

Investigating the effectiveness of transcranial direct current stimulation on risky decision-making and response inhibiting in men with bipolar II disorder comorbid with a history of heroin use

Milad Jalil Piran¹ , Bahram Peymannia^{2*} , Sayed Ali Marashi³, Kiumars Beshlideh⁴

1. PhD Candidate in Psychology, Department of Psychology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2. Assistant Professor, Department of Psychology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

3. Associate Professor, Department of Psychology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

4. Professor, Department of Psychology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Abstract

Received: 27 May, 2025

Revised: 28 May, 2026

Accepted: 25 Aug, 2026

Keywords

Transcranial direct current stimulation
Response inhibition
Risky decision-making
Bipolar II disorder
Heroin

Corresponding author

Bahram Peymannia, Assistant Professor, Department of Psychology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Email: B.peymannia@scu.ac.ir



 doi.org/10.30514/icss.28.1.75

Introduction: Bipolar II disorder comorbid with a history of heroin use is associated with impairments in response inhibition and risky decision-making. The present study aimed to investigate the effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on response inhibition and risky decision-making in men with bipolar II disorder comorbid with a history of heroin use.

Methods: This was a quasi-experimental study with a pre-test, post-test, and follow-up design with a control group. The study population comprised men with bipolar II disorder comorbid with a history of heroin use who were referred to treatment centers in Isfahan, Iran, in 2024. A total of 32 individuals were randomly assigned to the experimental and control groups. The research instruments included the computerized Go/No-Go response inhibition task and the computerized Iowa Gambling Task (IGT). The experimental group received tDCS for 10 consecutive daily sessions, each lasting 20 minutes. Data analysis was performed using analysis of covariance (ANCOVA) via SPSS-24 software.

Results: The results indicated that tDCS significantly improved response inhibition including commission error ($F=29.31$, $P<0.001$), omission error ($F=28.56$, $P<0.001$), and reaction time ($F=24.47$, $P<0.001$) and reduced risky decision-making ($F=27.71$, $P<0.001$) in the experimental group compared to the control group.

Conclusion: As a novel and effective intervention, tDCS can play a key role in reducing impulsive behaviors, facilitating the recovery process, and decreasing risky decision-making, making it a viable clinical application for individuals with bipolar II disorder comorbid with a history of heroin use.

Citation: Jalil Piran M, Peymannia B, Marashi SA, Beshlideh K. Investigating the effectiveness of transcranial direct current stimulation on risky decision-making and response inhibiting in men with bipolar II disorder comorbid with a history of heroin use. *Advances in Cognitive Sciences*. 2026;28(1):75-89.

Extended Abstract

Introduction

Substance abuse is one of the complicated challenges of today's public health systems, causing not only serious physical and psychological issues in the user but also widespread social and economic harms. Heroin, as

one of the most dangerous opioid substances, affects the central nervous system, causes severe dependence, and complicates the treatment process (1). Chronic use of heroin disrupts executive and cognitive functions by

altering the brain's dopaminergic system. It is also often comorbid with other psychiatric disorders, making treatment even more complex. Among these, bipolar II disorder has gained importance due to its unique clinical features (4). Mood fluctuations between depressive episodes and hypomanic periods characterize this disorder. In an effort to escape depressive states, many individuals may turn to substance use (5). The comorbidity of heroin use and bipolar II disorder reduces quality of life and impairs cognitive functions such as response inhibition (7). Response inhibition plays a crucial role in impulse control, and impairments in this area may lead to impulsive behaviors (8). Both individuals with bipolar disorder and chronic heroin users show poorer performance in this domain (9). These disorders are also associated with risky decision-making, contributing to high-risk behaviors (13). Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) is a novel, non-invasive, and low-cost method that targets the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) and has shown promise in enhancing cognitive performance (16, 17). The present study aims to examine the effectiveness of this intervention on response inhibition and risky decision-making in men with bipolar II disorder comorbid with a history of heroin use.

Methods

This was a quasi-experimental study with a pre-test, post-test, and follow-up design with a control group. The study population comprised men with bipolar II disorder comorbid with a history of heroin use who were referred to treatment centers in Isfahan, Iran, in 2024. Thirty-two participants were selected through convenience sampling and randomly assigned to experimental and control groups (16 in each group). A psychiatrist confirmed the diagnosis of the disorder through a DSM-5-based clinical interview. Inclusion criteria were the absence of other psychiatric disorders, no metal objects or implants in the

body or head, no history of epilepsy or brain surgery, no use of anticonvulsants or antipsychotics, and completion of the treatment process. Informed consent was obtained from all patients and their families, and confidentiality of the information was ensured.

Two instruments were used in this study: The Go/No-Go task and the Iowa Gambling Task (IGT). The Go/No-Go task is one of the most widely used tools for assessing response inhibition (21). In its computerized version, participants respond to target stimuli and inhibit responses to non-target stimuli. Commission errors indicate poor inhibition, while omission errors reflect inattention. The task has a reliability range of 0.70 to 0.89 and satisfactory validity (22, 23).

The Iowa Gambling Task was designed to assess decision-making under conditions of ambiguity and risk. In this task, participants choose from four decks of cards and make decisions based on rewards and losses. Decks C and D are advantageous, while decks A and B are disadvantageous. After about 20 trials, the task moves to the risk recognition stage, and its construct validity has been confirmed in various studies (27).

tDCS stimulation was administered using a NEUROSTIM-2 device with two carbon electrodes soaked in saline solution. Anodal electrodes were placed over the motor and left dorsolateral prefrontal cortex, and cathodal electrodes over the right supraorbital area. A 2mA current was applied for 20 minutes per session. Stimulation increases excitability under the anode and decreases it under the cathode. This method has also been used in treatments such as stroke rehabilitation (28). Finally, the collected data were analyzed using multivariate analysis of covariance (MANCOVA) via SPSS software version 24.

Results

The findings of this study indicate a positive effect of tDCS on response inhibition and risky decision-making.

ing in men with bipolar disorder type II and a history of heroin use. The results show that after the intervention, the experimental group experienced significant improvements in their cognitive functions, and these changes were maintained at follow-up. These findings emphasize the lasting effectiveness of tDCS in enhancing cognitive abilities in this population.

Based on the data in the Table 1, tDCS intervention had a significant impact on response inhibition in the experimental group. It is observed that the components of commission error and omission error showed a meaningful reduction after the intervention, with the error rates significantly decreasing in the experimental group. These changes also remained stable at the follow-up stage. Ad-

ditionally, the correct response time in the experimental group decreased, indicating improvement in processing speed and response accuracy. In contrast, the control group, which did not receive the intervention, showed no significant changes in these components. Moreover, in the risky decision-making variable, the experimental group showed a significant increase after the intervention, which indicates improved decision-making ability and reduced risk-taking. Overall, these findings demonstrate that tDCS, as a complementary therapeutic method, can effectively enhance cognitive and behavioral functions related to response inhibition and risky decision-making in patients with bipolar disorder type II, and these effects persist at least up to one month after the intervention.

Table 1. Group comparisons of correct answers across tasks and stimuli types

Variable	Components	Test Stage	Experimental Group		Control Group	
			Mean	SD	Mean	SD
Response Inhibition	Commission Error	Pre-test	-2.69	1.01	-2.88	0.88
		Post-test	-1.31	0.47	-2.75	0.85
		Follow-up	-1.44	0.51	-2.69	0.87
	Omission Error	Pre-test	3.25	0.77	3.19	0.75
		Post-test	1.31	0.47	3.6	0.77
		Follow-up	1.44	0.51	3.00	0.81
	Correct Response Time	Pre-test	127.44	1.76	127.44	1.03
		Post-test	113.6	1.94	127.25	1.34
		Follow-up	113.63	2.02	127.13	1.14
Risky Decision-Making		Pre-test	-2.50	0.76	-1.38	0.69
		Post-test	15.06	1.08	-1.63	0.06
		Follow-up	14.06	1.04	-1.81	0.09

Conclusion

tDCS can improve response inhibition in men with bi-

polar disorder type II comorbid with heroin abuse. This effect occurs due to the regulation of cortical oscillations

and the induction of neuroplastic effects; transcranial alternating current stimulation interferes directly with cortical rhythms and modulates their oscillations, leading to changes in glutamatergic neuron activity and increased neural plasticity (37, 38). Moreover, electrical stimulation can reduce gamma-aminobutyric acid neurotransmission and facilitate the improvement of cognitive functions such as response inhibition (39). Increased activity in the prefrontal cortex, specifically in the alpha frequency, can help improve inhibitory processes and goal-directed behavior.

Another finding of the study indicated that tDCS also affects risky decision-making. Individuals with bipolar disorder and substance abuse tend to make immediate and risky choices due to impaired processing of future consequences. Direct electrical brain stimulation enhances neural plasticity and reconstructs cognitive and emotional networks, thus aiding in better decision-making (40). Accordingly, tDCS strengthens executive functions of the prefrontal cortex, improving the ability to anticipate future outcomes and select adaptive behaviors in these individuals (41). This non-invasive method can enhance cognitive functions without the need for chemical drugs and with minimal side effects, helping reduce risky behaviors in patients (42).

The study limitation includes the sample of men with bipolar disorder type II and heroin abuse, which limits the generalizability of the results to other groups. Future research is recommended to investigate the effectiveness of tDCS in more diverse groups and compare it with other treatment methods to better clarify the applications and advantages of this approach.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was extracted from the first author's doctoral dissertation and has received ethical approval from the Ethics Committee of Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, with the approval code SCU.EC.PS.403.1105. In the conduct of the present study, ethical principles were observed, including obtaining informed consent, maintaining confidentiality of information, the participants' right to voluntary withdrawal, ensuring safety and non-maleficence, providing the intervention to the control group upon completion of the study, and ensuring no interference with the patients' primary treatment.

Authors' contributions

The main manuscript was written by the first author in the role of a student. The second and third authors, as supervisors, were responsible for overseeing and supervising the project, and the fourth author acted as a consulting professor, providing statistical consultation.

Funding

This research was conducted with the personal funding of the authors.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to all participants and the authorities of Shahid Chamran University of Ahvaz for approving and supporting this research.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest in this study.

بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجه‌ای مغز بر بازداری پاسخ و تصمیم‌گیری پرخطر در مردان مبتلا به اختلال دو قطبی نوع دو همبود با سابقه مصرف هروئین

میلاد جلیل پیران^۱ ID، بهرام پیمان‌نیا^۲ ID، سید علی مرعشی^۳، کیومرث بشلیده^۴

۱. دانشجوی دکتری تخصصی، گروه روان‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲. استادیار، گروه روان‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۳. دانشیار، گروه روان‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۴. استاد، گروه روان‌شناسی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

چکیده

مقدمه: همبودی اختلال دوقطبی نوع ۲ و سابقه مصرف هروئین با نارسایی در بازداری پاسخ و تصمیم‌گیری پرخطر همراه است. هدف پژوهش حاضر بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجه‌ای مغز بر بازداری پاسخ و تصمیم‌گیری پرخطر در مردان مبتلا به اختلال دوقطبی نوع دو همبود با سابقه مصرف هروئین بود.

روش کار: این پژوهش نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون، پس‌آزمون، پیگیری با گروه کنترل اجرا شد. جامعه آماری شامل مردان مبتلا به اختلال دوقطبی نوع دو همبود با سابقه هروئین بودند که به مراکز درمانی شهر اصفهان در سال ۱۴۰۳ مراجعه کرده بودند. در مجموع ۳۲ نفر به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش و کنترل گمارده شدند. ابزارهای پژوهش شامل آزمون رایانه‌ای بازداری پاسخ برو و آزمون رایانه‌ای قمار Iowa بودند. گروه آزمایش طی ۱۰ جلسه متوالی روزانه، هر کدام به مدت ۲۰ دقیقه تحت tDCS قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون کوواریانس و با کمک نرم‌افزار SPSS-24 انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجه‌ای مغز به طور معناداری موجب بهبود بازداری پاسخ (خطای ارائه $F=29.31, P<0.001$ ، خطای حذف $F=28.56, P<0.001$)، زمان واکنش $F=24.47, P<0.001$)، و کاهش تصمیم‌گیری پرخطر $F=27.71, P<0.001$ در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل گردید.

نتیجه‌گیری: تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجه‌ای به عنوان مداخله‌ای مؤثر و نوین می‌تواند در کاهش رفتارهای تکانشی، تسهیل فرآیند بهبودی و کاهش تصمیم‌گیری پرخطر نقش کلیدی ایفا کند و در افراد مبتلا به اختلال دوقطبی نوع دو همبود با سابقه مصرف هروئین مورد استفاده قرار گیرد.

دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۶

اصلاح نهایی: ۱۴۰۵/۰۳/۰۷

پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۰۳

واژه‌های کلیدی

تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجه‌ای
بازداری پاسخ
تصمیم‌گیری پرخطر
اختلال دوقطبی نوع دو
هروئین

نویسنده مسئول

بهرام پیمان‌نیا، استادیار، گروه روان‌شناسی،
دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه
شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
ایمیل: B.peymannia@scu.ac.ir



doi.org/10.30514/icss.28.1.75

مقدمه

مواد هستند (۳). مصرف هروئین، به عنوان یکی از خطرناک‌ترین مواد مخدر افیونی، با آثار عمیق بر سیستم اعصاب مرکزی همراه است و وابستگی شدیدی ایجاد می‌کند که فرایند درمان را دشوارتر می‌سازد (۱). مصرف مزمن این ماده، از طریق تغییر در سیستم دوپامینرژیک مغز، کارکردهای اجرایی، شناختی و عاطفی را دچار اختلال می‌کند. همچنین، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که مصرف هروئین نه تنها یک

سوءمصرف مواد یکی از معضلات پیچیده و چندبعدی نظام سلامت عمومی در جهان امروز است. این پدیده نه تنها باعث بروز مشکلات جسمی و روانی جدی در فرد مصرف‌کننده می‌شود، بلکه با آسیب‌های اجتماعی، خانوادگی و اقتصادی گسترده‌ای همراه است (۱). طبق گزارش‌ها، ۲۲۰ میلیون نفر در جهان درگیر مصرف مواد هستند (۲) و در ایران نیز حداقل یک میلیون و ۳۲۵ هزار نفر وابسته به مصرف

اختلال مستقل به شمار می‌رود، بلکه در بسیاری موارد با سایر اختلالات روان‌پزشکی نظیر اختلالات خلقی، اضطرابی یا شخصیتی همبود دارد که درمان را به مراتب پیچیده‌تر می‌کند. در میان این اختلالات، اختلال دوقطبی نوع دو به دلیل ویژگی‌های خاص بالینی‌اش از جایگاه ویژه‌ای در پژوهش‌ها برخوردار شده است (۴).

اختلال دوقطبی نوع دو با نوسانات خلقی بین اپیزودهای افسردگی اساسی و دوره‌های هیپومانیا شناخته می‌شود. برخلاف نوع یک، در این اختلال شدت شیدایی کمتر است، اما دوره‌های افسردگی طولانی‌تر و ناتوان‌کننده‌تر می‌باشند. بسیاری از افراد مبتلا به این اختلال به دلیل تلاش برای تنظیم هیجانات شدید یا فرار از حالات افسردگی به مصرف مواد روی می‌آورند، که این امر، احتمال همبودی با اختلالات مرتبط با مصرف مواد را افزایش می‌دهد (۵). شیوع همبودی مصرف هروئین با اختلال دوقطبی نوع دو ۳۳ درصد گزارش شده است (۶). همبودی مصرف هروئین با اختلال دوقطبی نوع دو نه تنها به کاهش کیفیت زندگی، افزایش میزان عود و بستری‌های مکرر منجر می‌شود، بلکه بر عملکردهای شناختی پایه‌ای همچون بازداری پاسخ نیز تأثیر می‌گذارد. بازداری پاسخ، یکی از مؤلفه‌های کلیدی کارکرد اجرایی است که نقشی حیاتی در کنترل تکانه‌ها و تنظیم رفتارهای هدفمند ایفا می‌کند (۷).

بازداری پاسخ به توانایی فرد در متوقف ساختن یک پاسخ خودکار یا ناخواسته اشاره دارد؛ این مهارت شناختی، در موقعیت‌هایی که فرد نیاز به تفکر و توقف قبل از اقدام دارد، فعال می‌شود. اختلال در این حوزه می‌تواند منجر به رفتارهای تکانشی، پرخاشگری، تصمیم‌گیری‌های ناپخته و مشکلات بین‌فردی شود (۸). پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که هم افراد مبتلا به اختلال دوقطبی و هم مصرف‌کنندگان مزمن مواد، به ویژه مواد افیونی مانند هروئین، در انجام تکالیف مرتبط با بازداری پاسخ مانند برو/نرو (Go/No-Go) یا تکلیف علامت توقف (Stop Signal Task) عملکرد ضعیف‌تری دارند. این ضعف در مهار رفتاری ممکن است نقش مهمی در چرخه تداوم مصرف ماده، شکست در درمان و عود ایفا کند (۹-۱۱). اما بازداری پاسخ تنها بخشی از مسئله است. این اختلالات اغلب با تغییر در شیوه تصمیم‌گیری افراد نیز همراهاند که نیازمند بررسی دقیق‌تر است. در واقع، زمانی که بازداری پاسخ مختل می‌شود، فرد توانایی مهار تکانه‌های آنی برای مصرف ماده را از دست می‌دهد که این وضعیت به نوبه خود، ساختار فرآیندهای عالی‌تر ذهنی مانند تصمیم‌گیری را دگرگون می‌سازد (۱۲)، چرا که بازداری پاسخ تنها بخشی از مسئله است و نقص در آن، پیش‌نیاز بروز اختلال در شیوه تصمیم‌گیری افراد نیز هست که نیازمند بررسی دقیق‌تر است.

تصمیم‌گیری یکی از موضوعات مورد توجه در روان‌شناسی شناختی و

بالینی هستند. در شرایط طبیعی، افراد از تصمیم‌های منطقی و متعادل استفاده می‌کنند؛ اما در شرایط آسیب‌شناختی، به ویژه در میان افرادی با اختلال دوقطبی یا سوءمصرف مواد، افراد تکانشی، غیرمنطقی و پرخطر تصمیم می‌گیرند (۱۳). تصمیم‌گیری‌های پرخطر معمولاً به صورت عجولانه، عدم در نظر گرفتن پیامدهای بلندمدت، و ناتوانی در مواجهه مؤثر با موقعیت‌های پیچیده همراهاند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که وجود چنین تصمیم‌گیری‌هایی می‌تواند در کنار ضعف در بازداری پاسخ، فرد را در معرض رفتارهای پرخطر مانند مصرف مجدد مواد، رفتارهای جنسی پرخطر، یا اقدام به خودکشی قرار دهد (۱۴).

در چنین شرایطی، لزوم استفاده از مداخلات مؤثر و هدفمند برای ارتقای توانمندی‌های شناختی و کاهش آسیب‌های رفتاری احساس می‌شود. تحریک الکتریکی مستقیم فراجمعه‌ای مغز (tDCS) به عنوان یکی از روش‌های جدید و غیرتهاجمی در حوزه علوم اعصاب شناختی و روان‌پزشکی، توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. در این روش، جریان الکتریکی ضعیفی از طریق الکترودهایی که بر روی جمجمه قرار می‌گیرند به نواحی خاصی از مغز وارد می‌شود، تا تحریک یا مهار فعالیت نورونی در آن نواحی صورت گیرد. ناحیه قشر پیش‌پیشانی پشتی-جانبی (DLPFC) یکی از اهداف اصلی در tDCS است، چرا که درگیر در فرآیندهای بازداری پاسخ، تصمیم‌گیری، و کنترل هیجانی است (۱۵). شواهد اولیه نشان داده‌اند که اعمال تحریک آندی بر DLPFC می‌تواند عملکرد شناختی را در افراد سالم و همچنین بیماران دچار اختلالات روان‌شناختی بهبود بخشد (۱۶).

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی این مداخله‌ی غیرتهاجمی در یکی از پیچیده‌ترین و پرخطرترین گروه‌های بالینی یعنی مردان مبتلا به اختلال دوقطبی نوع دو همبود با سابقه مصرف هروئین طراحی شده است. این زیرگروه خاص از بیماران نه تنها با اختلالات شدید خلقی، نوسانات هیجانی، و تکانشگری شناختی مواجه‌اند، بلکه مصرف مزمن مواد افیونی همچون هروئین موجب تشدید تخریب عملکردهای نوروشیمیایی و کاهش انعطاف‌پذیری شناختی در آنان می‌شود؛ به گونه‌ای که اغلب پاسخ‌دهی پایین‌تری به درمان‌های روان‌درمانی و دارویی متداول دارند و در معرض خطر بالای عود و رفتارهای خودآسیب‌گرایانه قرار دارند (۱۷). با وجود این حساسیت بالینی، غالب مداخلات درمانی و پژوهشی پیشین بر اختلالات تک‌محوری تمرکز داشته و پروتکل‌های اختصاصی برای مدیریت این همبودی پیچیده که در آن نقایص شناختی یکدیگر را تشدید می‌کنند، به شدت محدود است. در واقع، ناتوانی روش‌های کلاسیک در ایجاد تعادل میان تثبیت خلق و مهار وسوسه مصرف، بازنگری در مدل‌های درمانی و حرکت به سمت رویکردهای هدفمند

عصب‌شناختی را به یک اولویت درمانی بدل کرده است. در چنین بستری، مداخله‌ای مانند tDCS با ویژگی‌هایی نظیر غیرتهاجمی بودن، سهولت اجرا، هزینه پایین و توانمندی در هدف‌گیری مستقیم شبکه‌های عصبی مرتبط با کنترل شناختی و تصمیم‌گیری، می‌تواند به عنوان رویکردی نویدبخش و مکمل در درمان این بیماران مدنظر قرار گیرد (۱۸). انتظار می‌رود یافته‌های این پژوهش، گامی کاربردی در جهت توسعه مداخلات چندوجهی مبتنی بر علوم اعصاب شناختی برای بهبود کیفیت زندگی، کاهش آسیب‌های رفتاری، و ارتقاء اثربخشی برنامه‌های توان‌بخشی روانی برای بیماران دواگانه تشخیصی فراهم سازد. هدف پژوهش حاضر بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمعه‌ای مغز بر بازداری پاسخ و تصمیم‌گیری پرخطر پرخطر در مردان مبتلا به اختلال دو قطبی نوع دو همبود با سابقه مصرف هروئین بود.

روش کار

این پژوهش نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون، پس‌آزمون، پیگیری با گروه کنترل اجرا شد. جامعه آماری را مردان ۱۸ تا ۵۰ ساله مبتلا به اختلال دو قطبی نوع دو و با حداقل یک سال سابقه مصرف هروئین تشکیل می‌دادند که در نیمه نخست سال ۱۴۰۳ به مراکز درمان سوءمصرف اصفهان مراجعه کرده بودند. به منظور گردآوری نمونه، ابتدا از میان مراکز فعال درمان، ۵ مرکز انتخاب شد. سپس با نصب فراخوان پژوهش در تابلو اعلانات این مراکز و اطلاع‌رسانی توسط کادر درمانی، از داوطلبان واجد شرایط دعوت به همکاری شد. انتخاب این محدوده سنی با هدف کنترل متغیرهای مداخله‌گر عصب‌شناختی صورت گرفت. بدین معنا که حد پایین (۱۸ سال) به منظور اطمینان از تکامل نسبی فرآیندهای تحولی در قشر پیش‌پیشانی و حد بالا (۵۰ سال) جهت پیگیری از ورود اثرات ناشی از افت پلاستیسیته عصبی مرتبط با سالمندی لحاظ گردید. این محدودیت، دستیابی به نمونه‌ای همگن از منظر ظرفیت پاسخ‌دهی به تحریکات الکتریکی و کاهش خطای ناشی از تفاوت‌های ساختاری در نیمه دوم عمر را لحاظ می‌کند. از میان آنها، ۳۲ نفر به روش نمونه‌گیری هدفمند و در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش و کنترل (هر کدام ۱۶ نفر) جای گرفتند. تشخیص اختلال بر اساس مصاحبه بالینی مبتنی بر DSM-5 و توسط روان‌پزشک انجام شد. از جمله شرایط لازم برای شرکت در مطالعه می‌توان به نداشتن سایر اختلالات روان‌پزشکی، عدم وجود ایملپنت یا اشیای فلزی در بدن یا سر، نداشتن سابقه صرع، تشنج، ضربه یا جراحی مغزی، عدم مصرف داروهای ضد تشنج یا آنتی‌سایکوتیک، و پایان دوره درمان در مرکز سوءمصرف مواد اشاره کرد. علاوه بر این، رضایت

آگاهانه بیماران و خانواده آنها اخذ شد و اطمینان لازم درباره رازداری اطلاعات داده شد. غیبت بیش از سه جلسه، ناتوانی در درک مفاهیم پیش‌آزمون و عدم همکاری از دلایل خروج از مطالعه بود. همچنین مشارکت‌کنندگان از نظر دریافت درمان دارویی مرتبط با اختلال دوقطبی نوع دو و درمان‌های مربوط به سوءمصرف مواد، در وضعیت نسبتاً مشابهی قرار داشتند. در مرحله اجرا، ابتدا پیش‌آزمون به کمک ابزارهای پژوهش از تمامی شرکت‌کنندگان گرفته شد. سپس گروه آزمایش طی ۱۰ جلسه متوالی روزانه، هر بار به مدت ۲۰ دقیقه، تحت تحریک الکتریکی مستقیم فراجمعه‌ای (tDCS) با شدت ۲ میلی‌آمپر قرار گرفتند. الکتروآند در ناحیه F2 و کاتد در F4 نصب شد. تحریک نواحی DLPFC، نقشی تعیین‌کننده در تقویت عملکردهای اجرایی دارند. در این پروتکل، هدف از قراردادی آند در F2، تقویت فعالیت در نواحی مرتبط با پایش عمل (Action monitoring) و قراردادی کاتد در F4 با هدف تعدیل فعالیت در قطب راست پیش‌پیشانی جهت بهبود تعادل در سیستم‌های بازداری و کاهش تکانشگری در تصمیم‌گیری صورت گرفت. در گروه کنترل نیز همان روند انجام شد، با این تفاوت که جریان الکتریکی تنها به مدت ۳۰ ثانیه برقرار شد تا شرکت‌کنندگان از قطع آن مطلع نشوند. پس از پایان جلسات، دوباره از هر دو گروه پس‌آزمون گرفته شد و یک ماه بعد نیز آزمون پیگیری اجرا گردید. در نهایت، داده‌های گردآوری شده با روش آماری تحلیل کوواریانس چند متغیره با کمک نرم‌افزار SPSS نسخه بیست و چهارم تحلیل شد.

ابزار

آزمون برو/نرو (بازداری پاسخ)

آزمون Go/No-Go یکی از رایج‌ترین ابزارهای شناختی برای سنجش بازداری پاسخ به شمار می‌رود و به طور گسترده در مطالعات روان‌شناختی و علوم اعصاب شناختی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۹). نسخه رایانه‌ای این آزمون شامل دو نوع محرک است که به صورت تصادفی در مرکز صفحه نمایش‌گر (با اندازه ۱۷ اینچ) نمایش داده می‌شود. آزمودنی باید تنها به محرک‌های هدف پاسخ دهد و از پاسخ‌دهی به محرک‌های غیرهدف خودداری کند. پاسخ‌دهی به محرک غیرهدف، خطای ارتکاب محسوب شده و نشانه ضعف در بازداری پاسخ است؛ در حالی که عدم پاسخ به محرک هدف، خطای قصور تلقی می‌شود که شاخصی از بی‌توجهی است (۲۰). در پژوهش حاضر، نسخه رایانه‌ای این آزمون با ۱۰۰ محرک (۷۰ محرک Go و ۳۰ محرک No-Go) اجرا می‌شود. پیش از شروع آزمون اصلی، مرحله تمرینی نیز برای آشنایی آزمودنی‌ها با ساختار آزمون در نظر گرفته شده است. هر محرک به مدت ۳۰۰۰ میلی‌ثانیه روی صفحه نمایش ظاهر می‌شود. بررسی‌های روان‌سنجی

بعد از ۲۰ (۲۲) تا ۴۰ (۲۳) کوشش از پارامترهای ریسک و تصمیمات مخاطره‌آمیز آگاه می‌شوند. بنابراین، خیلی از پژوهشگران معتقدند این تکلیف در آغاز نوعی ارزیابی تصمیم‌گیری تحت شرایط ابهام به نظر می‌رسد اما بعد از چندین کوشش تصمیم‌گیری مخاطره‌آمیز و ریسکی چهره‌ای آشکارتر به خود می‌گیرد، به این معنا که اغلب آزمودنی‌ها از احتمال از دست دادن و زیان خود مطلع می‌شوند. روایی سازه این آزمون تعاملی نیز نتایج مطلوبی در کارآزمایی‌های بالینی نشان می‌دهد (۲۴). ویژگی‌های روان‌سنجی این ابزار در ایران توسط اختیاری و همکاران بررسی شده است که ضریب پایایی بازآزمایی آن را ۰/۸۱ گزارش کرده‌اند (۲۵). همچنین روایی همگرایی این آزمون با اجرای همزمان آزمون ویسکانسین مورد تأیید قرار گرفته است.

پروتکل تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز (tDCS)

در این پژوهش، تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای با استفاده از دستگاه NEUROSTIM-2 ساخت شرکت مدینا طب گستر و از طریق دو پد ۲×۱/۵ سانتی‌متر (الکتروود آند) و ۲×۶ سانتی‌متر (الکتروود کاتد) آغشته به محلول نمک به شدت ۲ میلی‌آمپر و به صورت مستقیم به مدت ۲۰ دقیقه در ۱۰ جلسه متناوب طی دو هفته اعمال می‌گردد. در این دستگاه، به دلیل وجود دو منبع انرژی مستقل، دو الکتروود آند و دو الکتروود کاتد کاملاً مجزا و ایزوله از یکدیگر هستند. قطب کاتد سبب کاهش تحریک‌پذیری و قطب آند سبب افزایش تحریک‌پذیری قشری می‌گردد. شدت جریان خروجی قابل تنظیم در این دستگاه در بازه ۰/۱ تا ۲ میلی‌آمپر می‌باشد. کربنی بودن الکتروودها قابلیت رسانایی بالایی به آنها داده است، بنابراین جهت جلوگیری از واکنش شیمیایی در نقطه تماس الکتروود با پوست، الکتروودها درون اسفنج‌های مصنوعی آغشته به محلول کلرید سدیم ۰/۹ درصد قرار می‌گیرند. شیوه قرارگیری الکتروودها در گروه آزمایش تحریک آنودال دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای به این صورت خواهد بود که ۲ الکتروود آند بر روی نواحی حرکتی نیمکره چپ و ناحیه خلفی جانبی قشر پیش‌پیشانی نیمکره چپ خواهد بود و ۲ الکتروود کاتد بر ناحیه سوپرااریتال نیمکره مقابل (راست) کارگذاری می‌شود. گروه کنترل نیز تحریک را به مدت ۳۰ ثانیه دریافت می‌نمایند و سپس دستگاه به صورت خودکار قطع می‌شود. جریان الکتریکی از نوع مستقیم با شدت ۰/۳ میلی‌آمپر و مدت اعمال ۳۰ دقیقه خواهد بود که بر اساس نتایج مطالعات پیشین بر سلامتی آزمودنی‌ها اثر سوء ندارد و در حالت ساختگی دستگاه خاموش می‌شود. آند (مثبت) جایی است که الکترون‌ها وارد مغز می‌شوند. کاتد (منفی) جایی است که الکتریسیته از مغز خارج می‌شود. بنابراین یکبار منفی در زیر کاتد تحریک‌کننده، ایجاد می‌شود. یک کاتد کوچک‌تر می‌تواند

نشان داده‌اند که آزمون Go/No-Go از پایایی بازآزمایی مناسبی برخوردار است؛ به طوری که ضریب پایایی آن بین ۰/۷۰ تا ۰/۸۹ در مطالعات مختلف گزارش شده است (۲۱). همچنین، روایی سازه آزمون از طریق همبستگی آن با سایر ابزارهای سنجش بازداری مانند آزمون استروپ و آزمون ((Continuous Performance Test (CPT) مورد تأیید قرار گرفته است. روایی ملاکی آزمون نیز در پژوهش‌هایی که تفاوت‌های عملکردی بین گروه‌های دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی (ADHD) و گروه کنترل را بررسی کرده‌اند، به خوبی تأیید شده است (۲۱). در مجموع، شواهد تجربی متعدد مؤید آن هستند که آزمون Go/No-Go ابزاری معتبر و پایا برای سنجش بازداری رفتاری است و به ویژه در ارزیابی‌های بالینی و پژوهشی مرتبط با عملکرد اجرایی بسیار سودمند واقع شده است.

آزمون رایانه‌ای قمار Iowa

آزمون قمار آیوا (Iowa Gambling Task) همان «تکلیف قمار Bechara» است که این تکلیف اساساً برای ارزیابی تصمیم‌گیری نارسایی‌های مرتبط با کرتکس پره‌فرونتال شکمی‌میانی طراحی شده است. امروز علاوه بر نسخه اصلی Bechara و همکاران نسخه رایانه‌ای آن در جمعیت‌های مختلف هنجاریابی شده و برای متخصصین بالینی و پژوهشگران امکان انجام مطالعات دقیق‌تر و آسان‌تر را فراهم می‌آورد. در این آزمون قبل از شروع ۲۰۰ امتیاز (در آزمون اصلی دلار) به آزمودنی قرض داده می‌شود و از آزمودنی خواسته می‌شود در ۱۰۰ کوشش طراحی شده در نرم‌افزار، میزان امتیاز (پول) بیشتری جمع کند. تکلیف Iowa شامل چهار دسته کارت است که انتخاب هر کدام از دسته کارت‌ها میزانی از سود و زیان را به همراه دارد. یعنی با انتخاب هر کدام از دسته کارت‌ها آزمودنی ممکن است میزان خاصی برنده یا برعکس بازنده شود. دسته کارت‌ها در مطالعات مختلف به اسامی مختلفی معروف‌اند، ولی با استناد به مطالعه اصلی Bechara و همکاران اکثراً آن را بر اساس حروف انگلیسی دسته کارت‌های A، B، C، D نام‌گذاری کرده‌اند. برپایه قاعده خاصی که تکلیف بر آن استوار است بعد از ۲۰ کوشش روند احتمالاتی انتخاب دسته کارت‌های C و D سودآورتر و برعکس A و B زیان بخش‌تر است. دسته کارت‌های A و B پاداش بزرگتری به همراه دارند (بیش از ۱۰۰ امتیاز) اما ضرر آنها نیز بالاتر است. برعکس، دسته کارت‌های C و D دربردارنده پاداش کمی هستند (معمولاً ۵۰ امتیاز) اما جریمه و ضرر آنها نیز به نسبت کمتر است، بنابراین فرد با انتخاب آنها مقدار امتیاز بیشتری بعد چند کوشش به دست می‌آورد. به آزمودنی در قالب دستورالعمل فقط گفته می‌شود که برخی از دسته کارت‌ها بهتر از بقیه است. مطالعات آزمایشی نشان می‌دهند که آزمودنی‌ها عموماً

بار کانونی‌تری را به ناحیه مورد نظر در مغز برساند و این زمانی است که بار بیشتری در درب خروجی تجمع کرده است. بنابراین می‌توان به اندازه ناحیه‌ای از مغز که تحت تأثیر قرار می‌گیرد را به وسیله تغییر اندازه الکتروود کاندی و یا با تغییر اندازه یا محل الکتروود آندی، کنترل کرد یا شکل داد. اثرات رفتاری آن چه در زیر کاند تحریک‌کننده اتفاق می‌افتد. الزاماً با آن وضوح و بروزی که انتظار داریم نیست. در بیشتر مطالعات، ناحیه‌ای که زیر آند قرار گرفته است تحریک و ناحیه‌ای زیر کاند قرار دارد، مهار می‌شود. برای مثال، تحریک نواحی مختلف قشر حرکتی، باعث ایجاد چنین اثرات رفتاری می‌شود. این روش به عنوان درمان سکتی نیز به کار گرفته می‌شود (۲۶).

یافته‌ها

در پژوهش حاضر، ۳۲ نفر مشارکت داشتند که از نظر سنی بیشترین

شرکت‌کنندگان به ترتیب در دامنه سنی ۳۰ تا ۴۰، ۱۱ نفر (۰/۳۴) و سپس ۲۰ تا ۳۰، ۱۰ نفر (۰/۳۱) قرار داشتند. کمترین تعداد مربوط به گروه ۵۰ سال و بالاتر، ۲ نفر (۰/۲) بود. میانگین سنی گروه نمونه ۳۶/۶۳ با انحراف معیار ۹/۶۰ بود. ۱۸ نفر (۰/۵۶) سابقه مصرف کمتر از ۱۰ سال داشتند و ۷ نفر (۰/۲۱) سابقه مصرف بیشتر از ۱۵ سال داشتند. از نظر وضعیت تأهل ۱۸ نفر (۰/۵۶) مجرد و ۱۴ نفر (۰/۴۳) متأهل بودند. یافته‌های جدول ۱ نشان می‌دهد که در بازداری پاسخ، مداخله موجب کاهش نمرات گروه آزمایش در مرحله پس‌آزمون و پیگیری شده است و در تصمیم‌گیری پرخطر نیز نمرات نسبت به پیش‌آزمون افزایش داشته است، در حالی که گروه کنترل تغییر اندکی داشته است. لازم به ذکر است افزایش نمره تصمیم‌گیری پرخطر در مرحله پس‌آزمون در گروه آزمایش به معنی بهبود وضعیت آزمودنی در زمینه تصمیم‌گیری است و نشان دهنده کاهش امکان تصمیم‌گیری پرخطر است.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش

متغیر	مؤلفه‌ها	مراحل آزمون	گروه آزمایش		گروه کنترل	
			میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
بازداری پاسخ	خطای ارائه	پیش‌آزمون	-۲/۶۹	۱/۰۱	-۲/۸۸	۰/۸۸
		پس‌آزمون	-۱/۳۱	۰/۴۷	-۲/۷۵	۰/۸۵
		پیگیری	-۱/۴۴	۰/۵۱	-۲/۶۹	۰/۸۷
	خطای حذف	پیش‌آزمون	۳/۲۵	۰/۷۷	۳/۱۹	۰/۷۵
		پس‌آزمون	۱/۳۱	۰/۴۷	۳/۰۶	۰/۷۷
		پیگیری	۱/۴۴	۰/۵۱	۳/۰۰	۰/۸۱
	زمان واکنش پاسخ درست	پیش‌آزمون	۱۲۷/۹۴	۱/۷۶	۱۲۷/۴۴	۱/۰۳
		پس‌آزمون	۱۱۳/۰۶	۱/۹۴	۱۲۷/۲۵	۱/۳۴
		پیگیری	۱۱۳/۶۳	۲/۰۲	۱۲۷/۱۳	۱/۱۴
تصمیم‌گیری پرخطر		پیش‌آزمون	-۲/۵۰	۰/۷۶	-۱/۳۸	۰/۶۹
		پس‌آزمون	۱۵/۰۶	۱/۰۸	-۱/۶۳	۰/۰۶
		پیگیری	۱۴/۰۶	۱/۰۴	-۱/۸۱	۰/۰۹

گروه‌ها تأیید شده و اجرای تحلیل کوواریانس چندمتغیره امکان‌پذیر است و نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد متغیرهای پژوهش از توزیع نرمال برخوردارند، چرا که سطح معناداری آنها بالاتر

به منظور بررسی پیش‌فرض‌های لازم برای انجام تحلیل‌های آماری استنباطی، از آزمون M باکس و آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. نتایج آزمون M باکس نشان داد همگنی ماتریس کوواریانس بین

از ۰/۰۵ به دست آمد. **جدول ۲** نشان می‌دهد که تفاوت بین گروه‌ها در بازداری پاسخ و تصمیم‌گیری پرخطر در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون معنادار است. پاسخ است. با این حال، برای مشخص شدن گروه دارای عملکرد بهتر در پس‌آزمون، باید به جداول بعدی مراجعه شود.

جدول ۲. نتایج تحلیل کوواریانس چند متغیره اثربخشی tDCS بر روی نمرات پس‌آزمون بازداری پاسخ و تصمیم‌گیری پرخطر در گروه آزمایش و گواه

اثر	آزمون‌ها	مقدار آماره	F	مقدار P
گروه	اثر پیلای	۰/۸۸	۴۱/۹۷۱	۰/۰۰۱
	لامبدای ویلکز	۰/۱۲	۴۱/۹۷۱	۰/۰۰۱
	اثر هاتلینگ	۷/۲۹۹	۴۱/۹۷۱	۰/۰۰۱
	بزرگ‌ترین ریشه روی	۷/۲۹۹	۴۱/۹۷۱	۰/۰۰۱

جدول ۳ نشان می‌دهد که تفاوت بین گروه‌ها در بازداری پاسخ و تصمیم‌گیری پرخطر در مراحل پیش‌آزمون و پیگیری معنادار است. این نتایج بیانگر تأثیر پایدار تحریک tDCS بر تصمیم‌گیری

جدول ۳. نتایج تحلیل کوواریانس چند متغیره اثربخشی tDCS بر روی نمرات پیگیری بازداری پاسخ و تصمیم‌گیری پرخطر در گروه آزمایش و گواه

اثر	آزمون‌ها	مقدار آماره	F	مقدار P
گروه	اثر پیلای	۰/۷۹	۲۲/۲۹	۰/۰۰۱
	لامبدای ویلکز	۰/۲۰	۲۲/۲۹	۰/۰۰۱
	اثر هاتلینگ	۳/۸۷	۲۲/۲۹	۰/۰۰۱
	بزرگ‌ترین ریشه روی	۳/۸۷	۲۲/۲۹	۰/۰۰۱

مطابق داده‌های ارائه‌شده در **جدول ۴**، تأثیر گروه بر نمرات پس‌آزمون و پیگیری تصمیم‌گیری پرخطر معنادار بوده است، به طوری که مقادیر F برای این مراحل به ترتیب ۲۷/۷۱ و ۲۵/۴۰ است. نتایج نشان می‌دهد که گروه آزمایش نه تنها در مرحله پس‌آزمون افزایش معناداری در

تصمیم‌گیری پرخطر داشته است، بلکه این اثرات در مرحله پیگیری نیز همچنان معنادار باقی مانده است. این یافته‌ها حاکی از اثربخشی پایدار مداخله tDCS در پیگیری یک ماهه در کاهش تصمیم‌گیری پرخطر در مردان مبتلا به اختلال دوقطبی نوع ۲ همراه با سوءمصرف مواد است.

جدول ۴. نتایج تحلیل کوواریانس اثربخشی tDCS بر تصمیم‌گیری پرخطر در گروه آزمایش و کنترل

مرحله اندازه‌گیری	منبع	میانگین مجزورات	F	مقدار P
پس‌آزمون	گروه	۲۳۳/۲۵	۲۷/۷۱	۰/۰۰۱
پیگیری	گروه	۲۲۵/۹۲	۲۵/۴۰	۰/۰۰۱

مطابق داده‌های ارائه شده در **جدول ۵**، تأثیر گروه بر نمرات پس‌آزمون و پیگیری بازداری پاسخ معنادار بوده است. نتایج نشان می‌دهد که گروه آزمایش نه تنها در مرحله پس‌آزمون کاهش معناداری در خطای ارائه، خطای حذف و زمان واکنش داشته است، بلکه این اثرات در مرحله

پیگیری نیز همچنان معنادار باقی مانده است. این یافته‌ها حاکی از اثربخشی پایدار مداخله tDCS در پیگیری یک ماهه در کاهش بازداری پاسخ در مردان مبتلا به اختلال دوقطبی نوع ۲ همراه با سوءمصرف مواد است.

جدول ۵. نتایج تحلیل کوواریانس اثربخشی tDCS بر بازداری پاسخ در گروه آزمایش و کنترل

مقدار P	F	میانگین مجذورات	منبع	مرحله اندازه گیری	بازداری پاسخ
۰/۰۰۱	۲۹/۳۱	۲۴۷/۹۴	گروه	پس‌آزمون	خطای ارائه
۰/۰۰۱	۲۸/۹۶	۲۳۵/۴۷	گروه	پیگیری	
۰/۰۰۱	۲۸/۵۶	۱۸۰/۸۲	گروه	پس‌آزمون	خطای حذف
۰/۰۰۱	۲۶/۶۷	۱۶۳/۴۸	گروه	پیگیری	
۰/۰۰۱	۲۴/۴۷	۱۱۱/۱۳	گروه	پس‌آزمون	زمان واکنش
۰/۰۰۲	۲۳/۷۴	۹۸/۹۴	گروه	پیگیری	

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (tDCS) بر بازداری پاسخ در مردان مبتلا به اختلال دوقطبی نوع ۲ همبود با سابقه مصرف هروئین اثربخش است. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های غلامزاده نیکجو (۱۴۰۱) (۲۷)؛ واقف و همکاران (۱۳۹۸) (۲۸) و Jeong و همکاران (۲۰۲۴) (۲۹) همسو می‌باشد.

تحریک جریان متناوب فراجمجمه‌ای با تداخل مستقیم با ریتم‌های قشر مغز و از طریق تنظیم نوسانات قشر مغز (با یک فرکانس تشدید منفرد) یا همگام‌سازی (مثلاً با استفاده از چندین فرکانس) و نیز در صورت اعمال به اندازه کافی، اثرات نوروپلاستیک ایجاد می‌کند. پژوهش‌های مختلفی درباره چگونگی اثرگذاری جریان‌های فراجمجمه‌ای در اشتیاق برای مصرف چندین ماده اعتیادآور مانند غذا، الکل، نیکوتین، کوکائین، کرک، مت‌آمفتامین انجام شده است (۳۰). در ناحیه پیش‌پیشانی، نوسانات آلفا به فرایندهای بازدارنده و رفتار هدفمند در افراد سالم و بزرگسالان مبتلا به مواد مخدر کمک می‌کند. از دیدگاه مدولاسیون بیوشیمی مغز نیز این فرایند می‌تواند از طریق تغییر در نوروترانسمیترها ایجاد شود. به طور کلی، شکل‌پذیری سیناپسی وابسته به کلسیم نوروئین‌های گلوتاماترژیک است که نقش کلیدی در مکانیسم نوروپلاستیک ماندگار اثر تحریک الکتریکی مغز ایفا می‌کند، زیرا انسداد گیرنده‌های N-متیل داسپاراتات اثرات تحریک الکتریکی را کاهش می‌دهد (۳۱). علاوه بر این، تحریک

الکتریکی می‌تواند به صورت موضعی انتقال عصبی گاما آمینوبوتیریک اسید را بدون توجه به قطبیت تحریک، کاهش دهد (۳۲). تحریک الکتریکی متناوب می‌تواند با این نوع تغییرات در ناحیه پیش‌پیشانی پشتی جانبی، میزان فعالیت این ناحیه را افزایش داده و در نتیجه باعث بهبود فرایندهای شناختی مختلف، از جمله بازداری پاسخ بشود. علاوه بر این جنس تحریک الکتریکی انجام شده از نوع فرکانس آلفا بود که افزایش مطلق فرکانس آلفا در این ناحیه می‌تواند بهبود فرایندهای شناختی، از جمله بازداری را سرعت بخشد.

یافته دیگر پژوهش نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (tDCS) بر تصمیم‌گیری پرخطر در مردان مبتلا به اختلال دوقطبی نوع ۲ همبود با سابقه مصرف هروئین تأثیرگذار است. این یافته با نتایج پژوهش‌های سلمانی و همکاران (۱۴۰۳) (۳۳)، مسلمی و چلبیانلو (۱۴۰۲) (۳۴) و Zhou و همکاران (۲۰۲۳) (۳۵) و Brunelin و Fecteau (۲۰۲۱) (۳۶) همسو است.

tDCS به عنوان یک روش غیرتهاجمی در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری قرار گرفته است، زیرا می‌تواند با اعمال جریان الکتریکی ضعیف به نواحی خاصی از مغز از جمله قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی (DLPFC)، عملکردهای اجرایی مانند بازداری پاسخ را تقویت کند (۳۷). افراد مبتلا به اختلال دوقطبی، به ویژه در همبودی با اختلالات مصرف مواد، اغلب دچار نارسایی در کنترل تکانه‌ها و بازداری پاسخ

گروه‌های دیگر (مانند زنان، نوجوانان، یا سالمندان) و در میان افراد مبتلا به اختلالات روان‌پزشکی و سوءمصرف سایر مواد (مانند مت‌آمفتامین یا الکل) بررسی کنند. این مطالعات می‌توانند تصمیم‌پذیری نتایج و گستردگی کاربردهای tDCS را نشان دهند. انجام پژوهش‌هایی که اثربخشی tDCS را با سایر روش‌های درمانی (مانند تحریک مغناطیسی ترانس‌کرانیال TMS، درمان‌های دارویی یا روان‌درمانی) مقایسه کنند، می‌تواند درک بهتری از مزایا، معایب، و شرایط بهینه استفاده از این روش فراهم کند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمعه‌ای مغز (tDCS) بر روی قشر پیش‌پیشانی جانبی-پشتی، مداخله‌ای اثربخش برای بهبود نارسایی‌های شناختی در مردان مبتلا به «تشخیص دوگانه» (اختلال دوقطبی نوع دو و وابستگی به هروئین) است. این روش با تقویت مکانیسم‌های بازداری پاسخ و تعدیل فرآیندهای تصمیم‌گیری، توانست گرایش به انتخاب‌های پرخطر را در این بیماران کاهش دهد. با توجه به ماهیت غیرتهاجمی، ایمنی بالا و غیردارویی بودن این روش، tDCS می‌تواند به عنوان یک گزینه درمانی مکمل و کارآمد در کنار پروتکل‌های استاندارد (مانند درمان‌های دارویی و نگهدارنده) جهت تقویت کنترل اجرایی و پیشگیری از لغزش در بیماران مبتلا به اختلالات همبود مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، استفاده گسترده از این پروتکل مستلزم انجام تحقیقات تکمیلی با دوره‌های پیگیری طولانی‌مدت است تا پایداری این تغییرات شناختی در بافتار زندگی واقعی بیماران تضمین گردد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

این پژوهش از رساله دکتری نویسنده اول استخراج شده است و دارای کد اخلاق از کمیته اخلاق پژوهش دانشگاه شهید چمران اهواز به شماره SCU.EC.PS.403.1105 می‌باشد. در اجرای پژوهش حاضر، اصول اخلاقی اخذ رضایت آگاهانه، حفظ محرمانگی اطلاعات، حق خروج داوطلبانه شرکت‌کنندگان، تضمین ایمنی و عدم آسیب، ارائه مداخله به گروه کنترل پس از اتمام مطالعه، و عدم تداخل با درمان اصلی بیماران رعایت گردید.

مشارکت نویسندگان

نگارش متن اصلی مقاله توسط نویسنده اول مقاله در نقش دانشجو

هستند. این افراد در مواجهه با محرک‌های وسوسه‌انگیز یا استرس‌زا، توانایی مهار پاسخ‌های آنی را از دست داده و رفتارهای پرخطر و ناسازگارانه نشان می‌دهند (۳۸).

در زمینه تبیین اثربخشی tDCS بر تصمیم‌گیری پرخطر می‌توان گفت افراد مبتلا به اختلال دوقطبی و سوءمصرف مواد معمولاً به دلیل ضعف در پردازش پیامدهای آتی، در موقعیت‌های پیچیده و مبهم به سمت انتخاب‌های آنی و پرخطر گرایش پیدا می‌کنند. تحریک الکتریکی مستقیم مغز با افزایش انعطاف‌پذیری عصبی، به بازسازی شبکه‌های شناختی و هیجانی مغز کمک کرده و زمینه را برای تصمیم‌گیری‌های سنجیده‌تر فراهم می‌سازد (۳۹). در واقع، tDCS با تقویت کارکردهای اجرایی در قشر پیش‌پیشانی، می‌تواند توانایی پیش‌بینی پیامدهای آینده و انتخاب رفتارهای انطباقی را در این افراد بهبود بخشد (۴۰). به طور خلاصه، یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که تحریک DLPFC نه تنها بازداری پاسخ را افزایش می‌دهد بلکه در جهت کاهش تصمیم‌گیری پرخطر نیز مؤثر واقع می‌شود. پژوهش‌های اخیر نیز این نتایج را تأیید می‌کنند و نشان داده‌اند که استفاده از tDCS در افراد با اختلالات روان‌پزشکی و سوءمصرف مواد، به بهبود تصمیم‌گیری و کاهش رفتارهای پرخطر منجر می‌شود (۴۱).

همچنین می‌توان گفت استفاده از tDCS در درمان افراد مبتلا به اختلال دوقطبی نوع ۲ و سابقه مصرف هروئین، می‌تواند بدون نیاز به داروهای شیمیایی و با حداقل عوارض جانبی، عملکردهای شناختی را بهبود بخشد. به عنوان مثال، مطالعات نشان داده‌اند که tDCS می‌تواند زمان واکنش و تصمیم‌گیری در افراد مبتلا به اختلالات روانی را بهبود دهد و باعث کاهش انتخاب‌های ناگهانی و احساسی شود (۲۸). این امر به ویژه برای افراد مبتلا به اختلالات روانی مانند دوقطبی و سوءمصرف مواد که به دلیل اختلال در شبکه‌های عصبی، در تصمیم‌گیری‌های پرخطر آسیب‌پذیرتر هستند، اهمیت زیادی دارد (۴۲). بنابراین، تحریک مغزی می‌تواند به عنوان یک روش غیردارویی و مؤثر در کاهش تصمیم‌گیری پرخطر در این افراد استفاده شود و به بهبود کیفیت زندگی آنها کمک کند.

در اشاره به محدودیت پژوهش می‌توان گفت این مطالعه فاقد دوره پیگیری طولانی مدت (۳ یا ۶ ماهه) بود؛ لذا مشخص نیست که بهبود ایجاد شده در بازداری پاسخ و تصمیم‌گیری تا چه زمانی پس از اتمام ۱۰ جلسه تحریک پایدار می‌ماند. همچنین، ارزیابی این متغیرها صرفاً از طریق تکالیف رایانه‌ای انجام شد که ممکن است رفتارهای تکانشی بیماران در محیط‌های پیچیده و واقعی زندگی را به طور کامل منعکس نکند. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده اثربخشی tDCS را در

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمامی مشارکت‌کنندگان و از مسئولین دانشگاه شهید چمران اهواز برای تصویب و حمایت از این پژوهش تشکر می‌کنند.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافع در این مطالعه ندارند.

منابع مالی

پژوهش حاضر با هزینه‌های شخصی نویسندگان انجام شده است.

References

1. Volkow ND, Koob GF, McLellan AT. Neurobiologic advances from the brain disease model of addiction. *New England Journal of Medicine*. 2016;374(4):363-371.
2. Kalita RC, Sharma S, Samanta S, Patle D. Narcotics through time: Exploring historical origins, synthetic advances, and clinical progress. *Future Medicinal Chemistry*. 2025;17(13):1587-1599.
3. Amini B, Afsharineya K. The effectiveness of life skills training on the psychological well-being of people with drug abuse. *Shenakht Journal of Psychology and Psychiatry*. 2023;10(4):41-54. (Persian)
4. Van Voorhis AC, Kent JS, Kang SS, Goghari VM, MacDonald III AW, Sponheim SR. Abnormal neural functions associated with motor inhibition deficits in schizophrenia and bipolar disorder. *Human Brain Mapping*. 2019;40(18):5397-5411.
5. Aguglia A, Natale A, Fusar-Poli L, Amerio A, Bruno E, Placenti V, et al. Bipolar disorder and polysubstance use disorder: Sociodemographic and clinical correlates. *Frontiers in Psychiatry*. 2022;13:913965.
6. Preuss UW, Schaefer M, Born C, Grunze H. Bipolar disorder and comorbid use of illicit substances. *Medicina*. 2021;57(11):12-26.
7. Yan W-S, Liu S-J, Zheng D-H. Compulsivity and inhibitory control deficits in abstinent individuals with heroin addiction and their biological siblings compared with unrelated healthy control participants. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*. 2024;9(2):196-206.

انجام شد. نویسنده دوم و سوم در نقش استاد راهنما مسئول و ناظر پروژه و نویسنده چهارم در نقش استاد مشاور مشاوره آماری ارائه دادند.

8. Smith JL, Mattick RP, Jamadar SD, Iredale JM. Deficits in behavioural inhibition in substance abuse and addiction: A meta-analysis. *Drug and Alcohol Dependence*. 2014;145(5):1-33.
9. Psederska E, Vassileva J. Neurocognitive impulsivity in opiate users at different lengths of abstinence. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023;20(2):1236-1249.
10. Patel PK, Green MF, Barch D, Wynn JK. Mechanisms and correlates of incentivized response inhibition in schizophrenia and bipolar disorder. *Journal of Psychiatric Research*. 2025;183(4):282-288.
11. Chen F, Chen C, Wu M, Luo B, Cai H, Yu F, et al. Impaired emotional response inhibition among adolescents with bipolar depression: Evidence from event-related potentials and behavioral performance. *BMC Psychiatry*. 2025;25:303.
12. Mejía D, Avila-Chauvet L, Toledo-Fernandez A. Decision-making under risk and uncertainty by substance abusers and healthy controls. *Frontiers in Psychiatry*. 2022;12:788280.
13. Al Nidany ES, Elnagar MA, El-Wahab SD, Ebrahim SM. Relation between mental resilience and decision-making styles among secondary school students prone to substance abuse. *Menoufia Nursing Journal*. 2024;9(3):165-182.
14. Gold AK, Otto MW. Impaired risk avoidance in bipolar disorder and substance use disorders. *Journal of Psychiatric Research*. 2022;152(4):335-342.
15. Vural G, Soldini A, Padberg F, Karlı B, Zinchenko A, Gorerigk S, et al. Exploring the effects of prefrontal transcranial direct current stimulation on brain metabolites: A concurrent

- tDCS-MRS study. *Human Brain Mapping*. 2024;45(18):700-712.
16. You G, Pan X, Li J, Zhao S. Effects of transcranial direct current stimulation on modulating executive functions in healthy populations: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2024;18:1485037.
 17. Tolomeo S, Steele JD, Ekhtiari H, Baldacchino A. Chronic heroin use disorder and the brain: Current evidence and future implications. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. 2021;111(8):110-124.
 18. Aksu S, Soyata AZ, Seker S, Akkaya G, Yılmaz Y, Kafalı T, et al. Transcranial direct current stimulation combined with cognitive training improves decision making and executive functions in opioid use disorder: A triple-blind sham-controlled pilot study. *Journal of Addictive Diseases*. 2024;42(2):154-165.
 19. Congdon E, Mumford JA, Cohen JR, Galvan A, Canli T, Poldrack RA. Measurement and reliability of response inhibition. *Frontiers in Psychology*. 2012;3:37.
 20. Rubia K, Smith AB, Brammer MJ, Toone B, Taylor E. Abnormal brain activation during inhibition and error detection in medication-naïve adolescents with ADHD. *American Journal of Psychiatry*. 2005;162(6):1067-1075.
 21. Dougherty DM, Marsh-Richard DM, Hatzis ES, Novvion SO, Mathias CW. A test of alcohol dose effects on multiple behavioral measures of impulsivity. *Drug and Alcohol Dependence*. 2008;96(1-2):111-120.
 22. Maia TV, McClelland JL. A reexamination of the evidence for the somatic marker hypothesis: What participants really know in the Iowa gambling task. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2004;101(45):16075-16080.
 23. Brand M, Recknor EC, Grabenhorst F, Bechara A. Decisions under ambiguity and decisions under risk: Correlations with executive functions and comparisons of two different gambling tasks with implicit and explicit rules. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2007;29(1):86-99.
 24. Buelow MT, Suhr JA. Construct validity of the Iowa gambling task. *Neuropsychology Review*. 2009;19(6):102-114.
 25. Ekhtiari H, Jannati A, Moghimi A, Behzadi A. The Farsi version of the Balloon Analogue Risk Task: An instrument for the assessment of riskful-decision making. 2003;4(4):10-20. (Persian)
 26. Hasanzadeh S, Zare H. The effectiveness of transcranial direct current stimulation on improving in visual response control and memory among patients with ischemic stroke. *Social Cognition*. 2022;11(21):17-29. (Persian)
 27. Gholamzadeh Nikjoo H, Alivandi Vafa M, Tabatabaei SM, Moheb N. Effect of transcranial direct current stimulation on impulsivity and aggression in elementary school students with dyslexia: A randomized clinical trial. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2022;11(5):728-741. (Persian)
 28. Vaghef L, Bafandeh Gharamaleki H, Soltani Margani F. Effective of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on reaction time and risky decision-making in people with Depression. *Neuropsychology*. 2019;5(18):57-74. (Persian)
 29. Jeong J-E, Park C-h, Kim M, Cho H, Pyeon A, Jung S, et al. Effects of bilateral tDCS over DLPFC on response inhibition, craving, and brain functional connectivity in internet gaming disorder: A randomized, double-blind, sham-controlled trial with fMRI. *Journal of Behavioral Addictions*. 2024;13(2):610-621.
 30. Chen J, Qin J, He Q, Zou Z. A meta-analysis of transcranial direct current stimulation on substance and food craving: What effect do modulators have?. *Frontiers in Psychiatry*. 2020;11:598.
 31. Lapenta OM, Marques LM, Rego GG, Comfort WE, Boggio PS. tDCS in addiction and impulse control disorders. *The Journal of ECT*. 2018;34(3):182-192.
 32. Nitsche M, Fricke K, Henschke U, Schlitterlau A, Liebetanz D, Lang N, et al. Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. *The Journal of Physiology*. 2003;553(1):293-301.
 33. Salmani A, Basharpour S, Salehinejad MA. The effectiveness of transcranial direct electrical stimulation (tDCS) on cravings and decision-making styles of substance abuse. *Sci-*

entific Quarterly Research on Addiction. 2024;12(4):13-27. (Persian)

34. Moslemi B, Chalabianloo G. The effectiveness of transcranial direct current stimulation over prefrontal cortex on attention, working memory, decision-making, social cognition and quality of life in older adults. *Aging Psychology*. 2024;9(4):399-417. (Persian)

35. Zhou Y, Xiao G, Chen Q, Wang Y, Wang L, Xie C, et al. High-definition transcranial direct current stimulation improves decision-making ability: A study based on EEG. *Brain Sciences*. 2023;13(4):640-652.

36. Brunelin J, Fecteau S. Impact of bifrontal transcranial direct current stimulation on decision-making and stress reactivity. A pilot study. *Journal of Psychiatric Research*. 2021;135:15-19.

37. Ghayebzadeh S, Zardoshtian S, Moghaddam HS, Amiri E, Giboin LS. Effect of different models of transcranial direct current stimulation on risky decision-making in sports referees. *Sport Physiology*. 2021;13(51):117-138. (Persian)

38. Moffa AH, Brunoni AR, Nikolin S, Loo CK. Transcranial

direct current stimulation in psychiatric disorders: A comprehensive review. *Psychiatric Clinics*. 2018;41(3):447-463.

39. Khaleghi A, Pirzad Jahromi G, Zarafshan H, Mostafavi SA, Mohammadi MR. Effects of transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex on risk-taking behavior. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*. 2020;74(9):455-465. (Persian)

40. Li W, Zhang S, He X, Hu J, Shi J, He Q. High-definition transcranial direct current stimulation over the right dorsolateral prefrontal cortex reduces risk-taking. *General Psychiatry*. 2023;36(5):101-116.

41. Patel H, Naish K, Soreni N, Amlung M. The effects of a single transcranial direct current stimulation session on impulsivity and risk among a sample of adult recreational cannabis users. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2022;16:758285.

42. Ramirez-Martin A, Ramos-Martin J, Mayoral-Cleries F, Moreno-Kustner B, Guzman-Parra J. Impulsivity, decision-making and risk-taking behaviour in bipolar disorder: A systematic review and meta-analysis. *Psychological Medicine*. 2020;50(13):2141-2153.