

Research Paper



Efficacy of tDCS in Modulating the Alpha and Theta Power and Improving Visual and Auditory Attention in People With Generalized Anxiety Disorder

MohammadReza Gholipour Fallahy¹ , *Leila Mehdizadeh Fanid¹ , Shahram Vahedy¹, Farrokh Bakht Shady¹ , *Mahdi Jafari Asl²

1. Department of Cognitive Neuroscience, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2. Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Shahed University, Tehran, Iran.



Citation Gholipour Fallahy M, Mehdizadeh Fanid L, Vahedy Sh, Bakht Shady F, Jafari Asl M. [Efficacy of tDCS in Modulating the Alpha and Theta Power and Improving Visual and Auditory Attention in People With Generalized Anxiety Disorder (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2025; 14(4):560-577. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.4.3343>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.4.3343>

ABSTRACT

Background and Aims Generalized anxiety disorder (GAD) is a chronic psychiatric condition characterized by excessive and uncontrollable worry, which is associated with deficits in attention and concentration. The present study aims to evaluate the efficacy of transcranial direct current stimulation (tDCS) in modulating the absolute power of alpha and theta brainwaves and enhancing visual and auditory attention in individuals with GAD.

Methods This is a single-blind, randomized clinical trial with a pre-test/post-test design, conducted on 24 patients with GAD aged between 18-40 years referred to medical centers in Tabriz, Iran, during 2023-2024. The GAD was diagnosed following clinical evaluations by a psychiatrist using the GAD 7-item scale. Participants were randomly assigned to intervention (n=12) or control (n=12) groups. Both groups completed the integrated visual and auditory continuous performance test (IVA-2) to evaluate their visual and auditory attention, and the quantitative electroencephalography (QEEG) was used to measure absolute power in alpha and theta brainwave bands, before and after the intervention. The intervention group received tDCS at an intensity of 2 mA over the orbitofrontal cortex (Anode on Fp1 and cathode on Fp2) at 10 sessions, every other day, each session for 30 minutes. The control group received sham stimulation. Data were analyzed in SPSS software, version 20.

Results The statistical analyses revealed a significant difference in the activity of theta and alpha brainwaves and visual and auditory attention after intervention ($P < 0.05$). The absolute power of theta waves showed a notable decrease from 108.28 to 99.44, while the absolute power of alpha waves increased from 73.66 to 175.33. In parallel, visual attention scores improved significantly from 596.86 to 1836.34, and auditory attention scores increased from 503.57 to 1850.30 after the intervention.

Conclusion The tDCS can modulate the absolute power of alpha and theta brainwaves and enhance visual and auditory attention of individuals with GAD. Further research is recommended to investigate the long-term effects of this neuromodulation technique.

Keywords Generalized anxiety disorder (GAD), Quantitative Electroencephalography (QEEG), Alpha and theta waves, Transcranial direct current stimulation (tDCS), Visual and auditory attention

Received: 22 Feb 2025

Accepted: 15 Apr 2025

Available Online: 23 Sep 2025

*** Corresponding Authors:**

Leila Mehdizadeh Fanid, PhD.

Address: Department of Cognitive Neuroscience, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Tel: +98 (914) 4146267

E-Mail: L-mehdizadeh@tabrizu.ac.ir

Mahdi Jafari Asl, PhD.

Address: Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Shahed University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (914) 8713476

E-Mail: mahdi.jafariasl@shahed.ac.ir



Copyright © 2025 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Extended Abstract

Introduction

Generalized anxiety disorder (GAD) is a chronic psychiatric condition that is primarily characterized by excessive and uncontrollable worry, which significantly affects both cognitive and emotional functioning. This disorder is frequently associated with disturbances in attention and concentration, which impair the ability to process information efficiently and respond to environmental demands. Elevated anxiety levels are often associated with deficits in attentional control, which further exacerbate the negative effect of the disorder on daily life.

Neurophysiological studies have provided valuable insights into the brain activity associated with GAD, specifically focusing on the power of brainwaves in regulating cognitive functions. Among the various brainwave frequencies, theta and alpha waves have garnered particular interest in the context of anxiety regulation and attentional processes. Theta waves (4–8 Hz) are believed to play a significant role in regulating cognitive functions, particularly in attention, while alpha waves (8–12 Hz) are associated with relaxation and inhibition of irrelevant information. Research has shown that absolute theta power is closely linked to attentional performance, while both alpha and theta waves are thought to modulate emotional regulation, including anxiety levels.

Given the critical role of these brainwaves in cognitive and emotional functioning, the present study seeks to explore the efficacy of transcranial direct current stimulation (tDCS) in modulating the absolute power of alpha and theta brainwaves. Moreover, this study aims to assess the impact of tDCS on improving visual and auditory attention in individuals with GAD. It is hypothesized that modulating brainwave activity by tDCS may enhance attentional performance and reduce anxiety-related cognitive deficits.

Methods

This is a single-blind randomized clinical trial conducted 24 individuals with GAD aged 18–40 years referred to medical centers in Tabriz, Iran, during 2023–2024. Before participation, all participants underwent clinical evaluations conducted by a licensed psychiatrist. The generalized anxiety disorder 7-item (GAD-7) scale was used for screening to diagnose GAD. The participants were randomly assigned to intervention (n=12) or control (n=12)

groups. Both groups underwent pre- and post-intervention assessments using the integrated visual and auditory continuous performance test (IVA-2) to measure visual and auditory attention. Additionally, quantitative electroencephalography (qEEG) was used to record and analyze the absolute power of alpha and theta brainwaves before and after the intervention.

The intervention group received tDCS over the orbito-frontal cortex at an intensity of 2 mA at 10 sessions, every other day, each session for 30 minutes. The electrodes were placed at Fp1 (anode) and Fp2 (cathode). The control group received sham stimulation using the same electrode placements but with no active current. After the intervention, both groups were reassessed using qEEG to measure changes in alpha and theta wave power and the IVA-2 to evaluate improvements in attentional performance.

Results

Statistical analyses revealed a significant difference in the activity of theta and alpha brainwaves and visual and auditory attention in individuals with GAD. Specifically, the absolute power of theta waves decreased significantly from 108.28 to 99.44 after intervention, indicating an improvement in attention processes. In contrast, the absolute power of alpha waves showed a notable increase from 73.66 to 175.33 after intervention, suggesting a decline in anxiety.

The attentional performance of participants also improved significantly following the intervention. Visual attention scores increased from 596.86 to 1836.34, while auditory attention scores increased from 503.57 to 1850.30. These results indicate that tDCS not only modulated brainwave activity but also had a positive impact on cognitive functions, particularly visual and auditory attention.

Conclusion

The findings of this study provide strong evidence for the effectiveness of tDCS in modulating brainwave activity, specifically alpha and theta waves, and improving attentional performance in individuals with GAD. These results align with previous studies that have demonstrated the beneficial effects of non-invasive brain stimulation techniques, such as tDCS, in enhancing cognitive functions and regulating emotional processes. The decrease in theta wave power after intervention may indicate a reduction in the cognitive impairment caused by anxiety. Theta waves are often associated with increased worry and rumination, which are core features of GAD. By modulating theta wave activity, tDCS may help alleviate

the attentional deficits typically seen in individuals with anxiety. The increase in alpha wave power suggests a shift towards a more relaxed and focused state, which is crucial for improving attentional control and reducing distractibility. The improvements in both visual and auditory attention after tDCS suggest that tDCS can enhance both sensory modalities, providing a more holistic approach to improving cognitive performance in individuals with anxiety disorders.

In conclusion, tDCS is an effective intervention for modulating the absolute power of alpha and theta brainwaves and improving attentional performance in individuals with GAD. These results support the potential use of tDCS as a therapeutic tool for enhancing cognitive functions and alleviating anxiety-related impairments in attention. However, further research is needed to optimize tDCS protocols, investigate the long-term effects of this neuromodulation technique, and explore its potential applications in clinical settings for anxiety-related disorders. Future studies should focus on refining the stimulation parameters, such as electrode placement, current intensity, and duration of treatment, to maximize the therapeutic benefits of tDCS. Additionally, longitudinal studies are required to assess the long-term efficacy of tDCS and determine whether its effects are sustained over time. Further research into the neural mechanisms underlying the observed changes in brainwave activity and attentional performance can also be valuable for understanding the precise mechanisms of action of tDCS in anxiety disorders.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of University of [University of Tabriz](#), Iran (Code: IR.TABRIZU.REC.1402.131). All ethical principles were observed in this study, including obtaining informed consent from participants, maintaining the confidentiality of their information, and respecting their right to withdraw from the study.

Funding

This study was extracted from the PhD thesis of Mohammad Reza Gholipour Fallahy at [University of Tabriz](#), Tabriz, Iran. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contributions

Conceptualization and methodology: Mohammad Reza Gholipour Fallahy and Leila Mehdizadeh Fanid; Validation: Leila Mehdizadeh Fanid and Shahram Vahedi; Investigation and data analysis: Mohammad Reza Gholipour Fallahy, Leila Mehdizadeh Fanid, Shahram Vahedi, and Farrokh Bakht Shadi; Resources, writing initial draft, visualization: Mohammad Reza Gholipour Fallahy, Leila Mehdizadeh Fanid, and Mahdi Jafari Asl; Editing & review: Mahdi Jafari Asl; Supervision and project administration: Leila Mehdizadeh Fanid.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank all individuals who volunteered to participate in this study.



مقاله پژوهشی

بهبود توجه دیداری و شنیداری افراد مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر بر پایه تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای

محمدرضا قلی‌پور فلاهی^۱، *لیلا مهدی‌زاده فانید^۱، شهرام واحدی^۱، فرخ بخت شادی^۱، *مهدی جعفری اصل^۲

۱. گروه علوم اعصاب شناختی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲. گروه مهندسی پزشکی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.



Citation: Gholipour Fallahy M, Mehdizadeh Fanid L, Vahedy Sh, Bakht Shady F, Jafari Asl M. [Efficacy of tDCS in Modulating the Alpha and Theta Power and Improving Visual and Auditory Attention in People With Generalized Anxiety Disorder (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2025; 14(4):560-577. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.4.3343>

doi: <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.4.3343>

چکیده

مقدمه و اهداف: اختلال اضطراب فراگیر یک اختلال روانی مزمن است که با نگرانی مفرط، غیرقابل کنترل همراه است و باعث اختلال در عملکرد شناختی و عاطفی فرد می‌شود. تحقیقات نشان داده‌اند اضطراب زیاد با مشکلاتی در توجه و تمرکز همراه است. همچنین براساس مطالعات نوروفیزیولوژیکی، توان مطلق امواج تتا در فرایندهای توجه نقش اساسی دارند، درحالی‌که توان مطلق امواج آلفا و تتا در تنظیم اضطراب نقش بسزایی دارند. طبق این یافته‌ها، هدف این مطالعه ارزیابی اثربخشی تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در تنظیم الگوهای توان مطلق امواج مغزی آلفا و تتا و بهبود توجه دیداری و شنیداری در افراد مبتلا به اختلالات اضطرابی فراگیر است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه بالینی به صورت یک سوکور و تصادفی بر ۲۴ بیمار مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر، با ۲ متغیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل و آزمایش در تبریز، در سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ انجام شد. شرکت‌کنندگان با سنین ۱۸ تا ۴۰ سال از طریق مراجعه به مراکز درمانی شهر تبریز، پس از ارزیابی‌های بالینی توسط روانپزشک و غربالگری با تست پرسش‌نامه اختلال اضطراب فراگیر اسپیتزر که میزان تأثیر اختلال اضطراب فراگیر بر عملکردهای فردی، اجتماعی، خانوادگی و شغلی افراد مبتلا را ارزیابی می‌کند، به‌طور تصادفی به ۲ گروه آزمایش (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. برای هر دو گروه قبل و بعد از مداخله از آزمون بررسی یکپارچه عملکرد دیداری-شنیداری برای ارزیابی توجه دیداری و شنیداری و نقشه مغزی برای ارزیابی امواج آلفا و تتا استفاده شد. برای گروه آزمایش در ۱۰ جلسه تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای به صورت یک روز در میان به مدت زمان ۳۰ دقیقه با شدت ۲ میلی‌آمپر به‌طور مستقیم به قشر اوربیتوفرونتال در محل‌های الکترود Fp1 (آند) و Fp2 (کاتد) اعمال شد. گروه کنترل نیز تحریک ساختگی در همان محل‌های مذکور تحریک را دریافت کردند. برای ثبت توان مطلق امواج آلفا و تتا بعد از مداخله، الکتروانسفالوگرافی کمی و ارزیابی تغییرات توجهی از تست یکپارچه عملکرد دیداری-شنیداری استفاده شد و سپس داده‌ها با نرم‌افزار بسته آماری برای علوم اجتماعی تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: تحلیل‌های آماری نشان داد رابطه معناداری بین فعالیت امواج تتا و آلفا و توجه دیداری و شنیداری در افراد مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر وجود دارد. به‌طور خاص، توان مطلق امواج تتا از ۱۰/۲۸ به ۹۹/۴۴ کاهش یافت، درحالی‌که توان مطلق امواج آلفا از ۷۳/۶۶ به ۱۷۵/۳۳ افزایش یافت. همچنین توجه دیداری از ۵۹۶/۸۶ به ۱۸۳۶/۳۴ و توجه شنیداری از ۵۰۲/۵۷ به ۱۸۵۰/۳۰ افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه اثربخشی تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در تنظیم توان مطلق امواج آلفا و تتا، با هدف بهبود عملکرد توجه دیداری و شنیداری در افراد مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر را نشان می‌دهد. تحقیقات بیشتر برای بهینه‌سازی فرایندهای تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای و بررسی اثرات بلندمدت آن ضروری است.

کلیدواژه‌ها: اختلال اضطراب فراگیر، الکتروانسفالوگرافی کمی، امواج مغزی آلفا و تتا، تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای، توجه دیداری و شنیداری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳ اسفند

تاریخ پذیرش: ۲۶ فروردین ۱۴۰۴

تاریخ انتشار: ۰۱ مهر ۱۴۰۴

* نویسنده مسئول:

دکتر لیلا مهدی‌زاده فانید

نشانی: تبریز، دانشگاه تبریز، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، گروه علوم تربیتی.

تلفن: ۴۱۴۶۲۶۷ (۹۱۴) ۹۸+

رایانامه: L-mehdizadeh@tabrizu.ac.ir

دکتر مهدی جعفری اصل

نشانی: تهران، دانشگاه شاهد، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی پزشکی.

تلفن: ۸۷۱۳۴۷۶ (۹۱۴) ۹۸+

رایانامه: mahdi.jafariasl@shahed.ac.ir



Copyright © 2025 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه و اهداف

قابل توجهی بر عملکرد روزانه آن‌ها داشته باشد. اختلال عملکرد شناختی به‌عنوان یک معیار تشخیصی برای اختلال اضطراب فراگیر در نظر گرفته شده است و با عنوان «کاهش توانایی تفکر یا تمرکز» مطرح می‌شود. این مشکلات شناختی می‌توانند شامل اختلال در عملکردهای اجرایی، یادگیری و حافظه، سرعت پردازش اطلاعات و همچنین در تمرکز و توجه باشند. علاوه بر این، این اختلالات می‌توانند تأثیرات منفی قابل توجهی بر درک زودهنگام روانی، اجتماعی و شغلی فرد داشته باشند. به‌ویژه اختلالات توجه می‌تواند در عملکرد روزانه فرد اختلال ایجاد کرده و کیفیت زندگی او را تحت تأثیر قرار دهند [۶].

۲ ناحیه از مغز، شامل قشر مخ در شیار درون‌آهیانه‌ای و میدان چشمی پیشانی بخشی از سیستمی به نام سیستم توجه پشتی هستند. عبارت سیستم آناتومیکی برای گروهی از نواحی به کار می‌رود که به هم پیوسته هستند. علاوه بر این، اندازه‌گیری‌ها زمانی انجام می‌گیرد که فرد در دستگاه اسکندر در حالت استراحت است که به این فعالیت پیوستار (کوواریانس حالت استراحت) می‌گویند. درون سیستم توجه پشتی قشر مغز، شیار درون‌آهیانه‌ای و میدان چشمی پیشانی به‌صورت فضایی ترسیم می‌شوند؛ یعنی زمانی که افراد توجه پنهان دارند اگر اسکن از ناحیه مذکور صورت گیرد، موقعیت فعال‌سازی افزایش می‌یابد. مسیری که بیشترین تأثیر را در توجه دیداری و شنیداری دارد، ناحیه فوژیفرم پردازش چهره‌ای^۳ است. اثبات و مطالعه بیشتر در خصوص این فرضیه که نمایش چهره افراد از نقطه‌های متحرک تهیه شده است، با آزمون‌هایی مورد بررسی قرار گرفته است.

یکی از این آزمون‌ها تشخیص جنسیت چهره افراد است و آزمون دیگر، جهت حرکت نقطه‌ها، در صورتی که به چهره توجه شود، تحریک ناحیه پیش‌پیشانی منجر به افزایش فعال‌سازی در ناحیه فوژیفرم پردازش چهره‌ای، ناحیه‌ای در قشر گیجگاهی تحتانی که در تشخیص چهره‌ها درگیر است، می‌شود. همچنین اگر به حرکت نقطه‌ها توجه شود، تحریک پیش‌پیشانی منجر به افزایش فعال‌سازی در نواحی حسی بالاتر می‌شود. بنابراین قشر پیش‌پیشانی در توجه دیداری و شنیداری نقش اساسی و شروع‌کننده سیگنال‌های بالارونده را ایفا می‌کند [۷].

در حوزه عصب‌روان‌شناختی، روش‌های تحریک مغناطیسی و الکتریکی مغز به‌عنوان راهکارهای نوین مورد توجه قرار گرفته‌اند. علاوه بر این درمان‌های روان‌شناختی مانند روان‌تحلیلگری، درمان‌های رفتاری و شناختی، به‌صورت فردی یا گروهی قابل اجرا هستند. در برخی موارد نیز از درمان‌های ترکیبی که شامل چندین روش درمانی است استفاده می‌شود. همچنین مداخلات دارویی نشان داده‌اند علی‌رغم اثربخشی، ممکن است با عوارضی همچون مشکلات گوارشی، افزایش وزن، اختلال در عملکرد

اختلال اضطراب فراگیر^۱ یک وضعیت روان‌شناختی ناتوان‌کننده است که با نگرانی مزمن، گسترده و غیرقابل کنترل مشخص می‌شود. این اختلال براساس نسخه پنجم راهنمای تشخیصی آماری اختلالات روانی^۲ مستلزم وجود علائمی، مثل نگرانی شدید و احساس بی‌قراری، احساس خستگی و عصبی بودن، زودرنجی و تحریک‌پذیری بالا و حتی در برخی مواقع با تنش و تونوس عضلانی همراه است که مجموعه‌ای از علائم فوق در صورت پایدار بودن در یک دوره حداقل ۶ ماهه نشان‌دهنده وجود این اختلال است [۱].

اختلال اضطراب فراگیر، اختلال پیچیده‌ای است که میزان شیوع ۱۲ ماهه آن در طول عمر حدود ۲/۸ الی ۱/۲ درصد است [۲]. این اختلال با افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های جسمی همراه است و به‌عنوان یک عامل خطر مهم در بروز طیف وسیعی از اختلالات روان‌پزشکی، از جمله افسردگی و سوءمصرف مواد، مورد توجه قرار گرفته است. از دیدگاه بالینی، اضطراب به‌عنوان یک پاسخ طبیعی و انطباقی در برابر تهدیدات در نظر گرفته می‌شود که عملکرد سیستم بدن را برای واکنش‌های گریز یا ستیز آماده می‌کند. افرادی که به‌طور مداوم درمورد مسائل مختلف نگرانی دارند، به‌طور معمول به‌عنوان مبتلایان به اختلال اضطراب فراگیر طبقه‌بندی می‌شوند [۳].

یکی از ویژگی‌های برجسته انسان، توانمندی‌های عالی قشر مخ است که در پردازش اطلاعات نقش اساسی دارد. به‌منظور ورود یک موضوع به فرایند پردازش ادراک، نخستین مرحله توجه فرد به این موضوع است. با توجه به محدودیت‌های دستگاه‌های حسی انسان و عدم امکان پردازش همه اطلاعات دریافتی به‌طور هم‌زمان، این امر حائز اهمیت است که فرد قادر باشد اطلاعاتی را که برای اهداف کنونی‌اش اهمیت بیشتری دارند انتخاب کند و اطلاعات غیرضروری را از فرایند تحلیل خارج کند [۴].

توجه را می‌توان به‌عنوان فرایند متمرکز کردن ذهن بر یک فکر یا شیء خاص در میان افکار یا اشیا متعدد تعریف کرد، به‌طوری که این انتخاب به‌صورت واضح و برجسته در ذهن فرد نمایان شود. با توجه به پیچیدگی‌های این فرایند، طبیعی است که عوامل مختلفی می‌توانند در تأثیرگذاری بر توجه نقش داشته باشند.

پژوهش‌های متعددی در این زمینه انجام شده است که به تحلیل و بررسی این فرایند پرداخته‌اند [۵]. بسیاری از بیماران مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر از مشکلاتی در زمینه تمرکز رنج می‌برند. به‌گونه‌ای که این اختلال می‌تواند تأثیرات منفی

1. Generalized Anxiety Disorder (GAD)
2. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5th Edition (DSM-5)

3. Fusiform Face Area (FFA)

جنسی و مشکلات خواب همراه باشند. این عوارض معمولاً پس از چند هفته کاهش می‌یابند، اما در برخی موارد ممکن است در درازمدت نیز ادامه داشته باشند [۸].

پژوهش‌ها حاکی از آن است که افزایش سطح اضطراب می‌تواند منجر به کاهش توانایی توجه و تمرکز شود. توانایی شناسایی دقیق حالات چهره دیگران، نقشی اساسی در تعاملات اجتماعی ایفا می‌کند. در این میان، قشر پستی جانبی پیش‌پیشانی سمت چپ^۴، به‌عنوان یک گره محوری در شبکه عصبی پردازش هیجانات چهره، در شناخت و تفسیر حالات عاطفی نقش کلیدی دارد [۹].

کریستین و همکاران در سال ۲۰۱۸ با هدف بررسی تأثیر گذاری انجام تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای^۵ تک‌جلسه‌ای روی شناخت افراد سالم مطالعه‌ای انجام دادند [۱۰]. در این مطالعه، با توجه به بحث روش شناختی فعلی در مورد تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای، رویکردی جایگزین برای اندازه‌گیری اثرات تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای تک‌جلسه‌ای بر روی فرایندهای شناختی با آزمون استروپ ایجاد شد. ناحیه قشر پستی جانبی پیش‌پیشانی سمت چپ در طراحی قبلی با یک الکتروود ۹ سانتی‌متر مربعی الکتروود گذاری شده بود. در حالی که در پروتکل جدید پیشنهادی مطالعه، این الکتروود با اندازه ۳۵ سانتی‌متر مربعی روی قشر جانبی پس‌سری قرار داده شد. تحریک آندی در مقابل تحریک کاتدی انجام شد و آزمون استروپ برای اندازه‌گیری اثرات تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای تک‌جلسه‌ای روی آزمودنی‌ها انجام شد. در این پژوهش در یک نمونه ۳۲ نفری از دانش‌آموزان سالم، کریستین و همکاران به‌صورت تک‌جلسه‌ای، اث قابل توجهی از تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر روی اثر استروپ در داده‌های خطا را مشاهده کردند. یافته‌های این مطالعه، نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات قبلی را تأیید می‌کند که بیان‌کننده تأثیرگذاری در تعدیل عصبی قشر پستی جانبی پیش‌پیشانی سمت چپ بر پردازش شناختی است.

در مطالعه‌ای دیگر وو و همکاران [۱۱] پیشنهاد کردند تحریک کاتدی در نقطه قشر پستی جانبی پیش‌پیشانی سمت راست^۶ موجب کاهش فعالیت نورون‌ها می‌شود. علاوه بر این ممکن است بر نواحی قشری و زیرقشری مثل آمیگدال و اینسولا نیز تأثیرگذار باشد. همچنین تحقیقات طولی نشان می‌دهند اضطراب مراجعان با استفاده از تحریک مغناطیسی مکرر مغزی^۷ بر روی قشر پستی جانبی پیش‌پیشانی^۸ (DLPFC) مؤثر بوده است. از این رو، این نقطه نقش مؤثری در کنترل اضطراب افراد دارد.

4. Left-Dorsa Lateral Para-Frontal Cortex (L-DLPFC)
5. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)
6. Right-Dorsa Lateral Para-Frontal Cortex (R-DLPFC)
7. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS)
8. Dorsa Lateral Para-Frontal Cortex (DLPFC)

در مطالعه‌ای دیگر کی و همکاران [۱۲] به این دست یافتند که افراد دچار اختلال اضطراب فراگیر در کنش‌های مغزی نیز دچار مشکل هستند و فعالیت بیش‌ازحد آمیگدال موجب تداخل در پردازش ترس می‌شود. همچنین پاسخ‌های اضطرابی توسط تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر طرف می‌شوند که باعث کنترل بیشتر فرد روی هیجانات خود می‌شود [۱۳، ۱۴].

عبدیان و همکاران براساس نتایجی که ارائه کرده‌اند، به تفاوت معنی‌داری بین تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در ۲ نقطه پستی جانبی ناحیه پیش‌پیشانی و ناحیه گیجگاهی‌آهیانه‌ای که در گروه کنترل وجود داشت، دست یافتند. به‌طوری‌که این تفاوت میان ۲ گروه تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای تحریک در نواحی اعلامی چشمگیر بود. حتی در بررسی آن‌ها، این نکته قابل‌اشاره است که اثربخشی قسمت پستی جانبی ناحیه پیش‌پیشانی بر مؤلفه ذهن در کودکان دارای اختلال کم‌توجهی/بیش‌فعالی^۹ (ADHD) بیشتر از اثربخشی تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در ناحیه گیجگاهی‌آهیانه‌ای است [۱۵].

در پژوهشی دیگر، کولزاتو و همکاران پیشنهاد کردند تحریک کاتدی در ناحیه قشر پستی جانبی پیش‌پیشانی سمت راست موجب کاهش فعالیت نورون‌ها در این بخش از مغز می‌شود. این کاهش فعالیت می‌تواند تأثیر مستقیمی بر فرایندهای شناختی مانند بازداری پاسخ، تنظیم هیجانی و پردازش توجه داشته باشد. همچنین کاهش فعالیت در قشر پستی جانبی پیش‌پیشانی سمت راست می‌تواند منجر به افزایش تکانشگری، کاهش توانایی مهار پاسخ‌های خودکار و تغییر در ارزیابی شناختی از هیجانات شود. این یافته‌ها نقش کلیدی این ناحیه در تنظیم رفتار و هیجانات و توجه و تمرکز را تأیید می‌کنند [۱۶].

در مطالعات دیگری از نوبوساکو و همکاران، نشان داده شده است تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در ناحیه قشر پستی جانبی پیش‌پیشانی سمت راست می‌تواند تأثیرات مهمی بر تنظیم هیجانی و کاهش اضطراب داشته باشد. این روش نه‌تنها باعث تغییر در فعالیت این ناحیه از مغز می‌شود، بلکه ممکن است بر نواحی قشری و زیرقشری مرتبط با پردازش هیجانی، مانند آمیگدال و اینسولا نیز تأثیر بگذارد. همچنین بررسی تحقیقات انجام‌شده نشان می‌دهد تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر قشر پستی جانبی پیش‌پیشانی سمت راست در کاهش اضطراب مراجعان مؤثر بوده است. این یافته‌ها نقش کلیدی این ناحیه را در کنترل اضطراب و تنظیم پاسخ‌های هیجانی تأیید می‌کنند. در نتیجه استفاده از فناوری‌های جدید مانند تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای به‌عنوان یک روش درمانی مکمل برای اختلال اضطراب فراگیر مورد

9. Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD)

توجه قرار گرفته است. این روش، علاوه بر داروها و درمان‌های شناختی-رفتاری، می‌تواند در طیفی از مسائل روان‌شناختی، از جمله اضطراب، افسردگی و تنظیم شناختی هیجانات مفید باشد [۱۵-۱۸].

باتیستا و همکارانش در نتایج نشان دادند تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجه‌ای آندی روی DLPFC سمت راست به مدت ۷ جلسه در میان بیماران وابسته به مواد مخدر تحت درمان متادون، میزان افسردگی، اضطراب و استرس را در مقایسه با افراد گروه ساختگی به‌طور قابل توجهی بهبود می‌دهد [۱۹]. همچنین ژنگ و همکارانش در یک آزمایش تصادفی کنترل‌شده از روش تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجه‌ای آندی بر قشر پشتی جانبی پیش‌پیشانی سمت راست روی بیماران وابسته به کوکائین استفاده کردند و کاهش قابل توجهی در حس اضطراب بیمارانی که تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجه‌ای دریافت کردند را دست یافتند [۲۰، ۲۱]. لیئو و همکارانش در یک مطالعه تصادفی کوچک، در ۲۰ بیمار با اختلال اضطراب فراگیر که به‌طور تصادفی برای دریافت تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجه‌ای فعال و ساختگی حضور داشتند، DLPFC سمت راست را به مدت ۲۰ دقیقه در بیش از ۱۰ روز به‌صورت کاتدی مورد تحریک قرار دادند. شرکت‌کنندگانی که تحریک فعال دریافت کرده بودند، گزارش کردند اضطرابشان بهبود پیدا کرده است. این گزارش نشان‌دهنده ارتباط ناحیه DLPFC اضطراب است [۲۲]. علاوه بر این در مطالعه‌ای که مسلمی و همکاران درمورد تأثیر مثبت تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجه‌ای در ناحیه DLPFC برای افزایش توجه دیداری، شنیداری و همچنین افزایش حافظه دیداری با تعدیل امواج تتا انجام دادند که همسو با پژوهش حاضر می‌باشد، در ۱۵ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای تحریکات آندی با شدت ۲ میلی‌آمپر را روی نمونه‌ها بررسی کردند که نتایج این پژوهش، اثربخشی تحریک و بهبود حافظه و توجه را دربرداشت [۲۳].

تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجه‌ای با تغییر تحریک‌پذیری نورون‌ها، از طریق جابه‌جایی پتانسیل غشای نورون‌های سطحی در جهت دپلاریزاسیون (افزایش فعالیت) یا هایپرپولاریزاسیون (کاهش فعالیت) می‌تواند بر میزان فعال‌سازی نورون‌ها تأثیر بگذارد. اگرچه محدوده کانونی تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجه‌ای تا حدی محدود است، اما تأثیرات کارکردی آن مستقیماً در ناحیه زیر الکترودها نمایان می‌شود. مطالعات اولیه در این حوزه، عمدتاً بر قشر حرکتی و بینایی متمرکز بوده است، اما اخیراً تحقیقات بیشتری بر تأثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجه‌ای بر DLPFC در حال انجام است. این افزایش توجه به نقش DLPFC، به دلیل اهمیت آن در تنظیم شناختی، کنترل هیجانات و کاهش اضطراب است.

در حالت کلی، می‌توان به این پرسش‌ها رسید که آیا تحریک

الکتریکی جریان مستقیم فراجمجه‌ای در بهبود عملکرد شناختی بخصوص توجه دیداری و شنیداری بیماران اختلال اضطراب فراگیر اثرگذار است؟ آیا کار با نمونه‌های ایرانی هم حاوی چنین اثربخشی هست؟ آیا این فرایند می‌تواند تا حدی نتایج دقیق و قابل اطمینان جهت رفع تناقضات مطالعات قبلی فراهم می‌کند؟ براین اساس فرضیاتی مطرح می‌شود: ۱. آیا تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجه‌ای روی امواج تتا و آلفا تأثیرگذار است یا خیر؟ ۲. آیا تحریک مدنظر روی توجه دیداری و شنیداری نیز تأثیرگذار است یا خیر؟

برای پاسخ به این سؤالات می‌توان گفت در پژوهش حاضر پروتکل و ناحیه‌ای که برای تحریک انتخاب شده ناحیه خاصی از قشر پیش‌پیشانی است که براساس بررسی‌های آناتومیک نواحی مغزی و مطالعات انجام‌شده بر توجه، تمرکز و اضطراب، مورد هدف قرار گرفته است، به‌طوری‌که در مطالعات قبلی ناحیه DLPFC راست / چپ و نواحی Fp2 و F3 بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است، اما در مطالعه حاضر قشر اوربیتوفرونتال^{۱۰} و نواحی Fp1 و Fp2 مورد بررسی قرار گرفته است. علاوه بر این در مطالعه حاضر توجه و تمرکز روی امواج مغزی نیز مورد بررسی قرار گرفته است که در مطالعات قبلی که پیش‌تر شرح داده شد، فقط از طریق آزمون‌های توجهی مورد بررسی قرار گرفته بودند. ضمناً اکثر پژوهش‌ها روی شبکه توجهی تمرکز کرده‌اند، اما در پژوهش حاضر روی توجه دیداری، شنیداری و زیرمجموعه‌های آن‌ها تمرکز شده است.

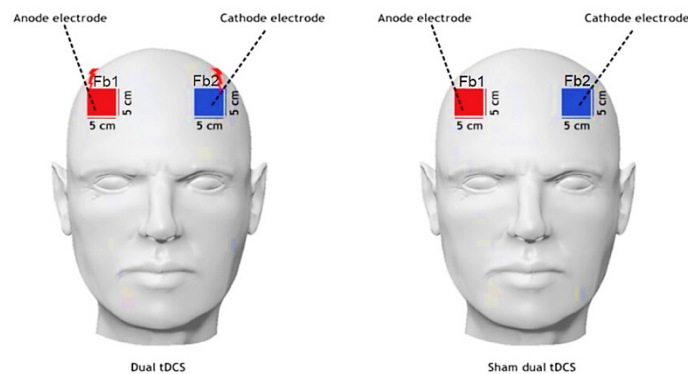
مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از کمیته اخلاق زیست پزشکی دانشگاه تبریز، به‌صورت نیمه‌آزمایشی با ۲ متغیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون با ۲ گروه کنترل و آزمایش انجام شد. در ادامه فرایند مطالعه، جامعه آماری شامل کلیه مراجعین دارای اختلال اضطراب فراگیر از شهر تبریز بودند که در بازه زمانی شهریور ۱۴۰۲ تا شهریور ۱۴۰۳ به یکی از مراکز درمانی شهر تبریز مراجعه کرده بودند. برای انتخاب نمونه در این پژوهش بعد از مصاحبه نیمه‌ساختاریافته بالینی توسط روان‌پزشک مشخص از تست اضطراب اختلال فراگیر^{۱۱} (GAD-7) استفاده شد.

معیارهای ورود: تشخیص وجود اختلال توسط روانپزشک، اخذ نمره بالاتر از ۱۵ در تست GAD-7، راست دست بودن برای یکسانی ارزیابی در تحلیل امواج مغزی توسط نرم‌افزار نوروگاید، عدم سوءمصرف مواد، نداشتن سایر اختلالات روانپزشکی، عدم مصرف داروهای روانپزشکی و داشتن رضایت کامل برای ورود به پژوهش. معیارهای خروج: عدم تمایل به ادامه درمان و غیبت بیش از ۱ جلسه در طول درمان.

10. Orbitofrontal Cortex (OFC)

11. General Anxiety Disorder (GAD-7)



تصویر ۱. موقعیت قرارگیری کانال‌ها با تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای

طب توانبخش

بعد از اتمام جلسات برای ثبت تغییرات در امواج مغزی از نقشه مغزی و برای ثبت تغییرات در بعد توجه دیداری و شنیداری تست یکپارچه عملکرد دیداری-شنیداری مجدداً انجام شد. اطلاعات مستخرج از الکتروانسفالوگرافی توسط نرم‌افزار نوروگاید به الکتروانسفالوگرافی کمی تبدیل شد تا تجزیه و تحلیل توان مطلق امواج آلفا و تتا انجام شود. برای تحلیل داده‌ها، از روش‌های آماری توصیفی به منظور بررسی ویژگی‌های اولیه داده‌ها و همچنین از روش‌های آماری استنباطی جهت استخراج نتایج معنادار و آزمون فرضیاتی که در قسمت انتهایی مقدمه مطرح شد استفاده شد. ابتدا با استفاده از آمار توصیفی، اطلاعاتی نظیر فراوانی، درصد، میانگین و انحراف استاندارد به دست آمد. سپس برای تحلیل دقیق‌تر و بررسی تأثیر متغیرها، از آمار استنباطی و آنالیز چندمتغیره کوواریانس‌ها^{۱۵} (مانکووا) به کمک نرم‌افزار بسته آماری برای علوم اجتماعی^{۱۶} (SPSS نسخه ۲۰) استفاده شد.

یافته‌ها

در این بخش، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها ارائه شده است. ابتدا، شاخص‌های توصیفی شامل میانگین، انحراف استاندارد و سایر معیارهای آماری مرتبط با متغیرهای پژوهش در دو گروه آزمایش و کنترل گزارش می‌شود. سپس به منظور بررسی تأثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر مؤلفه‌های توجه دیداری و شنیداری، تحلیل‌های آماری استنباطی شامل آزمون‌های همگنی واریانس، همگنی شیب رگرسیون و مانکووا بررسی و نتایج آن‌ها ارائه شد. در نهایت، یافته‌های پژوهش باتوجه به آزمون‌های آماری انجام‌شده تفسیر شد و میزان تأثیر مداخله بر متغیرهای وابسته مشخص شد.

همان‌طور که در **جدول شماره ۱** مشاهده می‌شود، میانگین و انحراف معیار نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون برای متغیرهای

شیوه نمونه‌گیری از نوع در دسترس بود. ۲۴ نفر در محدوده سنی ۱۸ تا ۴۰ سال و از هر دو جنسیت انتخاب و به صورت تصادفی و یک‌سوکور به ۲ گروه کنترل و آزمایش تقسیم شدند. سپس از کلیه افراد شرکت‌کننده قبل از شروع مداخله، آزمون بررسی یکپارچه عملکرد دیداری-شنیداری^{۱۲} و در خصوص انحرافات احتمالی در امواج مغزی، تست نقشه مغزی (الکتروانسفالوگرافی کمی^{۱۳}) در حالت استراحت اخذ شد تا تک‌تک امواج ثبت و مطالعه شود. بعد از اجرای آزمون‌های ارزیابی مذکور، همان‌طور که در **تصویر شماره ۱** ارائه شده است، تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای اعمال شد.

فرایند انجام تحریک به این صورت مورد بررسی قرار گرفت که به صورت غیرتهاجمی روی پوست سر فرد آزمودنی الکترودهایی با پدهای آغشته به آب نمک با اندازه ۵ سانتی‌متر قرار گرفت. از طریق این الکترودها، جریان‌های الکتریکی ضعیفی در حد ۲ میلی‌آمپر با مدت‌زمان مشخص، براساس هر پروتکل، به نواحی مغزی برای هر دو گروه ارسال شد.

تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای یکی از انواع روش‌های تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای^{۱۴} است که در آن تحریک دارای ۲ کانال آند (جریان مثبت) و کاتد (جریان منفی) است که به صورت مستقیم امواج را به داخل مغز هدایت می‌کند.

در پژوهش حاضر نیز در گروه آزمایش تحریک واقعی با شدت جریان ۲ میلی‌آمپر طی ۱۰ جلسه ۳۰ دقیقه‌ای در قشر پیش‌پیشانی و نواحی Fp1 و Fp2 به صورت تحریک آند و کاتد یک روز در میان انجام شد. در گروه کنترل، تحریک ساختگی طی ۱۰ جلسه به صورت یک روز در میان در همان نواحی مغزی انجام شد.

12. Integrated Visual and Auditory Continues Performance Test (IVA-2)
13. Quantitative Electroencephalography (QEEG)
14. Transcranial Electrical Stimulation (tES)

15. Multivariate analysis of covariance
16. Statistical Package for the Social Science

جدول ۱. آمار توصیفی نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون دو گروه آزمایش و کنترل

پارامتر	شرایط	گروه آزمون	میانگین $\pm$ انحراف معیار	کولموگوروف اسمیرنف	P
توجه تقسیم شده دیناری	پیش‌آزمون	آزمایش	۱۷۶/۰۸ $\pm$ ۲۰/۰۱	-/۲۱۳	-/۱۱۱
	پیش‌آزمون	کنترل	۱۷۶/۲۳ $\pm$ ۱۸/۴۸	-/۱۶۱	-/۲۳۵
	پس‌آزمون	آزمایش	۱۹۷/۱۵ $\pm$ ۱۲/۲۹	-/۲۵۵	-/۱۰۲
	پس‌آزمون	کنترل	۱۷۵/۳۲ $\pm$ ۱۸/۷۵	-/۱۵۹	-/۲۱۲
توجه تقسیم شده شنیداری	پیش‌آزمون	آزمایش	۱۹۴/۳۱ $\pm$ ۲۴/۴۴	-/۱۲۶	-/۲۳۸
	پیش‌آزمون	کنترل	۱۸۷/۰۸ $\pm$ ۱۴/۱۰	-/۱۶۴	-/۲۴۱
	پس‌آزمون	آزمایش	۲۰۳/۸۵ $\pm$ ۱۳/۷۳	-/۱۵۹	-/۲۰۵
	پس‌آزمون	کنترل	۱۸۷/۲۳ $\pm$ ۱۲/۴۰	-/۱۵۳	-/۲۷۸
توجه ملایم دیناری	پیش‌آزمون	آزمایش	۲۵۵/۳۸ $\pm$ ۵۳/۹۹	-/۲۳۳	-/۰۹۵
	پیش‌آزمون	کنترل	۲۳۹/۶۲ $\pm$ ۵۵/۴۸	-/۲۱۵	-/۱۰۳
	پس‌آزمون	آزمایش	۳۰۷/۲۳ $\pm$ ۲۹/۶۴	-/۲۰۶	-/۱۰۰
	پس‌آزمون	کنترل	۲۴۲/۲۳ $\pm$ ۵۲/۷۷	-/۲۲۶	-/۰۶۹
توجه ملایم شنیداری	پیش‌آزمون	آزمایش	۲۲۵/۳۱ $\pm$ ۴۵/۴۴	-/۲۰۵	-/۱۳۸
	پیش‌آزمون	کنترل	۲۲۵ $\pm$ ۲۶/۵۸	-/۱۳۷	-/۳۴۱
	پس‌آزمون	آزمایش	۲۵۱/۰۰ $\pm$ ۲۸/۷۰	-/۱۷۸	-/۲۲۰
	پس‌آزمون	کنترل	۲۲۵/۵۳ $\pm$ ۳۹/۷۴	-/۰۹۵	-/۳۶۸
توجه متمرکز دیناری	پیش‌آزمون	آزمایش	۱۶۰/۳۸ $\pm$ ۳۹/۰۹	-/۲۴۶	-/۰۸۶
	پیش‌آزمون	کنترل	۱۵۹/۶۹ $\pm$ ۴۶/۶۰	-/۲۲۸	-/۰۶۴
	پس‌آزمون	آزمایش	۱۹۲/۶۹ $\pm$ ۲۹/۷۶	-/۲۱۳	-/۰۹۷
	پس‌آزمون	کنترل	۱۶۱/۰۸ $\pm$ ۴۳/۶۰	-/۲۴۱	-/۰۵۰
توجه متمرکز شنیداری	پیش‌آزمون	آزمایش	۱۴۳/۹۲ $\pm$ ۳۶/۷۱	-/۱۷۷	-/۲۱۳
	پیش‌آزمون	کنترل	۱۳۶/۶۹ $\pm$ ۳۹/۱۰	-/۱۶۲	-/۲۱۵
	پس‌آزمون	آزمایش	۱۷۶/۳۱ $\pm$ ۱۷/۸۷	-/۱۸۴	-/۲۰۳
	پس‌آزمون	کنترل	۱۳۷/۰۸ $\pm$ ۳۸/۳۷	-/۱۵۱	-/۳۲۳
توجه انتخابی دیناری	پیش‌آزمون	آزمایش	۲۳۹/۰۸ $\pm$ ۵۹/۴۱	-/۱۹۸	-/۰۹۸
	پیش‌آزمون	کنترل	۲۳۴/۳۸ $\pm$ ۷۹/۲۹	-/۱۹۸	-/۱۷۰
	پس‌آزمون	آزمایش	۲۸۳/۰۰ $\pm$ ۴۴/۱۶	-/۲۳۲	-/۰۶۸
	پس‌آزمون	کنترل	۲۲۵/۶۲ $\pm$ ۷۵/۸۵	-/۱۷۵	-/۱۳۲
توجه انتخابی شنیداری	پیش‌آزمون	آزمایش	۲۲۸/۷۷ $\pm$ ۴۸/۶۲	-/۲۰۴	-/۱۴۴
	پیش‌آزمون	کنترل	۲۰۶/۷۷ $\pm$ ۵۵/۲۱	-/۲۰۰	-/۱۶۴
	پس‌آزمون	آزمایش	۲۶۳/۳۱ $\pm$ ۳۸/۹۳	-/۲۶۶	-/۰۵۲
	پس‌آزمون	کنترل	۲۰۷/۱۵ $\pm$ ۵۳/۸۹	-/۱۲۷	-/۳۶۵

پارامتر	شرایط	گروه آزمون	میانگین $\pm$ انحراف معیار	کولموگروف اسمیرنوف	P
جابه‌جایی توجّه دینلری	پیش‌آزمون	آزمایش	۳۵۲/۳۱ $\pm$ ۴۶/۳۶	۰/۱۹۳	۰/۲۰۷
		کنترل	۳۴۹/۶۲ $\pm$ ۴۷/۷۵	۰/۱۲۵	۰/۳۰۰
	پس‌آزمون	آزمایش	۳۹۸/۶۹ $\pm$ ۴۲/۵۴	۰/۱۸۶	۰/۱۸۳
		کنترل	۳۴۸/۳۹ $\pm$ ۴۹/۲۳	۰/۱۱۹	۰/۲۶۲
جابه‌جایی توجّه شنیداری	پیش‌آزمون	آزمایش	۳۲۲/۶۹ $\pm$ ۳۴/۶۱	۰/۱۵۷	۰/۲۷۰
		کنترل	۳۴۲/۳۱ $\pm$ ۳۰/۸۹	۰/۱۶۴	۰/۲۵۶
	پس‌آزمون	آزمایش	۳۵۵/۳۱ $\pm$ ۳۰/۸۰	۰/۲۰۰	۰/۱۶۰
		کنترل	۳۴۴/۱۵ $\pm$ ۳۱/۶۹	۰/۱۰۵	۰/۳۱۸

طب توانبخش

بوده است. همچنین، نتایج آزمون ام‌پاکس برای بررسی برابری ماتریس کوواریانس متغیرهای وابسته بین گروه‌های آزمایش و کنترل نشان داد که ماتریس کوواریانس در ۲ گروه برابر است ($P < 0.05$, $F = 1/62$, $MBOX = 44/66$).

در ادامه، پس از بررسی پیش‌فرض‌های تحلیل کوواریانس چندمتغیری، نتایج آزمون **جدول شماره ۲** نشان داد بین ۲ گروه در بخش مؤلفه‌های توجّه دیداری و شنیداری تفاوت معناداری وجود دارد. برای بررسی اینکه گروه‌های آزمایش و کنترل در کدامیک از مؤلفه‌های توجّه دیداری و شنیداری با یکدیگر تفاوت دارند، نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیری در **جدول شماره ۲** گزارش شده است.

برای ارزیابی میزان اضطراب افراد شرکت‌کننده از آزمون اضطراب فراگیر استفاده شد. همچنین برای بررسی پیش‌فرض همگنی ماتریس کوواریانس از آزمون ام‌پاکس استفاده شد.

پژوهش در ۲ گروه آزمایش و کنترل ارائه شده است. علاوه‌براین، در این جدول نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنوف برای ارزیابی نرمال بودن توزیع متغیرها در هر گروه گزارش شده است. طبق نتایج، آزمون مذکور برای تمامی متغیرها معنادار نبوده است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت توزیع این متغیرها در گروه‌ها نرمال است. همان‌طور که مشخص است در مرحله پس‌آزمون برای بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای متغیرهای وابسته که شامل توجّه دیداری و شنیداری است، افزایش‌یافته است. همچنین به‌منظور بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر مؤلفه‌های توجّه دیداری و شنیداری، از تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شده است. نتایج آزمون بررسی همگنی شیب رگرسیون پیش‌آزمون و پس‌آزمون این متغیرها در گروه‌های آزمایش و کنترل نشان داد شیب رگرسیون در هر دو گروه برابر است. این نتایج نشان می‌دهد که همگنی واریانس‌ها درمورد متغیرهای پژوهش برقرار

جدول ۲. نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره در اثربخشی تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر مؤلفه‌های توجّه دیداری و شنیداری و امواج مغزی ($n=12$)

پارامتر	میانگین $\pm$ انحراف معیار			
	پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
	گروه آزمایشی	گروه کنترل	گروه آزمایشی	گروه کنترل
دلتا	۵/۲۶ $\pm$ ۰/۵۹	۵/۴۶ $\pm$ ۰/۵۱	۲/۸۰ $\pm$ ۰/۶۷	۵/۱۳ $\pm$ ۰/۵۱
تتا	۹/۶۶ $\pm$ ۰/۵۹	۹/۴۶ $\pm$ ۰/۹۱	۵/۰۶ $\pm$ ۰/۷۰	۹/۰۶ $\pm$ ۰/۷۰
آلفا	۸/۹۳ $\pm$ ۰/۵۹	۸/۸۰ $\pm$ ۰/۵۶	۱۲/۲۶ $\pm$ ۱/۷۵	۸/۸۶ $\pm$ ۰/۶۳
بتا	۵/۶۶ $\pm$ ۱/۸۳	۵/۴۰ $\pm$ ۱/۹۵	۸/۸۰ $\pm$ ۰/۷۷	۵/۱۳ $\pm$ ۰/۶۳
توجّه دیداری	۱۲۰/۱۳ $\pm$ ۱/۵۵	۱۲۰/۶۰ $\pm$ ۱/۸۰	۱۹۰/۸۶ $\pm$ ۳/۶۴	۱۲۰/۶۵ $\pm$ ۱/۸۰
توجّه شنیداری	۱۱۸/۷۳ $\pm$ ۱/۹۸	۱۱۹/۴۶ $\pm$ ۳/۰۴	۱۵۰/۷۳ $\pm$ ۳/۸۸	۱۱۹/۵۰ $\pm$ ۳/۰۴

طب توانبخش

جدول ۳. آزمون ام باکس برای ارزیابی پیش فرض همگنی ماتریس کوواریانس در تحلیل کوواریانس چندمتغیری

P	F	درجه آزادی دوم	درجه آزادی اول	آزمون ام باکس
۰/۳	۱/۶۲	۲۸۸۳/۵۵	۲۱	۴۴/۶۵

طب توانبخشی

جدول ۴. آزمون لون برای همگنی واریانس خطا

پارامتر	F	درجه آزادی اول	درجه آزادی دوم	P
دلتا	۰/۰۶			۰/۷۹
تا	۰/۰۵			۰/۸۱
آلفا	۲/۶۱	۱	۲۸	۰/۱۱
بتا	۰/۴۱			۰/۵۲
توجه دیداری	۰/۰۹			۰/۹۲
توجه شنیداری	۰/۰۱			۰/۹۹

طب توانبخشی

است که این تغییرات باتوجه به **جدول شماره ۱**، تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمعه‌ای در گروه پس‌آزمون باعث افزایش در تمامی زیرمجموعه‌های توجه دیداری و شنیداری شده است.

در گروه آزمایشی، پس از مداخله، افزایش معناداری در توان مطلق امواج آلفا مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده بهبود اضطراب بعد از مداخله است. در مقابل توان مطلق امواج تتا در گروه آزمایشی پس از مداخله کاهش چشمگیری دارد که بیانگر بهبود فرایندهای توجهی است. درحالی‌که در گروه کنترل، تغییرات قابل توجهی مشاهده نمی‌شود که این امر اثربخشی اختصاصی تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمعه‌ای در تعدیل نوسانات عصبی مرتبط با تنظیم اضطراب و ارتقای شناختی را برجسته می‌کند.

تصویر شماره ۲، تغییرات میانگین توان امواج آلفا و تتا را در گروه‌های آزمایشی و کنترل، قبل و بعد از مداخله نشان می‌دهد. در گروه آزمایشی، پس از مداخله، افزایش معناداری در توان امواج آلفا مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده بهبود آرامش و افزایش کارایی شناختی مرتبط با تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمعه‌ای است. در مقابل، توان امواج تتا در گروه آزمایشی پس از مداخله کاهش چشمگیری دارد که بیانگر کاهش اضطراب و بهبود تنظیم هیجانی است. درحالی‌که در گروه کنترل، تغییرات قابل توجهی مشاهده نمی‌شود که این امر اثربخشی اختصاصی تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمعه‌ای در تعدیل نوسانات عصبی مرتبط با تنظیم اضطراب و ارتقای شناختی را برجسته می‌کند.

همان‌طور که نتایج **جدول شماره ۳** نشان می‌دهد، همبستگی بین متغیرهای مورد مطالعه همگن است، زیرا F مشاهده شده برای این آزمون در سطح $P < ۰/۰۵$ از نظر آماری معنی‌دار نیست. بنابراین پیش فرض همگنی ماتریس کوواریانس برقرار است.

برای بررسی پیش فرض یکسانی واریانس خطا از آزمون لون استفاده شد. نتایج **جدول شماره ۴** نشان می‌دهد واریانس خطای متغیرهای مورد مطالعه در گروه‌های پژوهش همگن است، زیرا F مشاهده شده برای این آزمون در متغیرهای مورد بررسی، در سطح $P < ۰/۰۵$ از نظر آماری معنی‌دار نیست. بنابراین پیش فرض همگنی واریانس خطا نیز برقرار است.

برای بررسی پیش فرض همبستگی متعارف متغیر وابسته از آزمون کرویت بارتلت استفاده شد. طبق نتایج **جدول شماره ۵**، بین متغیرهای مورد مطالعه همبستگی متعارف وجود دارد و این متغیرها به‌طور ترکیبی یک متغیر وزنی جدید ایجاد کرده‌اند، زیرا شاخص بارتلت ($X^2 = ۰/۰۵$) محاسبه شده و در سطح $P < ۰/۰۱$ از نظر آماری معنی‌دار است.

نتایج **جدول شماره ۶** نشان می‌دهد تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمعه‌ای از نظر آماری تأثیر معناداری بر توجه دیداری و شنیداری دارد. به‌نحوی که امواج بتا و تتا کاهش پیدا کرده و امواج دلتا و آلفا افزایش چشمگیری داشته است. از طرفی توجه دیداری و شنیداری نیز به‌طور چشمگیری افزایش پیدا کرده

جدول ۵. آزمون کرویت بارتلت

کای اسکور	درجه آزادی	P
۱۶۹/۸۵	۲۰	۰/۰۰۱

طب توانبخشی

جدول ۶. آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره

پارامتر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)*	مدل میانگین (MM)**	F	P
دلتا		۳۴/۹۷	۳۴/۹۷	۸۹/۸۵	
تتا		۱۰۸/۲۸	۱۰۸/۲۸	۹۹/۴۴	
آلفا		۷۳/۶۶	۷۳/۶۶	۱۷۵/۳۳	
بتا	۱	۸۴/۷۷	۸۴/۷۷	۴۵/۳۵	۰/۰۱
توجه دیداری		۵۹۶/۸۶	۵۹۶/۸۶	۱۸۳۶/۳۴	
توجه شنیداری		۵۰۳/۵۷	۵۰۳/۵۷	۱۸۵۰/۳۰	

طب توانبخشی

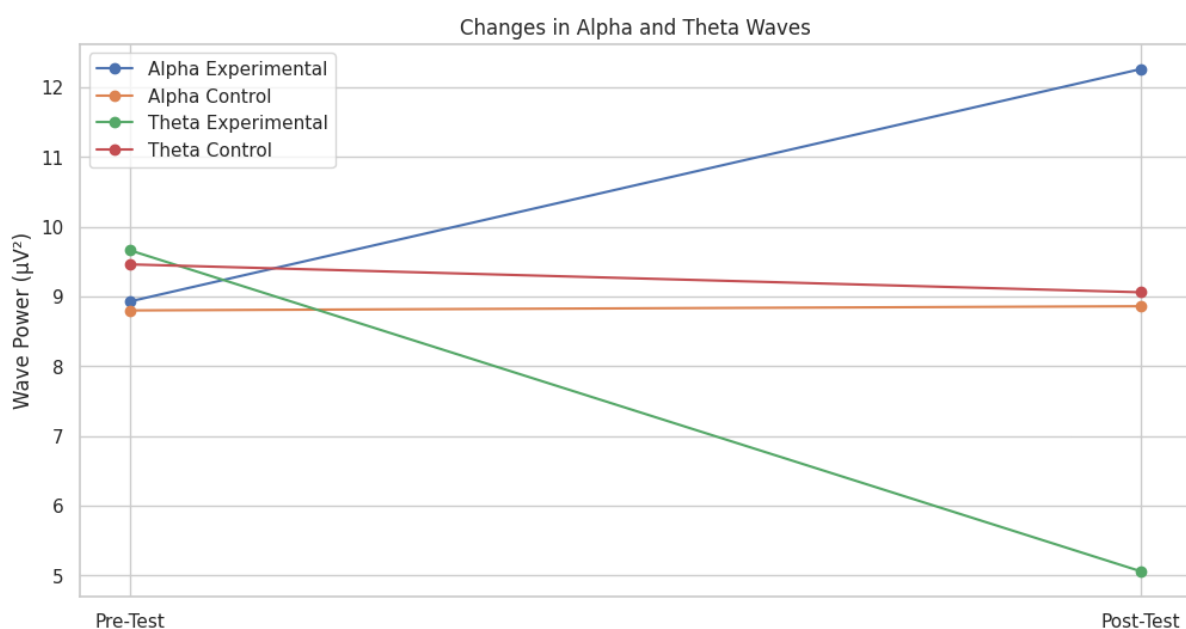
* MS: Mean Square; MM: Model of Means.

می‌دهد. مقادیر F بالا و P کمتر از ۰/۰۵ تأیید می‌کند مداخله تأثیر معناداری بر این متغیرها، به‌ویژه در گروه آزمایشی داشته است.

علاوه‌براین، نتایج ارائه‌شده در **تصویر شماره ۵ (الف، ب)** تغییرات جنسیت‌محور در توان مطلق امواج آلفا و تتا را برای گروه‌های آزمایشی و کنترل نشان می‌دهد. شرکت‌کنندگان مرد و زن در گروه آزمایشی بهبود قابل‌توجهی در توان مطلق امواج آلفا و کاهش در توان مطلق امواج تتا نشان دادند. درحالی‌که تغییرات در گروه کنترل حداقل است. این تحلیل نشان می‌دهد اثرات تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در هر دو جنسیت پایدار است و شواهد بیشتری در حمایت از کارایی آن ارائه می‌دهد.

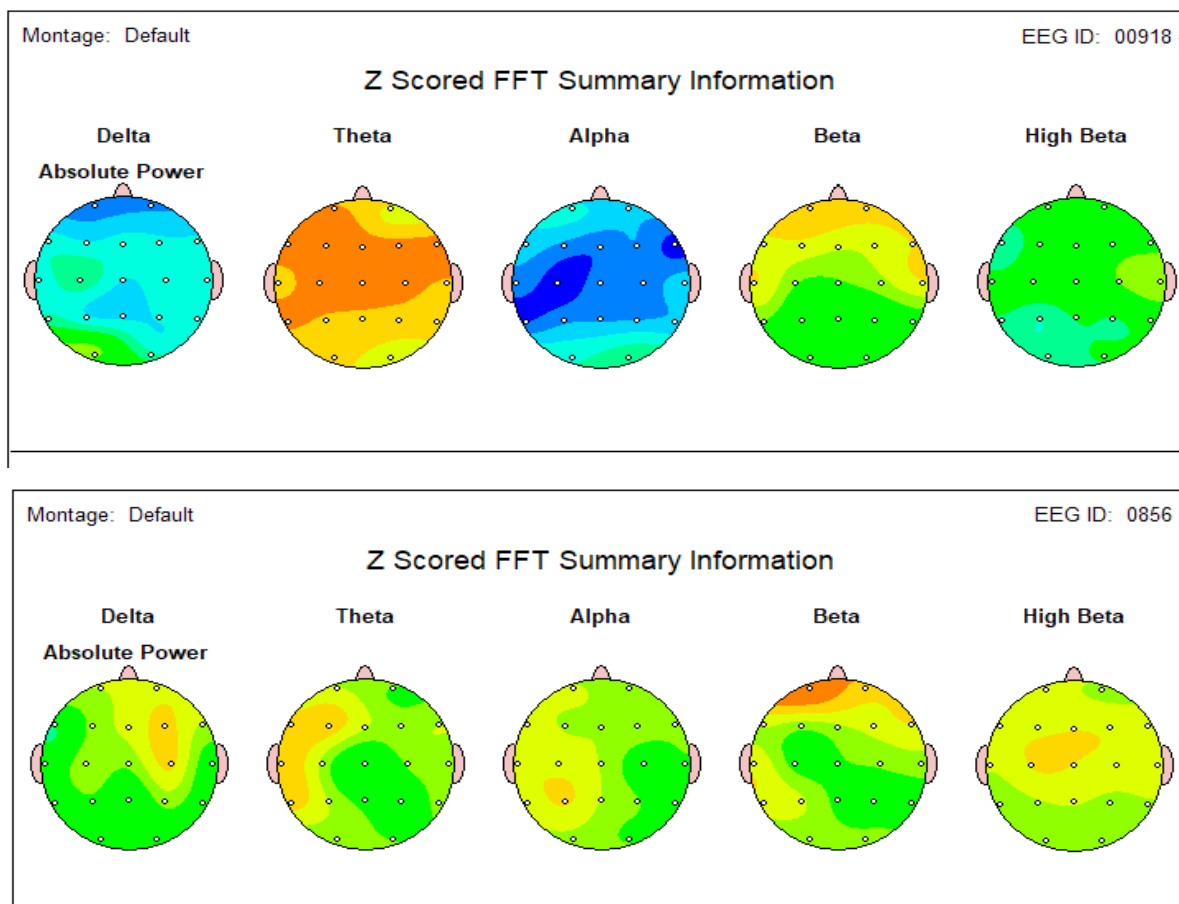
تصویر شماره ۳، فعالیت عصبی پایه را در نواحی کلیدی مورد مطالعه در گروه آزمایشی نشان می‌دهد. پس از مداخله، نقشه مغزی افزایش فعالیت در نواحی مرتبط با تنظیم شناختی و هیجانی به‌ویژه در نواحی تحت تأثیر پروتکل تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای را آشکار می‌کند. این نمایش تصویری تغییرات، اثرات موضعی تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای را نشان می‌دهد که تعدیل قابل‌توجهی در توان مطلق فرکانس‌های آلفا و تتا ایجاد کرده است. این یافته‌ها با فرضیه‌ای که تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای باعث بهینه‌سازی تحریک‌پذیری و اتصال قشری شده و منجر به بهبود عملکرد شناختی و هیجانی می‌شود، همسو است.

تصویر شماره ۴، معناداری آماری تفاوت‌ها را در معیارهای کلیدی (امواج آلفا، امواج تتا، توجه بینایی و توجه شنوایی) نشان



طب توانبخشی

تصویر ۲. تغییرات میانگین توان مطلق امواج آلفا و تتا



طب توانبخشی

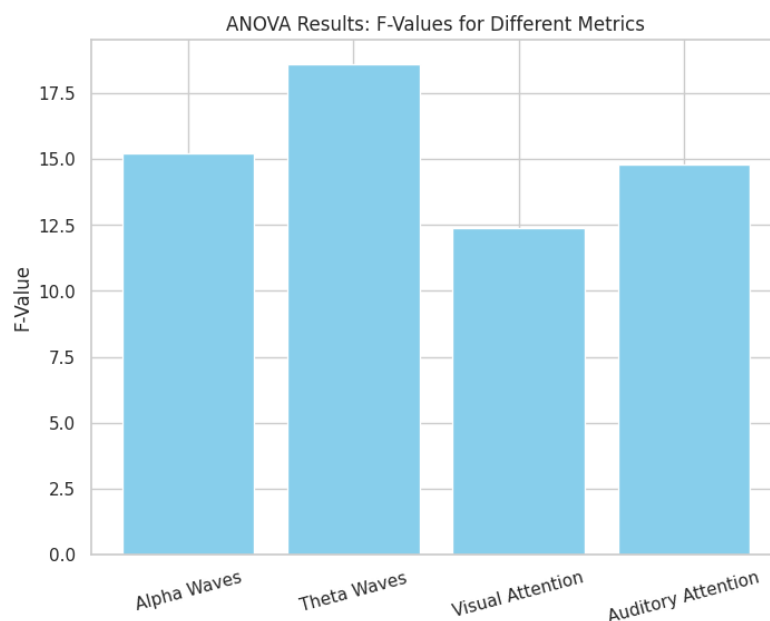
تصویر ۳. تغییرات توان مطلق امواج مغزی، الف) نقشه مغزی قبل از مداخله ب) نقشه مغزی بعد از مداخله

بحث

قشر اوربیتوفرونتال در تنظیم هیجانات، کنترل استرس و فرایندهای تصمیم‌گیری نقش کلیدی ایفا می‌کند و ارتباط مستقیمی با عملکردهای اجرایی و عاطفی دارد. از آنجاکه این قشر در مدیریت اضطراب و استرس تأثیرگذار است، تحریک آن می‌تواند به کاهش علائم اضطراب عمومی کمک کند. این در حالی است که مطالعات پیشین نشان داده‌اند تحریک نواحی خاصی از مغز، از جمله DLPFC، با کاهش اضطراب و بهبود توجه مرتبط است، اما مطالعات کمتری بر تأثیر تحریک قشر اوربیتوفرونتال متمرکز بوده‌اند. به همین دلیل، این پژوهش به دنبال بررسی اثرات تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در نواحی مختلف مغزی و شناسایی بهترین ناحیه برای تأثیرگذاری بر عملکردهای شناختی در افراد مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر بود.

نتایج این پژوهش نشان داد تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای تأثیر معناداری بر تعدیل امواج مغزی و بهبود عملکردهای توجهی دارد. به‌ویژه، توان مطلق امواج آلفا و تتا که به‌طور ویژه در فرایندهای توجهی و تمرکز و همچنین در اضطراب نقش دارند، پس از مداخله تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای تغییرات قابل توجهی را نشان دادند. امواج آلفا که

در این پژوهش، هدف اصلی بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی جریان مستقیم بر توان مطلق امواج آلفا و تتا و بهبود عملکرد توجهی دیداری و شنیداری در افراد مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر بود. اختلال اضطراب فراگیر یکی از اختلالات شایع روان‌پزشکی است که به‌طور معمول با علائم اضطراب عمومی، نگرانی‌های مزمن و کاهش تمرکز همراه است. یکی از رویکردهای نوین درمان این اختلالات، تحریک مغزی غیرتهاجمی با استفاده از روش‌هایی مانند تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای است که می‌تواند به تعدیل فعالیت‌های مغزی و بهبود عملکردهای شناختی کمک کند. در این پژوهش، انتخاب ناحیه تحریک و پروتکل استفاده‌شده به‌طور ویژه به قشر اوربیتوفرونتال و نواحی Fp1 و Fp2 معطوف شد. این انتخاب برخلاف بسیاری از مطالعات پیشین که بیشتر به نواحی DLPFC و F3 و F4 پرداخته‌اند، به دلیل اهمیت بالای قشر اوربیتوفرونتال در فرایندهای شناختی، به‌ویژه در مدیریت هیجانات و استرس، به‌عنوان هدف تحریک در نظر گرفته شد.

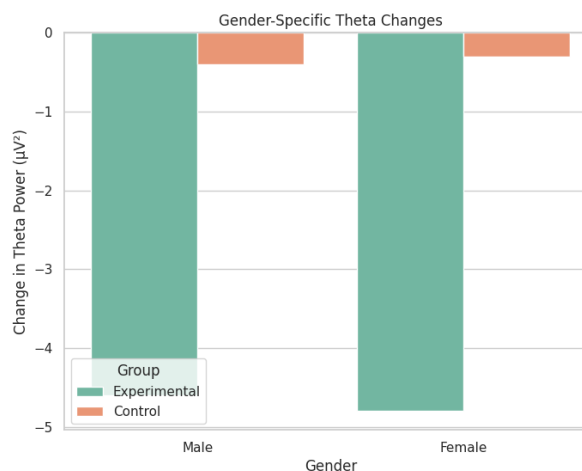
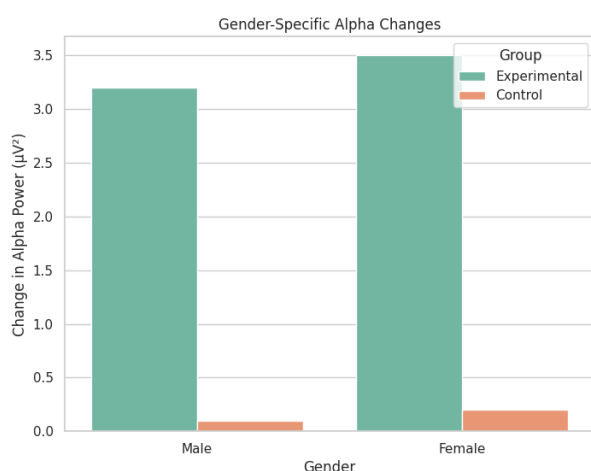


تصویر ۴. مقادیر F حاصل از آزمون آنووا در شاخص‌های مختلف

طب توانبخشی

یافته‌های این پژوهش با نتایج مطالعات پیشین همخوانی دارند و شواهد جدیدی را در حمایت از استفاده از تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای برای بهبود اختلالات توجه و تمرکز و کاهش علائم اضطرابی ارائه می‌دهند. نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان می‌دهند تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای می‌تواند منجر به تعدیل امواج مغزی آلفا و تتا و بهبود عملکردهای توجهی در بیماران مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر شود. به‌علاوه، این مطالعه بر اهمیت استفاده از روش‌های غیرتهاجمی مانند تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای تأکید دارد که می‌توانند به‌عنوان یک روش درمانی مؤثر در مدیریت اختلالات اضطرابی مورد استفاده قرار گیرند.

معمولاً با حالت آرامش و کاهش اضطراب ارتباط دارند، پس از تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای افزایش یافتند. درحالی‌که امواج تتا که به اضطراب و اختلالات توجهی مرتبط هستند، کاهش یافتند. این تغییرات در امواج مغزی نشان‌دهنده بهبود در عملکرد توجهی دیداری و شنیداری شرکت‌کنندگان بود؛ به‌ویژه افراد پس از مداخله قادر بودند به‌طور بهتری به محرک‌های دیداری و شنیداری پاسخ دهند و توجه خود را به‌طور مؤثرتری متمرکز کنند.



طب توانبخشی

تصویر ۵. تحلیل جنسیت‌محور، الف) تغییرات امواج آلفا، ب) تغییرات امواج تتا

در نهایت، نتایج این پژوهش تأثیر مثبت تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای را بر بهبود عملکرد توجهی و کاهش علائم اضطراب در بیماران مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر تأیید می‌کند و به‌عنوان یک روش نوآورانه در درمان اختلالات اضطرابی می‌تواند کاربرد داشته باشد. این نتایج می‌توانند مبنای مطالعات آینده در این حوزه قرار گیرند و به توسعه پروتکل‌های درمانی جدید و بهبود کیفیت زندگی افراد مبتلا به اختلالات اضطرابی کمک کنند.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر الگوی قدرت مطلق امواج مغزی آلفا و تتا، توجه دیداری و شنیداری در بیماران مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر انجام شده است.

نتایج این پژوهش نشان داد تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای به‌طور معناداری موجب بهبود توجه دیداری و شنیداری در بیماران مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر می‌شود. این یافته‌ها حاکی از آن است که این روش می‌تواند در بهبود تمرکز، افزایش پردازش اطلاعات و کاهش تأثیر اضطراب بر عملکردهای شناختی نقش مهمی ایفا کند. این نتایج با مطالعات پیشین که اثربخشی تحریک الکتریکی مغز را در تعدیل نوسانات عصبی و اثرات درمانی آن برای اختلالات روان‌پزشکی، از جمله اضطراب، تأیید کرده‌اند، همخوانی دارد. بنابراین یافته‌های این پژوهش حمایت بیشتری از نقش تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای به‌عنوان یک رویکرد درمانی مکمل در مدیریت اختلال اضطراب فراگیر ارائه می‌دهد. با این حال پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، اثرات طولانی‌مدت این مداخله، به‌همراه ارزیابی سایر نشانگرهای زیستی و رفتاری مرتبط با اضطراب، مورد بررسی دقیق‌تری قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق **دانشگاه تبریز** در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره IR.Tabrizu.rec.1402.131 دریافت شده است. این مقاله هیچ تأمین‌کننده مالی نداشته و با هزینه شخصی انجام شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از رساله دکتری محمدرضا قلی‌پور در گروه علوم اعصاب شناختی **دانشگاه تبریز** است. این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمانی‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

در این پژوهش، به‌طور اختصاصی تغییرات در توان مطلق امواج آلفا و تتا که در توجه و تمرکز و اضطراب نقش اساسی دارند، بررسی و تحلیل شدند. پس از مداخله تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای، افزایش در فعالیت امواج آلفا و کاهش در امواج تتا در نواحی مغزی موردنظر مشاهده شد که ارتباط مستقیمی با بهبود توجه دیداری و شنیداری داشت. این نتایج نه‌تنها به درک دقیق‌تری از اثرات تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر تغییرات امواج مغزی می‌پردازد، بلکه باعث پیشرفت در فهم نحوه ارتباط بین این امواج و بهبود عملکرد توجه دیداری و شنیداری در افراد مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر می‌شود. این یافته‌ها همچنین نشان‌دهنده پتانسیل استفاده از تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای به‌عنوان یک درمان مکمل برای اختلالات اضطرابی هستند.

مطالعات پیشین نیز تأثیر تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای و به‌ویژه تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای را در تعدیل امواج مغزی و بهبود اختلالات توجهی و اضطرابی تأیید کرده‌اند. پژوهش حاضر این یافته‌ها را تقویت می‌کند و نشان می‌دهد مداخله تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای می‌تواند موجب بهبود امواج آلفا و تتا و افزایش عملکرد توجهی دیداری و شنیداری شود. نتایج تحلیل‌های آماری و نقشه‌های مغزی پس از مداخله نشان داد تمامی فرضیه‌ها تأیید شدند و تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای منجر به تغییرات معنادار در این متغیرها شده است. این تحقیق همچنین به‌طور جامع‌تری به بررسی اثرات تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر فعالیت‌های مغزی و کارکردهای شناختی پرداخته و به افزایش دانش علمی در این حوزه کمک کرده است.

در ادامه، این پژوهش شواهدی قوی در حمایت از اثربخشی تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در تعدیل امواج مغزی آلفا و تتا و بهبود عملکردهای توجهی (دیداری و شنیداری) ارائه می‌دهد و بر ضرورت انجام مطالعات بیشتر برای بهینه‌سازی پروتکل‌های تحریک و بررسی اثرات بلندمدت این روش تأکید می‌کند. این پژوهش همچنین به محدودیت‌هایی مانند حجم نمونه پایین، وجود اختلالات روان‌پزشکی دیگر در برخی از شرکت‌کنندگان و نبود پیگیری‌های طولانی‌مدت اشاره می‌کند. در مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود حجم نمونه افزایش یابد و تأثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر سایر اختلالات اضطرابی و کارکردهای اجرایی دیگر مانند حافظه و تصمیم‌گیری نیز بررسی شود. علاوه بر این، استفاده از روش‌های تصویربرداری مغزی پیشرفته مانند الکتروانسفالوگرافی (EEG) یا تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی مغز (f-MRI) با رزولوشن بالا می‌تواند به تحلیل دقیق‌تر تغییرات مغزی کمک کند و به درک بهتر اثرات تحریک مغزی بر عملکردهای شناختی و هیجانی منجر شود.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی، روش‌شناسی: محمدرضا قلی‌پور فلاحی و لیلا مهدی‌زاده فانید؛ اعتبارسنجی: لیلا مهدی‌زاده فانید و شهرام واحدی؛ تحلیل، تحقیق و بررسی: محمدرضا قلی‌پور فلاحی، لیلا مهدی‌زاده فانید، شهرام واحدی و فرخ بخت‌شادی؛ منابع، نگارش پیش‌نویس، **بصری‌سازی**: محمدرضا قلی‌پور فلاحی، لیلا مهدی‌زاده فانید و مهدی جعفری اصل؛ ویراستاری و نهائی‌سازی نوشته: مهدی جعفری اصل؛ نظارت و مدیریت پروژه: لیلا مهدی‌زاده فانید.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

References

- [1] Courtney AL, Meyer ML. Self-other representation in the social brain reflects social connection. *The Journal of Neuroscience*. 2020; 40(29):5616-27. [DOI:10.1523/JNEUROSCI.2826-19.2020] [PMID]
- [2] Abernathy K, Chandler LJ, Woodward JJ. Alcohol and the prefrontal cortex. *International Review of Neurobiology*. 2010; 91:289-320. [DOI:10.1016/S0074-7742(10)91009-X] [PMID]
- [3] Denny BT, Kober H, Wager TD, Ochsner KN. A meta-analysis of functional neuroimaging studies of self-and other judgments reveals a spatial gradient for mentalizing in medial prefrontal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2012; 24(8):1742-52. [DOI:10.1162/jocn_a_00233] [PMID]
- [4] Breitenwischer D. The Aesthetics of Poetic Self-Representation: Henry James's What Maisie Knew. *Literature, Ethics, Morality. American Studies Perspectives*. 2015; 32:73. [Link]
- [5] Shiozawa P, Leiva AP, Castro CD, da Silva ME, Cordeiro Q, Fregni F, et al. Transcranial direct current stimulation for generalized anxiety disorder: A case study. *Biological Psychiatry*. 2014; 75(11):e17-8. [Link]
- [6] Badre D, Kayser AS, D'Esposito M. Frontal cortex and the discovery of abstract action rules. *Neuron*. 2010; 66(2):315-26. [DOI:10.1016/j.neuron.2010.03.025] [PMID]
- [7] Andrews SC, Hoy KE, Enticott PG, Daskalakis ZJ, Fitzgerald PB. Improving working memory: The effect of combining cognitive activity and anodal transcranial direct current stimulation to the left dorsolateral prefrontal cortex. *Brain Stimulation*. 2011; 4(2):84-9. [DOI:10.1016/j.brs.2010.06.004] [PMID]
- [8] Kane MJ, Conway ARA, Miura TK, Colflesh GJH. Working memory, attention control, and the N-back task: A question of construct validity. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*. 2007; 33(3):615-22. [DOI:10.1037/0278-7393.33.3.615] [PMID]
- [9] Alvarez JA, Emory E. Executive function and the frontal lobes: A meta-analytic review. *Neuropsychology Review*. 2006; 16(1):17-42. [DOI:10.1007/s11065-006-9002-x] [PMID]
- [10] Frings C, Brinkmann T, Friehs MA, van Lipzig T. Single session tDCS over the left DLPFC disrupts interference processing. *Brain and Cognition*. 2018; 120:1-7. [DOI:10.1016/j.bandc.2017.11.005] [PMID]
- [11] Wu Y, Tang L, Shi X, Zhou Z, Li Y, Shan C. Effects of tDCS on depression and comorbid generalized anxiety disorder: A brain function imaging case report. *Frontiers in Neurology*. 2022; 13:879339. [DOI:10.3389/fneur.2022.879339] [PMID]
- [12] Qi L, Wang S, Li X, Yu Y, Wang W, Li Q, et al. Non-invasive brain stimulation in the treatment of generalized anxiety disorder: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Psychiatric Research*. 2024; 178:378-87. [DOI:10.1016/j.jpsy-chires.2024.07.046] [PMID]
- [13] Palmisano A, Bossi F, Barlabà C, Febbraio F, Loconte R, Lupo A, et al. Anodal tDCS effects over the left dorsolateral prefrontal cortex (L-DLPFC) on the rating of facial expression: Evidence for a gender-specific effect. *Heliyon*. 2021; 7(11):e08267. [DOI:10.1016/j.heliyon.2021.e08267] [PMID]
- [14] Silani G, Lamm C, Ruff CC, Singer T. Right supramarginal gyrus is crucial to overcome emotional egocentricity bias in social judgments. *Journal of Neuroscience*. 2013; 33(39):15466-76. [DOI:10.1523/JNEUROSCI.1488-13.2013] [PMID]
- [15] Abdian M, Ebrahimi Moghadam H, Sabri H. [Comparison of the effectiveness of the transcranial direct electrical movement in the dorsolateral frontal and temporal-occipital regions on the theory of mind understandings to attention-hyperactivity disorder (Persian)]. *Neuropsychology*. 2024; 9(35):51-63. [DOI:10.30473/clpsy.2024.69331.1720]
- [16] Colzato LS, Zech H, Hommel B, Verdonchot R, Van den Wildenberg WP, Hsieh S. Loving-kindness brings loving-kindness: The impact of Buddhism on cognitive self-other integration. *Psychonomic Bulletin & Review*. 2012; 19(3):541-5. [DOI:10.3758/s13423-012-0241-y] [PMID]
- [17] Nobusako S, Nishi Y, Nishi Y, Shuto T, Asano D, Osumi M, et al. Transcranial direct current stimulation of the temporoparietal junction and inferior frontal cortex improves imitation-inhibition and perspective-taking with no effect on the Autism-Spectrum Quotient Score. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2017; 11:84. [DOI:10.3389/fnbeh.2017.00084] [PMID]
- [18] Liepelt R, Klempova B, Dolk T, Colzato LS, Ragert P, Nitsche MA, et al. The medial frontal cortex mediates self-other discrimination in the joint Simon task. *Journal of Psychophysiology*. 2016; 30(3):85-101. [DOI:10.1027/0269-8803/a000158]
- [19] Batista EK, Klauss J, Fregni F, Nitsche MA, Nakamura-Palacios EM. A randomized placebo-controlled trial of targeted prefrontal cortex modulation with bilateral tDCS in patients with crack-cocaine dependence. *The International Journal of Neuropsychopharmacology*. 2015; 18(12):pyv066. [DOI:10.1093/ijnp/pyv066] [PMID]
- [20] Zheng EZ, Wong NML, Yang ASY, Lee TMC. 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*. 2024; 14(1):295. [DOI:10.1038/s41398-024-03003-w] [PMID]
- [21] Xie L, Hu P, Guo Z, Chen M, Wang X, Du X, et al. Immediate and long-term efficacy of transcranial direct current stimulation (tDCS) in obsessive-compulsive disorder, posttraumatic stress disorder and anxiety disorders: A systematic review and meta-analysis. *Translational Psychiatry*. 2024; 14(1):343. [DOI:10.1038/s41398-024-03053-0] [PMID]
- [22] Liu A, Bryant A, Jefferson A, Friedman D, Minhas P, Barnard S, et al. Exploring the efficacy of a 5-day course of transcranial direct current stimulation (tDCS) on depression and memory function in patients with well-controlled temporal lobe epilepsy. *Epilepsy & Behavior*. 2016; 55:11-20. [DOI:10.1016/j.yebeh.2015.10.032] [PMID]
- [23] Moslemi B, Azmodeh M, Tabatabaei SM, Alivandi Vafa M. [The effectiveness of transcranial direct current stimulation (tDCS) on attention and visual-auditory working memory in children with dyslexia (Persian)]. *Journal of Exceptional Children*. 2021; 20(4):104-93.

This Page Intentionally Left Blank