

اثربخشی تحریک جریان مستقیم فراجمجه‌ای بر بهبود کارکردهای شناختی و نظم‌بخشی شناختی هیجانی در مصرف‌کنندگان کانابیس: یک مطالعه تصادفی کنترل شده با تحریک ساختگی

معصومه قلیچ‌خانی^۱، سعید ایمانی^۲، احمد حاجبی^۳، جعفر پویامنش^۴

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: پژوهش حاضر با هدف تعیین اثربخشی تحریک جریان مستقیم فراجمجه‌ای (tDCS یا Transcranial direct current stimulation) بر بهبود کارکردهای شناختی و راهبردهای نظم‌بخشی شناختی هیجانی در مصرف‌کنندگان کانابیس انجام شد. با توجه به اختلالات شناختی و هیجانی ناشی از مصرف کانابیس و نقش این عوامل در تداوم مصرف و دشواری فرایند ترک، بررسی اثربخشی مداخلات غیر تهاجمی مغزی در بهبود این مشکلات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه از طرحی تصادفی کنترل شده با تحریک ساختگی (Sham) استفاده شد. در مرحله ترک، ۳۰ مرد مصرف‌کننده کانابیس به صورت کاملاً تصادفی در دو گروه آزمایش و شم قرار گرفتند. گروه آزمایش طی ۱۰ جلسه، روزانه تحریک آندی قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی (DLPFC یا Dorsolateral prefrontal cortex) چپ و تحریک کاتدی DLPFC راست را دریافت کردند؛ در حالی که گروه شم تنها تحت تحریک ساختگی قرار گرفت. پیش و پس از مداخله، کارکردهای شناختی و راهبردهای نظم‌بخشی شناختی هیجانی در هر دو گروه مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: مداخله tDCS موجب بهبود معنی‌دار انعطاف‌پذیری شناختی، توجه و حافظه کاری در گروه آزمایش شد. همچنین، استفاده از راهبردهای انطباقی نظم‌بخشی شناختی هیجان در گروه tDCS افزایش یافت و در مقابل، راهبردهای نانطباقی کاهش پیدا کرد.

نتیجه‌گیری: تحریک جریان مستقیم فراجمجه‌ای با تنظیم فعالیت DLPFC، علاوه بر بهبود کارکردهای شناختی، موجب ارتقای راهبردهای سازگارانه نظم‌بخشی شناختی هیجان در مصرف‌کنندگان کانابیس می‌شود. از این‌رو، این روش می‌تواند به عنوان یک مداخله کمکی مؤثر در فرایند ترک مصرف کانابیس و افزایش پایداری افراد به درمان مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: تحریک جریان مستقیم فراجمجه‌ای؛ قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی؛ کانابیس؛ کارکردهای شناختی؛ نظم‌بخشی شناختی هیجان

ارجاع: قلیچ‌خانی معصومه، ایمانی سعید، پویامنش جعفر، حاجبی احمد. اثربخشی تحریک جریان مستقیم فراجمجه‌ای بر بهبود کارکردهای شناختی و نظم‌بخشی شناختی هیجانی در مصرف‌کنندگان کانابیس: یک مطالعه تصادفی کنترل شده با تحریک ساختگی. پژوهش در علوم توان‌بخشی ۱۴۰۵؛ ۲۲: ۱۱-۱۲.

تاریخ چاپ: -

تاریخ پذیرش: -

تاریخ دریافت: -

را تشکیل می‌دهند، به عنوان مصرف‌کننده فعلی شناسایی شده‌اند (۳). در سال ۲۰۲۲، مصرف روزانه کانابیس از مصرف روزانه الکل پیشی گرفت (۴). انتظار می‌رود این روند ادامه یابد و با تجاری‌سازی کانابیس به طریقی مشابه الکل و دخانیات، مصرف آن تشدید هم شود. اگرچه کانابیس اغلب با هدف راه‌حل‌یابی‌هایی معطوف بر خوددرمانگری برای مشکلاتی مانند خلق و خو، خواب یا درد استفاده می‌شود، اما

مقدمه

مصرف کانابیس در ایالات متحده آمریکا در نتیجه عواملی مانند قانونی شدن مصرف تفریحی کانابیس در ۲۴ ایالت و همه‌گیری کووید ۱۹، به طور چشمگیری افزایش یافته است (۱، ۲). امروزه بیش از نیمی از بزرگسالان آمریکایی گزارش می‌دهند که کانابیس را امتحان کرده‌اند و بیش از ۵۵ میلیون نفر که حدود ۱۵ درصد از جمعیت

۱- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه روان‌شناسی، واحد بین‌الملل کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، کیش، ایران

۲- دانشیار، گروه مشاوره، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳- استادیار، گروه روان‌شناسی و مشاوره، دانشکده علوم انسانی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

۴- متخصص روان‌پزشکی، مرکز تحقیقات اعتیاد و رفتارهای پرخطر، پژوهشکده سلامت روانی- اجتماعی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

نویسنده مسؤول: سعید ایمانی؛ دانشیار، گروه مشاوره، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

Email: s_imani@sbu.ac.ir

شاید اصرار بر الگوی دز تجمعی در جلسات مکرر روزانه در منزل برای کسانی که قادر نیستند در ویزیت‌های حضوری سستی شرکت کنند، راه امنی جهت اطمینان از دز ثابت و کافی و همچنین، حفظ دسترسی تلقی گردد (۲۱).

در tDCS، جریان مستقیم با شدتی کم و سرعتی ثابت، حداقل به کمک دو الکترود، که تر (برای مثال استفاده از ژل الکترولیت یا سالین) یا خشک هستند، به پوست سر وارد می‌شود. این روش درمانی از شاخص‌هایی مانند دامنه جریان (بر اساس میلی‌آمپر)، مدت تحریک (اغلب هر جلسه ۴۰ دقیقه یا کمتر)، تعداد جلسات و البته اندازه، محل قرارگیری و مونتاژ یا جهت الکترود تشکیل شده است. در این روش، استفاده از جریانی با شدت کم (برای مثال ۰/۵ تا ۲ میلی‌آمپر)، پتانسیل غشای استراحت عصبی و تحریک‌پذیری قشر مغز را در نواحی انتخاب شده مغز تنظیم می‌کند. در بخش زیرین الکترود آندال، پتانسیل غشای در حالت استراحت کم می‌شود و به دنبال آن، تحریک‌پذیری قشر مغز افزایش می‌یابد (۲۲). از سوی دیگر، در بخش زیرین الکترود کاتال، غشای هیپرپلاریزه شده و به دنبال آن، تحریک‌پذیری کم می‌شود (۲۳). نتایج مطالعات مختلف نشان داده‌اند که از tDCS، نه فقط برای درمان دردهای شدید و مزمن، اختلال افسردگی و بیماری پارکینسون و حتی دیگر بیماری‌ها که استفاده از آن برای انواع بیماری‌های مصرف مواد شامل الکلی، تنباکو، مت‌آمفامین و کانابیس نیز در اولویت بوده است (۲۴).

شواهد نشان می‌دهد که در بین افراد با اختلالات مصرف مواد، بدکارکردی شناختی که اساساً از طریق افول در توانش‌های حافظه، توجه، کارکرد اجرایی و زبان مشخص می‌شود، به طور واضحی بر کیفیت زندگی و عملکرد روزانه آن‌ها تأثیر می‌گذارد (۲۵). مصرف طولانی مدت مواد که با وابستگی جسمانی و روانی همراه است، ضمن اثرگذاری بر ساختار و عملکرد مغز، موجب بدکارکردی شناختی می‌شود (۲۶). شواهد نشان می‌دهد موادی مانند الکلی، مواد افیونی، کوکائین و کانابیس، به دلیل کاهش فعالیت قشر پیشانی و به ویژه DLPFC، با اختلالات زیادی در حافظه، توجه و کارکرد اجرایی همراه می‌باشند (۲۷). محققان به این نتیجه رسیده‌اند که در بیماران مبتلا به اختلالات مصرف مواد، بدکارکردی شناختی، نه فقط ترک و بهبودی را پیچیده می‌کند، بلکه خطر عود را نیز افزایش می‌دهد (۲۸). اگرچه در شرایط فعلی، اهم طرق درمانی متناسب به بدکارکردی شناختی اختلالات مصرف مواد با شمول دارودرمانی (۲۹) و روان‌درمانی مشخص می‌شوند و حتی نتایج مختلف از اثربخشی آن‌ها حمایت کرده‌اند، اما نرخ عود بالا در بازه ۴۰ تا ۶۰ درصد و همچنین، عارضه‌های جانبی استفاده از داروها، اعتماد به چنین تدبیری را با چالش همراه ساخته است (۳۰). در این بافتار، رویکردهای روان‌درمانی نیز مانند روش CBT و مصاحبه شناختی، دوام اثرات و تمهیدپذیری‌شان دچار تردید است. چنین مداخلاتی اغلب بلندمدت هستند و به بیماران و نظام مراقبت‌های بهداشتی هزینه‌های هنگفتی را نیز تحمیل می‌کند. همچنین، محققان یادآوری می‌کنند که فهم ضریب نفوذ مداخلات معطوف بر روان‌درمانی در بافتار رفتارهای اعتیادی، در غیاب اطلاع از مشارکت‌مندی فعالانه بیمار و دسترسی به درمانگرانی حاذق، ناممکن است (۳۱).

بر اساس نتایج پژوهش‌ها، افراد مبتلا به اختلال مصرف مواد، اغلب به دلیل فقدان انگیزش کافی برای جستجوگری درمان و پایبندی به آن، در مرحله پرهیز (ترک)، میزان بالایی از عود را نشان می‌دهند (۳۲). یکی از همبسته‌های شناختی و تعیین‌کننده مربوط به مصرف مواد و رفتار جستجوی درمان، توانش نظم‌بخشی شناختی هیجانی است (۳۳). در حالی که tDCD بر درمان اشکال متفاوتی از اختلال مصرف مواد اثرگذار است، در اغلب این مطالعات، تأکید صرف بر ولع مصرف

شواهدی مبنی بر اثربخشی آن بر سلامتی محدود است (۵). شیوع فزاینده مصرف کانابیس با خطرات قابل توجهی برای سلامتی همراه می‌باشد که البته پیش‌تر دغدغه پایش مخاطرات سوء مصرف آن به قدری مکفی، اولویت نیافته است (۶). به تازگی به طریقی فزاینده و البته نگران‌کننده، محققان درباره پتانسیل تغییرات شناختی حاد و مداوم ناشی از مصرف کانابیس به ویژه اختلال در حافظه کاری بزرگسالان جوان‌تر و همچنین، خطر فزونی یافته اختلالات روان‌پریش گون در آن‌ها اصرار ورزیده‌اند (۷). این خطرات به ویژه در بین افرادی که از کانابیس برای مدیریت علایم پزشکی استفاده می‌کنند، بسیار نگران‌کننده‌تر است؛ چرا که استفاده معطوف بر حصول فوایدی سلامت‌محور، می‌تواند به طریقی وارونه، نشانه‌های شناختی و مشکلات سلامت روانی آن‌ها را تشدید کند.

علاوه بر این، مصرف زیاد کانابیس سبب می‌شود که حدود ۳۰ درصد مصرف‌کنندگان آن در معرض خطر ابتلا به اختلال مصرف کانابیس قرار گیرند (۸). مصرف اجباری کانابیس، از طریق فراخوانی علایم ترک و اختلالات عملکردی، زندگی روزمره مصرف‌کنندگان را مختل می‌کند (۹، ۱۰). اگرچه پیش‌تر شواهد متعددی از اثربخشی مداخله‌های مانند درمان شناختی- رفتاری (CBT) یا (Cognitive behavioural therapy)، درمان بهبود انگیزشی و مدیریت وابستگی، در درمان اختلال مصرف کانابیس حمایت کرده‌اند (۱۱)، اما همچنان دسترسی به این مداخلات برای بسیاری از مصرف‌کنندگان به ویژه افرادی که با موانعی مربوط به جابه‌جایی، موقعیت جغرافیایی یا دسترسی به مراقبت‌های بهداشتی مواجه هستند، محدود تلقی می‌شود (۱۲).

هدف قرار دادن مدارهای عصبی زیربنایی اعتیاد، رویکردی نوین و امیدوارکننده برای پرداختن به اختلالات مصرف مواد است. در این چارچوب، قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی (Dorsolateral prefrontal cortex یا DLPFC) وجهی کلیدی و زیربنایی در مدل سه مرحله‌ای اعتیاد تلقی می‌شود (۱۳، ۱۴). در این مدل، چرخه‌های مصرف مواد از طریق حالات عاطفی منفی مانند پریشانی، تداوم می‌یابد و ضمن تقویت رفتارهای اجباری، مانع بهبودی می‌شوند (۱۵، ۱۶). DLPFC نقشی کلیدی در تنظیم پریشانی عاطفی و عملکردهای اجرایی ایفا می‌کند. استفاده از آن در تکنیک‌هایی نورومودولاسیونی مانند تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (Transcranial direct current stimulation یا tDCS) یا تحریک مغناطیسی فراجمجمه‌ای (Transcranial magnetic stimulation یا TMS) به عنوان یک هدف اصلی، اولویت می‌یابد (۱۷). این روش‌های تحریک غیر تهاجمی مغز با تعدیل فعالیت در این ناحیه، به رفع اختلال در چرخه‌های اعتیاد و همچنین، تسهیل ترک اعتیاد کمک می‌کند (۱۸). اگرچه استفاده از هر دو نزد محققان در اولویت است، اما tDCS با شمول ویژگی‌هایی مانند ایمنی، غیر تهاجمی بودن و حتی سهولت بهره‌گیری از آن در منزل، مزایای مضاعفی را نیز فراهم می‌آورد (۱۹). با این وجود، اگر قرار است tDCS به طور مؤثر عمل کند، باید در یک الگوی دز تجمعی در جلسات مکرر روزانه ارایه شود. شواهد نشان داده‌اند که این برنامه دزبندی مشتمل بر جلسات مکرر tDCS در ۱۰ یا بیش از ۱۰ جلسه، در مقایسه با جلسات انفرادی یا تعداد جلساتی کمتر، در شرایط هدف‌گذاری بر روی رفتارهای اعتیادی، مزایای بالینی و شناختی بیشتر و پایدارتری را به همراه دارد (۲۰). شواهد نشان می‌دهد که در بسیاری از آزمایش‌های بالینی، مواجهه با چالش‌های لجستیکی مانع از آن می‌شود که مشارکت‌کنندگان تعداد جلسات لازم را دریافت کنند و اغلب چالش‌های مزبور با اولویت‌گذاری برای دزهای ناکافی همراه می‌شود. در چنین شرایطی، گروهی از محققان یادآوری می‌کنند،

خروج در نظر گرفته شد. در فرایند غربالگری، هیچ یک از مشارکت‌کنندگان حذف نشدند. برای استفاده از یک طرح عاملی آمیخته با شمول حجم نمونه‌ای بسنده بر اساس جدول Cohen با $\alpha = 0.05$ و اندازه اثر $f^2 = 0.25$ ، برای حصول توان آزمون برابر با 0.80 ، 30 مشارکت‌کننده انتخاب شدند (۲۹). اطلاعات جمعیت‌شناختی مردان مشارکت‌کننده در گروه‌های tDCS و شم در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. داده‌های جمعیت‌شناختی

گروه	شم	tDCS
حجم نمونه	۱۵	۱۵
سن (سال) (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	30.45 ± 3.65	29.31 ± 3.61
وضعیت تأهل		
مجرد	۶	۵
متاهل	۵	۵
مطلقه	۴	۵
تحصیلات		
پایین‌تر از دیپلم	۶	۵
بالتر از دیپلم	۹	۱۰

tDCS: Transcranial direct current stimulation

آزمون‌ها و ابزارهای سنجش مورد استفاده در پژوهش در ادامه آمده است.

آزمون دسته‌بندی کارت‌های Wisconsin (Wisconsin Card Sorting Test) WCST: این آزمون به منظور اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری شناختی استفاده می‌شود (۳۸). محققان مختلف به طور گسترده‌ای از آن جهت بررسی بدکارکردهای شناختی استفاده می‌کنند (۳۹). علاوه بر این، از این آزمون در قلمرو عصب‌روان‌شناسی تجربی و بالینی با هدف بررسی کارکردهای پیش‌بینی و آسیب‌های آن استفاده می‌شود (۴۰). در پژوهش حاضر، از نسخه ۶۴ تایی آزمون WCST استفاده گردید. بدین ترتیب، ۶۴ کارت از چهار نوع کارت شامل دایره، مثلث، ستاره و صلیب تشکیل می‌شود که از نظر رنگ و تعداد با یکدیگر متفاوت هستند. هر کارت دارای یکی از رنگ‌های قرمز، آبی، زرد یا سبز است و تعداد شکل‌های روی کارت، از ۱ تا ۴ شکل فرق می‌کند. هیچ‌یک از کارت‌ها مانند یکدیگر نیستند. برای اجرای این آزمون، تعداد چهار کارت محرک شامل یک مثلث قرمز، دو ستاره سبز، سه صلیب زرد و چهار دایره آبی به ترتیب از چپ به راست مقابل مشارکت‌کننده قرار می‌گیرد و از او تقاضا می‌شود هر یک از کارت‌ها را که فکر می‌کند درست است زیر کارت‌های محرک قرار دهد. این وضعیت از کارت محرک سمت چپ که یک مثلث قرمز است، آغاز می‌شود. پس از آن که کارت گذاشته می‌شود، آزمایشگر درست یا نادرست بودن انتخاب آزمودنی را با این بیان که درست است یا غلط است، اعلام می‌کند. در ادامه آزمودنی به ترتیب یکی از سه قاعده رنگ، شکل و تعداد را در ذهن خود نگاه می‌دارد و پاسخ‌های مشارکت‌کنندگان را بر اساس قاعده مزبور ارزیابی می‌کند. اگر آزمودنی بتواند برای هر قاعده ۱۰ کارت را به صورت متوالی به درستی انتخاب کند، آزمایشگر بدون اطلاع آن را تغییر می‌دهد. آزمون تا آن هنگام که چهار قاعده به دست آید یا تمامی ۶۴ کارت مورد استفاده قرار گیرد، ادامه می‌یابد (۴۱). در مطالعه حاضر مشابه با دیگر تحقیقات، برای دستیابی به قاعده، آزمودنی‌ها قادر بودند ۳۵ تلاش انجام دهند و در صورت عدم دستیابی، قاعده تغییر می‌کرد و کارت محرک بعدی با قاعده جدیدی استفاده می‌شد. به طور کلی، در این آزمون خطا در دو حیطه خطا

و بدکارکردی‌های شناختی اولویت یافته‌اند (۳۴). محققان یادآوری می‌کنند که یک عامل مهم نظم‌بخشی رفتاری که بر اثر اختلال مصرف مواد آسیب می‌بیند، نظم‌بخشی هیجانی نام دارد (۳۵). در بافتار اختلال مصرف مواد، مدیریت هیجانی کار، ولع مصرف را کاهش می‌دهد و در مقابل، رجوع به طرق ناکارای نظم‌بخشی هیجانی، شکست درمانی را پیش‌بینی می‌کند (۳۶). نظم‌بخشی هیجانی با شمول مؤلفه‌هایی شناختی که بر مدیریت پردازشگری هیجانی اثرگذار می‌باشند، در موقعیت‌های پرخطر از رفتارهای مقابله‌ای انطباقی حمایت می‌کنند (۳۷). به بیان دیگر، نظم‌بخشی هیجانی ناسازگارانه از طریق آسیب بر کارکردهای شناختی، چرخه‌ای از بدتنظیمی را ایجاد می‌نماید و زمینه را برای ولع مصرف و بازگشت فراهم می‌آورد. در بافت اختلال مصرف مواد، بین شناخت و هیجان از طریق مدارهای پیش‌بینی - لیمبیک، تعاملی قوی برقرار است (۳۱).

به طور کلی، علاقمندی به مداخلات tDCS برای درمان اختلالات مصرف مواد، روندی فزاینده یافته است (۲۵). اگرچه انباشت تحقیقات معطوف بر پایش اثرات مداخلات tDCS در قلمروهایی مانند بدکارکردی‌ها یا نقص‌های شناختی و ولع مصرف در بافتار اختلالات مصرف مواد انکارناشدنی است، اما اثر مداخلات tDCS بر انگیزش تغییر، آمادگی برای درمان، کنترل‌گری شناختی - هیجانی و البته نظم‌بخشی هیجانی به میزان قابل ملاحظه‌ای ناشناخته است. بنابراین، پژوهش حاضر از طریق tDCS، اثرات تنظیم افزایشی و کاهش DLPFC را بر کارکردهای شناختی و طرق نظم‌بخشی شناختی هیجانی در افراد با تشخیص اختلال مصرف کانابیس آزمون. بنابراین، مطالعه حاضر در زمره معدود تحقیقاتی است که با استفاده از ۱۰ جلسه tDCS برای پزشکی اعتیاد، درباره اثربخشی دوره‌های طولانی مدت جلسات tDCS، الزامات بسیار مهمی را فراهم خواهد آورد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از نوع یک سوکور بود و در آن از طرح تصادفی کنترل شده با تحریک ساختگی استفاده شد و محققان از گزاره‌های مطالعه مطلع بودند، اما مشارکت‌کنندگان از آن‌ها اطلاعی نداشتند. جامعه آماری شامل مصرف‌کنندگان مشتقات کانابیس سرپایی در مرکز آموزشی - درمانی روان‌پزشکی ایران در منطقه ۲۱ شهر تهران بود که به وسیله متخصص بهداشت تشخیص مصرف کانابیس انتخاب شدند، البته نمونه‌ها در دوره بهبود نسبی حاصل از ترک کانابیس بودند و با شرط رضایت آگاهانه، در تحقیق شرکت نمودند. بر اساس ملاک‌های ورود، از بین افراد واجد شرایط، ۳۰ مشارکت‌کننده که در وضعیت بهبود نسبی پس از ترک بودند، انتخاب و کدهایی از ۱ تا ۳۰ به آن‌ها تخصیص یافت. سپس محققان به قید قرعه و به صورت کاملاً تصادفی و به شیوه مخفیانه، شماره‌های مربوط به مشارکت‌کنندگان را از پاکت خارج و اولین شماره انتخاب شده را در گروه آزمایشی tDCS و دومین شماره را در گروه شم قرار دادند و این ساز و کار تا آخرین شماره برای گمارش تصادفی مشارکت‌کنندگان در موقعیت‌های آزمایشی ادامه یافت. میانگین سنی مشارکت‌کنندگان در گروه tDCS، 30.45 ± 3.61 سال (در بازه ۲۹/۳۱ تا ۳۳ سال) و در گروه شم، 29.78 ± 3.45 سال (در بازه ۲۳ تا ۳۵) بود. معیارهای ورود مشارکت‌کنندگان شامل مصرف کانابیس حداقل برای مدت ۱۲ ماه، دریافت تشخیص بیماری مصرف کانابیس به وسیله متخصص بهداشت، عدم مصرف سایر مواد مخدر و در نهایت، رضایت آگاهانه جهت شرکت در مطالعه بود. انصراف از حضور در جلسات tDCS و بی‌میلی آشکار در پاسخ به سؤالات بسته سنجش در مراحل زمانی پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری نیز به عنوان معیارهای

بازتمرکز مثبت، تمرکز مجدد بر برنامه‌ریزی، بازآزمایی مثبت، دیدگاه‌گیری، فاجعه‌سازی و دیگر سرزنشگری به ترتیب ۰/۵۵، ۰/۶۴، ۰/۶۲، ۰/۷۱، ۰/۷۳، ۰/۷۵، ۰/۶۷، ۰/۶۳ و ۰/۷۴ به دست آمد (۵۲). در تحقیق انتظام دین و همکاران مقادیر ضرایب همسانی درونی نسخه کوتاه CERQ برای زیرمقیاس‌های خودسرزنشگری، پذیرش، نشخوارگری، بازتمرکز مثبت، تمرکز مجدد بر برنامه‌ریزی، ارزیابی مجدد مثبت، دیدگاه‌گیری، فاجعه‌سازی و دیگر سرزنشگری به ترتیب ۰/۷۵، ۰/۷۷، ۰/۸۰، ۰/۷۱، ۰/۷۳، ۰/۷۵، ۰/۷۳ و ۰/۷۸، ۰/۷۴ گزارش گردید (۵۴).

دستگاه tDCS: این دستگاه با نام تجاری NEUROSTIM2 به وسیله گروه پژوهش و توسعه شرکت مدیناطب برای اولین بار در ایران به صورت صنعتی طراحی و در سال ۲۰۱۵ به بازار عرضه شد. این دستگاه دارای دو کانال کاملاً مجزا [تحریک با جریان متناوب Transcranial alternating current stimulation (tACS)] و تحریک با جریان مستقیم tDCS می‌باشد که از لحاظ الکتریکی از یکدیگر کاملاً متفاوت است و می‌توان هر کانال را به طور مستقل از دیگری تنظیم تا تحریک‌هایی مجزا اعمال شود. شدت جریان خروجی این دستگاه از ۰/۸ تا ۲ میلی‌آمپر بر روی نمایشگر قابل تنظیم است. دستگاه NEUROSTIM2 از قابلیت اعمال تحریک شش که متفاوت از تحریک الکتریکی است، نیز برخوردار می‌باشد. ابتدا دستگاه روشن گردید و سپس الکترودها (کاتد و آنود) که در واقع پدهای دایره‌ای کوچک (۲/۵ سانتی‌متر) هستند و در آب نمک (سدیم ۹ درصد) خیس شده‌اند، روی قسمت‌های خاصی از سر قرار می‌گیرند. استفاده از اسفنج‌های آغشته در آب نمک، ضمن افزایش رسانایی جریان الکتریکی، از افزایش حرارت نیز پیشگیری می‌کند. الکترودها به کمک یک کش یا سربند لاستیکی در محل مورد نظر تثبیت می‌شوند. جریان الکتریکی از طریق الکترودها به پوست سر بیمار نفوذ و جریان الکتریکی را در مغز ایجاد می‌کند. شدت و زمان تحریک به طور کامل، در کنترل محققان بوده است.

روش اجرای پژوهش: در تحقیق حاضر، پس از کسب رضایت‌نامه آگاهانه و توضیحات در خصوص اهداف و نحوه پژوهش و قرارگیری تصادفی افراد در گروه‌های آزمایش و شش، طی ۵ روز و در ۱۰ جلسه و هر جلسه دو بار و هر بار به مدت ۲۰ دقیقه، مشارکت‌کنندگان گروه‌های tDCS در معرض تحریک قرار گرفتند. در هر جلسه مشارکت‌کنندگان پس از دریافت تحریک نخست، مدت ۲۰ دقیقه نیز استراحت کردند. در جلسه اول قبل از تحریک (مرحله پیش‌آزمون)، از تمامی مشارکت‌کنندگان درخواست شد به سؤالات بسته سنجش که شامل نرم‌افزارهای کامپیوتری جهت سنجش کارکردهای شناختی و پرسش‌نامه Gamefski جهت راهبردهای انطباقی/ناانطباقی نظم‌بخشی شناختی هیجانی بود، پاسخ دهند. در مرحله بعد، کلاه دستگاه tDCS بر روی سر آزمودنی قرار داده می‌شد و تحریک توسط الکترودها و پدهای آغشته به آب نمک بر اساس سیستم تن توانتی و پروتکل‌های مقالات معتبر علمی و با شدت ۲ میلی‌آمپر تحریک انجام می‌گردید. در تمامی جلسات، پس از هر تحریک از مشارکت‌کنندگان تقاضا گردید تا به سؤالاتی درباره عوارض احتمالی تحریک پاسخ دهند. علاوه بر این، در تمامی جلسات نقاط تحریک توسط الکترودها در منطقه ۳ f (نیمکره چپ) و الکترودها کاتد در منطقه ۴ f (نیمکره راست) تعیین گردید. در گروه شاهد مشابه با گروه آزمایش، تحریک با جریانی مشابه در نواحی ۳ f (نیمکره چپ) و ۴ f (نیمکره راست) انجام شد. البته در گروه شاهد، برای جلوگیری از شوک الکتریکی ناگهانی به پوست و بافت‌های مغزی دو فاز تحریک ساختگی داشتند. در فاز اول و در ۳۰ ثانیه ابتدایی، آن‌ها تحریک را به صورت صعودی (Ramp-up) و در فاز دوم و برای ۳۰ ثانیه، تحریک را به صورت نزولی (Ramp-down) دریافت کردند و سپس

در جاماندگی (در شکل‌گیری مفاهیم) و خطا در تعداد طبقات تکمیل شده (در نگاهداشت مفاهیم)، بررسی می‌شود (۴۱). در پژوهش خلف‌بیبگی و همکاران ضریب پایایی WCST با استفاده از روش آزمون-بازآزمون پس از دو هفته، ۰/۷۱ گزارش گردید (۴۲).

آزمون Stroop: این آزمون را برای بررسی توجه انتخابی توسعه داد (۴۳). در این آزمون، ۴۸ کلمه همخوان (با شمول تطابق بین کلمه و رنگ آن) و ۴۸ کلمه ناهمخوان (با شمول عدم تطابق بین کلمه و رنگ آن) به مشارکت‌کنندگان نشان داده می‌شود و آن‌ها ناگزیرند صرف‌نظر از معنای کلمه، رنگ آن را مورد توجه قرار دهند (۴۳). البته در نمونه ایرانی، برای آزمون Stroop با تأکید بر کلمه و رنگ ناهمخوان، کلمه و رنگ همخوان و استقلال کلمه و رنگ، سه حالت از یکدیگر تفکیک شدند و تعداد زیادی از محققان ایرانی به استفاده از آن راغب شدند (۴۴). در مطالعه علیلو و همکاران ضریب پایایی آزمون با روش آزمون-بازآزمون، ۰/۷۱ به دست آمد (۴۵). در تحقیق شیرینی و همکاران نیز پایایی آزمون بالای ۰/۸۰ به دست آمد (۴۶).

آزمون حافظه کاری Wechsler (Wechsler working memory test): اغلب پژوهشگران برای بررسی حافظه فعال از شاخص حافظه فعال در آزمون هوش Wechsler استفاده می‌کنند (۴۷). در این آزمون، از خرده‌مقیاس‌های فراخوانی ارقام، توالی حروف و توالی اعداد استفاده می‌شود (۴۸). در مطالعه خانجانی و همکاران به منظور سنجش حافظه کاری دیداری و حافظه کاری شنیداری، از نسخه نرم‌افزاری آزمون حافظه Wechsler در بزرگسالان استفاده شد (۴۹). نتایج تحقیقات خدادادی و امانی (۴۸) و خانجانی و همکاران (۴۹) ضرایب پایایی آزمون-بازآزمون نسخه نرم‌افزاری آزمون مذکور در بازه ۰/۸۲ تا ۰/۸۵ به دست آمد.

آزمون توجه متمرکز و پراکنده (Divided and focused attention test): این آزمون یک آزمون تجاری است که به منظور سنجش دقت متمرکز و پراکنده در گروه‌های سنی مختلف استفاده می‌شود و توسط مؤسسه علوم شناختی سینا توسعه یافته است. خانجانی و همکاران به منظور بررسی پایایی آزمون توجه متمرکز و پراکنده، ضریب همبستگی آزمون-بازآزمون را در مقاطع پیش‌آزمون و پس‌آزمون در مطالعه تجربی‌شان برای توجه انتخابی ۰/۸۶ و برای توجه پراکنده ۰/۹۳ گزارش کردند (۴۹). علاوه بر این، نتایج تحقیق خانجانی و همکاران با تأکید بر همبستگی بین پاسخ ناهمخوان در آزمون Stroop و توجه انتخابی در آزمون توجه انتخابی و پراکنده، از روایی همگرایی آزمون توجه انتخابی و پراکنده حمایت کرد.

نسخه کوتاه پرسش‌نامه نظم‌بخشی شناختی هیجانی (CERQ) یا Cognitive Emotion Regulation Questionnaire-Revised: در نسخه اصلی پرسش‌نامه نظم‌بخشی شناختی هیجانی، از طریق ۳۶ ماده، ۹ مقیاس خودسرزنشی، دگرسرزنشی، فاجعه‌آمیزی، نشخوارگری ذهنی، پذیرش، ارزیابی مجدد مثبت، دیدگاه‌گیری، تمرکز مجدد مثبت و برنامه‌ریزی مجدد سنجش می‌شود (۵۱). در این ابزار، مشارکت‌کنندگان به هر ماده بر روی طیفی پنج درجه‌ای از ۱ (هرگز تا ۵ (همیشه) پاسخ می‌دهند. در پژوهش حسین‌آبادی و شکری، از آن‌جا که هدف توسعه و آزمون روان‌سنجی نسخه کوتاه CERQ در بین دانشجویان دختر و پسر ایرانی بود (۵۲)، با وجود اجرای نسخه اصلی CERQ، با استناد به منطق پیشنهادی Gamefski و همکاران (۵۳) و بر اساس دستور «آلفا پس از حذف ماده» از مجموع ۳۶ ماده، ۱۸ ماده انتخاب و تحلیل بر روی نسخه کوتاه انجام شد. در مطالعه حسین‌آبادی و شکری، مقادیر ضرایب همسانی درونی نسخه کوتاه CERQ برای زیرمقیاس‌های خودسرزنشگری، پذیرش، نشخوارگری،

هیچ‌گونه پیامدی حق انصراف از ادامه مشارکت را خواهند داشت. در تحقیق حاضر، تحلیل‌ها فقط بر افراد تکمیل‌کننده معطوف بود. محققان با هدف تأمین دقت آزمایش و افزایش دقت آماری آزمون گزاره‌های پژوهشی، ضمن استفاده از راهبرد پژوهشی گمارش تصادفی، به مثابه روشی امن برای کنترل واریانس ناشی از عوامل خطا و همچنین، کنترل واریانس خطای درون‌گروهی از طریق اصرار بر تجانس درون‌گروهی و تشکیل گروه‌های همگن و در نهایت، استفاده از هر فرد به عنوان عاملی برای کنترل خود، طرحی درون‌آزمودنی کوشیدند از یک سو بر تفسیرپذیری یافته‌ها بیفزایند و از دیگر سوی، اعتماد به استنتاج‌های علی منتج از آن یافته‌ها را نیز تقویت کنند. ضمن این که با توجه به وجه یک سوکور بودن مطالعه حاضر، تمامی آزمون‌های شناختی توسط یکی از محققان پژوهش انجام شد.

یافته‌ها

اندازه‌های توصیفی میانگین متغیرهای پژوهش در سه گروه و در سه مقطع زمانی پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری در جدول ۲ ارائه شده است.

تحریک خودکار قطع می‌شد. در مطالعات پیشین، این روش برای شبیه‌سازی گروه شاهد به تحریک واقعی تأیید شده است. پس از این که در دهمین جلسه و پنجمین روز، افراد ده بار در معرض تحریک قرار گرفتند، مجدد بسته مشتمل بر ابزارهای سنجش در مرحله پس‌آزمون، جهت پاسخ در اختیار تمامی مشارکت‌کنندگان قرار گرفت. با فاصله یک ماه از دهمین جلسه و در مرحله پیگیری نیز بسته سنجش، مجدد جهت پاسخ در اختیار تمامی مشارکت‌کنندگان قرار گرفت. در مرحله پیگیری، پس از حضور مجدد محققان در مرکز آموزشی-درمانی، بسته سنجش در اختیار مشارکت‌کنندگان قرار داده شد. تحقیق حاضر مطابق با اصول بیانیه Helsinki انجام شد و پس از اخذ تأییدیه کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی با کد IR.IAU.TNB.REC.1403.245 و ثبت کارآزمایی بالینی در مرکز بین‌المللی ثبت کارآزمایی‌های بالینی ایران با کد IRCT20260628069988N1 اجرا گردید. همچنین، به منظور رعایت ملاحظات اخلاقی پیش از ورود به پژوهش، از تمامی شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه آگاهانه کتبی اخذ شد و به آنان اطمینان داده شد که اطلاعاتشان محرمانه باقی خواهد ماند و در هر مرحله از مطالعه، بدون

جدول ۲. اندازه‌های توصیفی متغیرها در سه گروه و در سه مقطع زمانی

متغیر	زیرمقیاس	tDCS (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	شماره (میانگین $\pm$ انحراف معیار)
انعطاف‌پذیری شناختی	پیش‌آزمون	$3/40 \pm 1/30$	$3/20 \pm 1/32$
	طلقات	$5/73 \pm 1/09$	$3/40 \pm 1/40$
	پیگیری	$5/40 \pm 1/12$	$3/33 \pm 1/35$
	پیش‌آزمون	$4/27 \pm 1/83$	$4/40 \pm 1/64$
خطای درجاماندگی	پس‌آزمون	$3/07 \pm 1/44$	$4/53 \pm 1/68$
	پیگیری	$2/88 \pm 1/13$	$4/50 \pm 1/73$
زمان واکنش (Stroop)	پیش‌آزمون	$1127/20 \pm 114/69$	$1131/40 \pm 81/65$
	پس‌آزمون	$1098/87 \pm 106/14$	$1122/80 \pm 80/02$
	پیگیری	$1099/53 \pm 106/05$	$1122/20 \pm 79/14$
	پس‌آزمون	$5/60 \pm 1/59$	$5/53 \pm 1/92$
نمره تداخل (Stroop)	پس‌آزمون	$3/80 \pm 1/52$	$5/33 \pm 1/88$
	پیگیری	$3/93 \pm 1/44$	$5/47 \pm 1/99$
	پیش‌آزمون	$126/01 \pm 9/30$	$126/07 \pm 8/85$
	پس‌آزمون	$131/47 \pm 9/13$	$124/47 \pm 8/24$
توجه	پیگیری	$132/73 \pm 9/53$	$123/80 \pm 7/24$
	پیش‌آزمون	$71/53 \pm 11/43$	$70/73 \pm 10/32$
	پس‌آزمون	$77/53 \pm 10/13$	$70/07 \pm 10/56$
	پیگیری	$78/27 \pm 10/12$	$69/60 \pm 9/16$
حافظه دیداری	پیش‌آزمون	$4/47 \pm 1/13$	$4/40 \pm 1/19$
	پس‌آزمون	$5/60 \pm 1/55$	$4/20 \pm 1/15$
	پیگیری	$5/27 \pm 1/33$	$4/40 \pm 1/24$
	پیش‌آزمون	$5/20 \pm 1/37$	$4/93 \pm 1/03$
حافظه شنیداری	پس‌آزمون	$6/20 \pm 1/57$	$4/87 \pm 1/46$
	پیگیری	$6/27 \pm 1/22$	$4/80 \pm 1/15$
	پیش‌آزمون	$20/33 \pm 4/37$	$20/53 \pm 4/49$
	پس‌آزمون	$23/07 \pm 1/15$	$20/67 \pm 4/39$
تنظیم هیجان انطباقی	پیگیری	$23/67 \pm 4/01$	$20/60 \pm 4/81$
	پیش‌آزمون	$21/07 \pm 4/35$	$20/73 \pm 4/01$
	پس‌آزمون	$18/47 \pm 4/67$	$21/01 \pm 3/96$
	پیگیری	$17/80 \pm 4/55$	$21/13 \pm 3/74$
تنظیم هیجان ناانطباقی	پیش‌آزمون		
	پس‌آزمون		
	پیگیری		
	پس‌آزمون		

tDCS: Transcranial direct current stimulation

ناانطباقی نظم‌بخشی شناختی هیجانی، تفاوت بین متوسط نمرات مشارکت کنندگان در مرحله پیش‌آزمون با متوسط نمرات آن‌ها در پس‌آزمون و پیگیری معنی‌دار و نتایج مربوط به مقایسه‌های زوجی متوسط نمرات پس‌آزمون و پیگیری معنی‌دار نبود (جدول ۳).

بحث

پژوهش حاضر با هدف تعیین اثربخشی تحریک الکتریکی تشدید شده بر بهبود کارکردهای شناختی و راهبردهای نظم‌بخشی شناختی هیجانی در مصرف‌کنندگان کانابیس انجام شد. به عبار دیگر، در این مطالعه با استفاده از یک طرح تحلیل واریانس عاملی آمیخته، اثربخشی گروه تحریک tDCS با گروه تحریک شم بر DLPFC در قلمروهایی مانند کارکردهای شناختی و راهبردهای انطباقی / ناانطباقی نظم‌بخشی شناختی هیجانی مقایسه گردید. نتایج نشان داد که در بین مصرف‌کنندگان کانابیس، در گروه تحریک tDCS در مقایسه با گروه تحریک ساخنگی، تفاوت در بهبود کارکردهای شناختی و راهبردهای انطباقی نظم‌بخشی هیجانی و البته تفاوت در کاهش در راهبردهای ناانطباقی نظم‌بخشی هیجانی از نظر آماری معنی‌دار بود. بر این اساس، نتایج از معنی‌داری اثر تحریک tDCS بر کارکردهای شناختی و راهبردهای انطباقی / ناانطباقی نظم‌بخشی هیجانی در بین مصرف‌کنندگان کانابیس به طور تجربی دفاع کرد. نتایج نشان داد که بهبود در شناسنده‌های چندگانه کارکردهای شناختی و راهبردهای انطباقی نظم‌بخشی شناختی هیجان در مرحله پیگیری، برای حدود یک ماه بعد از استفاده از تحریک tDCS تداوم و پایداری نشان داد.

کانابیس رایج‌ترین ماده غیر قانونی مورد استفاده در جهان است (۶). از نظر علمی تحت عنوان کانابیس ساتیوا شناخته می‌شود و به خانواده کاناباسه تعلق دارد و اغلب به عنوان ماری‌جوانا یا کنف شناخته می‌شود. در بسیاری از مناطق جهان، کانابیس قرن‌هاست که به عنوان یک گیاه دارویی با پیشینه تاریخی غنی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲، ۱). مطالعات علمی نشان داده‌اند که کانابیس با مهار رشد تومور و کاهش حالت تهوع، اثرات مثبتی از خود نشان می‌دهد. علاوه بر این، بر ویژگی‌هایی رفتاری مانند تکانشگری، سازگاری و حساسیت به گرما تأثیر می‌گذارد. همچنین، کانابیس می‌تواند خلق و خو، اشتها و فعالیت جنسی را تعدیل کند. با این حال، وجود ترکیبات کانابینوئیدی، به ویژه دلتا-۹-تتراهیدروکانابینول (Tetrahydrocannabinol یا THC)، خواص پاداش دهنده‌ای دارد که تجارب لذت‌بخشی به همراه دارد و بالقوه می‌تواند منجر به اعتیاد شود. ترکیب فعال اصلی موجود در کانابیس، THC با گیرنده‌های خاصی در مغز که به عنوان گیرنده‌های کانابینوئید شناخته می‌شوند، تعامل دارد. این تعامل منجر به احساس سرخوشی، آرامش و تسکین موقت می‌شود. با این حال، THC می‌تواند اثرات مضری بر عملکردهای شناختی از جمله حافظه، یادگیری، تمرکز و هماهنگی بدن داشته باشد (۴). طبق گزارش جهانی مواد مخدر در سال ۲۰۱۸، بیش از ۲۶۹ میلیون نفر در سراسر جهان از اشکال مختلف کانابیس از جمله ماری‌جوانا، حبشیش، رزین کانابیس و روغن کانابیس استفاده کرده‌اند. کانابیس به عنوان پرکاربردترین ماده غیر قانونی در جهان شناخته شده است (۷). در سال ۲۰۱۷، تعداد مصرف‌کنندگان کانابیس ۲۳۸ میلیون نفر گزارش شده است و در سال ۲۰۱۵، ۱۸۳ میلیون نفر بوده است (۵). علایم اصلی ترک کانابیس شامل اضطراب، تحریک‌پذیری، خلق افسرده، بی‌قراری، اختلال خواب، علایم گوارشی و کاهش اشتها می‌باشد که بیشتر آن‌ها در طول هفته اول شروع می‌شوند (۸).

به منظور آزمون اثر عامل بین‌آزمودنی (گروه) و عامل درون‌آزمونی (زمان) بر اندازه‌های جمع‌آوری شده متغیرهای انعطاف‌پذیری شناختی، توجه، حافظه و راهبردهای انطباقی و ناانطباقی نظم‌بخشی شناختی هیجانی، از طرح تحلیل واریانس عاملی آمیخته ساده استفاده شد. قبل از به کارگیری این فن آماری، آزمون Box's M برای همگنی ماتریس‌های کواریانس، مفروضه کرویت Mauchly با هدف تعیین همگنی واریانس‌ها و تشابه در واحد مقداری ضریب همبستگی بین زوج سطوح عامل درون‌آزمودنی، آزمون Levene به منظور تعیین همگنی واریانس‌های خطا و آزمون Kolmogorov-Smirnov برای بهنجاری توزیع نمرات متغیرها آزمون و تأیید گردید. علاوه بر این، آزمون Box's M که با هدف بررسی همگنی ماتریس‌های کواریانس متغیرهای وابسته بر حسب سطوح عامل بین‌آزمودنی استفاده شد، نشان داد که ماتریس‌های کواریانس متغیرهای وابسته در سطوح عامل بین‌آزمودنی (عامل گروه) برابر بودند.

نتایج تحلیل واریانس مختلط ساده نشان داد که اثر اصلی عامل درون‌گروهی بر طبقه‌بندی $[F(3, 12) = 0.63, p < 0.05, \eta^2 = 0.13]$ خطای درجاماندگی $[F(2, 8) = 13.91, p < 0.05, \eta^2 = 0.63]$ زمان واکنش (Stroop) $[F(2, 8) = 10.46, p < 0.05, \eta^2 = 0.73]$ نمره تداخل (Stroop) $[F(2, 8) = 33.27, p < 0.05, \eta^2 = 0.84]$ توجه متمرکز $[F(2, 8) = 25.39, p < 0.05, \eta^2 = 0.76]$ توجه پراکنده $[F(2, 8) = 9.89, p < 0.05, \eta^2 = 0.55]$ حافظه شنیداری $[F(2, 8) = 9.88, p < 0.05, \eta^2 = 0.55]$ تنظیم انطباقی $[F(2, 8) = 16.53, p < 0.05, \eta^2 = 0.64]$ و تنظیم ناانطباقی $[F(2, 8) = 37.13, p < 0.05, \eta^2 = 0.88]$ معنی‌دار بود.

علاوه بر این، نتایج تحلیل واریانس مختلط ساده نشان داد که اثر تعاملی عوامل درون‌گروهی و بین‌گروهی نیز بر طبقه‌بندی $[F(6, 24) = 15.67, p < 0.05, \eta^2 = 0.40]$ خطای درجاماندگی $[F(2, 8) = 34.91, p < 0.05, \eta^2 = 0.88]$ زمان واکنش (Stroop) $[F(2, 8) = 8.94, p < 0.05, \eta^2 = 0.53]$ نمره تداخل (Stroop) $[F(2, 8) = 18.36, p < 0.05, \eta^2 = 0.69]$ توجه انتخابی $[F(2, 8) = 22.68, p < 0.05, \eta^2 = 0.74]$ توجه پراکنده $[F(2, 8) = 12.54, p < 0.05, \eta^2 = 0.61]$ حافظه شنیداری $[F(2, 8) = 37.74, p < 0.05, \eta^2 = 0.88]$ تنظیم انطباقی $[F(2, 8) = 33.08, p < 0.05, \eta^2 = 0.88]$ و تنظیم ناانطباقی $[F(2, 8) = 77.89, p < 0.05, \eta^2 = 0.99]$ معنی‌دار گزارش گردید.

نتایج طرح عاملی آمیخته ساده نشان داد که اثر اصلی عامل بین‌گروهی بر طبقه‌بندی $[F(1, 28) = 12.67, p < 0.05, \eta^2 = 0.31]$ خطای درجاماندگی $[F(1, 28) = 3.95, p < 0.05, \eta^2 = 0.12]$ زمان واکنش (Stroop) $[F(1, 28) = 3.90, p < 0.05, \eta^2 = 0.12]$ نمره تداخل (Stroop) $[F(1, 28) = 3.89, p < 0.05, \eta^2 = 0.12]$ توجه متمرکز $[F(1, 28) = 3.89, p < 0.05, \eta^2 = 0.12]$ توجه پراکنده $[F(1, 28) = 5.05, p < 0.05, \eta^2 = 0.15]$ حافظه شنیداری $[F(1, 28) = 3.90, p < 0.05, \eta^2 = 0.12]$ تنظیم انطباقی $[F(1, 28) = 3.98, p < 0.05, \eta^2 = 0.13]$ و تنظیم ناانطباقی $[F(1, 28) = 3.90, p < 0.05, \eta^2 = 0.12]$ معنی‌دار بود.

از آزمون Bonferroni با هدف تعیین معنی‌داری مقایسه‌های زوجی سطوح عامل درون‌گروهی زمان استفاده شد. نتایج نشان داد که در تمامی مقایسه‌های انجام شده بر اساس متغیرهای کارکردهای شناختی و راهبردهای انطباقی /

جدول ۳. نتایج آزمون Bonferroni برای مقایسه های زوجی متوسط نمرات متغیرها

متغیر	مقایسه نمرات	تفاوت میانگین	خطای معیار	مقدار P	فاصله اطمینان ۹۵ درصدی
					حد پایین حد بالا
طبقه بندی	پیش آزمون / پس آزمون	-۱/۲۷	۰/۱۳	۰/۰۰۱	-۱/۵۹ -۰/۹۴
	پیش آزمون / پیگیری	-۱/۰۷	۰/۱۵	۰/۰۰۱	-۱/۴۶ -۰/۶۸
	پس آزمون / پیگیری	۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۴۹۰	-۰/۵۵ ۰/۱۵
خطای درجاماندگی	پیش آزمون / پس آزمون	۰/۵۵	۰/۱۳	۰/۰۰۱	۰/۱۶ ۰/۹۱
	پیش آزمون / پیگیری	۰/۶۳	۰/۱۶	۰/۰۰۱	۰/۱۶ ۱/۱۱
	پس آزمون / پیگیری	-۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۹۵۰	-۰/۳۶ ۰/۱۶
زمان واکنش (Stroop)	پیش آزمون / پس آزمون	-۱۸/۴۷	۳/۱۲	۰/۰۰۱	۱۰/۵۰ ۲۶/۴۳
	پیش آزمون / پیگیری	-۱/۴۳	۳/۲۰	۰/۰۰۱	۱۰/۲۸ ۲۶/۵۹
	پس آزمون / پیگیری	-۰/۰۳	۰/۶۵	۰/۹۹۰	-۱/۶۳ ۱/۶۹
نمره تداخل (Stroop)	پیش آزمون / پس آزمون	۱/۰۰	۰/۱۳	۰/۰۰۱	۰/۶۶ ۱/۳۴
	پیش آزمون / پیگیری	۰/۸۷	۰/۱۸	۰/۰۰۱	۰/۴۰ ۱/۳۳
	پس آزمون / پیگیری	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۹۸۰	-۰/۲۱ ۰/۴۸
توجه متمرکز	پیش آزمون / پس آزمون	-۰/۴۳	۰/۱۰	۰/۰۰۲	-۰/۶۹ -۰/۱۸
	پیش آزمون / پیگیری	-۰/۳۷	۰/۰۸	۰/۰۱۰	-۰/۵۷ -۰/۱۶
	پس آزمون / پیگیری	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۹۹۰	-۰/۳۹ ۰/۲۶
	پیش آزمون / پس آزمون	-۰/۴۷	۰/۱۴	۰/۰۰۱	-۰/۸۳ -۰/۱۱
توجه پراکنده	پیش آزمون / پیگیری	-۰/۴۵	۰/۱۰	۰/۰۰۱	-۰/۷۳ -۰/۲۱
	پس آزمون / پیگیری	۰/۰۲	۰/۱۴	۰/۹۹۰	-۰/۳۷ ۰/۳۷
	پیش آزمون / پس آزمون	-۱/۹۳	۰/۴۴	۰/۰۰۱	-۳/۰۴ -۰/۸۲
	پیش آزمون / پیگیری	-۲/۲۳	۰/۶۷	۰/۰۰۱	-۳/۹۴ -۰/۵۳
حافظه دیداری	پس آزمون / پیگیری	-۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۹۹۰	-۰/۹۹ ۱/۵۹
	پیش آزمون / پس آزمون	-۲/۶۷	۰/۴۹	۰/۰۰۱	-۳/۹۱ -۱/۴۳
	پیش آزمون / پیگیری	-۲/۸۰	۰/۶۹	۰/۰۰۱	-۴/۵۵ -۱/۰۶
حافظه شنیداری	پس آزمون / پیگیری	-۰/۱۳	۰/۴۴	۰/۹۹۰	-۱/۲۷ ۱/۰۱
	پیش آزمون / پس آزمون	-۱/۴۳	۰/۲۲	۰/۰۰۱	-۱/۹۹ -۰/۸۷
	پیش آزمون / پیگیری	-۱/۷۰	۰/۲۵	۰/۰۰۱	-۲/۳۵ -۱/۰۵
تنظیم انطباقی	پس آزمون / پیگیری	-۰/۲۷	۰/۱۵	۰/۲۵۰	۰/۱۱ ۰/۶۵
	پیش آزمون / پس آزمون	۱/۱۷	۰/۱۸	۰/۰۰۱	۰/۷۱ ۱/۶۲
تنظیم نوانطباقی	پیش آزمون / پیگیری	۱/۴۳	۰/۱۸	۰/۰۰۱	۰/۹۸ ۱/۹۹
	پس آزمون / پیگیری	-۰/۲۷	۰/۱۹	۰/۲۰۰	-۰/۰۳ ۰/۵۰

طریق کاند، تحریک پذیری مغز را کاهش می دهد (۱۶، ۱۵). نقش مهم DLPFC در عملکردهای شناختی به ویژه کارکردهای اجرایی مانند حافظه کاری، رفتار هدفمند، توجه، حافظه و کنترل مهارتی سبب شده است که محققان زیادی به آن توجه کنند. اولویت گذاری برای این ناحیه از مغز، نه فقط به افزایش در کارکرد شناختی مشارکت کنندگان منجر می شود که در فرونشانی رفتارهای ناسازگار نیز نقش می آفریند (۱۷). موافق با نتایج تحقیق حاضر، یافته های پژوهش های Zhang و همکاران نشان داد که تحریک الکتریکی DLPFC بر حافظه کاری، پردازش اطلاعات، توجه و تمرکز، پردازش عاطفی و حل مسأله، اثرات مثبتی به همراه دارد (۲۹، ۳۰). نتایج در این بخش نشان داد که در تصریح اثرگذاری تحریک tDCS بر DLPFC باید اذعان داشت که اعمال tDCS با تغییراتی در تحریک پذیری نورونی و پناسیل غشای نورون های سطحی از طریق دپلاریزه یا هایپرپلاریزه، آن ها را تعدیل می کند. در ادامه، این تعدیل منجر به افزایش یا کاهش شلیک سلول های مغزی می شود. همچنین، مطالعات تصویربرداری عصبی نشان داده است که

tDCS به مثابه یک روش غیر تهاجمی برای تعدیل عصبی شامل اعمال یک جریان الکتریکی مستقیم ضعیف به نواحی قشری است. هدف این تکنیک، تسهیل یا مهار تحریک پذیری عصبی در نواحی هدف می باشد (۱۹). در طول دهه گذشته، tDCS به عنوان یک تکنیک غیر تهاجمی ایمن و البته روایی شده برای تعدیل تحریک پذیری قشری ظهور کرده است. این روش یک جایگزین غیر تهاجمی، مقرون به صرفه و بدون خطرات جانبی تدارک می بیند و شامل اعمال یک جریان الکتریکی مستقیم به مغز است که منجر به بروز تغییراتی در پناسیل استراحت غشای نورون های قشری و تغییرات بعدی در تحریک پذیری قشری می شود (۱۷). در این روش، از یک جریان الکتریکی ضعیف ۰/۲ تا ۰/۵ میلی آمپر برای تحریک نواحی هدف مغز به منظور دستیابی به اثرات درمانی استفاده می شود (۲۰). با اتصال دو الکترود آند و کاتد به مکان های خاصی روی سطح جمجمه، یک جریان الکتریکی ضعیف و مستقیم اعمال می شود و در نتیجه، نورون های زیرین را تحریک می کند. تحریک از طریق آند، تحریک پذیری مغز را افزایش و تحریک از

به طریقی امن، منطق افزایش انگیزه افراد برای درمان و همچنین، بهبود در راهبردهای انطباقی/ سازگارانه نظم‌بخشی شناختی هیجان در آن‌ها را توضیح دهد. نتایج این بخش نشان داد که متعاقب تغییر در اولویت‌گذاری‌های مقابله‌ای افراد و اصرارشان به استفاده از طرق مواجه سازگارانه با تجارب فشارزا و البته کنترل اثرات جانبی ترک کانابیس در بین مشارکت‌کنندگان گروه تحریک tDCS، ضمن تحریک انگیزشی خودمراقبت‌گر، تغییرات آشکاری در رفتار مصرف مواد آن‌ها ایجاد کرد. به بیان دیگر، با فزونی راهبردهای انطباقی نظم‌بخشی هیجانی و به نبال آن، کاهش ولع مصرف، تأکید بر تعدیل DLPFC، مداخله اثرگذاری برای انگیزاندن و ترغیب مصرف‌کنندگان برای درمان و همچنین، پایبندی آن‌ها به درمان تلقی می‌شود (۳۷).

محدودیت‌ها

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی همراه بود. نخست، مشارکت‌کنندگان تنها از میان مردان مصرف‌کننده کانابیس انتخاب شدند. بنابراین، در تعمیم نتایج به زنان مصرف‌کننده کانابیس باید احتیاط شود. دوم، اگرچه در مطالعه حاضر پیامدهای شناختی و راهبردهای نظم‌بخشی شناختی هیجانی مورد ارزیابی قرار گرفت، اما شاخص‌های فیزیولوژیک و رفتاری مرتبط با اثربخشی مداخله بررسی نشد. سوم، شرکت‌کنندگان از میان افراد در حال ترک در یک مرکز آموزشی انتخاب شدند. از این‌رو، تعمیم نتایج به مصرف‌کنندگانی که هنوز برای درمان مراجعه نکرده‌اند، با محدودیت همراه است. چهارم، دوره پیگیری به یک ماه محدود بود که امکان بررسی ماندگاری بلندمدت اثرات مداخله را فراهم نمی‌کند. پنجم، حجم نمونه کوچک، تک مرکزی بودن مطالعه، احتمال اثر یادگیری آزمون‌های شناختی و البته محدود بودن مشارکت‌کنندگان به جامعه مردان مصرف‌کننده کانابیس، در زمره دیگر محدودیت‌هایی هستند که سبب می‌شوند استفاده از یافته‌های تحقیق حاضر، در بستر اطلاع از آن‌ها اولویت یابد. در بخش بحث، محققان کوشیدند با استناد به شواهد تجربی به طریقی مفروض، بر نقش ساز و کارهایی فیزیولوژیک تأکید کنند. بنابراین، تأکید می‌شود که به طریقی واقع‌نگر و با رعایت حداکثری جانب احتیاط، محدودیت ناشی از وجه فرضی استنباط‌های منتج از ساز و کارهای فیزیولوژیک را در نظر داشت.

پیشنهاده‌ها

با توجه به محدودیت‌های پژوهش حاضر، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده اثربخشی tDCS در زنان مصرف‌کننده کانابیس نیز بررسی شود تا امکان تعمیم یافته‌ها به هر دو جنس فراهم گردد. همچنین، استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک و رفتاری در کنار ارزیابی‌های شناختی و هیجانی می‌تواند شواهد جامع‌تری درباره اثربخشی این مداخله ارائه دهد. پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده افراد مصرف‌کننده‌ای را که هنوز برای درمان مراجعه نکرده‌اند نیز دربرگیرند تا نقش این مداخله در افزایش انگیزش برای جستجوی درمان و پایبندی به آن با دقت بیشتری بررسی شود. علاوه بر این، اجرای پژوهش‌ها با دوره‌های پیگیری طولانی‌تر می‌تواند اطلاعات دقیق‌تری درباره پایداری اثرات درمانی tDCS فراهم آورد. علاوه بر این، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده علاوه بر پیامدهای شناختی، شاخص‌های بالینی مهم مانند ولع مصرف، میزان عود، مدت پرهیز و کیفیت زندگی نیز ارزیابی شوند. در پایان پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی علاوه بر پیامدهای شناختی، شاخص‌هایی بالینی مانند ولع مصرف، میزان عود، مدت پرهیز و کیفیت زندگی نیز ارزیابی گردد.

DLPFC نه تنها در ولع مصرف و سوء مصرف مواد، بلکه در اختلالات خلقی و شناختی نیز دارای نقشی عصبی است (۱۸). علاوه بر این، مشاهدات بالینی بر نقش DLPFC در کنترل توجه و نقش آن در تنظیم فرایندهای مرتبط با ولع مصرف مواد و تصمیم‌گیری نیز تأکید کرده‌اند (۲۴). همچنین، نتایج نشان می‌دهد که تعدیل عصبی DLPFC از طریق تحریک tDCS، ضمن تعدیل رفتارهای اعتیادی، در کاهش نشانه‌های اعتیاد نیز نقش دارد. بر این اساس، tDCS از طریق بیش‌فعال‌سازی DLPFC، به طور هم‌زمان ضمن کاهش در دوپامین و کارکرد اجرایی آسیب‌دیده، خودکنترلی را افزایش و ولع مصرف را کاهش می‌دهد (۲۱). در بخش دیگری، نتایج تحقیقات حاکی از آن است که تحریک tDCS با اثرگذاری بر DLPFC، کارکرد اجرایی و سرعت پردازشگری را افزایش و از این طریق به بهبود شناختی در مصرف‌کنندگان کانابیس منجر می‌شود. پژوهش‌ها نشان داده است که استفاده از تحریک tDCS در دوره پرهیز (ترک)، در کاهش بیش از پیش اثرات جانبی ترک کانابیس، نقش می‌آفریند (۲۵، ۲۳).

قشر پیش‌پیشانی یک ناحیه کلیدی قشری برای کنترل شناختی است (۵۵) و در ولع برای مصرف سیگار، الکل و همچنین، در اختلال مصرف مواد شامل مواد افیونی، کوکائین، کانابیس و مت‌آمفتامین نقش دارد. علاوه بر این، ناحیه قشری پیش‌پیشانی، ضمن اثرگذاری بر تنظیم شناختی هیجان، پس از فعال‌شدگی می‌تواند بر نواحی زیرقشری لیمبیک مربوط با پردازش پاداش و مجازات نیز تأثیر بگذارد (۵۷، ۵۶، ۳۶). در این بافتار، tDCS یک مداخله تحریک مغزی غیر تهاجمی، ایمن و آسان است که با فعال‌سازی تغییر یافته در قشر جلویی مغز، برای مطالعه و اصلاح کارکردهای مغزی و درمان اختلالات آن استفاده می‌شود (۳۵). در بخش دیگری، نتایج پژوهش نشان داد که در گروه تحریک tDCS در مقایسه با گروه شام، راهبردهای انطباقی نظم‌بخشی هیجانی، بهبود و راهبردهای ناانطباقی نظم‌بخشی شناختی هیجان کاهش یافتند. بنابراین، بحث پیرامون ساز و کار عصب فیزیولوژیایی زیربنایی اثر مداخله تحریک مغزی غیر تهاجمی و ایمن tDCS بر راهبردهای نظم‌بخشی هیجانی در مصرف‌کنندگان کانابیس ضرورت می‌یابد (۳۱). یک مکانیسم بالقوه اثرگذاری مداخله tDCS پیش‌پیشانی بر مصرف‌کنندگان کانابیس، تأکید بر نقش DLPFC در کاهش احساسات منفی و افزایش احساسات مثبت است و مشخص می‌شود که می‌تواند با تشویق جستجوگری درمان همراه شود. DLPFC جهت کنترل شناختی پردازشگری هیجانی نقش بسیار مهمی دارد و سمت چپ آن با احساسات مثبت و سمت راست آن با احساسات منفی مربوط می‌شود. DLPFC چپ برای تعدیل مناطق پردازش هیجانات از فرایندهای بالا به پایین استفاده می‌کند و به افراد اجازه می‌دهد تا پاسخ‌های احساسی خود را مدیریت و در مواجهه با چالش‌های هیجانی، تعادل خویشتن را حفظ کنند (۳۱). در مقابل، تحریک مهار/ بازدارنده DLPFC راست، توجه به محرک‌های منفی را تقویت می‌کند و کنترل شناختی را کاهش می‌دهد. موافق با شواهد موجود، در بیماری مصرف مواد، فعال‌شدگی تغییر یافته دوپامین پیش‌پیشانی مربوط به آسیب/ اختلال در تصمیم‌گیری و ارزیابی پاداش و همچنین، پیوند بین اثرات ناشی از نوروپلاستیسیته tDCS با تعدیل دوپامین، مسیر توضیحی دیگری را برای کمک به فهم اثر مداخله tDCS بر راهبردهای نظم‌بخشی هیجانی در مصرف‌کنندگان کانابیس فراهم می‌آورد (۳۳). علاوه بر این، اثر تحریک آندی DLPFC بر تنظیم احساسات مثبت و منفی در اختلال مصرف مواد و سایر اختلالات عاطفی نیز مشاهده می‌شود. این موضوع همراه با سهم DLPFC در بهبود کنترل اجرایی در جمعیت‌های سالم و بالینی از جمله گروه‌های با اختلال سوء مصرف مواد، می‌تواند

نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که tDCS مکرر بر ناحیه قشر پیش پیشانی پشتی جانبی در خلال مرحله پرهیز (ترک) مصرف کانابیس، با بهبود کارکردهای شناختی و تسهیل راهبردهای سازگارانه نظم بخشی شناختی هیجانی، ضمن کمک به کنترل اثرات جانبی ترک، انگیزش افراد را برای جستجوی درمان و پایبندی به آن افزایش می دهد. بنابراین، تنظیم افزایشی و کاهش فعالیت DLPCF نه تنها در بهبود کارکردهای شناختی مصرف کنندگان کانابیس مؤثر است، بلکه از طریق تسهیل استفاده از راهبردهای سازگارانه در مواجهه با پریشانی های ناشی از ترک، می تواند نقش مهمی در افزایش انگیزه درمان جویی و تداوم درمان ایفا کند.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از پایان نامه مقطع دکتری تخصصی می باشد و بدون حمایت مالی انجام شد. بدین وسیله از تمامی افرادی که در اجرای این تحقیق و جمع آوری داده ها همکاری و مشارکت داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی به عمل می آید.

نقش نویسندگان

طراحی و ایده پردازی پروژه: معصومه قلیچ خانی، سعید ایمانی، جعفر پویامنش، احمد حاجبی
جذب منابع مالی برای انجام پروژه: معصومه قلیچ خانی، سعید ایمانی، جعفر پویامنش، احمد حاجبی
خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی پروژه: معصومه قلیچ خانی، سعید ایمانی، جعفر پویامنش، احمد حاجبی

فراهم کردن تجهیزات و نمونه های مطالعه: معصومه قلیچ خانی، سعید ایمانی، جعفر پویامنش، احمد حاجبی
جمع آوری داده ها: معصومه قلیچ خانی، سعید ایمانی، جعفر پویامنش، احمد حاجبی
تحلیل و تفسیر نتایج: معصومه قلیچ خانی، سعید ایمانی، جعفر پویامنش، احمد حاجبی
خدمات تخصصی آمار: معصومه قلیچ خانی، سعید ایمانی، جعفر پویامنش، احمد حاجبی
تنظیم دست نوشته: معصومه قلیچ خانی، سعید ایمانی، جعفر پویامنش، احمد حاجبی
ارزیابی تخصصی دست نوشته از نظر مفاهیم علمی: معصومه قلیچ خانی، سعید ایمانی، جعفر پویامنش، احمد حاجبی
تأیید دست نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله: معصومه قلیچ خانی، سعید ایمانی، جعفر پویامنش، احمد حاجبی

منابع مالی

پژوهش حاضر بر اساس تحلیل اولیه داده های مستخرج از پایان نامه مقطع دکتری تخصصی مورد تأیید کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی با کد IR.IAU.TNB.REC.1403.245 و ثبت کارآزمایی بالینی در مرکز بین المللی ثبت کارآزمایی های بالینی ایران (IRCT) با کد IRCT20260628069988N1 انجام شد و هیچ گونه حمایت مالی دریافت نکرد. دانشگاه آزاد اسلامی در طراحی مطالعه، جمع آوری داده ها، تحلیل و تفسیر نتایج، نگارش دست نوشته یا تصمیم گیری برای انتشار مقاله هیچ نقش مالی ایفا نکرد.

تعارض منافع

نویسندگان دارای تعارض منافع نمی باشند.

References

- Merrill RM, Palmer JC, Larson HT. Reasons for using cannabis among adults in the United States: associations with demographics, health behaviors, chronic conditions, and legal status. *Int J Environ Res Public Health*. 2026; 23: 421-43.
- Aletraris L, Graves BD, Ndung'u JJ. Assessing the impact of recreational cannabis legalization on cannabis use disorder and admissions to treatment in the United States. *Curr Addict Rep*. 2023; 10(2): 198-209.
- Connor JP, Stjepanović D, Le Foll B, Hoch E, Budney AJ, Hall WD. Cannabis use and cannabis use disorder. *Nat Rev Dis Primers*. 2021; 7(1): 16-53.
- Caulkins JP. Changes in self-reported cannabis use in the United States from 1979 to 2022. *Addiction*. 2024; 119(9):1648-52.
- Baldwin GT, Vivolo-Kantor A, Hoots B, Roehler DR, Ko JY. Current cannabis use in the United States: implications for public health research. *Am J Public Health*. 2024; 114(S8): S624-27.
- Saberi-Zafarghandi MB, Arezoomandan R, Fayazfeyzi Y. Efficacy of transcranial direct current stimulation on the dorsolateral prefrontal cortex in reducing craving, depression, and improving working memory in patients with cannabis use disorders: a randomized, double-blind, sham-controlled trial. *Iran J Psychiatry Behav Sci*. 2024; 18(3): e142498.
- Pilloni G, Pehel S, Ko T, Sammarco C, Charlson RE, Hanlon CA, Charvet L. Telehealth tDCS to reduce cannabis use: a pilot randomized controlled trial in multiple sclerosis as a framework for generalized use. *Drug Alcohol Depend*. 2025; 272: 112706.
- Mehra K, Rup J, Wiese JL, Watson TM, Bonato S, Rueda S. Changes in self-reported cannabis use during the COVID-19 pandemic: a scoping review. *BMC Public Health*. 2023; 23(1): 2139.
- Kitchigina VF. Cannabinoids, the endocannabinoid system, and cognitive functions: enemies or friends? *Neurosci Behav Physiol*. 2021; 51(7): 893-914.
- Mavaddat H, Fouladi A, Sabbagh Kashani A, Khayatan I, Andarzbaksh K, Razavi SM, Rezazadeh A. Cannabinoids and ADHD: a new frontier in neuropharmacology? *J Mol Neurosci*. 2025; 75: 146-74.
- Mattingly DT, Richardson MK, Hart JL. Prevalence of and trends in current cannabis use among US youth and adults, 2013-2022. *Drug Alcohol Depend Rep*. 2024; 12: 100253.
- Kramer J, Koller G, Pogarell O. Cannabinoids and the heart—a psychiatrist's perspective. *Herz*. 2024; 49: 428-33.
- Koob GF, Volkow ND. Neurocircuitry of addiction. *Neuropsychopharmacology*. 2010; 35(1): 217-38.
- Koob GF, Volkow ND. Neurobiology of addiction: a neurocircuitry analysis. *Lancet Psychiatry*. 2016; 3(8): 760-73.
- Hoch E, Volkow ND, Friemel CM, Lorenzetti V, Freeman TP, Hall W. Cannabis, cannabinoids and health: a review of evidence

- on risks and medical benefits. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*. 2025; 275: 281-92.
16. Fang Y, Sun Y, Liu Y, Liu T, Hao W, Liao Y. Neurobiological mechanisms and related clinical treatment of addiction: a review. *Psychoradiology*. 2022; 2(4): 180-9.
 17. Neacsiu AD, Beynel L, Graner JL, et al. Enhancing cognitive restructuring with concurrent fMRI-guided neurostimulation for emotional dysregulation: a randomized controlled trial. *J Affect Disord*. 2022; 301: 378-89.
 18. Kinney KR, Kirse HA, Stewart NE, Ip EH, Saldana S, DeMaioNewton HE, Kimber M, Smith HR, Douglas HE, Kiraly DD, Hanlon CA, Addicott MA. Theta burst stimulation as a tool to decrease drinking in treatment-seeking alcohol users: study protocol for a randomized, double-blind, sham-controlled clinical trial. *Trials*. 2025; 26: 487-503.
 19. Ertl N, Freeman TP, Mokrysz C, Ofori S, Borissova A, Petrilli K, Curran HV, Lawn W, Wall MB. Acute effects of different types of cannabis on young adult and adolescent resting-state brain networks. *Neuropsychopharmacology*. 2024; 49: 1640-51.
 20. Elrassas HH, Elsayed YAR, Abdeen MS, Mohamed AT, El Nagar ZM. Synthetic cannabinoids impact on cognitive functions. *Egypt J Neurol Psychiatry Neurosurg*. 2023; 59: 151-9.
 21. Chu KY, Cheng KH. Effects of transcranial direct-current stimulation and cognitive training on individuals with mild cognitive impairment and dementia: a systematic review and meta-analysis. *J Mod Rehabil*. 2025; 19(1): 1-13.
 22. Chmiel J, Stepien-Słodkowska M, Ramik-Mazewska I. Efficacy of transcranial direct current stimulation (tDCS) on neuropsychiatric symptoms in substance use disorder (SUD): a review and insights into possible mechanisms of action. *J Clin Med*. 2025; 14: 1337-75.
 23. 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? *Front Psychiatry*. 2020; 11: 598-610.
 24. Biernacki K, Goldstein RZ, Güth MR, Alia-Klein N, Cole S, Ray S, Baker TE. Blunted anterior midcingulate response to reward in opioid users is normalized by prefrontal transcranial magnetic stimulation. *Transl Psychiatry*. 2025; 15: 340-51.
 25. Bagheban-Sadati F, Imani S, Sadeghi-Firoozabadi V, Alizadehgoradel J. Comparison of the effectiveness of tACS and tDCS on craving reduction and cognitive functions. *Appl Psychol*. 2025; 19(3): 30-54. [In Persian].
 26. Michel A, Kang D, Fillingim RB, Balderston NL, Bond DS, Steele VR. Repetitive transcranial magnetic stimulation for substance use disorders and chronic pain: a review of the evidence and call for increased mechanistic understanding. *Curr Addict Rep*. 2025; 12: 14-48.
 27. Sahay S, Reddy MVSRR, Lennox C, Wolinsky E, McCullumsmith RE, Singh T. Harnessing neuroimaging-guided transcranial magnetic stimulation for precision therapy in substance use disorders. *Mol Psychiatry*. 2025; 30: 3804-816.
 28. Vollstädt-Klein S, Türkmen C, Grundinger N, Wieland A, Aggensteiner PM, Stock NK, Stein M, Moggi F, Bublatzky F, Kiefer F, Link T, Gerhard S. Modification of inhibitory control and craving through transcranial direct current stimulation as an add-on treatment for substance use disorder: protocol for a randomized controlled study. *BMC Psychol*. 2025; 13: 1132-44.
 29. Zhang M, Chen L, Ren Z, Wang Z, Luo W. Applications of TMS in individuals with methamphetamine use disorder: a review. *Heliyon*. 2024; 10: e25565.
 30. Zhang X, Huang M, Yu Y, Zhong X, Dai S, Dai Y, Jiang C. Is transcranial direct current stimulation effective for cognitive dysfunction in substance use disorders? a systematic review. *Brain Sci*. 2024; 14: 754.
 31. Salmani A, Basharpour S, Vaziri Z, Salehinejad MA. Repeated prefrontal tDCS improves cognitive emotion regulation and readiness for treatment in substance use disorder: a randomized sham-controlled study. *Addict Behav Rep*. 2025; 21: 100614.
 32. Ekhtiari H, Tavakoli H, Addolorato G, Baeken C, Bonci A, Campanella S, CasteloBranco L, Challet-Bouju G, Clark VP, Claus E, Dannon PN, Del Felice A, den Uyl T, Diana M, di Giannantonio M, Fedota JR, Fitzgerald P, Gallimberti L, Grall-Bronnec M, Hanlon CA. Transcranial electrical and magnetic stimulation (tES and TMS) for addiction medicine: a consensus paper on the present state of the science and the road ahead. *Neurosci Biobehav Rev*. 2019; 104: 118-40.
 33. Stellern J, Xiao KB, Grennell E, Sanches M, Gowin JL, Sloan ME. Emotion regulation in substance use disorders: a systematic review and meta-analysis. *Addiction*. 2023; 118(1): 30-47.
 34. Zoghiyadardar M, Hasany Khosh Z, Yar Mohammadi Wasel M, Mohagheghi H. Comparing transcranial direct current stimulation (tDCS) and methadone maintenance treatment (MMT) on emotion regulation, distress tolerance and decreased craving in people with substance use disorder (SUD). *Neuropsychology*. 2022; 7(27): 95-109.
 35. Zakibakhsh N, Basharpour S, Ghalyanchi Langroodi H, Narimani M, Nitsche MA, Salehinejad MA. Repeated prefrontal tDCS for improving mental health and cognitive deficits in multiple sclerosis: a randomized, double-blind, parallel-group study. *J Transl Med*. 2024; 22(1): 843.
 36. Alizadehgoradel J, Nejati V, Sadeghi Movahed F, Imani S, Taherifard M, MosayebiSamani M, Vicario CM, Nitsche MA, Salehinejad MA. Repeated stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex improves executive dysfunctions and craving in drug addiction: a randomized, double-blind, parallel-group study. *Brain Stimul*. 2020; 13(3): 582-93.
 37. Ghanavati E, Salehinejad MA, Beaupain MC, Melo L, Frese A, Kuo MF, Nitsche MA. Contribution of glutamatergic and GABAergic mechanisms to the plasticity-modulating effects of dopamine in the human motor cortex. *Hum Brain Mapp*. 2025; 46(3): e70162.
 38. Nyhus E, Barceló F. The Wisconsin Card Sorting Test and the cognitive assessment of prefrontal executive functions: a critical update. *Brain and cognition*. 2009; 71(3): 437-51.
 39. Miles S, Howlett CA, Berryman C, Nedeljkovic M, Moseley GL, Phillipou A. Considerations for using the Wisconsin Card Sorting Test to assess cognitive flexibility. *Behavior research methods*. 2021; 53(5): 2083-91.

40. Javanmard GH. A study of executive functions in schizophrenic patients with positive and negative symptoms and healthy individuals using the Wisconsin Card Sorting neuropsychological test. *Neuropsychology Quarterly*. 2015; 1(2): 6-16. [In Persian].
41. Rempfer M, Hamera E, Brown C, Bothwell RJ. Learning proficiency on the Wisconsin Card Sorting Test in people with serious mental illness: what are the cognitive characteristics of good learners? *Schizophr Res*. 2006; 87(1-3): 316-22.
42. Khalafbeigi M, Akbarfahimi M, Ashayeri H, Doostdar H. Investigating the impact of musical activities on executive functions in patients with schizophrenia. *J Army Med Sci Univ*. 2013; 2: 120-9. [In Persian].
43. Jensen AR, Rohwer Jr WD. The Stroop color-word test: a review. *Acta psychologica*. 1966; 25: 36-93.
44. Nejati V. The relationship between executive functions of the brain and risky decision-making among university students. *Journal of Behavioral Sciences Research*. 2013; 11(3): 270-8.
45. Alilo MM, Khamidi S, Shirvani A. Comparison of executive functions and sustained attention in students with obsessive-compulsive symptoms, high schizotypal traits, and overlapping symptoms with normal group. *J Behav Sci Res*. 2011; 9(3): 216-21.
46. Shiri V, Hosseini SA, Pishyareh E, Biglarian A. Studying the relationship of executive functions with behavioral symptoms in children with high-functioning autism. *Journal of Rehabilitation*. 2015; 16(3): 208-17.
47. Drozdick LW, Raiford SE, Wahlstrom D, Weiss LG. The Wechsler Adult Intelligence Scale—Fourth Edition and the Wechsler Memory Scale—Fourth Edition. In: Flanagan DP, McDonough EM, editors. *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues*. 4th ed. New York: The Guilford Press; 2018. p. 486-511.
48. Khoddadadi M, Amani H. *Wechsler Working Memory Software*. Tehran: Sina Institute for Behavioral and Cognitive Sciences Research; 2014.
49. Khanjani Z, Nazari MA, Ab-ravani P. Effectiveness of cognitive rehabilitation on executive functions in stroke patients. *Journal of Clinical Psychopathology Studies*. 2019; 9(34): 197-226. [In Persian].
50. Khanjani Z, Farhoudi M, Nazari MA, Saeedi MT, Abravani P. Effectiveness of cognitive rehabilitation on selective and divided attention and executive function in adults with stroke. *Shenakht Journal of Psychology and Psychiatry*. 2018;5(3):81-94. Available from: <http://shenakht.muk.ac.ir/article-1-493-fa.html>. [In Persian].
51. Garnefski N, Kraaij V. The cognitive emotion regulation questionnaire. *European journal of psychological assessment*. 2007; 23(3): 141-9.
52. Hosseini-Abadi M, Shokri A. Factor structure equivalence test of the short form of the Cognitive Emotion Regulation Questionnaire. *Developmental Psychology Quarterly: Iranian Psychologists*. 2015; 12(46): 199-211. [In Persian].
53. Garnefski N, Kraaij V, Spinhoven P. Negative life events, cognitive emotion regulation and emotional problems. *Personality and Individual Differences*. 2001; 30(8): 1311-27.
54. Entezam-Din F, Shokri A, Fattah-Abadi J. The mediating role of cognitive coping strategies in the relationship between psychological resilience and psychological well-being in gifted boys and girls students. *Developmental Psychology Quarterly: Iranian Psychologists*. 2024; 21(81): 73-90. [In Persian].
55. Salehinejad MA, Ghanavati E, Rashid MHA, Nitsche MA. Hot and cold executive functions in the brain: A prefrontal-cingular network. *Brain and Neuroscience Advances*. 2021; 5: 1-19.
56. Molavi P, Azizaram S, Basharpour S, Atadokht A, Nitsche MA, Salehinejad MA. Repeated transcranial direct current stimulation of dorsolateral prefrontal cortex improves executive functions, cognitive reappraisal emotion regulation, and control over emotional processing in borderline personality disorder: A randomized, sham-controlled, parallel-group study. *Journal of Affective Disorders*. 2020; 274: 93-102.
57. Vicario CM, Salehinejad MA, Felmingham K, Martino G, Nitsche MA. A systematic review on the therapeutic effectiveness of non-invasive brain stimulation for the treatment of anxiety disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2019; 96: 219-31.

The Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation on Improving Cognitive Functions and Cognitive Emotion Regulation Strategies in Cannabis Users: A Randomized Sham-Controlled Trial

Masoumeh Ghelichkhani¹  , Saeed Imani²  ,
Jafar Pouyamanesh³  , Ahmad Hajebi⁴  

Abstract

Original Article

Introduction: The present study aimed to investigate the effectiveness of transcranial direct current stimulation (tDCS) in improving cognitive functions and cognitive emotion regulation strategies among cannabis users. Given the cognitive and emotional impairments associated with cannabis use, and the role of these deficits in the persistence of use and the challenges of cessation, evaluating the efficacy of non-invasive brain stimulation interventions in addressing these impairments is of considerable clinical and scientific importance.

Materials and Methods: A randomized sham-controlled trial design was employed in this study. During the withdrawal phase, 30 male cannabis users were randomly assigned to either the experimental or sham group. Participants in the intervention group received 10 daily sessions of anodal stimulation over the left dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) and cathodal stimulation over the right DLPFC. In contrast, the sham group received only sham stimulation. Cognitive functions and cognitive emotion regulation strategies were assessed in both groups before and after the intervention.

Results: The findings indicated that tDCS significantly improved cognitive flexibility, attention, and working memory in the experimental group. In addition, the use of adaptive cognitive emotion regulation strategies increased, while maladaptive strategies decreased following the intervention.

Conclusion: The findings of the present study indicate that transcranial direct current stimulation (tDCS), by modulating dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) activity, not only improves cognitive functions but also enhances adaptive cognitive emotion regulation strategies in cannabis users. Therefore, tDCS may serve as an effective adjunctive intervention to support cannabis cessation and improve treatment adherence.

Keywords: Transcranial direct current stimulation; Dorsolateral prefrontal cortex; Cannabis; Cognitive functions; Cognitive emotion regulation

Citation: Ghelichkhani M, Imani S, Pouyamanesh J, Hajebi A. The Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation on Improving Cognitive Functions and Cognitive Emotion Regulation Strategies in Cannabis Users: A Randomized Sham-Controlled Trial. J Res Rehabil Sci 2026; 22: 1-12.

Received date: -

Accept date: -

Published: -

1- PhD Candidate, Department of Psychology, Kish International Campus, Islamic Azad University, Kish, Iran

2- Associate Professor, Department of Counseling, School of Education and Psychology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Department of Psychology and Counseling, School of Humanities, Abhar Branch, Islamic Azad University, Abhar, Iran

4- Psychiatrist, Research Center for Addiction and Risky Behaviors, Psychosocial Health Research Institute, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Corresponding Author: Saeed Imani; Associate Professor, Department of Counseling, School of Education and Psychology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran; Email: s_imani@sbu.ac.ir