

مروری بر مطالعه اثربخشی تحریک فراجمجه ای مغز با جریان مستقیم (tDCS) در اختلالات مصرف مواد

مهديه ساسانی نژاد^۱، شهرام محمدخانی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۳

چکیده

هدف: تحریک فراجمجه‌ای با جریان الکتریکی مستقیم (tDCS)، اخیراً به عنوان یک تکنیک در حوزه اختلالات مصرف مواد، کاربرد پیدا کرده است. در این مقاله به مرور مقالات و پژوهش‌های انجام شده در این زمینه پرداخته شد تا مسائل مرتبط با روش‌شناسی، کاربرد و اثربخشی آن را در حیطه اختلالات مصرف مواد مورد بررسی قرار دهیم. **روش:** تعداد ۲۴ مقاله از بین ۶۰ مقاله موجود انتخاب از میان آن‌ها ۲۲ مطالعه بر اثر tDCS بر کر تکس پیش‌پیشانی و ۳ مطالعه بر اثربخشی tDCS بر کاهش ولع مصرف مواد اشاره داشتند. **یافته‌ها:** هنوز به طور قطع نمی‌توان در مورد اثربخشی tDCS به عنوان یک درمان بسیار مؤثر در کاهش ولع مصرف مواد اظهار نظر نمود. **نتیجه‌گیری:** نمونه‌های کوچک، پروتکل‌های متفاوت و طول دوره مطالعه و عدم وجود پیگیری‌های بعدی از محدودیت‌های اصلی مطالعات انجام شده بودند. اما می‌توان از آن به عنوان یک درمان مکمل استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: تحریک فراجمجه‌ای مغز با جریان مستقیم، ولع مصرف مواد، کر تکس پیش‌پیشانی دو طرفه، اختلالات مصرف مواد

۱. نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری روان‌شناسی سلامت دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران، پست الکترونیکی:

mahdieh_sasani@yahoo.com

۲. دانشیار گروه روان‌شناسی بالینی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران

مقدمه

اختلالات مصرف مواد، بیماری‌ای هستند که بیمار و جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به‌طور کلی به عنوان هشتمین علت مرگ در سطح جهان محسوب می‌شوند. با این حساب ۵/۴٪ از کل بار جهانی بیماری را شامل می‌شود. رفتارهای تکانشگرانه، ایجاد تحمل^۱ و ولع مصرف مواد با رشد، تداوم و عود اختلالات اعتیادی مرتبط است (پری و کارول^۲، ۲۰۰۸). در هر اختلال مصرف مواد، یکی از نشانه‌ها، ولع مصرف مواد است که با تحت فشار قرار دادن، تمایل فوری و غیرقابل تحمل برای دسترسی به مواد همراه است. همین امر، منجر به از دست دادن کنترل فرد می‌شود. ولع مصرف مواد به عنوان نشانه اصلی فرایند اعتیاد در ویراست پنجم راهنمای تشخیصی و آماری اختلالات روانی^۳ به عنوان ملاک تشخیصی اختلالات مرتبط با مصرف مواد باقی مانده است. به نظر می‌رسد ولع با اختلال در سیستم پاداش مرتبط است (اسکولتز^۴، ۲۰۱۵). مدارهای مرکزی پاداش شامل ساختارهای سیستم دوپامینرژیک است. مهم‌ترین مناطق مرتبط با لذت و پاداش در مسیر پیش مغز میانی^۵ قرار دارد. ناحیه پیش مغز میانی شامل مجموعه عظیمی از رشته‌های عصبی است که از بخش‌هایی نظیر کلاهک شکمی و هیپوتالاموس جانبی عبور کرده و ارتباط‌هایی با سایر مناطق نیز برقرار می‌کند. این مسیر که به وسیله فعالیت‌های بقای زندگی مانند رابطه جنسی و خوردن فعال می‌شود، دربرگیرنده نورون‌هایی است که از ناحیه کلاهکی - شکمی مغز^۶ نشأت می‌گیرند و به هسته اکامبنس^۶ منتهی می‌شود. وقتی این نورون‌ها تحریک می‌شوند، دوپامین آزاد می‌کنند. باید توجه داشت که بین احساس لذت ناشی از مصرف مواد و آزاد شدن دوپامین همبستگی وجود دارد. به نظر می‌آید که مواد اعتیادآور و فعالیت‌های افراط گونه خاص مانند قماربازی همگی آزاد شدن دوپامین را در این سیستم تحریک می‌کنند و همچنین حالت هیجانی شخص را تغییر می‌دهند. از سوی دیگر، تصویربرداری عصبی، بر ارتباط عملکرد قشر پیش‌پیشانی بخصوص قشر پیش‌پیشانی

1. tolerance
2. Perry, & Carroll
3. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition

4. Schultz
5. medial forebrain bundle
6. Nucleus Accumbens (NAc)

دو طرفه (DLDF) بر بد تنظیمی هیجان تأکید می‌کند؛ یک ناحیه خاص مغز برای تجربه هیجان، ناحیه لیمبیک است. با توجه به اینکه ارتباط‌های زیادی بین قشر پیش‌پیشانی و ناحیه لیمبیک که شامل بادامه^۱، هیپوتالاموس جانبی^۲ و هسته اکامبنس است، وجود دارد به نظر می‌رسد قشر پیش‌پیشانی در کارکرد هیجانی نابهنجار و تنظیم نامناسب هیجانی سهیم باشد. به‌طور خاص، در نمونه‌های بهنجار، تلاش داوطلبانه برای تنظیم هیجان از طریق به کار بردن راهبردهای هیجانی سازگارانه، فعالیت نواحی پیش‌پیشانی جانبی را افزایش و فعالیت بادامه را کاهش می‌دهد. یافته‌ها، بدکارکردی سیستم قشر پیشین حلقه‌ای^۳ و پیش‌پیشانی را که با بد تنظیمی هیجانی همراه است تأیید می‌کنند (خانزیان، البینزی، ۲۰۰۸).

در مورد اختلالات مرتبط با مواد درمان‌هایی از قبیل دارودرمانی، روان‌درمانی و... سال‌هاست که مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ اما این درمان‌ها در اعتیاد، محدودیت‌ها و ضعف‌های خاص خودشان را دارند و به همین دلیل، دیگر گزینه‌های درمانی برجسته شده‌اند. اخیراً، ابعاد درمانی جدید از قبیل تحریک‌های غیرتهاجمی مغز در اعتیاد مورد استفاده قرار گرفته‌اند که شامل tDCS هم می‌شود.

۱۳۹

139

tDCS، تکنیکی است که در آن یک جریان ضعیف توسط الکترودهایی برای چند دقیقه به مغز وارد می‌شود و منجر به مدولاسیون فعالیت مغزی می‌شود. مطالعات در انسان نشان داده است تحریک قشر حرکتی، تحریک‌پذیری آن را بسته به قطب تحریک‌پذیری تغییر می‌دهد. تحریک آندی، تحریک‌پذیری قشری را افزایش می‌دهد در حالی که تحریک کاتدی آن را کاهش می‌دهد (نیچه، لیبنتاز و آنتال، ۲۰۰۳). نظریه مشهوری در این زمینه بیان می‌کند که تحریکات مثبت، نوروهای محلی را دپلاریزه می‌کند، به این معنی که با تغییر در ولتاژ آن‌ها به میزان ۵ تا ۱۰ میکروولت، نوروها را از حالت پتانسیل استراحت با ولتاژ ۶۵ میکروولت به ولتاژ ۵۵ میکروولت می‌رساند. در نتیجه نوروها به ورودی‌های کمتری از طریق دندریت‌هایشان برای شروع فعالیت دپلاریزاسیون احتیاج دارند. الکتروود منفی که کاتد نامیده می‌شود، نوروها را کمی هایپرپلاریزه می‌کند.

1. Amygdala
2. Lateral Hypothalamus
3. Orbitofrontal cortex system

4. Khantzian, & Albenese
5. Nitsche, Liebetanz, Antal

در نتیجه نورون به ورودی‌های بیشتری از دندریت برای شروع فعالیت احتیاج پیدا می‌کند. تحریک مثبت میزان گابا (تعدیل‌کننده عصبی مهاری) را در محل تحریک افزایش می‌دهد که نتیجه آن افزایش فعالیت نورونی است. در حالی که تحریک منفی عمدتاً باعث کاهش میزان گلو تامات (تعدیل‌کننده عصبی تهییجی) محل تحریک و در نتیجه کاهش فعالیت نورونی می‌شود (پریوری، بردلی و رونا، ۱۹۹۸). تصور کلی این است که tDCS یک تکنیک امن با عوارض خفیف و موقت است. برونی، امدرا و بربل^۲ (۲۰۱۱) در یک فراتحلیل ثابت کردند بیشترین تأثیرات نامطلوب آن شامل خارش، گزگز، سردرد، احساس سوزش و ناراحتی است. گزارش عوارض جانبی بدین شرح است: سوزن سوزن شدن خفیف (۷۱ درصد)، خستگی خفیف (۳۵ درصد)، احساس خارش جزئی (۳۰/۴ درصد)، بی‌قراری مختصر (۲۱ درصد)، درد خفیف زیر الکترودها (۱۶ درصد)، سردرد (۱۲ درصد)، مشکلات تمرکز (۱۱ درصد)، تهوع (۲/۹ درصد) و اختلالات خواب (یک درصد). در طول سال‌های گذشته، استفاده از tDCS در تحقیقات بالینی، از تحقیقات نوروساینس پایه گرفته تا درمان اختلالات مختلف و نورولوژیک و روان‌پزشکی افزایش یافته و همه این تحقیقات تأثیرات مثبت tDCS را در درمان اختلالات متفاوت از جمله افسردگی، وسواس و... نشان داده‌اند (گویال، کاتاریا و آندرد^۳، ۲۰۱۶)؛ اما مطالعات کمی از tDCS، در درمان اختلالات مرتبط با مواد استفاده کرده‌اند. با این وجود، این مطالعات نقش احتمالی این روش را برای درمان چنین شرایطی به خصوص با تحریک قشر پیش‌پیشانی نشان داده‌اند (تروتولا، کازاتی و آپاراسیو^۴، ۲۰۱۵).

به منظور بررسی اثربخشی درمان tDCS در کاهش ولع و درمان اختلالات مصرف مواد، کاربرد و شناسایی پروتکل‌های مورد استفاده در درمان این نوع اختلالات، مطالعه حاضر به مرور پژوهش‌ها و مطالعاتی پرداخته که در سال‌های اخیر از tDCS به عنوان ابزاری برای درمان اختلالات مصرف مواد استفاده کرده‌اند.

روش

جامعه، نمونه، و روش نمونه‌گیری

در این مطالعه مروری؛ مقالاتی که بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ که به‌نوعی به بررسی اثربخشی tDCS بر اختلالات مرتبط با مواد پرداخته بودند، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند. جستجوی مطالعات با بررسی مطالعات در پایگاه‌های اطلاعاتی فارسی و انگلیسی معتبر پاب مد^۱ و گوگل اسکولار^۲ با کلیدواژه‌هایی نظیر اختلالات مرتبط با مواد، تحریک فراجمجه ای با جریان مستقیم، هروئین، کانابیس، نیکوتین، اپیوم، کوکائین و مانند آن صورت گرفت؛ بر این اساس عواملی نظیر تأثیر tDCS در اختلالات مرتبط با مواد و پروتکل‌های استفاده شده مورد بررسی قرار گرفت. مجموع مطالعات به‌دست آمده ۶۰ مطالعه شد. از بین ۶۰ مطالعه یافت شده، مطالعاتی برای بررسی نهایی انتخاب شدند که شامل ملاک‌های تعیین شده برای ورود یعنی طبقه‌بندی در یکی از گروه‌های مقالات مروری، مقالات مطالعه موردی، مطالعات فیزیوپاتولوژیک و مطالعات رفتاری و در واقع مطالعات بالینی درباره tDCS بودند که از مجموع مقالات یافت شده ۲۵ مورد آن‌ها، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

۲۵ مقاله‌ای که بر اساس معیارهای ورود انتخاب شده بود، در کل شامل ۱۱۲۴ شرکت‌کننده بودند. این مطالعات در زمینه استفاده از الکل (۷ مورد)، کافئین (۱ مورد)، کوکائین (۵ مورد)، هروئین (۱ مورد)، متامفتامین (۱ مورد)، نیکوتین (۶ مورد)، کانابیس (۱ مورد)، تنباکو (۱ مورد)، کراک هروئین (۱ مورد) و اپیوم (۱ مورد) بودند. از بین ۲۴ مقاله انتخاب شده، ۲۲ مورد آن‌ها به ارزیابی اثربخشی tDCS بر DLPFC و ۳ مورد دیگر بر مناطق پیشانی، خلفی، گیجگاهی^۳ پرداخته بودند. از ۲۲ مطالعه انجام شده بر DLPFC، ۱۶ مطالعه، اثربخشی tDCS را در کاهش ولع مصرف مواد نشان دادند و از ۳ مطالعه انجام شده بر FPT، یک مورد، تأثیر tDCS بر کاهش ولع مصرف مواد را نشان داد.

یک مورد هم بر روی f3/ f4 انجام شده بود که کاهش ولع و رفتارهای پرخطر را برای مدت کوتاهی در الکلی‌ها نشان می‌داد. در همه این مطالعات به‌استثنای دو مورد، نمونه‌گیری تصادفی با گروه کنترل انجام شده بود. ۲ مورد شبه آزمایشی و ۲ مورد هم از نوع متقاطع^۱ بودند. در ۱۱ مطالعه، الکتروود آند روی نیمکره راست و کاتد روی نیمکره چپ قرار گرفته بود و در ۸ مطالعه دیگر الکتروود آند روی نیمکره چپ و کاتد سمت راست قرار گرفت. در ۴ مطالعه آند راست/چپ - کاتد راست/چپ و در هر دو مطالعه‌ای که بر روی FPT انجام شد تحریک دو طرفه کاتدی ارائه شده بود.

در بین ۱۶ مقاله‌ای که اثربخشی tDCS را در کاهش ولع مصرف مواد با تحریک نقاطی در DLPFC انجام داده بودند، ۶ مورد تحریک آندی نیمکره چپ، ۵ مورد تحریک آندی نیمکره راست و ۵ مورد تحریک آندی دو طرفه بودند. در یکی از گروه‌ها تحریک آندی سمت راست، اثربخشی بیشتری را نسبت به تحریک آندی سمت چپ نشان داده بود (بوگیو، زاگی و ویلانی^۲، ۲۰۱۰). پدرون^۳ و همکاران (۲۰۱۷) اثر tDCS را بر روی رفتارهای مرتبط با کوکائین و تنظیم ژن مدارهای کورتیزواستاتیک که در انگیزتگی روانی اعتیاد نقش دارد، در موش‌های ماده بزرگ سال مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها tDCS را به مدت سه هفته بر روی کرتکس فرونتال موش‌ها انجام دادند. نتایج به‌دست آمده بیانگر این بود که tDCS باعث تقلیل پاسخ‌های رفتاری و مولکولی به کوکائین برای چند هفته می‌شود. کانتی و ناکامورا^۴ (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای که انجام دادند، بر این باور بودند که انجام tDCS بر روی DLPFC می‌تواند منجر به تعدیل قشر سینگولیت قدامی^۵ (ACC) در افراد معتاد شود. ۱۳ شرکت‌کننده معتاد به کراک، تحریک کاتدی سمت چپ و آندی سمت راست را بر روی DLPFC دریافت کردند. این تحریک در حالی بود که مراجعین نشانه‌های تصویری مرتبط با کراک و یا نشانه‌های خنثی دریافت می‌کردند. نتایج نشان داد که تصاویر مرتبط با نشانه‌های کراک در گروه کنترل باعث افزایش فعالیت در ACC شد، در حالی که در گروه آزمایش، کاهش فعالیت ACC

1. Crossover
2. Boggio, Zaghi, & Villani
3. Pedron

4. Conti & Nakamura
5. Anterior Cingulate Cortex

مشاهده شد. در مطالعه دیگری، ۱۳ فرد مصرف‌کننده کراک به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش و کنترل قرار گرفتند و ۵ جلسه متوالی (روزی یک‌بار) tDCS دو طرفه (کاتدی چپ/آندی راست) را به مدت ۲۰ دقیقه، با شدت ۲ میلی‌آمپر دریافت کردند. محققین دریافتند انجام tDCS بر روی DLPFC به صورت مکرر باعث تغییرات احتمالی در کرتکس فرونتال^۱، کرتکس اوربیتوفرونتال^۲ و ACC می‌شود (دن یول، گالدوین، ویرس^۳، ۲۰۱۵). علاوه بر این در مطالعه‌ی دیگری اثربخشی tDCS را بر روی DLPFC دو گروه مورد بررسی قرار گرفت. یک گروه ۱۸ نفر از مصرف‌کنندگان وابسته به کوکائین و یک گروه ۱۸ نفر دیگر را به عنوان گروه کنترل انتخاب کردند که به صورت تصادفی تحریک آندی چپ/کاتدی راست، تحریک آندی راست/کاتدی چپ و تحریک شم را دریافت می‌کردند. نتایج نشان داد فعالیت DLPFC (راست و چپ) منجر به کاهش رفتارهای ریسک‌پذیری هم در گروه آزمایش و هم در گروه کنترل می‌شود. پژوهشگران این چنین نتیجه گرفتند که در آینده، tDCS می‌تواند یک ابزار مداخله‌ای ارزشمند برای مصرف‌کنندگان کوکائین به شمار آید (گورینی، لاکچری و راسل^۴، ۲۰۱۴). بتیستا^۵ و همکاران (۲۰۱۵) ۱۷ مصرف‌کننده کوکائین را به صورت تصادفی کردند. آن‌ها برای ۵ جلسه، به صورت یک روز در میان tDCS دریافت کردند (با شدت ۲ میلی‌آمپر، برای ۲۰ دقیقه) و ۱۹ فرد دیگر با میانگین سنی ۳۰ سال به عنوان گروه کنترل، پلاسیبو دریافت کردند. نتایج نشان داد دریافت tDCS دو جانبه بر روی DLPFC به طور مکرر باعث کاهش ولع مصرف کوکائین و افسردگی شده و همچنین به طور کلی کیفیت زندگی‌شان را بهبود می‌بخشد. فرگنی^۶ و همکاران (۲۰۰۸) یک مطالعه متقاطع با گروه کنترل و انتخاب تصادفی انجام دادند که در آن ۲۴ مصرف‌کننده نیکوتین، به صورت تصادفی، تحریک واقعی (تحریک آندی روی نواحی چپ و راست DLPFC) و شم دریافت کردند. آن‌ها کاهش قابل توجهی را در ولع مصرف نیکوتین در هر دو گروه آزمایشی نسبت به گروه کنترل مشاهده کردند.

1. Frontal Cortex
2. Orbital Frontal Cortex
3. Den Uyl, Gladwin, & Wiers

4. Gorini, Lucchiari, & Russell
5. Batista
6. Fregni

بوگیو، لیگوری و سلطانی^۱ (۲۰۰۹) در مطالعه خود اثربخشی tDCS را بر DLPFC در ۵ جلسه متوالی ارزیابی نمودند. ۲۷ بیمار، به صورت تصادفی در دو گروه قرار گرفتند (آندی چپ و تحریک شم ارائه شد). نتایج به دست آمده، کاهش اندک، اما معناداری را در مصرف سیگار و ولع مصرف سیگار نشان دادند. زو^۲ و همکاران (۲۰۱۳) ۲۴ سیگاری را انتخاب و به صورت تصادفی در جلسات واقعی و شم قرار دادند. این جلسات در دو روز متفاوت و بعد از یک شب سیگار نکشیدن، انجام می شد. الکتروود آند را روی DLPFC چپ و کاتد را روی منطقه FP2 قرار دادند. تحریک برای ۲۰ دقیقه با شدت ۲ میلی آمپر انجام شد. نتایج نشان داد، tDCS علائم منفی را بهبود می بخشد اما در رفع ولع مصرف سیگار اثری ندارد. مطالعه دیگری روی ۳۰ شرکت کننده برای بررسی اثر بازدارندگی tDCS (تحریک کاتدی) روی FPT با تمرکز بر نشانه های مرتبط با رفتار سیگار کشیدن در مصرف کنندگان تنباکو انجام شد. سه موقعیت تحریکی آزمایش شد: تحریک کاتدی دو طرفه، تحریک کاتدی در FPT راست و tDCS شم. پژوهشگران مشاهده کردند مصرف روزانه سیگار بعد از تحریک کاتدی دو طرفه روی FPT کاهش می یابد، در حالی که این نتیجه در دو گروه دیگر مشاهده نشد (منگ، لیو و یو^۳، ۲۰۱۴). فکتو، آگوستا و هون بلاچت^۴ (۲۰۱۴) ۱۲ فرد بزرگسال را در دو گروه شم و تحریک واقعی قرار دادند. آن ها برای ۵ روز درمان tDCS را دریافت کردند. تحریک آندی به DLPFC راست با شدت ۲ میلی آمپر و به مدت نیم ساعت انجام می شد. مهم ترین یافته این مطالعه، کاهش معنادار در تعداد سیگارهایی بود که بعد از دریافت تحریک نسبت به گروه کنترل نشان می دادند. در نهایت اینکه، فلاکن، برناردو و ربکا^۵ (۲۰۱۶) اثربخشی tDCS را روی ۲۵ آزمودنی با در نظر گرفتن انتخاب تصادفی و دوسوکور بودن اجرا کردند. آزمایش شامل دو جلسه (واقعی و شم) ۲۰ دقیقه ای با شدت ۱ میلی آمپر بود. تحریک آندی روی DLPFC چپ و تحریک کاتدی روی سوپرا اوربیتال^۶ راست انجام شد. مقایسه دو گروه آزمایش و کنترل در مدل رگرسیون چند متغیری، بیانگر افزایش فاصله بین دفعات سیگار

1. Boggio, Laguerre, & Sultani
2. Xu
3. Meng, Liu, & Yu

4. Fecteau, Agosta, & Hone-Blanchet
5. Falconea, Bernardo, & Rebecca
6. supraorbital

کشیدن و کاهش تعداد سیگارهای مصرفی در طول درمان بود. از میان ۲۴ مطالعه بالینی تجزیه و تحلیل شده، ۷ مطالعه به ارزیابی اثربخشی tDCS بر روی اختلالات مصرف الکل کار کرده‌اند. در این میان یک مطالعه با گروه کنترل تصادفی بود که در آن ۱۳ نفر به صورت تصادفی tDCS (واقعی/شم) دو طرفه را بر روی DLPFC (آند چپ/کاتد راست و آند راست/کاتد چپ) دریافت می‌کردند. این مطالعات در هر دو گروه (آند چپ/کاتد راست و آند راست/کاتد چپ) کاهش قابل توجهی را در کاهش ولع مصرف الکل در مقایسه با گروه شم نشان داد (بوگیو، سلطانی، فکتو^۱، ۲۰۰۸). رازیا سلطانا^۲ و همکاران (۲۰۱۷) با توجه به افزایش اعتیاد به الکل و نیکوتین در کشور نپال به دنبال معرفی راهی برای کاهش این گونه اعتیادها شدند. با مطالعات انجام شده به این نتیجه رسیدند که tDCS (با تحریک آندی روی DLPFC چپ و تحریک کاتدی روی سوپرا اوریتال راست) می‌تواند منجر به افزایش مقاومت در برابر مصرف الکل و نیکوتین شود. مطالعه دیگری توسط ناکومورا و امیدانویید^۳ (۲۰۱۲) بر روی DLPFC ۴۹ فرد الکلی بین ۱۸ تا ۷۵ سال که در دوره ترک بودند انجام شد. نتایج بعد از انجام tDCS نشان‌دهنده افزایش فعالیت ناحیه فرونتال بود. با توجه به اینکه بدکار کردی فرونتال در از بین رفتن کنترل فرد در رفتار مصرف بیش از حد الکل نقش دارد، به نظر می‌رسد افزایش فعالیت ناحیه فرونتال توسط tDCS بتواند نقش مؤثری در درمان‌های بالینی الکلی‌ها داشته باشد. دا سیلوا، کنتی و کلاز^۴ (۲۰۱۳) تحریک آندی را بر DLPFC چپ ۱۳ الکلی تکرار کردند (با شدت ۲ میلی‌آمپر، به مدت ۲۰ دقیقه). از این ۱۳ نفر ۶ نفر درمان واقعی و ۷ نفر درمان شم گرفتند (هفته‌ای یک‌بار برای ۵ هفته متوالی). نتایج اثربخشی مثبت tDCS را بر کاهش ولع مصرف مواد به الکل و همچنین بهبود خلق نشان داده‌اند.

دن یول و همکاران (۲۰۱۵)، اثربخشی tDCS را بر روی DLPFC دو گروه آزمایشی و شم در نمونه‌های کوچک مورد بررسی قرار دادند و متوجه کاهش خفیفی در ولع مصرف الکل در ۴۱ فرد که اعتیاد شدیدی به مصرف الکل داشتند، شدند. کلوس، پنیو و

پینهیرو^۱ (۲۰۱۴)، ۳۵ نفر را به صورت تصادفی در دو گروه شام و واقعی قرار دادند. گروه آزمایش تحریک دو طرفه اکتیو (کاتد سمت چپ/آند راست) بر روی DLPFC به مدت ۵ روز متوالی در دو مرحله ۱۳ دقیقه‌ای و با فاصله ۲۰ دقیقه با شدت ۲ میلی آمپر دریافت کردند. در پایان با توجه به تغییر در نمره ولع مصرف الکل، تفاوت قابل توجهی بین گروه آزمایش و گروه شام در عملکرد فرونتال، وضعیت کلی روانی و نشانه‌های اضطراب و افسردگی دیده نشد. بینویت تروجاک^۲ و همکاران (۲۰۱۶)، یک مطالعه با حجم نمونه بالا با در نظر گرفتن شرایط انتخاب تصادفی، دوسوکور بودن، کنترل پلاسیبو و گروه موازی انجام دادند تا اثربخشی tDCS را بر روی افراد الکلی مطالعه کنند. حجم نمونه شامل ۳۶۰ فرد بالای ۱۸ سال بود که به صورت تصادفی پنج جلسه متوالی و دو بار در روز tDCS فعال یا پلاسیبو دریافت می کردند. جلسات شامل دو مرحله ۱۳ دقیقه‌ای با فاصله ۲۰ دقیقه و انجام آند روی F4 و کاتد روی F3 بود. مصرف الکل در طول ۴ هفته بعد از درمان بررسی شد. نتایج نشان داد ولع مصرف الکل، رفتارهای پرخطر و تکانشگرانه در کوتاه مدت کاهش یافت. دن یول^۳ و همکاران (۲۰۱۶)، در مطالعه خود به دنبال پاسخ به این سؤال بودند که آیا تغییر تحریک پذیری کر تکس به وسیله tDCS می تواند باعث افزایش اثربخشی اصلاح مبتنی بر شناخت^۴ در الکلی های خطرناک شود؟ ارزیابی نتایج به دست آمده، شامل اندازه گیری مکانیزم های رفتاری از قبیل ولع مصرف مواد، تداعی های ضمنی و مکانیزم های الکتروفیزیولوژیک (بتانسیل های وابسته به رویداد) بود. آن ها ۷۸ فرد که اعتیاد به الکل داشتند را در ۴ گروه (بر اساس دو فاکتور: گروه کنترل/آزمایش CBM و گروه واقعی/شام tDCS) قرار دادند. مداخلات شامل ۳ جلسه CBM به همراه ۱۵ دقیقه tDCS با شدت ۱ میلی آمپر بر روی DLPFC چپ بود. نتایج نشان داد tDCS در این گروه آزمایش (گروهی که tDCS واقعی دریافت می کرد) باعث کاهش ولع تحریک شده توسط نشانه ها شد (نه کاهش ولع در همه موارد). تفاوت گروه کنترل و آزمایش در

1. Klauss, & Penido Pinheiro
2. Benoit Trojak

3. Den Uyl
4. Cognitive Bias Modification

CBM، فقط در نمره پایه جلسه اول بود. tDCS، هیچ اثر افزایشی بر نتایج CBM نداشت، بعلاوه tDCS تأثیر کمی بر جمعیت الکلی‌های خطرناک داشت.

از میان تحقیقات انجام شده تنها یک مورد به مطالعه اثربخشی tDCS بر کافئین، کانابیس، متامفتامین، تنباکو و ۲ مورد به مطالعه هروئین پرداخته بودند. مک اینتیر، کینلی و گوڈیر^۱ (۲۰۱۴) tDCS آندی را در کرتکس پرفرونتال با شدت ۲ میلی آمپر به مدت ۳۰ دقیقه اجرا کردند تا اثربخشی آن را در کاهش اثر محرومیت از خواب و مقایسه تأثیرات رفتاری tDCS بر مصرف کنندگان کافئین بررسی کنند. افراد ۳ گروه ۱۰ نفر بودند که هر کدام درمان‌های متفاوتی گرفتند. یک گروه tDCS فعال با صمغ پلاسیبو، گروه دوم صمغ کافئین با tDCS شم و گروه سوم tDCS شم با صمغ پلاسیبو به مدت ۳۰ ساعت بیداری را دریافت نمودند. نتایج نشان داد tDCS می‌تواند در برابر خستگی، مفیدتر از کافئین باشد چرا که باعث افزایش خلق و عملکرد می‌شود. ونگ، شن و کائو^۳ (۲۰۱۶)، در مطالعه خود ۲۰ معتاد به هروئین درمان نشده را به‌طور تصادفی در دو گروه قرار دادند. یک گروه تحریک کاتدی را روی FPT با شدت ۱/۵ میلی آمپر به مدت ۲۰ دقیقه دریافت می‌کرد و به گروه دیگر تحریک شم ارائه می‌شد. نتایج نشان داد یک جلسه درمانی باعث کاهش معنادار ولع مصرف مواد در برابر نشانه‌های مرتبط با هروئین در افراد وابسته به اعتیاد می‌گردد. شریفی، شمس اسفندآباد و حسنی ابهریان (۱۳۹۵) یک طرح پژوهشی از نوع شبه‌آزمایشی دو سوکور، مقطعی، با پیش‌آزمون و پس‌آزمون و گروه کنترل انجام دادند. جامعه‌ی آماری شامل ۴۰ نفر از کسانی بود که بالاترین نمرات را در آزمون سنجش ولع القائی کسب کرده بودند. آن‌ها با روش نمونه‌گیری در دسترس، انتخاب و با روش تخصیص تصادفی در دو گروه ۲۰ نفری آزمایش و کنترل جای گرفتند. گروه آزمایش طی دو جلسه، تحریکات آندی راست و کاتدی راست را به‌صورت تصادفی به مدت ۲۰ دقیقه با فاصله زمانی ۷۲ ساعت بین جلسات تحریک بر ناحیه‌ی پیش‌پیشانی خلفی - جانبی دریافت نمودند و گروه کنترل ۱ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای تحریک پلاسیبو را بر همین ناحیه

دریافت کرد. یافته‌های پژوهش نشان داد، تحریک آندی راست/کاتدال چپ ناحیه‌ی پیش‌پیشانی خلفی-جانبی مغز، به‌طور معناداری ولع مصرف کراکِ هر وئین را در مقایسه با تحریک پلاسیبو کاهش می‌دهد. اما رابطه‌ی معناداری بین تحریک کاتدال راست و آندی چپ این ناحیه و کاهش ولع مصرف القائی مشاهده نشد. تنها یک مقاله به استفاده از tDCS در اختلالات مصرف کانابیس (ماری‌جوانا) پرداخته بود؛ بوگیو، امدررا و بربل^۱ (۲۰۱۱)، ۲۴ فرد را در ۳ گروه قرار دادند. گروه اول آند راست/کاتد چپ روی DLPFC، گروه دوم: آند راست/کاتد چپ روی DLPFC و گروه سوم تحریک شم دریافت کردند. نتایج نشان‌دهنده کاهش ولع مصرف ماری‌جوانا در گروه اول بود. شاه‌بابایی، گل‌سرخ‌ی و زمانیان (۲۰۱۴) به دنبال پاسخ به این مسئله بودند که آیا انجام tDCS بر روی DLPFC می‌تواند ولع مصرف مواد را در مصرف‌کنندگان متامفتامین که در دوره ترک به سر می‌برند در مواجهه با نشانه‌های مرتبط با آن کاهش دهد؟ ۳۲ مرد راست دست که مصرف متادون را ترک کرده بودند به‌صورت تصادفی در یکی از دو گروه آزمایش و کنترل قرار گرفتند. گروه آزمایش تحریک آندی با شدت ۲ میلی‌آمپر را به مدت ۲۰ دقیقه دریافت کرد. گروه شم هم tDCS را بر روی DLPFC راست دریافت کرد. نتایج، کاهش معناداری را در ولع مصرف مواد گروه آزمایش نسبت به گروه شم در حالت آسوده (عدم وجود نشانه‌های مرتبط با مواد) نشان داد. در مقابل، در هنگام مواجه شدن با نشانه‌های وابسته به متامفتامین افزایش ولع مصرف مواد دیده شد. برانگیونی^۲ و همکاران (۲۰۱۸) اظهار داشتند tDCS و انگیزش هر دو با هم می‌تواند عامل مؤثری در کاهش ولع مصرف تنباکو باشد. به همین دلیل با یک مطالعه‌ی دارای گروه کنترل، انتخاب تصادفی و آزمایش‌های دوسو کور، اثربخشی این دو عامل را در ترک سیگار مورد بررسی قرار دادند. ۳۶ فرد ۱۸ تا ۶۵ سال که ۲۱ نفر آن‌ها زن بودند، انتخاب شدند. تعداد سیگارهای مصرفی آن‌ها بین ۱۳ تا ۳۵ نخ در روز بود. tDCS بر روی پرفرونتال جانبی به‌صورت یک روز در میان (در کل ۵ جلسه)، هر جلسه ۲۰ دقیقه انجام شد. ارزیابی اولیه بر اساس تعداد سیگارهای مصرفی روزانه بود. پیگیری تا ۴ هفته بعد از مداخله انجام شد. تحلیل واریانس

چند متغیری کاهش معنادار تعداد نخ‌های سیگار مصرفی در اثر استفاده از tDCS را نشان داد. آن‌ها دریافتند انگیزه شخصی به تنهایی نمی‌تواند کاهش مصرف سیگار آن‌ها را تبیین کند. بلکه انگیزش بالا به همراه انجام مکرر tDCS پرفرونتال می‌تواند به‌طور معنادار مصرف سیگار را بعد از ۴ هفته کاهش دهد. داداشی، بسطامی و ذکریا (۱۳۹۶) یک مطالعه شبه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه گواه انجام دادند. تعداد ۴۴ نفر به‌صورت نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به‌طور تصادفی در دو گروه آزمایش (۲۲ نفر) و گواه (۲۲ نفر) قرار گرفتند. قبل از شروع مداخله درمانی برای گروه آزمایش، هر دو گروه با پرسش‌نامه‌های ولع مصرف مواد و آزمون کامپیوتری استروپ هیجان‌مورد آزمون قرار گرفتند. گروه آزمایش طی ۱۰ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای تحریک الکتریکی مغز (با شدت ۲ میلی‌آمپر) را دریافت نمودند. در پایان داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی و آزمون تحلیل کواریانس چند متغیره تحلیل شدند. یافته‌ها نشان داد که tDCS آندی و DLPFC چپ موجب کاهش سطح ولع مصرف و کاهش سوگیری توجه در گروه آزمایش در افراد وابسته به اپیوم شده بود و بین دو گروه، در نمرات پس‌آزمون تفاوت وجود داشت.

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از tDCS به عنوان ابزار درمانی جدی، اخیراً مورد توجه محافل علمی و بالینی قرار گرفته است. پژوهش‌ها و مطالعات متعددی (علیرغم محدودیت‌های پژوهشی که داشته‌اند) نشان داده‌اند، tDCS می‌تواند یک گزینه درمانی مناسب در برخی از اختلالات روان‌پزشکی باشد (دابل‌جاویک، سیگل، راسین، ۲۰۱۴). مرور نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات مورد بررسی در این مقاله در ارتباط با اثربخشی tDCS در کاهش ولع و علائم مصرف مواد مخدر نیز نشان داد که این روش درمانی می‌تواند یک روش مؤثر در کاهش ولع مصرف مواد نیز باشد. نتایج نشان داد tDCS در ۱۶ مورد از ۲۲ مطالعه بالینی که بر روی DLPFC انجام شده بود و یک مورد از ۲ مطالعه انجام شده بر روی FPT می‌تواند منجر به کاهش ولع مصرف مواد گردد. نتایج مثبت در رابطه با ولع مصرف مواد اساساً در

هر دو حالت آند راست/کاتد چپ و برعکس در DLPFC برابر و مشابه بود. این نتایج، یافته‌های مطالعات قبلی را که نشان داده بودند DLPFC چپ در کنترل ولع مصرف مواد نقش دارد (هایاشی، کو و استرافلا،^۱ ۲۰۱۳) و DLPFC راست در کنترل هیجانات تکانشگرانه نقش بازدارندگی دارد (پرپی، نیومن و کهلر،^۲ ۲۰۱۳) را دگرگون ساخته است. علیرغم اثربخشی tDCS در اختلالات مرتبط با مصرف الکل، زمانی که tDCS آندی بر روی DLPFC چپ تکرار شود، احتمال برگشت به مصرف الکل در الکی‌ها افزایش می‌یابد (دا سیلوا و همکاران، ۲۰۱۳). نتایج حاصل از دیگر روش‌های تحریک مغزی نشان می‌دهد که تحریک مکرر مغناطیسی فراجمجه‌ای^۳ (rTMS) در اختلالات مصرف کوکائین، در زمانی که تحریک در DLPFC چپ انجام شده نتایج مثبتی را نشان داده‌اند (ترانو، لگیو و سالادینی،^۴ ۲۰۱۶). ترکیب rTMS به همراه توמוگرافی انتشار پوزیترون که افراد سالم را مورد مطالعه قرار دادند نشان می‌دهد که انجام rTMS منجر به افزایش سطح دوپامین خارج سلولی و باعث آزاد شدن دوپامین در هسته دمی می‌شود (چو و استرافلا،^۵ ۲۰۰۹). این مطالعات اشاره می‌کنند تحریک آندی چپ در tDCS ممکن است مزایایی داشته باشد. از طرف دیگر، اخیراً گروهی از متخصصان اروپایی که توسط بخش اروپایی فدراسیون بین‌المللی نوروفیزیولوژی بالینی برای این کار منصوب شده بودند تا اطلاعاتی درباره وضعیت درمان با استفاده از tDCS جمع‌آوری کنند، احتمال اثربخشی آن را (tDCS آندی روی DLPFC چپ) بر روی اعتیاد و ولع مصرف مواد را سطح B تخمین زدند (لیفاکور، آنتال و آیاکی،^۶ ۲۰۱۷).

باید بیان داشت نتایج حاصل از این مطالعات هنوز در مراحل اولیه است و هنوز نمی‌توانیم نتیجه‌گیری اختصاصی در مورد آن داشته باشیم. در ارزیابی اطلاعات به‌دست آمده، فرایند tDCS به‌طور کلی خوب و با جزئیات توصیف شده که به ما این اجازه را می‌دهد تا بتوانیم دو مطالعه را با هم مقایسه کنیم؛ اما داده‌های مقالات پژوهشی روی

1. Hayashi, Ko, & Strafella
2. Pripfl, Neumann, & Köhler
3. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation

4. Terraneo, Leggio, & Saladini
5. Cho, & Strafella
6. Lefaucheur, Antal, & Ayache

اثربخشی بلندمدت tDCS در اختلالات مرتبط با مواد برای مقایسه با اثربخشی کوتاه مدت آن وجود ندارد. اگرچه، این موضوع برای بسیاری از روش های تحریکی مغز وجود دارد و می تواند در مطالعات بعدی مورد توجه قرار گیرد. در کل، حجم نمونه و طول مدت مطالعه باید بیشتر شود تا بتوانیم اطلاعات به دست آمده درباره اثربخشی درمانی tDCS را به جمعیت بزرگ تر تعمیم دهیم و مزایای آن را در بلندمدت پیگیری کنیم. یک مسئله روش شناسی که در مطالعات مطرح شده در این مقاله وجود داشت، تفاوت در فرایندهای تکنیکی بود؛ بنابراین مطالعات آینده باید بتوانند تعداد و فرکانس تحریک بهینه جلسات را ارزیابی کنند. همچنین مشخص کنند که اگر همه موارد یکسان باشد تحریک DLPFC آندی راست مؤثرتر است یا چپ؟ به طور خلاصه می توان گفت هدف اصلی استفاده از tDCS در اختلالات مرتبط با مواد، تعدیل ولع مصرف مواد، تکانشگری و عملکردهای اجرایی، با کمک افزایش دانش درباره پایه های فیزیولوژیکی اختلالات مرتبط با مواد است. پس استفاده از پژوهش هایی با آزمایش های دوسو کور و بلندمدت ضروری است. برای درک بهتر مکانیسم های پاتوفیزیولوژیکی tDCS، می توان تصویربرداری نورونی و مطالعات الکتروفیزیولوژی را با هم ادغام کرد. خلاصه تحقیقات در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: خلاصه تحقیقات انجام گرفته پیرامون موضوع

ردیف	تحقیق
۱	کوتنی و ناکامارا (۲۰۱۴)، ماده کو کائین، ۱۳ شرکت کننده، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: کاتدی چپ / آندی راست (DLPFC)، مدت ۱۰ دقیقه / یک جلسه، نتیجه: کاهش فعالیت ACC در مواجهه با تصاویر مرتبط با کراک کو کائین در گروه آزمایش.
۲	کوتنی و همکاران (۲۰۱۴)، ماده کو کائین، ۱۳ شرکت کننده، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: دوطرفه کاتدی چپ / آندی راست (DLPFC)، مدت ۲۰ دقیقه / ۵ جلسه، تغییراتی در DLPFC با گسترش احتمالی در FPC, OFC, ACC.
۳	کوتنی و همکاران (۲۰۱۴)، ماده کو کائین، ۳۶ شرکت کننده هر گروه ۱۸ نفر، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: آندی چپ - کاتدی راست / آندی راست - کاتدی چپ، مدت ۳۰ دقیقه / ۱ جلسه، تحریک DLPFC کاهش رفتارهای پرخطر در هر دو گروه.

جدول ۱: خلاصه تحقیقات انجام گرفته پیرامون موضوع

ردیف	تحقیق
۴	باتیستا و همکاران (۲۰۱۵)، ماده کو کائین، ۳۶ شرکت کننده ۱۹ نفر کنترل و ۱۷ نفر آزمایش، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: دوطرفه کاتدی چپ / آندی راست (DLPFC)، مدت ۲۰ دقیقه/۵جلسه، کاهش ولع مصرف کو کائین / کاهش اضطراب و بهبود کیفیت زندگی.
۵	سولن پدرون (۲۰۱۶)، ماده کو کائین، ۶۸ موش، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: دوطرفه آندی چپ- کاتدی راست / آندی راست- کاتدی چپ (DLPFC)، ۵ روز/ ۲ بار در روز / یکبار تحریک واقعی و یکبار شم، کاهش پاسخ‌های مولکولی و رفتاری به کو کائین برای چند هفته.
۶	فرگنی و همکاران (۲۰۰۸)، ماده نیکوتین، ۲۴ نفر، طرح تصادفی / گروه شم / کراس اور، پروتکل: تحریک آندی چپ و راست، مدت ۲۰ دقیقه/۵جلسه، کاهش معنادار در ولع در هر دو نوع تحریک نسبت به گروه شم.
۷	بوگیو و همکاران (۲۰۰۹)، ماده نیکوتین، ۲۷ نفر، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: آندی چپ روی DLPFC، مدت ۲۰ دقیقه/۱جلسه، کاهش ولع و تعداد سیگارهای مصرفی.
۸	زو و همکاران (۲۰۱۳)، ماده نیکوتین، ۲۴ نفر، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: آندی روی چپ DLPFC / کاتدی راست سوپرا ارییتال، مدت ۲۰ دقیقه/۱جلسه، بهبود اثرات منفی / اما روی بهبود ولع سیگار تأثیری نداشت.
۹	منگ و همکاران (۲۰۱۴)، ماده نیکوتین، ۳۰ نفر، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: دوطرفه کاتدی هر دو طرف FPT / کاتدی راست FPT، مدت ۲۰ دقیقه/۱جلسه، کاهش تعداد سیگارهای روزانه در دوطرفه و در کاتدی یک طرفه و شم تأثیری دیده نشد.
۱۰	فکتیو و همکاران (۲۰۱۴)، ماده نیکوتین، ۱۲ نفر، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: آندی روی DLPFC راست، مدت ۳۰ دقیقه/۱جلسه، کاهش تعداد سیگارهای روزانه.
۱۱	مری فلکتون (۲۰۱۵)، ماده نیکوتین، ۲۵ نفر، طرح تصادفی / گروه شم / دوسو کور، پروتکل: آندی روی DLPFC چپ و کاتدی روی سوپرا ارییتال راست، مدت ۲۰ دقیقه/۲جلسه/۱ میلی آمپر، کاهش تعداد سیگارهای روزانه و افزایش فاصله بین دفعات سیگار کشیدن.
۱۲	ویتور دسوزا (۲۰۱۸)، ماده تنباکو، ۳۶ نفر، طرح تصادفی / گروه شم / دوسو کور، پروتکل: DLPFC یک طرفه قشر پری فرونتال، مدت ۲۰ دقیقه/۵جلسه، کاهش مصرف سیگار تا ۴ هفته بعد از مداخله.
۱۳	بوگیو و همکاران (۲۰۰۸)، ماده الکل، ۱۳ نفر، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: DLPFC / دوطرفه آندی چپ- کاتدی راست / آندی راست- کاتدی چپ، مدت ۲۰ دقیقه/۱جلسه، کاهش معنادار در ولع مصرف الکل.
۱۴	ناکامورا-پلسیوس (۲۰۱۲)، ماده الکل، ۴۹ نفر، طرح کراس اور، پروتکل: DLPFC / آندی چپ- کاتدی راست، مدت ۱۰ دقیقه/۱جلسه، افزایش فعالیت فرونتال.

جدول ۱: خلاصه تحقیقات انجام گرفته پیرامون موضوع

ردیف	تحقیق
۱۵	داسیلوا و همکاران (۲۰۱۳)، ماده الکل، ۱۳ نفر، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: DLPFC آندی چپ- کاتدی راست، مدت ۲۰ دقیقه/جلسه، اثربخشی مثبت روی ولع و بهبود خلق.
۱۶	کلوس و همکاران (۲۰۱۴)، ماده الکل، ۳۵ نفر، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: DLPFC آندی راست - کاتدی چپ، ۱۰ جلسه، ۲ بار در روز با فاصله ۲۰ دقیقه ای. هر بار ۱۳ دقیقه، با توجه به تغییر در ولع مصرف الکل، تفاوتی در فعالی فروتال و وضعیت کلی مغز مشاهده نشد.
۱۷	دن یول (۲۰۱۵)، ماده الکل، ۴۱ نفر، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: آندی چپ روی DLPFC و IFG، مدت ۱۰ دقیقه/جلسه، کاهش ولع مصرف الکل.
۱۸	تس دن (۲۰۱۶)، ماده الکل، ۷۸ نفر، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: DLPFC چپ، مدت ۱۵ دقیقه/۳ جلسه، تأثیر کمی بر جمعیت الکلی های خطرناک داشت.
۱۹	مک اینتایر (۲۰۱۴)، ماده کافئین، ۳۰ نفر، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: DLPFC آندی چپ- کاتدی راست، مدت ۳۰ دقیقه/۱ جلسه، مؤثر تر بودن TDCS در مقایسه با کافئین در رفع خستگی / افزایش عملکرد و خلق.
۲۰	بوگیو و همکاران (۲۰۱۴)، ماده کانابیس، ۲۵ نفر، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: DLPFC دوطرفه آندی چپ- کاتدی راست / آندی راست- کاتدی چپ، مدت ۱۰ دقیقه/۱ جلسه، آندی راست/ کاتدی چپ باعث کاهش ولع مصرف ماری جوانا شد.
۲۱	وانگ و همکاران (۲۰۱۶)، ماده هروئین، ۲۰ نفر، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: دوطرفه کاتدی FPT، مدت ۲۰ دقیقه/۱ جلسه، کاهش ولع در مواجه با نشانه های مرتبط با هروئین.
۲۲	شاه بابائی و همکاران (۲۰۱۴)، ماده متامفتامین، ۳۲ نفر، طرح تصادفی / گروه شم، پروتکل: آندی روی DLPFC راست، مدت ۲۰ دقیقه/۱ جلسه، کاهش معنادار ولع.
۲۳	شریفی و همکاران (۱۳۹۵)، ماده کراک هروئین، ۴۰ نفر، طرح شبه آزمایشی / دوسو کور / با گروه کنترل، پروتکل: آندی راست / کاتدی چپ روی DLPFC، مدت ۲۰ دقیقه/۲ جلسه، کاهش معنادار ولع.
۲۴	داداشی (۱۳۹۵)، ماده اپیوم، ۴۴ نفر، شبه آزمایشی / با طرح پیش آزمون- پس آزمون و گروه گواه، آندی روی DLPFC چپ، مدت ۲۰ دقیقه/۱۰ جلسه/۲ میلی آمپر، کاهش ولع مصرف و سوگیری توجه به اپیوم.

منابع

خانتزینان، ادوارد جی (۲۰۰۸). درک اعتیاد به عنوان راهی برای خود درمانی. ترجمه مهديه ساسانی نژاد، و فاطمه نعمت الهی، (۱۳۹۱). تهران: انتشارات اطلاعات.

شریفی فرد شاد، مونا؛ شمس اسفندآباد، حسن و حسنی ابهریان، پیمان (۱۳۹۵). بررسی اثربخشی تحریک قشر پیش پیشانی خلفی - جانبی از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی بر میزان ولع مصرف کراک هروئین. *مجله دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد*، ۱۸ (۸۴)، ۱-۱۵.

داداشی محسن؛ بسطامی سمیه و اسکندری، ذکریا (۱۳۹۶). اثربخشی تحریک با جریان مستقیم از طریق جمجمه (tDCS) آندی به قشر پیش پیشانی خلفی جانبی چپ (LDLPFC) بر ولع مصرف مواد و نشانه‌های سوگیری توجه در مردان وابسته به اپیوم. *مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی زنجان*، ۲۵ (۱۱۲)، ۷۱-۵۹.

- Batista, E. K., Klaus, J., Fregni, F., Nitsche, M. A., & Nakamura-Palacios, E. M. (2015). A randomized placebo-controlled trial of targeted prefrontal cortex modulation with bilateral tDCS in patients with crack-cocaine dependence. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 10, 18(12).
- Trojak, B., Soudry-Faure, A., Abello, N., Carpentier, M., Jonval, L., Allard, C. et al (2016). Efficacy of transcranial direct current stimulation (tDCS) in reducing consumption in patients with alcohol use disorders: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials journal*, 17, 250-256.
- Boggio, P. S., Liguori, P., Sultani, N., Rezende, L., Fecteau, S., & Fregni F. (2009). Cumulative priming effects of cortical stimulation on smoking cue-induced craving. *Neuroscience Letters*, 463, 82-86.
- Boggio, P. S., Sultani, N., Fecteau, S., Merabet, L., Mecca, T., Pascual-Leone, A., et al. (2008). Prefrontal cortex modulation using transcranial DC stimulation reduces alcohol craving: a double-blind, sham-controlled study. *Drug and Alcohol Dependence*, 92, 55-60.
- Boggio, P. S., Zaghi, S., Villani, A. B., Fecteau, S., Pascual-Leone, A., Fregni, F. et al. (2010). Modulation of risk-taking in marijuana users by transcranial direct current stimulation (tDCS) of the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC). *Drug and Alcohol Dependence*, 112, 220-225.
- Brunoni, A. R., Amadera, J., Berbel, B., Volz, M. S., Rizzerio, B. G., & Fregni, F. (2011). A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 14, 1133-1145.
- Cho, S. S., & Strafella, A. P. (2009). RTMS of the left dorsolateral prefrontal cortex modulates dopamine release in the ipsilateral anterior cingulate cortex and orbitofrontal cortex. *PLoS One*, 4, e6725.
- Conti, C. L., & Nakamura-Palacios, E. M. (2016). Bilateral transcranial direct current stimulation over dorsolateral prefrontal cortex changes the drug-cued Current Stimulation and Alcohol Approach Bias Retraining in Hazardous Drinkers. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 40(10), 2124-2133.
- Da Silva, M. C., Conti, C. L., Klaus, J., Alves, L. G, do Nascimento Cavalcante, H. M., Fregni, F., et al. (2013). Behavioral effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) induced dorsolateral prefrontal cortex plasticity in alcohol dependence. *Journal of Physiology*, 107, 493-502.
- Den Uyl, T. E., Gladwin, T. E., & Wiers, R. W. (2015). Transcranial direct current stimulation, implicit alcohol associations and craving. *Biology Psychology*, 105, 37-42.

- Dubljević, V., Saigle, V., & Racine, E. (2014). The rising tide of tDCS in the media and academic literature. *Neuron*, 82, 731–736.
- Fecteau, S., Agosta, S., Hone-Blanchet, A., Fregni, F., Boggio, P., Ciraulo, D., Pascual-Leone, A. (2014). Modulation of smoking and decision-making behaviors with transcranial direct current stimulation in tobacco smokers: a preliminary study. *Drug and Alcohol Dependence*, 140, 78–84.
- Fregni, F., Liguori, P., Fecteau, S., Nitsche, M. A., Pascual-Leone, A., Boggio, P. S. (2008). Cortical stimulation of the prefrontal cortex with transcranial direct current stimulation reduces cue-provoked smoking craving: a randomized, sham-controlled study. *Journal of Clinical Psychiatry*, 69, 32–40.
- Gorini, A., Lucchiari, C., Russell-Edu, W., & Pravettoni, G. (2014). Modulation of risky choices in recently abstinent dependent cocaine users: a transcranial direct-current stimulation study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 661–667.
- Goyal, P., Kataria, L., & Andrade, C. (2016). Transcranial direct current stimulation as monotherapy attenuates auditory hallucinations in treatment-naïve first-episode schizophrenia. *Journal of ECT*, 32, e15–e16.
- Hayashi, T., Ko, J. H., Strafella, A. P., & Dagher, A. (2013). Dorsolateral prefrontal and orbitofrontal cortex interactions during self-control of cigarette craving. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 4422–4427.
- Klauss, J., Penido Pinheiro, L. C., Silva Merlo, B. L., de Almeida Correia Santos, G., Fregni, F., Nitsche, M. A., & Miyuki Nakamura-Palacios, E. (2014). A randomized controlled trial of targeted prefrontal cortex modulation with tDCS in patients with alcohol dependence. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 17, 1793–1803.
- Falcone, M., Bernardo, L., Asharea, R. L., Hamilton, R. F., Faseyitan, O., & Sherry, A. (2016). Transcranial Direct Current Brain Stimulation Increases Ability to Resist Smoking. *Brain Stimulation*, 9(2), 191–196.
- McIntire, L. K., McKinley, R. A., Goodyear, C., Nelson, J. (2014). A comparison of the effects of transcranial direct current stimulation and caffeine on vigilance and cognitive performance during extended wakefulness. *Brain Stimulation*, 7, 499–507.
- Meng, Z., Liu, C., Yu, C. (2014). Transcranial direct current stimulation of the frontal-parietal-temporal area attenuates smoking behavior. *Journal of Psychiatric Research*, 54, 19–25.
- Nakamura-Palacios, E. M., de Almeida Benevides, M. C., da Penha Zago-Gomes, M., de Oliveira R. W., de Vasconcellos, V. F., de Castro, L. N., et al. (2012). Auditory event-related potentials (P3) and cognitive changes induced by frontal direct current stimulation in alcoholics according to Lesch alcoholism typology. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 15, 601–616.
- Nitsche, M. A., Liebetanz, D., Antal, A., Lang, N., Tergau, F., Paulus, W., et al. (2003). Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation—technical, safety and functional aspects. *Supplements to Clinical Neurophysiology*, 56, 255–276.
- Perry, J. L., Carroll, M. E. (2008). The role of impulsive behavior in drug abuse. *Psychopharmacology (Berl)*, 200, 1–26.
- Priori, A., Berardelli, A., Rona, S., Accornero, N., Manfredi, M. (1998). Polarization of the human motor cortex through the scalp. *Neuro Report*, 9, 2257–2260.
- Pripfl, J., Neumann, R., Köhler, U., Lamm, C. (2013). Effects of transcranial direct current stimulation on risky decision making are mediated by 'hot' and 'cold'

- decisions, personality, and hemisphere. *European Journal of Neuroscience*, 38, 3778–3785.
- Sultana, R., Bashir, S., Ali, S. W., & Murtaza, G. (2017). Brain Stimulation by Direct Current Can Help Improvement of Nicotine and Alcohol Addiction in Nepal. *International Journal of Neuroscience and Behavioral Science*, 5(2), 19–26.
- Schultz, W. (2015). Neuronal reward and decision signals: from theories to data. *Physiological Reviews*, 95, 853–951
- Shahbabaie, A., Golesorkhi, M., Zamanian, B., Ebrahimipoor, M., Keshvari, F., Nejadi, V., et al. (2014). State dependent effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) on methamphetamine craving. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 17, 1591–1598.
- Pedron, S., Beverley, J., Haffen, E., Andrieu, P., Steiner, H., & Van Waes, V. (2017). Transcranial direct current stimulation produces long-lasting attenuation of cocaine-induced behavioral responses and gene regulation in corticostriatal circuits. *Addiction Biology*, 22(5), 1267-1278.
- Terraneo, A., Leggio, L., Saladini, M., Ermani, M., Bonci, A., & Gallimberti, L. (2016). Transcranial magnetic stimulation of dorsolateral prefrontal cortex reduces cocaine use: A pilot study. *European Neuropsychopharmacology*, 26, 37–44.
- Den Uyl, T. E., Gladwin, T. E., & Wiers, R. W. (2016) Electrophysiological and Behavioral Effects of Combined Transcranial Direct Current Stimulation and Alcohol Approach Bias Retraining in Hazardous Drinkers: *Alcoholism, clinical and experimental research*, 40(10), 2124-2133. DOI: 10.1111/acer.13171.
- Tortella, G., Casati, R., Aparicio, L. V. M., Mantovani, A., Senço, N., D'Urso, G. ... Brunoni, A. R. (2015). Transcranial direct current stimulation in psychiatric disorders. *World Journal of Psychiatry*, 5, 88–102.
- Vitor de Souza Brangioni, M. C., Pereira, D. A., Thibaut, A., Fregni, F., Brasil-Neto, J. P., Boechat-Barros, R. (2018). Effects of Prefrontal Transcranial Direct Current Stimulation and Motivation to Quit in Tobacco Smokers: A Randomized, Sham Controlled, Double-Blind Trial. *Frontiers in Pharmacology*, 9(14). DOI: 10.3389/fphar.2018.00014.
- Wang, Y., Shen, Y., Cao, X., Shan, C., Pan, J., He, H., Ma, Y., & Yuan, T. F. (2016). Transcranial direct current stimulation of the frontal-parietal-temporal area attenuates cue-induced craving for heroin. *Journal of Psychiatric Research*, 79, 1–3.
- World Health Organization (2010). *ATLAS on Substance Use—Resources for the Prevention and Treatment of Substance Use Disorders*. Geneva, Switzerland: WHO Pres.
- Xu, J., Fregni, F., Brody, A. L., & Rahman, A. S. (2013). Transcranial direct current stimulation reduces negative affect but not cigarette craving in overnight abstinent smokers. *Frontiers in Psychiatry*, 4(112). DOI: 10.3389/fpsy.2013.00112.
- Lefaucheur, J. P., Antal, A., Ayache, S. S., Benninger, D. H., Brunelin, J., Cogiamanian, F. Paulus, W. (2017). Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS). *Clinical Neurophysiology*, 128(1), 56–92.