Psychological Achievements
Fall & Winter, 2023, *30*(2)
Serial Number 30, 81-98
Rcceived: 10 May 2022
Accepted: 23 Jun 2022
DOI: 10.22055/psy.2022.40786.2847
(Psychol Achiev)
Orginal Article

The Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Attention and Electroencephalographic Pattern in Children with Attention Deficit Disorder

Naeemeh Sayafan*
Alireza Hajiyakhchali**
Manijeh Shehniyailagh***

Introduction

Attention can be described as the choice of a thing or thought from several thoughts or several things by the mind so clearly that it seems to have happened at the same time. The ability to pay attention allows a person to control the entry of different stimuli into the consciousness stage of the mind and choose only a limited number of them from different stimuli. Research shows that attention deficit disorder is one of the main educational problems.

Method

The statistical population was all the children with attention deficit disorder who were referred to a counseling center, in Shiraz in 2019. The statistical sample consisted of 36 children between 8 to 11 years old, who were selected from the counseling center using a targeted sampling method. Then they were assigned into three groups of control (12 persons) and an experimental group (12 samples). In the experimental group, the anode electrode was placed on the FP1 region, and the cathode electrode was placed on the right shoulder blade and fastened to the head with a clamp. In each session, transcranial direct current stimulation was applied at an intensity of 1 mA for 30 minutes for each subject. Research tools were the Demographic Characteristics

* M.A. of Cognitive Sciences, Department of Psychology, Faculty of Education and Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
** Associate professor, Department of Psychology, Faculty of Education and Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. *Corresponding author:* a.haji@scu.ac.ir
*** Professor, Department of Psychology, Faculty of Education and Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Questionnaire, Stroop Effect Test, and Electroencephalograph recorder. 10 transcranial Direct Current Stimulation sessions for each subject in the experimental group were done over three weeks. During the interventions, the control group was under the passage of time. In the post-test, both groups were compared in terms of attention and Electroencephalographic patterns. The statistical data analysis was performed using the analysis of covariance at $p < 0.05$. SPSS software was used for data analysis.

Results

The results of the pre-test and post-test comparison showed that the effect of transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) was significant in the experimental group. Therefore, it seems that transcranial Direct Current Stimulation affects the attention and electroencephalographic pattern of children with attention deficit disorder. As a result, transcranial Direct Current Stimulation can be used to treat children with attention deficit disorder. Since the level of students' attention to the subject of the lesson is one of the main factors of education and learning, therefore, according to the results of the mentioned studies and the present research, it can be concluded that Transcranial Direct Current Stimulation increases the excitability of the children's brain.

Conclusion

Transcranial Direct Current Stimulation is effective in improving selective attention and reducing the theta/beta ratio in the CZ region of children with attention deficit disorder. Therefore, it is suggested that extracranial Transcranial Direct Current Stimulation in the fp1 region be used as an adjunct to accelerate the treatment of children with ADD

Keywords: Attention deficit disorder, Electroencephalography, Stroop effect, tDCS

Author Contributions: Author 1 was responsible for leading the overall research process. Research plan design, data collection and analysis, Author 2 discussed the results, reviewed and Author 3 approved the final version of the manuscript.

Acknowledgments: The authors thank all dear teachers who have helped us in this research.

Conflicts of interest: The authors declare there is no conflict of interest in this article.

Funding: This research is not sponsored by any institution and all costs have been borne by the authors

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۲۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۰۲

دست آوردهای روان‌شناختی
دانشگاه شهید چمران اهواز، پاییز و زمستان ۱۴۰۲
دوره‌ی چهارم، سال ۳۰، شماره‌ی ۲
ص‌ص: ۹۸-۸۱

اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر توجه و الگوی الکتروانسفالوگرافی کودکان دارای اختلال نقص توجه

نعیمه صیافان *

علیرضا حاجی یخچالی **

منیجه شهنی ییلاق ***

چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر توجه و الگوی الکتروانسفالوگرافی کودکان دارای اختلال نقص توجه بود. جامعه آماری در این مطالعه، کل کودکان دارای اختلال نقص توجه در شهر شیراز بود. نمونه آماری شامل ۲۴ کودک در محدوده سنی ۸ تا ۱۱ سال بود که با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند از مراکز مشاوره شهر شیراز انتخاب شدند. سپس در دو گروه ۱۲ نفری گواه و ۱۲ نفری آزمایشی به‌صورت تصادفی قرار گرفتند. در گروه آزمایشی، الکترود آند روی ناحیه FP1 و الکترود کاتد روی کتف دست راست قرار گرفت و به وسیلهٔ کش بر روی سر محکم شد. در هر جلسه، جریان الکتریکی به‌طور مستقیم، با شدت ۱ میلی‌آمپر به مدت ۳۰ دقیقه برای هر آزمودنی انجام گرفت. ابزار تحقیق شامل پرسشنامه ویژگی‌های جمعیت شناختی، آزمون اثر استروپ و دستگاه ثبت الکتروانسفالوگرافی بود. تعداد جلسات تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز در گروه آزمایشی، ۱۰ جلسه در طول سه هفته بود. پس از اتمام جلسات مداخله، به منظور اجرای پس‌آزمون، مجدداً ثبت EEG و آزمون استروپ برای هر دو گروه گواه و آزمایشی اجرا شد. سپس هر دو گروه از نظر میزان توجه انتخابی و الگوی الکتروانسفالوگرافی، با یکدیگر مقایسه شدند. داده‌های آماری از طریق تحلیل کوورایانس در سطح $p<۰/۰۱$ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای تحلیل

* دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم شناختی، گروه روان‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

** دانشیار گروه روان‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. (نویسنده مسئول) a.haji@scu.ac.ir

*** استاد گروه روان‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. نتیجهٔ مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان داد که اثر تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز (tDCS) در گروه آزمایشی معنی‌دار است. لذا به نظر می‌رسد که تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر بهبود توجه انتخابی و کاهش نسبت تتا/ بتا در ناحیه CZ کودکان دارای اختلال نقص توجه تأثیرگذار است.

کلید واژگان: اثر استروپ، اختلال نقص توجه، الکتروانسفالوگرافی، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز

مقدمه

توجه را می‌توان در برگزیدن یک فکر از میان چندین فکر توسط ذهن که به نظر می‌رسد در یک زمان با هم اتفاق افتاده باشند، توصیف کرد (James, 1901). توانایی توجه، این امکان را به انسان می‌دهد تا وارد شدن محرک‌های متفاوت را به زمینه هشیار ذهن کنترل کرده و در بین محرک‌های مختلف، تنها میزان محدودی از آن‌ها را برگزیند (Baddeley, 2000). گزارش تحقیقی بیان دارد که نقص توجه، یکی از مشکلات بالقوه در مقاطع تحصیلی است. در کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی که با غلبهٔ الگوی بی‌توجهی همراه است، مشکل عمده و اصلی، افت تحصیلی است. معلمان و والدین اکثراً از آشفتگی و نداشتن سازماندهی، تعویض دائم فعالیت‌ها در مقایسه با دیگران، خیال‌پردازی، دیرکرد طولانی‌مدت، فراموش‌کاری، گم کردن وسایل، انجام ندادن تکالیف یا کیفیت ضعیف تکالیف، ناتوانی در انجام تکالیف هدفمند، بهانه جویی و تعلُل، بلند شدن از جا، حواس‌پرتی و گوش نکردن به حرف والدین و معلمان شکایت می‌کنند (Swanson & Jerman, 2007). یک دیدگاه نسبتاً جدید به اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی، اهمیت دادن به عوامل عصب‌شناختی است. در این نوع دیدگاه، دستگاه عصبی، یک عامل پراهمیت در ایجاد و تحول این اختلال است. نتایج پژوهش‌ها نشان داده که قسمت‌های مختلف مغز کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی، الگوهای نابهنجاری را از خود نشان می‌دهد. برای مثال، دستگاه شبکه‌ای که در کارکرد توجه و هشیاری نقش بسزایی دارد، در چنین کودکانی عملکرد درستی نشان نمی‌دهد. همچنین، ارزیابی سوخت و ساز بدن نشان داده که کودکان مبتلا اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی، تفاوت‌های متمایزی را در شیمی عصبی مغز، نسبت به سایر کودکان نشان می‌دهند (Moriyama et al., 2012). اگرچه پژوهش‌ها نشان داده‌اند که دارودرمانی در بهبود علائم

اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی مؤثر است، اما ۲۵٪ از کودکان مبتلا به این اختلال، پاسخ مثبتی به دارودرمانی نشان نداده‌اند (Swanson et al., 1995).

EEG یک ابزار پردازش جهت ارزیابی درگیری شناختی است. طبق نتایج مطالعات، بکارگیری این شیوه، روش ارزشمندی در مورد شناسایی منشأ زیستی و عصبی اختلال نقص توجه است (Galán & Beal, 2012). الکتروانسفالوگرافی (electroencephalography) یا EEG یک ولت‌متر کاملاً حساس است که واحد اندازه‌گیری آن میکروولت می‌باشد (Kaplan & Sadock, 2015). امواج نشان داده شده سیگنال‌های EEG، بازتابی از فعالیت‌های سیناپسی هستند. در مناطق قشری مختلف، غلبه با امواج بخصوصی بوده و وقتی که یک سیگنال مرکب باشد اغلب از تحلیل طیفی جهت جدا کردن این سیگنال‌ها می‌توان استفاده کرد تا باندهای فرکانسی را از هم جدا کرده و دامنهٔ هر باند را محاسبه کند (Wilson et al., 2011). ثبت موج‌های مغزی کاملاً غیرتهاجمی است و می‌توان به‌طور مداوم بر روی کودکان، بیماران و بزرگسالان نرمال بدون هیچ محدودیت یا ریسکی به کار برده شود. EEG وضوح زمانی بالایی دارد که این امکان را می‌دهد تا تحلیل سریعی از فعالیت مغزی داشته باشیم (Teplan, 2002). ثابت شده است که اغلب فراوانی نابهنجاری EEG در افراد با مشکلات توجه، افزایش فعالیت موج تتا (۷-٤ هرتز) و موج بتای بلند (۳۰-۲۲ هرتز) و کاهش بتا (۲۱-۱۳ هرتز) در نواحی پیشانی و مرکزی مغز است (Egner & Gruzelier, 2004). این اصول نشان می‌دهد که اصلاح ناهنجاری‌های EEG، منجر به بهبود توجه در افراد می‌شود (Bakhshayesh et al., 2007). مغز در شرایط چالش‌برانگیز، مثل برعکس خواندن، باید دامنه فرکانس تتا را کاهش داده و بتا را افزایش دهد. این تغییرات در امواج، مرتبط با توجه و تمرکز هستند (Swingle, 2015).

یکی از روش‌های تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز، پروتکل تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز است. تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز (tDCS) در بسیاری از پژوهش‌های بالینی درمانی در اختلالات عصب‌شناسی و روان‌شناختی از جمله سکته مغزی، صرع، دردهای مزمن و افسردگی، بدون ایجاد عوارض جانبی جدی، اثربخشی داشته است (Lefaucheur et al., 2017). این جریان مستقیم و ضعیف از طریق اتصال دو الکترود با قطب‌های متفاوت، که معمولاً آند و کاتد است، در نواحی مختلف سطح جمجمه، به تحریک نورون‌های زیرین منجر می‌شود.

تحریک کاتدی به کاهش تحریک‌پذیری مغز منجر شده و تحریک آندی به افزایش تحریک‌پذیری مغز می‌انجامد (Dasilva et al., 2013). در طی آن، یک جریان ضعیف مستقیم (۲ تا ٦ میلی آمپر) به پوست سر داخل می‌شود و با آن، طی دپولاریزاسیون (depolarization) و هایپرپولاریزاسیون (hyperpolarization) نورون‌ها، تغییرات بلندمدت در قطبیت قشر مغز ایجاد می‌شود؛ به کلام دیگر، در این نوع تحریک الکتریکی، مناطقی از سر با استفاده از جریان ضعیف الکتریکی، مورد هدف قرار می‌گیرند (Akbari et al., 2016). دارودرمانی تنها در زمان فعال بودن داروها به مدت چند ساعت در بدن تأثیر دارد (Chronis et al., 2003)؛ گرچه اثرات مثبت تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز، تا چند ماه پس از اجرای آن گزارش شده است. علی‌رغم این‌که تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز در بزرگسالان عمدتاً مورد استفاده قرار گرفته است، با این وجود، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که این روش نیز در نوجوانان و کودکان، ایمن و قابل تحمل است (Moliadze, 2014).

Jeon and Han (2012) در مطالعه خود نشان دادند که تحریک ناحیه خلفی- جانبی پیش‌پیشانی چپ (left dorsolateral prefrontal cortex)، به وسیله تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز، حافظه کاری را بهبود می‌بخشد. Abdollahi (2015) نیز در یک مطالعه با عنوان تأثیر تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه بر کارکردهای اجرایی، بعد از ده جلسه تحریک آندی روی ناحیه DLPFC، به این نتیجه دست یافتند که تغییرات در فراخنای حافظه و توجه انتخابی از لحاظ آماری معنادار بودند اما گروه آزمایشی و گواه، در مؤلفه‌های برنامه‌ریزی و توجه مداوم، تفاوت معناداری ندارند. به علاوه Nejati et al. (2017) در پژوهشی با هدف بررسی تحریک مستقیم الکتریکی از روی جمجمه بر کارکردهای اجرایی در افراد با اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی، به این نتیجه دست یافتند که تحریک آندی ناحیه DLPFC چپ، به طرز چشمگیری، کنترل اجرایی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. در حالی که تحریک DLPFC راست، بهبود کنترل مهارکننده را در پی دارد.

نتایج پژوهش‌ها حاکی از آن است که کودکان دارای اختلال عدم توجه/ بیش‌فعالی، در بزرگسالی با مشکلات بسیاری در زمینه‌های شغلی، اجتماعی، تحصیلی و عاطفی مواجهند (Sharifi, 2013). دانش‌آموزانی که در معرض افت تحصیلی قرار می‌گیرند، بیشتر از کودکان دیگر در معرض

مصرف مواد مخدر، ارتکاب جرم و جنایت، اختلالات خانوادگی، روانی و سوء استفاده‌های جنسی قرار می‌گیرند (Wegner et al., 2008). علاوه بر آن، شدت اختلال در امواج EEG، همیشه مستقیماً با شدت مشکلات بیمار مرتبط نیست. به‌طور کلی، هرچه مشکلات امواج EEG شدیدتر باشد، علائم بیماری از نظر چندین پارامتر مثل شدت، مزمن بودن، مقاومت در برابر درمان و نشانه‌های کیفی، وخیم‌تر خواهد بود؛ اما در بسیاری از اختلالات، از ارزیابی جامع برای تشخیص اختلالات بالینی استفاده می‌شود. شاید ویژگی کیفی علائم در فرد، ارتباط زیادی با نشانه‌های ارزیابی جامع نداشته باشد. افرادی به نوروتراپیست ارجاع داده می‌شوند که مشکلاتی در تمرکز و توجه دارند. بررسی داده‌های EEG مشخص می‌کند که یکی از ناحیه‌هایی که ناهنجاری توجه را در این افراد نشان می‌دهد، قشر حسی حرکتی (ناحیه CZ) است؛ چون مقدار دامنهٔ تتا در آن بیش از حد است که در نسبت تتا/ بتا بازتاب پیدا می‌کند. اگر این فرد در هر پژوهش کنترل‌شده، با افراد غیربالینی مقایسه شود، احتمالاً این نسبت در او، فرقی با میانگین گروه گواه ندارد؛ می‌توان گفت که مشکلات امواج مغزیِ فرد، با شکایت او از مشکلات توجه مرتبط است (Swingle, 2015). از آنجاکه بسیاری از بیمارانی که تحت درمان دارویی قرار دارند، عوارض جانبی قابل توجهی را اعلام می‌کنند، شیوه‌های درمانی غیردارویی به ویژه در اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی اهمیت زیادی پیدا می‌کند. البته که نوجوانان و والدین آن‌ها، اغلب روش‌های جایگزین را برای درمان ترجیح می‌دهند (Halperin & Healey, 2011). از آنجاکه پژوهش‌های علمی مداخله‌ای زیادی در زمینه تأثیر تحریک الکتریکی مغز از روی جمجمه، بر توجه افراد در کشور صورت نگرفته است، خلاء چنین پژوهش‌هایی به شدت احساس می‌شود. با توجه به موارد گفته‌شده، پژوهش حاضر به دنبال پاسخگویی به این پرسش بود که آیا روش تحریک الکتریکی مغز از روی جمجمه می‌تواند بر افزایش مهارت توجه انتخابی یا الگوی الکتروانسفالوگرافی مرتبط با توجه انتخابی در افراد مؤثر باشد؟

روش

جامعه آماری، نمونه و روش نمونه‌گیری

این مطالعه از نوع آزمایشی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه گواه بود. تمام مراجعه‌کنندگان در محدوده ۸ تا ۱۱ سال که در ماه‌های آبان تا دی سال ۱۳۹۸ به مراکز مشاوره در

شهرستان شیراز مراجعه کردند، با تحت نظر قرار دادن معیارهای ورود، پذیرش و همکاری مراجعین برای شرکت در این مطالعه، گزینش شدند. ملاک‌های ورود افراد به این مطالعه عبارت بود از: تشخیص اختلال نقص توجه از طریق مصاحبه بالینی طبق ملاک‌های تشخیصی DSM-5 و بر اساس نظر روان‌پزشک، رضایت بیمار و خانواده برای شرکت در پژوهش. حجم نمونه پژوهش براساس مطالعه مقدماتی، ۲٤ نفر در نظر گرفته شد که شامل ۱۱ دختر و ۱۳ پسر در محدوده سنی ۸ تا ۱۱ سال کلاس‌های اول تا چهارم ابتدایی بود. نمونه‌ها به‌صورت تصادفی ۱۲ نفر در گروه گواه و ۱۲ نفر در گروه آزمایشی قرار داده شدند. پژوهش در مرکز مشاوره و روان‌شناسی یکتا در شهر شیراز اجرا شد. پیش از اجرای مداخله، توضیحات کافی در مورد پژوهش به کودکان و والدین آن‌ها داده شد و پس از امضای آگاهانه رضایت‌نامه کتبی توسط والدین یا ولی قانونی کودکان، مداخله اجرا شد. در حین و پس از پژوهش، اصل رازداری و حریم شخصی افراد رعایت شد و اطلاعات شخصی افراد مورد مطالعه تنها در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. نتایج مطالعه نیز برای تمامی آزمودنی‌ها اطلاع‌رسانی شد. جدول زیر، توزیع فراوانی نمونه آماری را به تفکیک سن نشان می‌دهد.

Table 1.
Frequency distribution of statistical samples by age

Age	Frequency	Frequency percentage	Cumulative percentage
8	7	29.2	29.2
9	5	20.8	50.0
10	5	20.8	70.8
11	7	29.2	100
Total	24	100	

ابزار پژوهش

پرسشنامه ویژگی‌های جمعیت‌شناختی (Demographic Characteristics Questionnaire): این پرسشنامه، شامل خصوصیات فردی شامل سن، جنسیت (زن و مرد)، سطح تحصیلات (بی‌سواد، زیر دیپلم، دیپلم، بالاتر از دیپلم)، وضعیت تأهل (متأهل، مجرد، مطلقه، بیوه)، وضعیت خانوادگی (تنها، همراه با همسر، همراه با فرزندان)، سطح اقتصادی (خوب، متوسط، ضعیف)، روابط خانوادگی (خوب، متوسط، ضعیف) و وجود مشکلات جسمانی (بلی، خیر) و مشکلات روانی (بلی، خیر) است.

دستگاه ثبت الکتروانسفالوگرافی ٤ کاناله برند Vilistus (Vilistus Electroencephalograph recorder): الکتروانسفالوگرافی یا EEG، ثبت فعالیت الکتریکی مغز از طریق نصب الکترودهای سطحی بر روی سر و به‌صورت غیرتهاجمی است. به‌طور کلی در یک سیستم EEG، اثر الکتریکی فعالیت نورون‌های مغز از طریق الکترودهای نصب‌شده بر روی سر به دستگاه انتقال داده شده و پس از تقویت و حذف نویز به صورت سیگنال زمانی، ثبت و نمایش داده می‌شود. سیگنال ثبت‌شده می‌تواند به‌طور مستقیم یا پس از پردازش کامپیوتری توسط نوروتراپیست مورد تحلیل قرار بگیرد. سخت‌افزار مورد استفاده در این پژوهش، دستگاه انگلیسی Vilistus و نرم‌افزار Biosees است که دامنه امواج مغزی را به تفکیک در باندهای فرکانسی استاندارد نشان می‌دهد. این دستگاه می‌تواند دامنهٔ فرکانس صفر تا ٤٠ هرتز را نمایش دهد.

نرم‌افزار آزمون استروپ (Stroop Effect Test): این آزمون را استروپ در سال ۱۹۳۵ به منظور انعطاف‌پذیری شناختی و اندازه‌گیری توجه انتخابی اجرا کرد. وقتی که اسم یک رنگ (مانند آبی، سبز یا قرمز) با رنگ دیگری که نشان‌دهندهٔ نام آن رنگ نیست، نوشته شده باشد (به عنوان مثال، کلمه «قرمز»، به جای اینکه با جوهر قرمز رنگ چاپ شود، با جوهر آبی رنگ چاپ شود)، نام بردن رنگ کلمه، در مقایسه با حالتی که رنگ جوهر و کلمه با هم یکی باشند، به زمان بیشتری نیاز دارد و با احتمال خطای بالاتری مواجه می‌شود. از این آزمون که در مطالعات نوروسایکولوژی از روایی و پایایی قابل قبولی برخوردار است، برای سنجش توانایی توجه انتخابی به‌صورت دیداری استفاده می‌شود. این آزمون نیازمند آن است که آزمودنی‌ها به سرعت مجموعه ادراکی خود را هنگام مشاهدهٔ دیداری اسم رنگ‌ها که با خود رنگ تطابق دارد یا ندارد، تغییر دهند. Ghadiri et al. (2007) ضرایب پایایی آن را از طریق روش بازآزمایی در هر سه کوشش این آزمون، به ترتیب ۰/٦، ۰/۸۳ و ۰/۹۷ گزارش کردند. همچنین، Alboghebish et al. (2017) با روش بازآزمایی، پایایی آن را ۰/۸۲ به‌دست آوردند. همچنین برای ارزیابی روایی این آزمون از دستگاه سنجش زمان واکنش یاگامی وایبی- ۱۰۰۰ (Yagami YB – 1000) استفاده شد که بین زمان‌های واکنش حاصل از این دو دستگاه، ضریب همبستگی پیرسون ۰/۸۰ گزارش شد.

روش اجرای پژوهش

در مرحله نخست، برای انجام کار از یک روان‌شناس مسلط به تحریک الکتریکی

فراجمجمه‌ای مغز کمک گرفته شد. ابتدا مصاحبه روان‌شناختی با افراد گروه آزمایشی، برای جلب اعتماد، رضایت و برقراری ارتباط مناسب انجام گرفت؛ پرسشنامه ویژگی‌های جمعیت‌شناختی تکمیل و پس از ایجاد آمادگی، کار شروع شد. به منظور اجرای پیش‌آزمون، ثبت الکتروانسفالوگرافی EEG از هر دو گروه آزمایشی و گواه گرفته شد و آزمون استروپ نیز اجرا شد. تعداد جلسات تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز، برای هریک از افراد، ۱۰ جلسه در طول سه هفته به صورت یک روز در میان بود که هر جلسه به مدت ۲۰ دقیقه به طول انجامید. پروتکل درمانی در تمامی ۱۰ جلسه، به‌صورت یکسان و بدون تغییر تکرار شد. جلسه تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز، در ابتدا با توضیح درمورد نحوهٔ انجام کار آغاز شد. روش اعمال تحریک به گونه‌ای بود که پد اسفنجی که در واقع پوشش الکترودها محسوب می‌شود، به سدیم کلراید ۰/۹ ٪ آغشته شد و الکترودها درون آن قرار گرفتند تا هدایت جریان الکتریکی بهتر انجام شود. برای افزایش توجه انتخابی، الکترود آند بر روی ناحیه FP1 و الکترود کاتد بر روی کتف دست راست قرار گرفت و به وسیلهٔ کش روی سر محکم شد. در هر جلسه، جریان الکتریکی به‌طور مستقیم، با شدت ۱ میلی‌آمپر به مدت ۲۰ دقیقه برای هر آزمودنی بود (Gladwin et al., 2012). در گروه گواه، الکترودها با همان چیدمان و به مدت زمان گروه آزمایش‌ی انجام گرفت با این تفاوت که جریان الکتریکی پس از ۳۰ ثانیه قطع گردید. این زمان ۳۰ ثانیه‌ای به منظور بی‌خبری بیمار از برقراری یا عدم برقراری جریان الکتریکی بود. آزمودنی‌ها هیچ‌گونه مداخله روان‌شناسی دیگری دریافت نکردند. پس از اتمام جلسات مداخله، به منظور اجرای پس‌آزمون، مجدداً ثبت EEG و آزمون استروپ برای گروه گواه و آزمایشی اجرا شد.

Table 2.
10-session tDCS treatment protocol

Stimulation area	Number of sessions	Time for each session	Current	Voltage	Stimulation type
Anode: FP1 Cathode: right Sholder	10	30min	1mA	30v	tDCS

یافته‌ها

یافته‌های توصیفی متغیرهای پژوهش حاضر، شامل میانگین و انحراف استاندارد، در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه آزمایشی و گواه گزارش شده است. نتایج آن در جدول ۳

قابل مشاهده است.

Table 3.
Mean and standard deviation of the research variables in the experimental and control groups, in the pre-test and post-test stage

Variables	Stage	Group	Mean	SD
Selective attention	Pretest	Experimental	190.58	26.72
		Control	207.58	26.37
	Posttest	Experimental	239.16	39.63
		Control	216.91	25.22
T/B at CZ	Pretest	Experimental	4.27	0.61
		Control	4.20	0.68
	Posttest	Experimental	2.50	0.31
		Control	4.11	0.70

با توجه به نتایج جدول ۳، میزان توجه انتخابی گروه آزمایشی در پس‌آزمون به‌طور معناداری افزایش یافته و الگوی الکتروانسفالوگرافی (نسبت تتا/بتا در ناحیه CZ) کاهش یافته است. با این وجود، این تغییرات در هر دو متغیر، در گروه گواه مشاهده نمی‌شود.

پیش از بررسی فرضیه‌های پژوهش، آزمون همگنی شیب خط رگرسیون و نرمال بودن داده‌ها (آزمون شاپیرو، کلموگروف- اسمیرنوف) اجرا شد که نتایج آن‌ها نشان داد سطح معنی‌داری برای نرمال بودن توزیع نمرات هر دو متغیر الگوی الکتروانسفالوگرافی و توجه انتخابی تائید می‌شود؛ به بیان دیگر، پیش‌فرض نرمال بودن توزیع نمونه داده‌ها، تأیید شده است ($p<۰/۰۱$). جهت مقایسه گروه‌های آزمایشی و گواه و همچنین بررسی اثربخش بودن تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر افزایش توجه انتخابی و تغییر الگوی الکتروانسفالوگرافی (نسبت تتا/بتا) در بخش مرکزی سر (Cz)، بر اساس نمرات پس‌آزمون‌ها پس از کنترل اثر پیش‌آزمون‌ها، در ابتدا تحلیل کوواریانس بر روی داده‌های پژوهش انجام گرفت که نتایج آن در جدول ٤ قابل مشاهده است.

Table 4.
Results of multivariate analysis of covariance on post-test scores of variables in control and experimental groups with tDCS

Test	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Pillais Trace	0.86	60.52	2.00	19.00	0.001
Wilks Lambda	0.14	60.52	2.00	19.00	0.001
Hotelling's Trace	6.37	60.52	2.00	19.00	0.001
Roy's Largest Root	6.37	60.52	2.00	19.00	0.001

همان‌گونه که در جدول ٤ قابل مشاهده است، نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیری در گروه‌های آزمایشی و گواه نشان می‌دهد که این گروه‌ها لااقل در یکی از متغیرهای وابسته با هم تفاوت معنی‌داری دارند. بر طبق نتایج آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیری، اثر کلی آزمایش مورد بررسی پژوهشگر قرار گرفت. پس از آن، به منظور تشخیص دقیق‌تر این نکته که اثر متغیر آزمایشی در کدام متغیر وابسته دارای تفاوت معنی‌داری است، نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیری نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحلیل در جدول ۵ گزارش شده است.

Table 5.
Results of univariate analysis of covariance in post-test of control and experimental groups

Variables	Total squares	df	Mean squares	F	Sig.
Selective attention	15.49	1	15.49	71.41	0.001
T/B at CZ	124727.33	1	124727.33	111.06	0.001

بر اساس نتایج جدول ۵، نسبت F تحلیل کواریانس تک متغیری در متغیرهای توجه انتخابی (F=۱۱۱/۰٦ و p=۰/۰۰۱) و الگوی الکتروانسفالوگرافی (F=۷۱/٤۱ و p=۰/۰۰۱) معنی‌دار است. به عبارت دیگر، بین متغیرهای توجه انتخابی و الگوی الکتروانسفالوگرافی (نسبت تتا/بتا در ناحیه CZ) در گروه‌های گواه و آزمایشی با مداخله تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین، جدول ٦، نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی برای مقایسه میانگین‌های تعدیل یافته پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه‌های گواه و آزمایشی را نشان می‌دهد. نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان می‌دهد که بین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیر توجه انتخابی و الگوی الکتروانسفالوگرافی، اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

Table 6.
Results of bonferronipost hoc test to compare the adjusted means of pre-test and post-test in control and experimental groups

Variables	Group	Modified means	Mean differences	Stanrard error	Sig.
Selective attention	Experimental	332.14	149.11	14.15	0.001
	Control	183.03			
T/B at CZ	Experimental	2.53	1.66	0.20	0.001
	Control	4.19			

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از اجرای پژوهش حاضر، بررسی اثربخش بودن شیوه تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر روی توجه انتخابی و الگوی الکتروانسفالوگرافی کودکان با اختلال نقص توجه بود. اولین یافته این پژوهش، نشان داد که روش تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر الگوی الکتروانسفالوگرافی در نسبت تتا/بتا در ناحیه مرکزی سر (CZ) کودکان با اختلال نقص توجه تأثیر دارد. نتیجه این پژوهش با یافته‌های Vaqef and Zahedi (2018) همسو است. چنان‌که این پژوهشگران نشان دادند تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز به تغییر الگوی الکتروانسفالوگرافی مصرف‌کنندگان متآمفتامین انجامیده است. همچنین نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های Rostami et al. (2018) در اثربخش بودن تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه در بهبود عملکرد قشر مغز در افراد مبتلا به چاقی همسو بود.

این شیوه، از طریق افزایش آمادگی سلول عصبی در ایجاد پتانسیل عمل، باعث ایجاد تغییراتی در مغز می‌شود؛ به بیان دیگر، این شیوه انعطاف‌پذیری نورون را برای ایجاد پتانسیل عمل تحریکی یا بازدارندگی می‌افزاید. با توجه به اهمیت متعادل بودن نسبت تتا/بتا ناحیه مرکزی سر در بهبود مهارت توجه و نقش کلیدی این مهارت در آینده تحصیلی کودکان مبتلا به نقص توجه، طبق نتایج پژوهش حاضر، می‌توان انتظار داشت که به دنبال تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز و کاهش نسبت تتا/بتا، شاهد بهبود توجه در این کودکان بود. خاطر نشان می‌سازد پژوهش حاضر در میان معدود مطالعات انجام گرفته بر روی تأثیر تحریک مستقیم الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر الگوی امواج مغزی در کودکان مبتلا به نقص توجه بوده است.

یافته دوم پژوهش بیانگر آن بود که روش تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز سبب افزایش میزان توجه انتخابی کودکان دارای اختلال نقص توجه می‌شود. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های Ebadi et al. (2018) در اثربخش بودن تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز بر حافظه، Soltaninejad et al. (2015) در نقش مؤثر تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز در بهبود مهارت‌های بازداری در افراد با نشانگان نقص توجه و Dedoncher et al. (2016) در بهبود پاسخ‌دهی به تکالیف شناختی افراد سالم در پی تحریک تحریک الکتریکی

فراجمجمه‌ای، همسو است.

مشکل اساسی کودکان دارای اختلال نقص توجه، در توانایی توجه به مربی از بین محرک‌های فراوان دیگر در کلاس درس است. مداخله درمانی، اثرات بهبود را در کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه، نشان می‌دهد که به افزایش عملکرد این کودکان در آزمون استروپ ساده در مرحله پس‌آزمون منجر شده است. تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز می‌تواند سبب بهبود عملکرد افراد در تکالیف توجه گردد. در تبیین این نتایج می‌توان ادعا کرد از آنجاکه میزان توجه دانش‌آموزان به درس از مسائل اصلی دخیل در آموزش و یادگیری است، لذا با توجه به نتایج پژهش‌های بیان شده و پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز، با افزایش تحریک‌پذیری مغز کودکان مبتلا به نقص توجه، به افزایش توجه و در نتیجه، بهبود شرایط تحصیلی این کودکان می‌انجامد.

این پژوهش محدودیت‌هایی داشت. برای مثال، کودکان با اختلال نقص توجه، نمونه آماری این پژوهش بودند؛ بنابراین، نتایج این مطالعه به کودکان دارای اختلالات دیگر یا کودکان نرمال قابل تعمیم نیست. نظر به آن که آزمودنی‌های این پژوهش، کودکان ۸ تا ۱۱ ساله بودند، نتایج آن قابل تعمیم به کودکان در سنین دیگر نیست. نمونه آماری پژوهش حاضر، کودکان در دسترس شهرستان شیراز بودند؛ از این رو، تعمیم این نتایج به کودکان دیگر، نیازمند بررسی‌های بیشتری است. کنترل کردن متغیرهای مداخله‌گر توسط پژوهشگر، مانند مسائل خانوادگی، فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی که ممکن است بر نتایج این پژوهش تأثیر داشته باشد، امکان‌پذیر نبود. به‌دلیل آنکه کودکان به عنوان جامعه آماری این پژوهش انتخاب شدند، مدت زمان ثبت الکتروانسفالوگرافی برای چند نفر از آن‌ها به دلیل خستگی، اجباراً کاهش یافت.

با توجه به اثربخش بودن شیوه تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر توجه و الگوی الکتروانسفالوگرافی کودکان با اختلال نقص توجه، پیشنهاد می‌شود که این شیوه درمانی، در روند بهبود اختلال نقص توجه دانش‌آموزانی که به وسیله مدارس به کلینیک‌های درمان اختلالات روانی ارجاع داده می‌شوند، به عنوان یک شیوه کمکی گنجانده شود.

سهم مشارکت نویسندگان: در پژوهش حاضر علیرضا حاجی یخچالی، به عنوان استاد راهنما، نظارت و راهبردی روند کلی پژوهش و تدوین و نهایی‌سازی اصلاحات مقاله را بر عهده داشت. نعیمه صیافان در تدوین طرح تحقیق، فرآیند گردآوری، تحلیل و تفسیر یافته‌ها و نگارش متن مقاله را برعهده داشته و در مجموع نتیجه‌گیری از یافته‌ها و بسط و تفسیر به صورت مشترک و با بحث و تبادل نظر کلیه همکاران و با همراهی منیجه شهنی ییلاق، به عنوان استاد راهنمای دوم پایان‌نامه، انجام شد.

تضاد منافع: نویسندگان اذعان دارند که در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

منابع مالی: پژوهش حاضر از هیچ موسسه و نهادی حمایت مالی دریافت نکرده و کلیه هزینه‌ها در طول فرآیند اجرای پژوهش بر عهده پژوهشگران بوده است.

تشکر و قدردانی: پژوهش حاضر بدون همکاری مشارکت‌کنندگان امکان‌پذیر نبود؛ بدینوسیله از کلیه مشارکت‌کنندگان تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

References

Abdollahi, M. (2015). *The effect of transcranial direct current stimulation (tdcs) on working memory in healthy individuals (Master Thesis).* Kharzami University. [Persian]

Akbari, F., Talebi, M., & FathiAshtiani, A. (2017). The effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation (Tdcs) in reducing depressive symptoms in people with depressive disorder. *International Journal of Behavioral Sciences, 9*, 95-101. [Persian]

Alboghebish, S., Shetab Boushehri, N., Danshfar, A., & Abedanzadeh, R. (2017). Assiament facilitate and significant interference of stroop effect on psychological refractory period. *Neuropsychology, 2*(7), 93-106. [Persian]

Baddeley, A. D. (2000). *Working memory: Theory and practice*. London, U.K: Oxford University press.

Bakhshayesh, A. R., Schneider, A., Wyschkon, A., Esser, G., & Ihle, W. (2007). Effectiveness of neurofeedback therapy in the treatment of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *World Congress of Behavioural & Cognitive Therapies*, Abstract Band and Barcelona, Spain. *33*.

Chronis, A. M., Pelham, W. E., Gnagy, E. M., Roberts, J. E., & Aronoff, H. R. (2003). The impact of late-afternoon stimulant dosing for children with ADHD on parent and parent-child domains. *Clinical Child Adolescent Psychology*, *32*(1), 118-126.

Dasilva, A. F., Volz, M. S., Bikson, M., & Fregni, F. (2013) Electrode positioning and montage in transcranial direct current stimulation. RACGP Online. Available at: http://www.jove.com/pdf/2744/jove-protocol-2744-electrode-positioning-montage-transcranial-direct-current. Accessed March 15.

Dedoncher, J., Brunoni, A R., Baeken, Ch., Vanderhasselt, M-A. (2016). A systematic review and meta-analysis of the effects of Transcranial Direct Current Stimulation (Tdcs) over the dorsolateral prefrontal cortex in healthy and neuropsychoatric samples: Influence of stimulation parameters. *Brain Stimulation*, *9*(4), 501-517.

Ebadi, M., Hosseini, F., Pahlevan, F., Esmaeeilzadeh Akhoundi, M., Farhadi, V., & Asqari, R. (2017). The effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation (Tdcs) on working memory in patients with major depression. *Arak Medical University Journal, 20*(5), 38-47. [Persian]

Egner, T., & Gruzelier, J. H. (2004). EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology, 115*(1), 131-139.

Galán, F. C., & Beal, C. R. (2012). *EEG estimates of engagement and cognitive workload predict math problem solving outcomes*. In: Masthoff, J., Mobasher, B., Desmarais, M.C., Nkambou, R. (eds) User Modeling, Adaptation, and Personalization. UMAP 2012. Lecture Notes in Computer Science, vol 7379. Springer, Berlin, Heidelberg.

Gladwin, T. E., den Uyl, T. E., & Wiers, R. W. (2012). Anodal tDCS of dorsolateral prefrontal cortex during an implicit association test. *Neuroscience Letter, 517*(2), 82-86.

Ghadiri, F., Jazayeri, A., Ashayeri, H., & Ghazi Tabatabaei, M. (2007). The role of cognitive rehabilitation in reduction of executive function deficits and obsessive– compulsive symptoms in schizo– obsessive patients. *Archives of Rehabilitation (Journal of Rehabilitation), 7*(4), 15-24. [Persian]

Halperin, J. M., & Healey D. M. (2011). The influences of environmental enrichment, cognitive enhancement, and physical exercise on brain development: Can we alter the developmental trajectory of ADHD. *Neuroscience and Behavioral Reviews*, *35*(3), 621-634.

James, W. (1901). *The principles of psychology*. Londen: Macmillan.

Jeon, S. Y., & Han, S. J. (2012). Improvement of the working memory and naming by transcranial direct current stimulation. *Annals of Rehabilitation Medicine, 36*(5), 585-595.

Kaplan, H., & Sadock, V. A. (2015). *Kaplan & Sadock's synopsis of psychiatry: Behavioral sciences/clinical psychiatry* (11th Ed.). Philadelphia, PA, US: Lippincott Williams & Wilkins Publishers.

Lefaucheur, J. P., Antal, A., Ayache, S. S., Benninger, D. H., Brunelin, J., Cogiamanian, F., … & Paulus, W. (2017). Evidence-based guidelines on

the therapeutic use of Transcranial Direct Current Stimulation (Tdcs). *Clinical Neurophysiology, 128*(1), 56-92.

Moliadze, V., Schmanke, T., Andreas, S., Lyzhko, E., Freitag, C. M., & Siniatchkin, M. (2014). Stimulation intensities of transcranial direct current stimulation have to be adjusted in children and adolescents. *Clinical Neurophysiology*, *126*(7), 1392-1399.

Moriyama, T., Polanczyk, G., & Rohde, L. (2012). Neurotherapeutics. *National Institute of Developmental Psychiatry for Children and Adolescents,* 12-19.

Nejati, V., Salehinejad, M. A., Nitsche, M. A., Najian, A., & Javadi, A.-H. (2017). Transcranial direct current stimulation improves executive dysfunctions in ADHD: Implications for inhibitory control, interference control, working memory, and cognitive flexibility. *Journal of Attention Disorders,* 1087054717730611. [Persian]

Rostami, R., Besharat, M., Karimi, M., & Farahani, H. (2016). The effectiveness of transcranial direct current stimulation on the brain function of obese individuals. *Applied Psychological Research Quarterly, 7*(3), 127-145.

Sharifi, S. (2013). *Comparison of the effectiveness of different neurofeedback protocols in reducing the symptoms of two different types of attention deficit hyperactivity disorder (Master Thesis).* Allameh Tabatabayi University. [Persian]

Soltaninejad, Z., Nejati, V., & Ekhtiari, H. (2015). Effect of transcranial direct current stimulation on remediation of inhibitory control on right inferio frontal gyrus in attention deficit and hyperactivity symptoms. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine, 3*(4), 1-9. [Persian]

Swingle, P. (2015). *Adding neurotherapy to your practice (1st ed.)*. New York: Springer.

Swanson, J. M., McBurnett, K., Christian, D. L., & Wigal, T. (1995). Stimulant medications and the treatment of children with ADHD. *Advances in Clinical Child Psychology, 17*, 265-322.

Swanson, L. H., & Jerman, O. (2007). The influence of working memory on reading growth in subgroups of children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, *96*(4), 249-283.

Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG measurement. *Measurement Science Review*, *2*(2), 1-11.

Vaqef, L., & Zahedi, M. (2019). The effect of Transcranial Alternating Current Stimulation (tACS) on alpha wave absolute power of the frontal region in methamphetamine users. *Journal of Neuropsychology, 5*(17), 43-58. [Persian]

Wegner, L., Flisher, A. J., Chikobvu, P., Lombard, C., & King, G. (2008). Leisure boredom and high school dropout in Cape Town, South Africa. *Journal of Adolescents*, *31*(3), 421-431.

Wilson, V., Thompson, M., Thompson, J., & Peper, E. (2011). Using EEG for enhancing performance: Arousal, attention, self-talk, and imagery, in biofeedback and neurofeedback applications in sport psychology. *Wheat Ridge*, 196-232.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited