حذف این نویزها و مشکلات

^۹ Fast Fourier transform

تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. از این رو پیش فرض همگنی واریانس‌های متغیرهای مورد بررسی تایید شد.

با توجه به سطح معنی‌داری آزمون ام باکس فرض صفر رد نمی‌شود (جدول ۶). به این معنی که ماتریس‌های کوواریانس مشاهده شده بین گروه‌های مختلف با هم برابرند و شرط همگنی کوواریانس‌ها برقرار است.

نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که در پس آزمون بین توان موج تتا در دو گروه تفاوت معنی‌داری وجود دارد. داده‌های جدول ۷ ارتباط معنی‌داری در سطح $P < 0.05$ بین نواحی Fp1، F3 و F7 با متغیر همپراش

در بررسی پیش فرض‌های تحلیل کوواریانس باید گفت که متغیرها از مقیاس فاصله‌ای برخوردار هستند. فرض صفر آزمون شاپیرووویلک؛ طبیعی بودن داده‌ها و یا تبعیت داده‌ها از توزیع یکنواخت با توجه به نتایج جدول ۴ تایید می‌شود ($P < 0.05$).

همچنین با استفاده از آزمون لوین در جدول ۵، با توجه به اینکه F‌های محاسبه شده در تمام نواحی ثبت، در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار نیستند، می‌توان گفت که واریانس خطای متغیرهای وابسته در گروه‌های مورد مطالعه همگن هستند. بنابراین واریانس گروه‌ها

جدول ۴- طبیعی بودن توزیع داده‌ها در آزمون شاپیرووویلک

سطح معنی‌داری	df	ناحیه ثبت	موج مغزی
پیش آزمون			
۰/۶۵۱	۲۰	Fp1	تتا
۰/۱۹۴	۲۰	Fp2	
۰/۷۹۹	۲۰	Fz	
۰/۱۳۲	۲۰	F3	
۰/۱۴۰	۲۰	F4	
۰/۳۹۶	۲۰	F7	
۰/۷۰۰	۲۰	F8	
پس آزمون			
۰/۴۶۱	۲۰	O1	آلفا
۰/۵۲۳	۲۰	O2	

جدول ۵- همگنی واریانس خطای متغیرهای وابسته در آزمون لوین

سطح معنی‌داری	df2	df1	F	ناحیه ثبت	موج مغزی
۰/۲۰۰	۱۸	۱	۶/۵۳۹	Fp1	تتا
۰/۳۰۲	۱۸	۱	۱/۱۲۷	Fp2	
۰/۸۹۹	۱۸	۱	۰/۰۱۷	Fz	
۰/۷۳۹	۱۸	۱	۰/۱۱۵	F3	
۰/۵۳۱	۱۸	۱	۰/۴۰۸	F4	
۰/۷۲۰	۱۸	۱	۰/۱۳۳	F7	
۰/۸۰۱	۱۸	۱	۹/۰۰۷	F8	
۰/۳۲۱	۱۸	۱	۱/۰۴۱	O1	آلفا
۰/۷۶۱	۱۸	۱	۰/۰۹۶	O2	

جدول ۶- همگنی ماتریس واریانس- کوواریانس براساس آزمون ام باکس

معنی‌داری	F	M Box
۰/۰۶۳	۱/۳۵۲	۱۳۹/۶۹۷

(پیش‌آزمون) را نشان می‌دهد. از این رو با ۹۵ درصد اطمینان می‌توان نتیجه گرفت که در امواج مغزی تتای ناحیه پیشانی نیمکره چپ بین گروه آزمایشی برنامه توانبخشی شناختی دیجیتال و مداخله تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای در پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتیجه گرفته می‌شود که قدرت کاهش توان مطلق تتا در پیشانی نیمکره چپ بین این دو گروه آزمایشی متفاوت بوده است، بنابراین می‌توان گفت که اثربخشی برنامه توانبخشی شناختی دیجیتال و تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر امواج مغزی کودکان مبتلا به اختلال یادگیری ریاضی متفاوت است.

در ادامه برای بررسی این فرضیه که از بین میانگین نمرات بازخورد عصب شناختی سه گروه برنامه توانبخشی شناختی دیجیتال، تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای و کنترل، کدام یک تفاوت معنی‌داری دارند، از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد. همان گونه که در جدول ۸ مشاهده می‌شود به جز عدم معنی‌داری برنامه توانبخشی شناختی دیجیتال بر کاهش توان مطلق موج تتا در نواحی پیش پیشانی، در بقیه موارد اثربخشی هر دو درمان در سطح معنی‌داری می‌باشد. در موج تتا در نواحی Fp1 و Fp2 و F7، بین میانگین دو گروه مداخله تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P < 0.05$). با توجه

جدول ۷- نتایج آزمون تحلیل کوواریانس

موج مغزی	نواحی ثبت	منبع تغییرات	df	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری	مجذور اتا
تتا	Fp1	پیش‌آزمون	۱	۵۱/۰۵۶	۰/۱۵۹	۰/۶۹۹	۰/۰۱۷
		گروه	۱	۱۸۹۴/۵۸۱	۵/۹۰۳	۰/۰۳۸	۰/۳۹۶
	Fp2	پیش‌آزمون	۱	۲۴۹/۵۸۶	۰/۹۰۲	۰/۳۶۷	۰/۰۹۱
		گروه	۱	۵۲/۸۴۰	۰/۱۹۱	۰/۶۷۲	۰/۰۲۱
	Fz	پیش‌آزمون	۱	۷/۵۳۱	۰/۰۱۵	۰/۹۰۴	۰/۰۰۲
		گروه	۱	۵۵/۷۷۳	۰/۱۱۵	۰/۷۴۳	۰/۰۱۳
	F3	پیش‌آزمون	۱	۹۲/۲۹۱	۰/۵۴۵	۰/۴۷۹	۰/۰۵۷
		گروه	۱	۱۳۲۴/۰۴۶	۷/۸۱۸	۰/۰۲۱	۰/۴۶۵
	F4	پیش‌آزمون	۱	۳۵/۴۱۹	۰/۰۸۴	۰/۷۷۹	۰/۰۰۹
		گروه	۱	۱۴۳/۰۹۴	۰/۳۳۹	۰/۵۷۵	۰/۰۳۶
	F7	پیش‌آزمون	۱	۲۲۴/۳۲۲	۱/۲۰۴	۰/۳۰۱	۰/۱۱۸
		گروه	۱	۲۲۱۶/۷۲۷	۱۱/۸۹۵	۰/۰۰۷	۰/۵۶۹
آلفا	F8	پیش‌آزمون	۱	۷۰۶/۲۱۲	۲/۶۱۵	۰/۱۴۰	۰/۲۲۵
		گروه	۱	۱۳۵۶/۰۴۰	۵/۰۲۱	۰/۰۵۲	۰/۳۵۸
	O1	پیش‌آزمون	۱	۲۷۰/۸۶۹	۲/۳۶۵	۰/۱۵۸	۰/۲۰۸
		گروه	۱	۲۹۸/۸۱۶	۲/۶۰۹	۰/۱۴۱	۰/۲۲۵
	O2	پیش‌آزمون	۱	۲۵۱/۰۶۵	۲/۴۱۵	۰/۱۵۵	۰/۲۱۲
		گروه	۱	۱۸۱/۹۶۵	۱/۷۵۰	۰/۲۱۸	۰/۱۶۳

شماره پنجم

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی مقایسه اثربخشی برنامه توانبخشی شناختی دیجیتال و مداخله تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای بر امواج مغزی کودکان با اختلال یادگیری ریاضی انجام شد. یافته‌ها نشان دادند که با وجود اثربخشی هر دو مداخله برنامه توانبخشی شناختی دیجیتال و تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر امواج مغزی کودکان مبتلا به اختلال یادگیری ریاضی، در بررسی مقایسه اثر بخشی این دو روش، تحریک

به اینکه میانگین گروه توانبخشی شناختی دیجیتال در موج تتای پس‌آزمون، بیشتر از میانگین گروه تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای است، بنابراین به نظر می‌رسد تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای با کاهش بیشتر موج تتا در نواحی Fp1 و Fp2 و F7، اثر بخشی بیشتری نشان داده است. لذا می‌توان چنین نتیجه گرفت که با وجود تاثیر مطلوب هر دو روش درمانی، اثربخشی تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر امواج مغزی کودکان مبتلا به اختلال یادگیری ریاضی بیشتر از برنامه توانبخشی شناختی دیجیتال است.

جدول ۸- نتایج آزمون تعقیبی LSD

موج مغزی	نواحی ثبت	گروه I	گروه‌های J	تفاوت میانگین های I_J	سطح معنی داری
تتا	Fp1	CR	tDCS	۱۹/۸	۰/۰۰۹
		کنترل	CR	۸/۶	۰/۲۳۳
	Fp2	CR	tDCS	۲۸/۴	۰/۰۰۰
		کنترل	tDCS	۱۹/۷	۰/۰۲۷
	Fz	CR	tDCS	۳۷/۳	۰/۱۲۶
		کنترل	tDCS	۵۷	۰/۰۰۰
	F3	CR	tDCS	۶/۳	۰/۴۶۰
		کنترل	tDCS	۳۷/۴	۰/۰۰۰
	F4	CR	tDCS	۴۳/۷	۰/۰۰۰
		کنترل	tDCS	۱۰/۸	۰/۱۹۶
	F7	CR	tDCS	۲۹/۳	۰/۰۰۱
		کنترل	tDCS	۴۰/۱	۰/۰۰۰
آلفا	F8	CR	tDCS	۱۳/۳	۰/۰۹۶
		کنترل	tDCS	۲۸/۶	۰/۰۰۱
	O1	CR	tDCS	۴۱/۹	۰/۰۰۰
		کنترل	tDCS	۲۴/۴	۰/۰۰۱
	O2	CR	tDCS	۲۹/۶	۰/۰۰۰
		کنترل	tDCS	۵۴	۰/۰۰۰
	O2	CR	tDCS	۱۴/۸	۰/۰۷۲
		کنترل	tDCS	۳۲/۹	۰/۰۰۰
	O2	CR	tDCS	۴۷/۷	۰/۰۰۰
		کنترل	tDCS	۴/۶	۰/۴۶۶
	O2	CR	tDCS	-۲۴/۸	۰/۰۰۰
		کنترل	tDCS	-۲۰/۲	۰/۰۰۰
	O2	CR	tDCS	-۶/۱	۰/۱۸۳
		کنترل	tDCS	-۱۸/۲	۰/۰۰۰
	O2	CR	tDCS	-۲۴/۳	۰/۰۰۰
		کنترل	tDCS	-۲۴/۳	۰/۰۰۰

شفا

جریان مستقیم فراجمجمه‌ای اثربخشی بیشتری را نشان می‌دهد. یافته‌های مطالعه ون دی ون^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۷) با این یافته همسو است (۲۷). از طرفی هم نتیجه فوق با نتایج مطالعه احمدی، قنادزادگان و حیدری (۱۴۰۲) ناهمسو است که با توجه به اینکه روش ارزیابی در این پژوهش از نوع پرسشنامه‌های خود گزارشی بود، ممکن است پاسخدهی به سوالات را با سوگیری همراه کرده باشد (۲۸). از طرفی هم نتایج مطالعه دیگری نیز نشان داد که هر دو روش به طور معنی‌داری باعث بهبود عملکرد در دانش‌آموزان با ناتوانی‌های یادگیری شدند، اما تفاوت معنی‌داری بین دو روش مشاهده نشد (۲۹). شاید دلیل احتمالی این ناهمگونی در نتایج را می‌توان در تأثیر تفاوت‌های فردی بر روی اثرات تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای یافت (۳۰).

باید اذعان کرد که بازی‌های دیجیتالی گزینه‌های متعددی را برای یادگیری به دانش‌آموزان ارائه می‌دهند، مانند تکرار فعالیت‌ها برای مرتکب نشدن اشتباهات مشابه آنها فقط برای لذت بردن نیستند، بلکه برای اجازه دادن به دانش‌آموزان برای مشارکت و کشف دانش ریاضی هستند (۳۱-۳۲). یادگیری مبتنی بر بازی دیجیتالی چنین محیطی را ایجاد می‌کند که علاقه یادگیری، اعتماد به یادگیری و اشتیاق به یادگیری را در دانش‌آموزان پرورش می‌دهد (۳۳-۳۵). توانبخشی شناختی، هنر و علم بازسازی فرایندهای ذهنی و آموزش راهبردهای جبران‌پذیر است و اصل اساس در توانبخشی شناختی دیجیتالی، کمک به بهبود توانایی‌های شناختی از جمله حافظه، برای دستیابی به موفقیت‌های تحصیلی و شناختی است. برنامه‌های توانبخشی شناختی، شامل برنامه‌ها و تمرین‌هایی است که منجر به بهبود فرایندهای شناختی می‌شود. از این رو روش توانبخشی شناختی دیجیتالی بر شکل‌پذیری عصبی مبتنی است و شامل تمرین‌های هدفمند برای بهبود حوزه‌های گوناگون شناخت مانند حافظه، توجه، زبان و کارکردهای اجرایی است (۳۶). تحریک الکتریکی مغز هم از روش‌های درمانی نوین مبتنی بر انعطاف‌پذیری سیستم اعصاب مرکزی در درمان بیماری‌های مختلف عصب شناختی است. تحریک فراجمجمه‌ای مغز با استفاده از جریان مستقیم، می‌تواند بدون تغییر مستقیم در پتانسیل عمل در طول زمان تحریک، موجب تغییراتی در فعالیت همزمان سلول‌های عصبی شود. تحریک نسبتاً گسترده مغزی با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی که توسط تحریک فراجمجمه‌ای مغز روی می‌دهد، از نظر تأثیرات درمانی قوی‌تر، یعنی تأثیرات فیزیوپاتولوژیکی که مقدماً در سطح شبکه مغزی روی می‌دهد، واقعاً یک مزیت مهم است که اثرات

سودمند متعدد خصوصاً در زمینه بهبود کارکرد اجرایی تولید می‌کند (۳۷-۳۸). در حقیقت تحریک جمجمه‌ای قشر آهیانه و آموزش مغز با بازخورد عصبی، قادر به افزایش توانایی یادگیری دانش‌آموزانی است که در درک جزئیات و کلیات ریاضیات مشکل دارند (۳۹). بنابراین اثربخشی بیشتر این روش در بازخورد عصب شناختی کودکان دارای اختلال یادگیری را می‌توان بر این اساس تبیین کرد که بهبود فعالیت امواج مغزی ثبت شده توسط دستگاه الکتروانسفالوگرافی هم چیزی جز افزایش فعالیت سلول‌های عصبی و تحریک‌پذیری کورتکس نیست. از آنجایی که در این روش، بخش خاصی از مغز که موردنظر است (در این پژوهش ناحیه P3)، به صورت سریع، مستقیم و بیواسطه مورد تحریک قرار می‌گیرد، باعث می‌شود تا نورون‌هایی که متناظر با جریان الکتریکی هستند در طول زمان، انباشته و منجر به شلیک بیشتر شوند و در نتیجه باعث تعدیل فعالیت مغز و بهبود عملکرد شناختی می‌شود (۴۰، ۱۸).

به طور خلاصه می‌توان گفت که اختلالات یادگیری مجموعه پیچیده‌ای از علائم و نشانه‌ها هستند که می‌توانند به طور گسترده‌ای در عملکرد تحصیلی و به تبع آن در فعالیت‌های روزمره فرد مشکل ایجاد کنند. چنانچه این اختلال در کودکی درمان نشود، می‌تواند مشکلات پایداری را برای فرد ایجاد کرده و باعث سرکوبی بسیاری از توانمندی‌های فرد شود. بهتر است زمانی که مغز کودک در حال رشد است، با رویکردهای درمانی مناسب مشکلات یادگیری و تحصیلی را به حداقل رساند، تا باعث ایجاد مشکلات ثانویه‌ای چون کاهش اعتماد به نفس، افسردگی و ... نشود. با توجه به یافته‌های تحقیق به نظر می‌رسد مداخلاتی همچون توانبخشی شناختی و خصوصاً تحریک فراجمجمه‌ای می‌تواند اثرات مطلوبی در زمینه بهبود وضعیت عصب شناختی کودکان دارای اختلال یادگیری داشته باشد.

یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر، عدم استفاده از ارزیابی مجدد کودکان در مرحله پیگیری بود که به دلیل کمبود زمان برای انجام تحقیقات بیشتر بود. از محدودیت دیگر این پژوهش، مختص بودن نمونه به کودکان شهر تبریز بود. بنابراین در معرف بودن کامل و تعمیم یافته‌های آن به کل افراد تردید وجود دارد. لذا پیشنهاد می‌شود برای مقایسه پایداری اثر بخشی درمان‌های فوق، پژوهش‌های طولی در این زمینه انجام گیرد و برای تعمیم دقیق‌تر و بهتر یافته‌ها، این پژوهش مجدداً در شهرهای مختلف ایران اجرا گردد.

شاید بهتر باشد جهت کاهش عوامل مداخله‌گر، پژوهشی مشابه، در یک طرح پژوهشی بزرگتر انجام پذیرد.

¹⁰ Van de Ven

1. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5®): American Psychiatric Pub; 2013.
2. Xuefang L, Guihua W, Fengru M. The effect of early cognitive training and rehabilitation for patients with cognitive dysfunction in stroke. *International Journal of Methods in Psychiatric Research*. 2021; 30(3): e1882.
3. Khaleghi A, Naderi F, Joharifard R, Javadzadeh M. Comparing the Effectiveness of Task-Oriented Cognitive Rehabilitation and Computer-Based Cognitive Rehabilitation Programs on Cognitive Flexibility in Children with Epilepsy. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2023; 11(3): 25-35.
4. Nejadi V, Shahidi S, Helmi S. Enhancement of Executive Functions with Cognitive Rehabilitation in Older Adults. *Journal of Modern Rehabilitation*. 2017; 10(3).
5. Geary DC. Role of Cognitive Theory in the Study of Learning Disability in Mathematics. *Journal of Learning Disabilities*. 2005; 38(4): 305-7.
6. Holland R, Crinion J. Can tDCS enhance treatment of aphasia after stroke? *Aphasiology*. 2012; 26(9): 1169-91.
7. Krafnick AJ, Flowers DL, Napoliello EM, Eden GF. Gray matter volume changes following reading intervention in dyslexic children. *Neuroimage*. 2011; 57(3): 733-41.
8. Kucian K, Grond U, Rotzer S, Henzi B, Schönmann C, Plangger F, et al. Mental number line training in children with developmental dyscalculia. *Neuroimage*. 2011; 57(3): 782-95.
9. Fritsch B, Reis J, Martinowich K, Schambra HM, Ji Y, Cohen LG, et al. Direct current stimulation promotes BDNF-dependent synaptic plasticity: potential implications for motor learning. *Neuron*. 2010; 66(2): 198-204.
10. Kawashima R, Okita K, Yamazaki R, Tajima N, Yoshida H, Taira M, et al. Reading aloud and arithmetic calculation improve frontal function of people with dementia. *The journals of gerontology*. 2005; 60(3): 380-4.
11. Chang YK, Labban JD, Gapin JJ, Etnier JL. The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. *Brain Research*. 2012; 1453: 87-101.
12. Soga K, Kamijo K, Masaki H. Effects of acute exercise on executive function in children with and without neurodevelopmental disorders. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*. 2016; 5(1): 57-67.
13. Turkeltaub PE, Benson J, Hamilton RH, Datta A, Bikson M, Coslett HB. Left lateralizing transcranial direct current stimulation improves reading efficiency. *Brain Stimulus*. 2012; 5(3): 201-7.
14. Cohen Kadosh R, Soskic S, Iuculano T, Kanai R, Walsh V. Modulating neuronal activity produces specific and long-lasting changes in numerical competence. *Current Biology*. 2010; 20(22): 2016-20.
15. Krause B, Cohen Kadosh R. Can transcranial electrical stimulation improve learning difficulties in atypical brain development? A future possibility for cognitive training. *Developmental cognitive neuroscience*. 2013; 6: 176-94.
16. Wagner T, Valero-Cabre A, Pascual-Leone A. Noninvasive human brain stimulation. *Annual Review of Biomedical Engineering*. 2007; 9: 527-65.
17. Asadollahzadeh Shamkhal F, Moghimi A, Kobravi H, Salehi Fadardi J. The Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Linear and Nonlinear EEG Signal Characteristics in Contamination Obsessive-Compulsive Disorder Patients. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2023; 12(1): 22-33.
18. Mahdavi A, Ahmadi F, Haj Abbas Tabrizi E, Gharaian H, Rigi Koote B, Imaninasab V, et al. Transcranial Electrical Stimulation (tES): History, Theoretical Foundations and Applications. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2022; 11(1): 69-104.
19. Szűcs D, Goswami U. Developmental dyscalculia: Fresh perspectives. *Trends in Neuroscience and Education*. 2013; 2: 33-7.
20. Weisberg DS, Keil FC, Goodstein J, Rawson E, Gray JR. The seductive allure of neuroscience explanations. *J Cogn Neurosci*. 2008; 20(3): 470-7.
21. Livint Popa L, Dragos H, Pantelemon C, Verisezan Rosu O, Strilciuc S. The Role of Quantitative EEG in the Diagnosis of Neuropsychiatric Disorders. *The Journal of Medicine and Life*. 2020; 13(1): 8-15.
22. Kamkari K, Shekarzadeh S, Afruz G, Helat A. Wechsler Intelligence Scales for Children -WISC - IV: Original and Substitute Tests. Edition F, editor: Tehran, Elm Ostadan Pub.; 2014.
23. Kaufman AS, Kaufman JC, Balgopal R, McLean JE. Comparison of three WISC-III short forms: Weighing psychometric, clinical, and practical factors. *Journal of Clinical Child Psychology*. 1996; 25(1): 97-105.

24. Abedi M, Sadeghi A, Rabiei M. Standardization of the Wechsler Intelligence Scale for Children - IV in Chahar Mahal Va Bakhteyri State. *Personality and individual difference*. 2013; 2(3): 138-58.
25. Hauser TU, Rütscche B, Wurmitzer K, Brem S, Ruff CC, Grabner RH. Neurocognitive Effects of Transcranial Direct Current Stimulation in Arithmetic Learning and Performance: A Simultaneous tDCS-fMRI Study. *Brain Stimul*. 2016; 9(6): 850-8.
26. Herwig U, Satrapi P, Schönfeldt-Lecuona C. Using the international 10-20 EEG system for positioning of transcranial magnetic stimulation. *Brain Topography*. 2003; 16(2): 95-9.
27. van de Ven RM, Buitenweg JI, Schmand B, Veltman DJ, Aaronson JA, Nijboer TC, et al. Brain training improves recovery after stroke but waiting list improves equally: A multicenter randomized controlled trial of a computer-based cognitive flexibility training. *PLoS One*. 2017; 12(3): e0172993.
28. Ahmadi N GZHA, hydari S. Comparison of the efficacy of brain electrical stimulation and cognitive rehabilitation on eye-hand coordination of children with special learning disabilities aged 7 to 13 years. *Journal of Psychological Science*. 2023; 22(128): 1587-99.
29. Rahimi M, Heidari A, Naderi F, Makvandi B, Bakhtiyarpour S. Comparison of Cognitive Training Method and Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on the Visual Attention Processes in the Students with Special Learning Disorders. *International Journal of Behavioral Sciences*. 2019; 12(4): 162-8.
30. Li LM, Uehara K, Hanakawa T. The contribution of interindividual factors to variability of response in transcranial direct current stimulation studies. *Front Cell Neuroscine*. 2015; 9: 181.
31. Bakker M, van den Heuvel-Panhuizen M, Robitzsch A. Effects of mathematics computer games on special education students' multiplicative reasoning ability. *British Journal of Educational Technology*. 2016; 47: 633-48.
32. Chen C-H, Law V. Scaffolding individual and collaborative game-based learning in learning performance and intrinsic motivation. *Computers in Human Behavior*. 2015; 55.
33. Imlig-Iten N, Petko D. Learning with serious games: Is funplayingthegameapredictoroflearningsuccess? *British Journal of Educational Technology*. 2014; 47: 151-63.
34. Hung C-M, Huang I, Hwang G-J. Effects of digital game-based learning on students' self-efficacy, motivation, anxiety, and achievements in learning mathematics. *Journal of Computers in Education*. 2014; 1: 151-66.
35. Pope H, Mangram C. Wuzzit Trouble: The Influence of a Digital Math Game on Student Number Sense. *International Journal of Serious Games*. 2015; 2.
36. Bergo E, Lombardi G, Pambuku A, Della Puppa A, Bellu L, D'Avella D, et al. Cognitive Rehabilitation in Patients with Gliomas and Other Brain Tumors: State of the Art. *BioMed Research International*. 2016; 2016: 3041824.
37. Ghanbari E, Asgari P. Comparison of the effectiveness of tDCS and CBT treatments on Attention Bias in overweight people. *Journal of the Faculty of Medicine Mashhad University of Medical Sciences*. 2020; 1(63): 2208-197.
38. Shamsi Holasu M, Tabatabaei M, Azmodeh M. The Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation on the Executive Functions of Children with Autism Spectrum Disorders. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2023; 11(2): 20-31.
39. Zandkarimi G, Fazlali F, Hasanvand MB. Cognitive Abilities Preferment in Math Problem-Solving through Combined Neuro-Feedback and Trans Cranial Electrical Stimulation Therapy. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2022; 10(4): 20-31.
40. Mohammadzadeghan r, Farid A, Chalabianlu Hasratanlo G, Mesrabadi J. Comparison of the Effectiveness of Mindfulness-Based Social-Emotional Learning Program with/and without Transcranial Direct Current Stimulation on Emotional Self-Regulation and Problem-Solving Performance in Students with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2023; 11(2): 52-64.