

بررسی تأثیر تحریک الکتریکی فراقشری مغز بر بهبود عملکرد شناختی و هیجانی بزرگسالان دارای اختلال کمبود توجه / بیش فعالی*

نووشین بصیری^۱، حبیب هادیانفرد^۲، چنگیز رحیمی^۳، عبدالعزیز افلاکسیر^۴

The effect of transcranial direct current stimulation on improving emotional and cognitive function of adults adhd

Nooshin Basiri¹, Habib Hadianfard², Changiz Rahimi³, Abdolaziz Aflakseir⁴

چکیده

زمینه: اختلال کمبود توجه / بیش فعالی یک اختلال عصبی تحولی مربوط به دوران کودکی است که می‌تواند تا دوران بزرگسالی نیز ادامه یابد؛ اما اکثر پژوهش‌ها به بررسی انواع درمان‌ها در دوره کودکی پرداخته‌اند و اهمیت این اختلال در بزرگسالی نادیده گرفته شده است. **هدف:** این پژوهش با هدف بررسی تحریک الکتریکی فراقشری مغز بر بهبود علائم هیجانی و شناختی بزرگسالان مبتلا به اختلال ADHD انجام شد. **روش:** این پژوهش از نوع آزمایشی همراه با پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. جامعه آماری شامل تمامی افراد مبتلا به اختلال ADHD در شهر اصفهان بودند که به یکی از مراکز بزرگ مجهز به درمان‌های نوروتراپی مراجعه نموده بودند (۱۲۰ نفر). نمونه شامل ۴۰ نفر از این افراد بودند (۲ گروه ۲۰ نفری). جلسات مداخله شامل ۱۵ جلسه با پروتکل درمانی تحریک نقاط جلویی سر شامل F3 و F4 بود. ابزارهای مورد استفاده شامل مقیاس خودگزارش‌دهی اختلال کمبود توجه / بیش فعالی بزرگسالان (۲۰۰۳)، آزمون استروپ (۱۹۳۵)، آزمون دسته‌بندی کارت‌های ویسکانسین (۱۹۸۴)، آزمون برج لندن (۱۹۸۲)، آزمون عملکرد مداوم (۱۹۵۶)، مقیاس مشکلات در تنظیم هیجان (۲۰۰۴) و آزمون تکانشگری آیزنک (۱۹۷۷) بودند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و روش تحلیل کوواریانس تجزیه و تحلیل شدند. **یافته‌ها:** یافته‌ها نشان داد که تحریک الکتریکی فراقشری مغز به طور معناداری بر اکثر مؤلفه‌های بررسی شده در این پژوهش مؤثر بود ($p < 0/005$). تنها در میانگین مؤلفه فزون‌کنشی پس از دریافت تحریک الکتریکی فراقشری مغزی بین دو گروه تفاوت معناداری ملاحظه نشد. **نتیجه‌گیری:** می‌توان نتیجه گرفت که تحریک الکتریکی فراقشری مغزی می‌تواند به عنوان درمان واحد و یا در کنار درمان‌های روانشناختی دیگر برای درمان اختلال ADHD مورد استفاده قرار گیرد. **واژه کلیدی‌ها:** اختلال کمبود توجه، بیش فعالی، تحریک الکتریکی فراقشری مغز، مشکلات هیجانی، مشکلات شناختی.

Background: This disorder is a neurodevelopmental disorder related to childhood that can be extended to adolescence and adulthood; but most of the studies were conducted with the concentration of different therapies in childhood and the importance of this disorder in adulthood is ignored. **Aims:** the aim of this study was to investigate the effect of tDCS on improving the emotional and cognitive symptoms of adults ADHD. **Method:** This study was an experimental study with pre-test and post-test. The statistical population included all people with ADHD in Isfahan who referred to one of the major centers equipped with neurotherapy (120 people). The sample also included 40 of these individuals (2 groups, 20 people) who met the research criteria. The intervention sessions consisted of 15 sessions with the treatment protocol of F3 and F4. Participants completed the Adult ADHD self-report scale (2003), STROOP test (1935), Wisconsin sorting cart test (1984), tower of London test (1982), continues performance test (1956), difficulty in emotion regulation scale (2004) and Eysenck Impulsivity Questionnaire (1977). After conducting the research process, covariance method was used for data analysis by SPSS₂₁ software. **Results:** The results showed that tDCS experimental group significantly improved the scores of emotion regulation, impulsivity, Stroop scores, tower of London, Wisconsin, attention and concentration, and the component of inattention in ADHD scale due to the independent variable ($p < 0/005$). No significant difference was observed in the hyperactivity component. **Conclusions:** it can be concluded that tDCS can be use as a single treatment or also a complementary therapy along other treatment for ADHD patients. **Key Words:** Attention deficit hyperactivity disorder, transcranial current direct stimulation, emotional difficulties, cognitive difficulties.

Corresponding Author: Hadianfd@shirazu.ac.ir

* این مقاله از رساله‌ی دکتری نویسنده اول تهیه شده است.

^۱. دانشجوی دکتری، گروه روانشناسی بالینی، دانشکده‌ی علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

^۱. Ph.D Candidate, Clinical Psychology, Faculty of Educational Science and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran

^۲. استاد، گروه روانشناسی بالینی، دانشکده‌ی علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران (نویسنده مسئول)

^۲. Professor, Clinical Psychology, Faculty of Educational Science and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran (Corresponding Author)

^۳. استاد، گروه روانشناسی بالینی، دانشکده‌ی علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

^۳. Professor, Clinical Psychology, Faculty of Educational Science and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran

^۴. دانشیار، گروه روانشناسی بالینی، دانشکده‌ی علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

⁴. Associate Professor, Clinical Psychology, Faculty of Educational Science and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran

مقدمه

اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی (ADHD)^۱ یکی از شایع‌ترین اختلالات تشخیصی در حیطه اختلالات عصبی تحولی شناخته شده است. ویژگی‌های این اختلال شامل علائمی از بی‌توجهی، فعالیت بیش از اندازه، تکانشگری و تعدادی نقوص شناختی است (خراسانی زاده، بهرامی و احدی، ۱۳۹۹). وجود این علائم منجر به نقص‌های عملکردی، هیجانی و شناختی در حیطه‌های مختلف زندگی می‌شود (کاستلانوس، سونگا بارک، میهام و تانوک، ۲۰۰۶). علی‌رغم فرض اساسی در سال‌های ابتدایی مطالعات در این حوزه، مبنی بر وجود علائم در سنین کودکی، مطالعات اخیر نشان‌دهنده تداوم علائم در بزرگسالی و یا حتی شروع اختلال در سنین بالاتر می‌باشد (پینزونه، ۲۰۱۹). با این حال نوع مشکلات ایجاد شده در دوران نوجوانی و بزرگسالی می‌تواند متفاوت‌تر و ناتوان‌کننده‌تر باشد. زیرا بزرگسالی دوره‌ای است که فرد با مسئولیت‌های متعدد و موقعیت‌های شغلی و اجتماعی واقعی‌تر مواجه می‌شود و تماماً مسئولیت‌ها به عهده‌ی خود فرد می‌باشد، لذا ناتوانی در مهار علائم می‌تواند بسیار آزاردهنده‌تر نسبت به دوران کودکی باشد که مراقب‌های کودک به نوعی به جبران مشکلات پیش‌آمده برای کودک اقدام می‌کنند (سالومون، فلمینگ، برامهام، کونل و رابرت سان، ۲۰۲۰).

یکی از مهم‌ترین مهارت‌هایی که در دوران بزرگسالی نسبت به کودکی مشکلات بیشتری ایجاد می‌کند اختلال در نظم‌جویی هیجانی است که در مبتلایان به این اختلال به وفور دیده می‌شود (موسر و همکاران، ۲۰۱۱). نظم‌جویی هیجانی یک سازه روانشناختی است که شامل راهبردهای شناختی و رفتاری برای شناسایی و پاسخ به عواطف نگران‌کننده و آشفته‌ساز می‌باشد (بشارت، مسعودی، دهقانی، مطهری و پورخاقان، ۱۳۹۴). در این اختلال مهارت شناختی، توانایی مهار فرآیندهای حسی و فعالیت‌های معطوف به هدف به شدت به خطر می‌افتند که خود بر حیطه‌های شناختی، حرکتی و هیجانی تأثیر می‌گذارند (وودکا و همکاران، ۲۰۰۷). بیماران مبتلا به اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی در جنبه‌های مختلف تنظیم مهارت مشکل دارند. این جنبه‌ها می‌تواند شامل مهارت‌های تداخلی، سرکوب کار بی‌ربط، محرک‌های رقیب، مهارت پاسخ و سرکوب یک پاسخ مؤثر باشند (بریتلینگ و همکاران، ۲۰۱۶). اصل

اساسی در رفتارهای انسانی نیز توانایی برای مهار رفتارهایی است که بی‌فایده، غیراخلاقی و نابه‌جا می‌باشند. در واقع همه انسان‌ها تمایل به انجام رفتارهای برانگیختگی مبتنی بر اصل لذت را دارا می‌باشند اما هر چه قسمت پیشانی مغز (جایگاه تفاوت مغز انسانی با سایر حیوانات) بهتر فعالیت کند، توانایی بازداری در فرد بالاتر رفته و به موجب آن رفتارهای جامعه‌پسندتری که برای تمدن و تحول و پیشرفت شخصی لازم است بیشتر نمود پیدا می‌کنند (وسل و هوپر، ۲۰۱۹). این توانمندی بیشتر اوقات در افراد مبتلا به اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی مختل شده و همین نقص در توانش مهار و یا مهار رفتار، باعث ایجاد علائم مانند فعالیت بیش از حد و یا پرت شدن حواس در زمان نیاز فرد به تمرکز، می‌شود (دیتای، جیسکویسن، والش و لاویدور، ۲۰۱۲). یکی از گسترده‌ترین مشکلات که احتمالاً در ایجاد سایر مسائل مبتلایان دخالت دارد مشکلات در کارکردهای اجرایی این افراد می‌باشد. کارکرد اجرایی یکی از مهارت‌های سطح بالای شناختی مغز است که شامل مجموعه‌ای از مهارت‌ها مانند مهارت پاسخ، برنامه‌ریزی راهبردی، انعطاف شناختی و البته تعداد دیگری از متغیرهای شناختی می‌باشد (خراسانی‌زاده، بهرامی و احدی، ۱۳۹۷). توصیف دقیق از نوروپاتولوژی اساسی این اختلال به دلیل ناهمگونی عصبی روانشناختی و همپوشانی قابل توجه بین علائم افراد مبتلا و علائم معمول گذرای تحولی بسیار دشوار است. با این حال، بر اساس تصویربرداری‌های مغزی و یافته‌های نوروفیزیولوژی، مناطق متمایز و مشخصی از مغز و شبکه‌های عصبی خاصی شناسایی شده‌اند که به نظر مسئول ایجاد علائم اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی هستند (کاستلانوس و پورال، ۲۰۱۲) (شکل ۱). دو مورد از نظریه‌های تأثیرگذار در تبیین علائم این اختلال، تنظیم مهارت ضعیف ناشی از کمبود منابع اجرایی (برای مثال مدل‌های مبتنی بر مهار) و نقص در مهار تکانه‌ها که منجر به فعالیت بیش از اندازه می‌شود (برای مثال مدل نقص انگیزشی) می‌باشند. مطابق با مدل اول، عامل تعیین‌کننده در اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی، اختلال در عملکردهای اجرایی است، که با کم‌کاری قشر پیش‌پیشانی خلفی (DLPFC)^۲ و فعالیت بیش از اندازه مناطق زیرقشری همراه است (بارکلی، ۱۹۹۷؛ ویلکات، دوپل، نیک، فاراون و پنینگتون، ۲۰۰۵). همچنین

2. dorsolateral prefrontal cortex

1. Attention Deficit/Hyperactivity Disorder

فراقشری از قبیل ¹tPCS، ²tDCS، ³tRNS و ⁴tACS اشاره نمود. تحریک الکتریکی فراقشری مغز (tDCS) یک ابزار غیرتهاجمی برای تعدیل تحریک‌پذیری قشر مغز می‌باشد. برای اجرای این تحریک یک جریان بسیار ضعیف در قشر مغز برقرار می‌گردد و این جریان از طریق دو الکترود لاستیکی رسانا همراه با اسفنج‌های خیس شده در محلول آب نمک و یا آغشته به ژل رسانا صورت می‌گیرد (استاگ و نیچه، ۲۰۱۱). تعدیل تحریک‌پذیری قشری بستگی به قطبیت الکترودها دارد. به طور معمول، قطب آند مثبت باعث افزایش تحریک‌پذیری قشر مغز می‌شود در حالی که قطب منفی و یا همان قسمت کاتد، این تحریک‌پذیری را کاهش می‌دهد (نیچه و پاوالس، ۲۰۰۱). این تعدیل‌سازی به دلیل تغییر پتانسیل غشای استراحت در مناطقی از قشر مغز است که جریان در آن جاری می‌شود (ستاگ و نیچه، ۲۰۱۱).

تحقیقات نشان می‌دهند که استفاده از tDCS منجر به بهبود و تسکین علائم شدیدی می‌شود که در اختلالات مختلف روان پزشکی و نورولوژیکی دیده می‌شوند، برای مثال افسردگی (کالو و همکاران، ۲۰۱۲)، اسکیزوفرنی (برونلین و همکاران، ۲۰۱۲)، سکنه ی مغزی (چانگ و همکاران، ۲۰۱۵) و ناتوانی یادگیری (هت و لایدر، ۲۰۱۵). کاستلانوس و پروال (۲۰۱۲) پیشنهاد کرده‌اند که احتمالاً استفاده از این ابزار می‌تواند در بهبود علائم اختلال بیش‌فعالی مؤثر واقع شود، به ویژه این گونه تحریکات می‌تواند تأثیرات مثبت زیادی در شبکه‌ی گسترده‌تری از مغز بگذارد (کسر و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعاتی که به بررسی تأثیرات استفاده از این دستگاه در تعدیل و بهبود علائم اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی باشد بسیار کم است. پرن کریستن و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی که توسط tDCS در مرحله‌ی خواب با امواج آهسته انجام شد، نشان دادند که با استفاده از این روش درمانی بهبود قابل توجهی در عملکرد حافظه‌ی ضمنی در روز بعد از اجرای تحریک و همچنین بهبود قابل توجه در تکالیف گزینشی از قبیل (انجام بده / انجام نده)^۵ در کودکان مبتلا به اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی دیده شد. بریتلینگ و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای با عنوان بهبود کنترل

تحقیقات نشان داده‌اند که قشر پیش‌پیشانی با استفاده از حافظه فعال، به کارگیری اطلاعات مرتبط برای بازداری از رفتارها، افکار و احساسات نامناسب، رفتار و توجه افراد را جهت‌دهی می‌کند. این فرآیندها پایه و اساس چیزی است که امروزه از آن به عنوان عملکرد اجرایی یاد می‌شود، که شامل تنظیم توجه، برنامه‌ریزی، مهار کردن تکانه، انعطاف‌پذیری ذهنی و شروع و پایش رفتار می‌باشد (دوئل، ۲۰۲۰). وجود ضایعه در قشر پیش‌پیشانی علائمی مانند فراموشی، حواس‌پرتی، رفتارهای برانگیختگی، و بی‌نظمی را ایجاد می‌نماید. ضایعات در قشر پیش‌پیشانی بطنی می‌تواند باعث نقص در هیجان شود که خود منجر به رفتارهای اجتماعی نامناسب مانند پرخاشگری گردد (اندرسون، بچارا، داماسیو، ترانل و داماسیو، ۱۹۹۹).

نقش قشر پیش‌پیشانی در تنظیم توجه سال‌هاست که مورد توجه قرار گرفته است. قشر پیش‌پیشانی رفتارهای ما را بر طبق هدفی که داریم تنظیم می‌کند. این قسمت از مغز برای منحرف ساختن توجه از برخی محرک‌ها، برخی پاسخ‌های ما را مهار می‌نماید و افکار بی‌ربط که باعث تداخل در رفتار ما شوند را سرکوب می‌نماید. از این رو، بیمارانی که دارای ضایعاتی در این ناحیه از مغز هستند به راحتی حواسشان پرت می‌شود (گادفروی و روسکس، ۱۹۹۶)، در نادیده گرفتن محرک‌های حسی مشکل دارند، تمرکز و برنامه‌ریزی ضعیفی دارند و بیشتر مستعد حواس‌پرتی در تداخلات فعالانه می‌باشند (تامپسون - شیل و همکاران، ۲۰۰۲). درمان‌های زیادی در جهت فعال‌سازی بیشتر این ناحیه از مغز ایجاد شده‌اند که یکی از رایج‌ترین آنها دارودرمانی با استفاده از تجویز داروهای محرک نظیر متیل‌فنیدیت می‌باشد. این دارو با اثرات شیمیایی که دارد منجر به تحریک بیشتر این ناحیه و بالا بردن سطح برانگیختگی این ناحیه از قشر مخ با استفاده از مسیرهای بیوشیمیایی می‌شود (موران، اونگور، هسو، کاسترو، پرلیس و شیویز، ۲۰۱۹). سایر درمان‌های روانشناختی نیز که در جهت بهبود علائم اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی به کار برده می‌شوند از طریق تغییرات رفتاری و شناختی منجر به ایجاد مسیرهای عصبی جدیدتر و یا فعالیت دوباره مسیرهای بلااستفاده و در نهایت فعال‌سازی بیشتر این نواحی می‌شوند (فیلیسن و همکاران، ۲۰۱۰). با این وجود، درمان‌های نوین‌تر به سمت تحریک‌های غیرتهاجمی و خفیف در نواحی خاصی از مغز تمایل دارند که از بین آنها می‌توان به درمان‌های تحریک الکتریکی

1. Transcranial Pulse Current Stimulation
2. Transcranial Direct Current Stimulation
3. Transcranial Random Noise Stimulation
4. Transcranial Alternate Current Stimulation
5. Go/No Go tasks

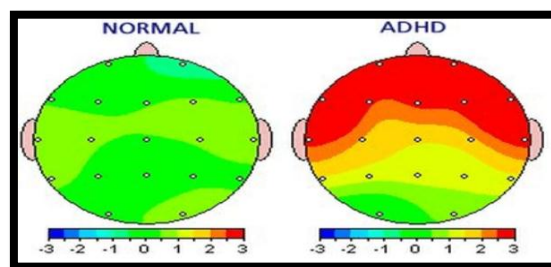
روش

روش پژوهش حاضر از نوع آزمایشی و طرح مورد استفاده طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون همراه با گروه گواه می‌باشد. این طرح از دو گروه شرکت‌کننده تشکیل شده است. جامعه آماری این پژوهش شامل تمامی افراد (۱۲۰ نفر) دچار اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی بزرگسال (۱۸ تا ۴۵ سال) مراجعه‌کننده به یکی از مراکز تخصصی مجهز به نوروتراپی در شهر اصفهان (مرکز تخصصی روانشناسی و روان‌پزشکی بهار) در سال ۱۳۹۸ بود. نمونه این پژوهش با در نظرگیری امکان ریزش ۴۰ نفر (۲ گروه ۲۰ نفری) در نظر گرفته شد که پس از انجام مصاحبه بالینی تحت نظر روانشناس بالینی و داشتن ملاک‌های ورودی، آزمون‌های غربالگری و پیش‌آزمون قادر به ورود به فرآیند پژوهش بودند. ملاک‌های ورود به پژوهش شامل دریافت تشخیص اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی با توجه به مصاحبه بالینی (براساس ملاک‌های تشخیصی DSM-5)، داشتن رده سنی ۱۸ تا ۴۵ سال، توانایی همکاری در طرح پژوهش در طی ۲ ماه بعد از شروع پژوهش، پر کردن فرم رضایت آگاهانه کتبی بود. ملاک‌های خروج از پژوهش نیز شامل داشتن اختلالات جسمانی ناتوان‌کننده، داشتن اختلالات نورولوژیک جدی، سابقه سوءمصرف مواد، اختلال رفتار هنجاری، ابتلا به اختلال شخصیت ضداجتماعی، دریافت همزمان درمان‌های دارویی یا روانشناختی دیگر و غیبت بیش از ۳ جلسه بود.

گروه آزمایش در طی یک دوره ۱۵ جلسه‌ای به صورت جلسات یک روز در میان، تحریک الکتریکی فراقشری را توسط روانشناس بالینی دریافت نمودند. ناحیه تحریک در منطقه DLPFC نقاط F3 و F4 بود. تحریک از طریق دستگاه نورواستیم ۲ ساخت ایران صورت گرفت. برای تحریک به غیر از دستگاه و الکترودها در جهت رسانا ساختن و از بین بردن احساس فیزیکی از دو پد آغشته به محلول آب نمک استفاده شد (شکل ۲).

برای اجرای این پژوهش، بعد از ثبت پیشنهادیه، کد اخلاقی (IR.SUMS.REC.1398.781) از معاونت پژوهشی دانشگاه شیراز اخذ شد. بعد از انتخاب شرکت‌کنندگان به روش تصادفی، گمارش افراد در گروه‌ها (آزمایش و گواه) نیز به صورت تصادفی انجام شد. تمامی شرکت‌کنندگان ملزم به پر کردن فرم رضایت‌نامه آگاهانه بودند. در کنار آن به تمامی شرکت‌کنندگان در ارتباط با محرمانه بودن اطلاعات و سایر حقوق آنها توضیح داده شد. شرکت

تداخل با استفاده از تحریک الکتریکی فراقشری مغز در بیماران مبتلا به اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی به بررسی اثر شام و حقیقی این درمان بر روی ۴۲ بیمار مبتلا پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که درمان tDCS نسبت به گروه شام و کنترل تأثیر معناداری در بهبود کنترل تداخل در بیماران مبتلا به اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی دارد. بندریا و همکاران نیز (۲۰۱۶) تأثیر tDCS بر بهبود اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی در کودکان و بزرگسالان مبتلا مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نیز نشان‌دهنده تأثیر معنادار این درمان در بهبود سرعت پردازش، توجه به محرک و بهبود توانایی در تغییر توجه در تکالیف مرتبط شد. در هیچ یک از مطالعاتی که با هدف بررسی تأثیر این درمان بر اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی انجام شده است دو مؤلفه هیجانی و شناختی این اختلال به صورت متمایز همراه با ویژگی‌های مختل شده در بیماری به صورت جداگانه مورد بررسی قرار نگرفته است. لذا در این مطالعه قصد ما بررسی دقیق‌تر ایجاد تغییرات در هر دو مؤلفه شناختی و هیجانی اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی به صورت جداگانه از طریق تعدیل سیستم برانگیختگی مغزی در نواحی پیشانی قشری مخ (قسمت‌های مطرح شده در بخش بالا به عنوان بخش‌های درگیر در اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی) می‌باشد. همان‌گونه که ذکر شد در اکثر مطالعات قبلی تنها به بررسی این تأثیر در درمان اختلال به صورت کلی پرداخته شده است. فرض این پژوهش بر این است که آیا در زمان جداسازی مؤلفه‌ها و در نظر نگرفتن اختلال به صورت یک نمره کلی، تأثیر درمانی می‌تواند متفاوت باشد یا خیر؟ آیا نقاطی که در مطالعه مورد تحریک قرار می‌گیرند در بر طرف کردن تمامی علائم نقش دارند؟ آیا این بهبود در اختلال به عنوان یک نمره کلی به معنای بهبود تمامی مؤلفه‌ها محسوب می‌شود؟



شکل ۱. نقشه مغزی فرد نرمال در برابر فرد مبتلا به اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی (برگرفته از سایت

<https://www.pinterest.com/pin/297659856595793303/>)

ارزیابی توانایی برنامه‌ریزی تعدادی از بیماران ساخت. تحقیقات نشان داده‌اند که این آزمون حساسیت زیادی به آسیب‌های لوب فرونتال دارد. این آزمون یکی از بهترین آزمون‌ها برای ارزیابی کارکرد اجرایی و برنامه‌ریزی می‌باشد. درستی این آزمون برای سنجش میزان برنامه‌ریزی افراد اثبات شده است. این آزمون شامل ۱۲ مسئله می‌باشد و نمرات افراد می‌تواند بین ۰ تا ۳۶ در نوسان می‌باشد. فرم نرم‌افزاری این آزمون گزارشی از موارد زیر را فراهم می‌کند: تعداد کوشش‌های هر مسئله، زمان تأخیر یا زمان طراحی، زمان آزمایش، زمان کل آزمایش، تعداد خطاها و امتیاز کل. قابلیت اعتماد این آزمون نیز مورد قبول و ۰/۷۳ گزارش شده است (کیانی و هادیان‌فرد، ۱۳۹۵). پایایی این آزمون با روش آلفای کرونباخ بین ۰/۸۰ تا ۰/۸۴ گزارش شده است (سلیمانی، ۱۳۹۴). در این پژوهش از فرم نرم‌افزاری آزمون استفاده شده است.

آزمون استروپ^۳: آزمون استروپ در سال ۱۹۳۵ توسط ریبدلی استروپ به منظور سنجش میزان توجه انتخابی و انعطاف‌پذیری شناختی از طریق پردازش دیداری ساخته شد. پژوهش‌ها قابلیت اعتماد و درستی مناسب و قابل تأیید این آزمون را گزارش نموده‌اند. در این آزمون ۹۶ موقعیت فراهم می‌شود که ۴۸ مورد از آن شرایط همخوان و ۴۸ مورد نیز ناهمخوان است. گزارشات این آزمون شامل زمان آزمایش، تعداد خطا، بدون پاسخ، تعداد صحیح، زمان پاسخ، نمره تداخل و زمان تداخل می‌باشند. درستی این آزمون از طریق بازآزمایی ۰/۸۰ تا ۰/۹۱ گزارش شده است (خدادادی و همکاران، ۲۰۱۴). فرم دستی این آزمون برای جامعه فارسی زبان ترجمه شده است (حسینی‌رمقانی، هادیان‌فرد، تقوی و افلاک‌سیر، ۱۳۹۳). قابلیت اعتماد قابل قبولی برای این آزمون (0/90) با استفاده از روش آزمون - بازآزمون بعد از تقریباً ۶۰ روز به دست آمده است (حسینی‌رمقانی، هادیان‌فرد، تقوی و افلاک‌سیر، ۱۳۹۳). آزمون دسته‌بندی کارت‌های ویسکانسین (WCST)^۴: این آزمون توسط گرانر برگ در سال ۱۹۸۴ ایجاد شده است. در این آزمون از ۶۴ عدد کارت با نمادهای دایره، مثلث، به علاوه و ستاره استفاده می‌شود که هر یک در یکی از رنگ‌های سبز، زرد، آبی و قرمز می‌باشند. این آزمون استدلال انتزاعی، انعطاف‌پذیری شناختی، درجه‌ماندگی، حل مسئله، تشکیل مفاهیم، تغییر مجموعه، توانایی

کنندگان بعد از قرارگیری در گروه‌ها، پیش‌آزمون‌ها را تکمیل نموده و سپس گروه آزمایش، با توجه به ملاحظات اخلاقی، مورد مداخله پژوهشی بر طبق پروتکل معرفی شده قرار گرفتند. بعد از اجرای مداخله مجدداً از گروه‌ها پس‌آزمون گرفته شد. سپس مراحل جمع‌آوری و تفسیر داده‌ها صورت گرفت. پس از اتمام پژوهش و اثبات تأثیرگذار بودن درمان، گروه گواه نیز درمان مورد نظر را در طی یک دوره دو ماهه دریافت نمود.



شکل ۲. نحوه قرارگیری الکترودها بر روی سر (برگرفته از سایت

(<https://www.spreader.com/tcds-for-speed-reading>)

ابزار

مقیاس خود گزارش‌دهی اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی بزرگسالان (ASRS)^۱: این پرسشنامه توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و کارگروهی متشکل از تیم‌های روان‌پزشکان و پژوهشگران سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۳ ساخته شده است (آدلر، کسلر و اسپنسر، ۲۰۰۳). سؤال‌های مقیاس خود گزارش‌دهی اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی بزرگسالان، سازگار با معیارهای راهنمای تشخیصی آماری اختلالات روانی - ۵ هستند. این مقیاس شامل ۲ بعد و ۱۸ سؤال است که به دو قسمت A و B (بی‌توجهی و فزون‌کنشی) تقسیم می‌شوند و پاسخ‌ها در طیف لیکرت نمره‌گذاری می‌شوند. دامنه نمرات از ۰ تا ۳۶ برای هر زیر مقیاس و ۰ تا ۷۲ برای مقیاس کلی می‌باشد. قابلیت اعتماد این پرسشنامه در مطالعه‌ای که در ایران صورت گرفته به روش آلفای کرونباخ ۰/۸۷ به دست آمده، درستی هم‌زمان این پرسشنامه ۰/۶۷، درستی تشخیصی آن نیز ۰/۷۰ و میزان پایایی ۰/۸۷ گزارش شده است (مختاری، ربیعی و سلیمی، ۱۳۹۴).

آزمون برج لندن^۲: شالیس این آزمون را در سال ۱۹۸۲ جهت

3. Stroop Test

4. Wisconsin Card Sorting Test

1. Adult ADHD Self-Report Screening Scale

2. Tower of London Test

می باشند. حداقل نمره ۳۶ و حداکثر نمره ۱۸۰ می باشد. ویژگی های روانسنجی در فرم فارسی این آزمون نیز در نمونه های بالینی و غیر بالینی مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است (بشارت و بزازیان، ۱۳۹۳). ضریب آلفای کرونباخ برای کل مقیاس از ۰/۷۹ تا ۰/۹۲ به دست آمده است. قابلیت اعتماد بازآزمایی از ۰/۷۱ تا ۰/۸۷ گزارش شده است (بشارت، ۱۳۹۷).

آزمون تکانشگری آیزنک^۳: این پرسشنامه بر پایه ی نظریه ی تکامل یافته ی ویژگی های شخصیتی در سال ۱۹۷۷ توسط آیزنک ساخته شده، دارای ۵۴ پرسش است و سه عامل مخاطره جویی، تکانشگری و همدلی را می سنجد که با گزینه های آری یا خیر پاسخ داده می شوند. این عوامل به ترتیب شامل ۱۶، ۱۹ و ۱۹ پرسش می باشند. تاکنون هفت ویرایش از این پرسش نامه ارائه شده است که نسخه ۷-۱ (آخرین ویرایش آن) در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت و ویژگی های روانسنجی این پرسشنامه مورد تأیید قرار گرفته است (اختیاری و همکاران، ۱۳۸۷). پایایی این آزمون ۰/۷۶ و درستی آن ۰/۸۲ گزارش شده است (ساجی و همکاران، ۱۹۹۸).

یافته ها

میانگین و انحراف معیار سن کل شرکت کنندگان در پژوهش حاضر، $28/95 \pm 7/07$ بود. تعداد بیماران زن ۲۴ نفر (۶۰ درصد) و تعداد بیماران مرد ۱۶ نفر (۴۵ درصد) بود. از نظر تحصیلات بیشترین فراوانی ۱۴ نفر (۳۵ درصد) مربوط به سطح تحصیلات کارشناسی و کمترین فراوانی ۳ نفر (۷/۵ درصد) مربوط به سطح تحصیلی فوق لیسانس و بالاتر بود. از نظر وضعیت تأهل بیشترین فراوانی ۲۲ نفر (۵۵ درصد) مربوط به افراد مجرد و کمترین فراوانی ۳ نفر (۷/۵ درصد) مربوط به افراد مطلقه بود. از نظر وضعیت شغلی بیشترین فراوانی ۲۱ نفر (۵۲/۵ درصد) مربوط به افراد خانه دار و کمترین فراوانی ۹ نفر (۲۲/۵ درصد) مربوط به افراد با شغل آزاد بود. لازم به ذکر است که توزیع فراوانی متغیرهای جمعیت شناختی بین دو گروه تفاوت معناداری نداشتند. نتایج توصیفی که شامل میانگین و انحراف معیار نمرات بزرگسالان دارای اختلال نقص توجه / بیش فعالی در دو گروه و در دو مرحله پیش آزمون - پس آزمون در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمون فرضیه و استفاده از بازخورد خطاها، راهبرد شروع و توقف عمل و نگهداری توجه را می سنجد. در محاسبه آزمون سه نمره لحاظ می شود. تعداد خطای درجاماندگی، تعداد طبقات به دست آمده و تعداد کل خطاها. لزاک و هایسون (۱۹۹۵) میزان درستی این آزمون را برای سنجش نقایص شناختی بالای ۰/۸۶ گزارش کرده اند و میزان درستی این آزمون در جمعیت ایرانی ۰/۸۵ گزارش شده است (حسینی رمقانی، هادیان فرد، تقوی و افلاک سیر، ۱۳۹۴). پایایی این آزمون نیز بر اساس ضریب توافق ارزیابی کنندگان در مطالعه اسپرین و استراوس (۱۹۹۱) معادل ۰/۸۳ گزارش گردیده است. نادری (۱۳۷۳) این آزمون را در جمعیت ایران با روش بازآزمایی ۰/۸۵ ذکر کرده است.

آزمون عملکرد مداوم (CPT)^۱: این آزمون توسط رازولد و همکاران در سال ۱۹۵۶ طراحی شده و به عنوان رایج ترین آزمون برای سنجش توجه مداوم و بازداری پاسخ شناخته می شود. در آزمون عملکرد مداوم دو خطای حذف و ارائه پاسخ نمره گذاری می شوند. هادیان فرد و همکاران سازنده فرم فارسی این آزمون می باشند که توسط رایانه اجرا می شود و دارای ۱۵۰ عدد فارسی به عنوان محرک می باشد که ۳۰ عدد از آنها ۲۰ درصد) محرک هدف می باشند. ضرایب درستی قسمت های مختلف آزمون، در دامنه بین ۰/۵۹ تا ۰/۹۳ قرار دارد. درستی آزمون نیز در مطالعه هادیان فرد و همکاران از قابلیت خوبی برخوردار بود (هادیان فرد، نجاریان، شکرکن و مهرابی زاده هنرمند، ۱۳۷۹). ضریب پایایی آزمون نیز ۰/۸۱ گزارش شده است (رحیمی، رسایی و محمدی، ۱۳۹۳).

مقیاس مشکلات در تنظیم هیجان (DERS)^۲: این مقیاس توسط گرتز و رومر (۲۰۰۴) در جهت اندازه گیری سطح نقص و نارسایی تنظیم هیجانی افراد ابداع شد. این آزمون شامل ۳۶ سؤال است که در طیف لیکرت پاسخ داده می شوند. سؤالات ۱، ۲، ۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۷، ۲۰، ۲۲، ۲۴ به صورت معکوس نمره گذاری می شوند. شش خرده مقیاسی که در این آزمون مورد سنجش قرار می گیرند شامل عدم پذیرش پاسخ های هیجانی، دشواری در انجام رفتار هدفمند، دشواری در کنترل تکانه، فقدان آگاهی هیجانی، دسترسی محدود به راهبردهای تنظیم هیجانی و عدم وضوح هیجانی

۱. continuous performance test

۲. difficulties in emotion regulation scale

۳. eysenck impulsivity test

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد نمرات پیش آزمون و پس آزمون مؤلفه‌ها در دو گروه				
گروه	متغیر	پیش آزمون		پس آزمون
		میانگین	انحراف معیار	انحراف معیار
گروه آزمایش	تکانشگری	۷۲/۳۵	۱۱/۷۲	۱۱/۷۱
	تنظیم هیجان	۱۱۳/۸	۱۴/۸۳	۱۲/۴۹
	استروپ	۹۶/۳۵	۵۷/۲۰	۳۱/۱۱
	برج لندن	۲۷/۴	۳/۷۴	۴/۱۸
	ویسکانسین	۱۰/۲۵	۳/۵۵	۲/۶۶
	توجه و تمرکز	۱۱۶/۱۵	۱۳/۷۹	۱۴/۲۹
	مؤلفه بی‌توجهی ADHD	۲۳/۷۵	۴/۱	۲/۵۲
	مؤلفه فزون‌کنشی ADHD	۲۵/۴۵	۴/۶۹	۴/۷۴
	تکانشگری	۷۲/۶۰	۱۱/۷۴	۹/۹۶
	تنظیم هیجان	۱۱۹/۰۵	۲۱/۲۸	۱۵/۹۵
گروه گواه	استروپ	۱۱۲/۵۵	۷۶/۰۸	۶۴/۱۰
	برج لندن	۲۸/۱	۴/۰۸	۳/۹۶
	ویسکانسین	۹/۱	۵/۳۰	۴/۱۶
	توجه و تمرکز	۱۱۱/۷۰	۱۳/۱۱	۱۴/۰۱
	مؤلفه بی‌توجهی ADHD	۲۳/۳۰	۵/۸۰	۵
	مؤلفه فزون‌کنشی ADHD	۲۲/۵۵	۵/۰۴	۴/۵۶

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین نمرات مؤلفه‌های متغیر مورد پژوهش در دو گروه پژوهش (گروه آزمایش تحریک الکتریکی فراقشری مغزی و گروه گواه) به تفکیک دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون نشان داده شده است.

جهت استفاده از تحلیل پارامتریک، پیش‌فرض‌های نرمال بودن توزیع نمرات و پیش‌فرض تساوی واریانس‌های دو گروه در جامعه مورد بررسی و مورد تأیید قرار گرفت. لذا تحلیل کوواریانس تک‌متغیره و چند متغیره برای تجزیه و تحلیل یافته‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج آزمون شاپیرو - ویلک برای بررسی مفروضه نرمال بودن داده‌ها نشان داد که فرض صفر برای نرمال بودن توزیع نمرات دو گروه در متغیرهای پژوهش تأیید می‌گردد. یعنی پیش‌فرض نرمال بودن توزیع نمرات در پیش‌آزمون و در هر دو گروه آزمایش و گواه تأیید گردید. نتایج آزمون لوین در مورد پیش‌فرض تساوی واریانس‌های گروه‌های نمونه، برای متغیرهای تنظیم هیجان ($F=1/190, P=0/319$)، تکانشگری ($F=1/541, P=0/211$)، استروپ ($F=0/930, P=0/425$)، برج لندن ($F=0/149, P=0/941$)، ویسکانسین ($F=1/453, P=0/234$)، توجه و تمرکز ($F=0/941, P=0/997$)، بی‌توجهی در بیش‌فعالی ($F=0/117, P=0/210$)،

مقدار $f=0/877$ ، درجه آزادی ۱ (۱۰)، درجه آزادی ۲ (۳۷۴۸/۲۰۷) و سطح تحت پوشش آماره‌ی آزمون ($0/554$) بود. با توجه به اینکه فرض مطلوب برای این پیش‌فرض عدم معناداری آن است؛ لذا پیش‌فرض همگنی ماتریس واریانس - کوواریانس گروه‌ها برای هر دو متغیر برقرار است ($p > 0/05$).

همچنین، نتایج کلی تحلیل کوواریانس چند متغیره به منظور مقایسه مؤلفه‌های متغیر کمبود توجه و فزون‌کنشی در بین دو گروه گواه و آزمایشی در پس‌آزمون نشان داد که برای متغیر کمبود توجه/ فزون‌کنشی مقدار $f=14/301$ مقدار $P < 0/001$ بود.

($P < 0/001$). با توجه به نتایج، بین دو گروه گواه و آزمایش در پس‌آزمون دست کم در یکی از مؤلفه‌های متغیر عدم توجه و فزون کنشی تفاوت معنادار وجود دارد. به منظور مشخص شدن تفاوت کلیه متغیرها برون‌داد تک متغیری به همراه نتایج تحلیل کوواریانس تک‌متغیره سایر متغیرهای پژوهش گزارش می‌شود.

جدول ۲. نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیری و چند متغیری برای مقایسه متغیرهای پژوهش در گروه‌ها						
منبع تغییرات	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجذور	F	مقدار P	مجزوراتا
تکانشگری	۵۴۵/۴۲۷	۱	۵۴۵/۴۲۷	۳۱/۰۶۶	۰/۰۰۱	۰/۴۵۶
تنظیم هیجان	۷۲۴/۲۷۳	۱	۷۲۴/۲۷۳	۹/۷۲۲	۰/۰۰۴	۰/۲۰۸
استروپ	۵۹۶۵/۲۱۱	۱	۵۹۶۵/۲۱۱	۱۳/۹۸۸	۰/۰۰۱	۰/۲۷۴
برج لندن	۶۹/۱۶۲	۱	۶۹/۱۶۲	۹/۰۵۹	۰/۰۰۵	۰/۱۹۷
ویسکانسین	۱۴/۲۵۰	۱	۱۴/۲۵۰	۶/۱۱۰	۰/۰۱۸	۰/۱۴۲
توجه و تمرکز	۲۰۰۸/۷۸۶	۱	۲۰۰۸/۷۸۶	۳۲/۹۱۴	۰/۰۰۱	۰/۴۷۱
مؤلفه بی‌توجهی ADHD	۲۳۶/۶۲۵	۱	۲۳۶/۶۲۵	۲۷/۱۷۲	۰/۰۰۱	۰/۴۳۰
مؤلفه فزون کنشی ADHD	۶/۲۷۳	۱	۶/۲۷۳	۲/۸۵۸	۰/۱۰۰	۰/۰۷۴

و همکاران، ۲۰۱۶؛ سلطانی‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۹؛ لفا و همکاران، ۲۰۱۶). در این مطالعه به بررسی دقیق‌تر تأثیر این درمان بر مؤلفه‌های شناختی و هیجانی این اختلال پرداخته شد. نتایج نیز نشان دهنده تأثیر معنادار بر روی تمامی متغیرهای هیجانی این اختلال از قبیل مهار کردن هیجان و برانگیختگی بود. همان‌طور که در تحقیقات نشان داده شده است قسمت‌های جلویی مغز نقش اساسی در مهار کردن و تصمیم‌گیری در لحظات حساس را دارا می‌باشند. این قسمت‌ها در افراد مبتلا به اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی دچار انگیزتگی کمتر می‌باشند. در نتیجه استفاده از درمان تحریک الکتریکی فراقشری مغزی این قسمت‌های مغز، با توجه به نحوه قرارگیری الکترودها و در نتیجه عبور جریان خفیف، تحریک شده و برانگیختگی این نقاط بالاتر رفته، با بالاتر رفتن انگیزتگی؛ این قسمت‌های مغز فعالیت بیشتری خواهند داشت و در نتیجه بهبودی قابل توجهی در این حیطة دیده می‌شود. در ارتباط با توانمندی بیشتر در مهار کردن هیجان در پژوهشی که توسط کریسیکو و همکاران (۲۰۱۹) انجام شده نشان داده شد که استفاده از تحریک الکتریکی فراقشری مغزی و تحریک ناحیه قشری دورسولترال پیش‌پیشانی با توجه به تأثیری که این تحریک بر قسمت آمیگدال (قسمت هیجانی مغز) می‌گذارد بهبودی قابل قبولی را در تنظیم هیجانی می‌توان انتظار داشت. طبق این پژوهش که با استفاده از ابزارهای پیشرفته‌تری نیز صورت گرفته شده در افرادی که تنظیم هیجانی به صورت خوب

نتایج کلی تحلیل کوواریانس چند متغیره چهار سنجه از آزمون‌های مختلف را نشان می‌دهند که عموماً نتایج یکسان و مشابهی دارند. در پژوهش حاضر به دلیل رعایت پیش‌فرض همگنی ماتریس واریانس - کوواریانس، آماره لامبدای ویلکز گزارش و استناد می‌شود. برای متغیر کمبود توجه / بیش‌فعالی مقدار لامبدای ویلکز (۰/۵۵۰) بود

براساس جدول بالا از آنجا که سطح معناداری در متغیرهای تنظیم هیجان، تکانشگری، استروپ، برج لندن، ویسکانسین، توجه و تمرکز و مؤلفه بی‌توجهی در اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی پایین‌تر از ۰/۰۱ می‌باشد، تفاوت بین دو گروه آزمایش و گواه در این متغیرها تأیید می‌شود. همچنین ۲۱ درصد تغییر در نمره تنظیم هیجان، ۴۶ درصد تغییر در نمره تکانشگری، ۲۷ درصد تغییر در نمره استروپ، ۲۰ درصد تغییر در نمره برج لندن، ۱۴ درصد تغییر در نمره ویسکانسین، ۴۷ درصد نمره توجه و تمرکز و ۴۳ درصد تغییر در نمره مؤلفه بی‌توجهی در اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی افراد به دلیل متغیر مستقل است. بنابراین می‌توان گفت درمان تحریک الکتریکی فراقشری مغز موجب بهبود متغیرهای پژوهش از جمله تنظیم هیجان، تکانشگری مؤلفه‌های عملکرد اجرایی و مؤلفه بی‌توجهی اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تحریک الکتریکی فراقشری مغز بر بهبود علائم اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی در بزرگسالان صورت گرفت. نتایج نشان داد که این مداخله درمانی می‌تواند در بهبود اکثر علائم اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی مؤثر باشد، تنها مؤلفه‌ای که به دنبال این درمان بهبودی معناداری در آن مشاهده نشد علامت فزون‌کنشی بود. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های قبلی همسو بود (صالحی‌نژاد و همکاران، ۲۰۲۰؛ بندریا، ۲۰۱۶؛ بریتلینگ

شد که در نتیجه تأثیر تحریک الکتریکی فراقشری مغزی بر روی بهبود توانش مهار بازداری، زمان واکنش پاسخ کاهش می‌یابد، اما این کاهش زمان همراه با کاهش خطا می‌باشد. در واقع در مفهوم تکانشگری یکی از مؤلفه‌های مطرح، کم شدن زمان واکنش است، که در درمان‌های روان‌شناختی به افزایش این زمان توصیه می‌شود. در صورتی که کاهش زمان واکنش، یک توانش است و این در حالی است که خطا کم‌تر صورت گیرد. این کم بودن زمان واکنش به نوعی نشان‌دهنده سرعت بالاتر پردازش اطلاعات محسوب می‌شود.

در ارتباط با مؤلفه‌های توجه و تمرکز در این اختلال در ابتدا برای تبیین تأثیر لازم است به انواع مختلف توجه اشاره شود. در این پژوهش سه نوع از توجه یعنی توجه مداوم، توجه انتخابی و توجه تقسیم شده مورد بررسی قرار گرفته است. مؤلفه توجه مداوم منظور توجهی است که بتواند به صورت پایدار حفظ شود و در صورت وجود سایر محرک‌ها تداوم خود را از بین نبرد. توجه انتخابی در مواقعی است که فرد به صورت انتخابی قادر باشد توجه خود را از هدفی به هدف دیگر معطوف کند. در توجه تقسیم شده نیز فرد قادر است توجه خود را بین چندین مؤلفه حفظ نماید. هر سه نوع توجه اکثر افراد مبتلا به اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی دچار اختلال شده است. همان‌گونه که در قسمت یافته‌ها مشاهده شد در نتیجه این درمان انواع توجه در فرد که با تست‌های استروپ، CPT و مؤلفه کمبود توجه در اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی مورد بررسی قرار گرفته بودند، بهبود یافته بودند. قسمت‌های مختلف مغز، شامل DLPFC، به عنوان بخش‌های درگیر در مهار توجه شناسایی شده اند. بر طبق یافته‌های کابزا و نایرگ (۲۰۰۰) مشاهده شده است که برای هر سه نوع توجه قسمت‌های پیش‌پیشانی و آهیانه‌ای در مغز به شدت دخیل هستند. اما تا به امروز مهمترین هدف در پژوهش‌هایی با هدف تحریک قسمت‌هایی از مغز در جهت بهبود عملکرد شناختی، DLPFC در نظر گرفته شده است. در تحقیقاتی که به صورت اختصاصی برای بررسی تأثیر تحریک بر انواع توجه انجام شده کاملاً بهبود توانش‌های توجه مشاهده شده (کافمن و همکاران، ۲۰۱۲؛ نلسون و همکاران، ۲۰۱۴؛ ساکای و همکاران، ۲۰۱۴). این پژوهش‌ها نشان دادند که تحریک منطقه DLPFC می‌تواند بیش برانگیختگی و گوش به زنگی بیش از اندازه را متعادل سازد و عملکرد توجه در راستای پژوهش بهبود یابد. لازم به ذکر است که

صورت نمی‌گیرد ارتباطات عمیقی و بیشتری بین قسمت پیشانی مغز و آمیگدال وجود دارد. این مسئله به صورتی است که باعث می‌شود فرد در هنگام مواجهه با محرک‌های هیجانی منفی مکانیسم ناکارآمدی را در میزان تخصیص توجه به محرک برانگیزاننده به کار برد. با تحریک کاتدی این شبکه ارتباطی می‌توان با غیرفعال-سازی مسیرهای نورونی تأثیرگذاری خوبی بر قسمت‌های عمقی آمیگدال داشته باشد. در این پژوهش همچنین به نقش شناختی این مسیرهای شبکه‌ای در بازتفسیر اطلاعات نیز اشاره شده است (کریسکو، وینگ و ون دم، ۲۰۱۹). همچنین در ارتباط با تنظیم هیجانی در پژوهشی که توسط مولوی و همکاران (۲۰۲۰) صورت گرفته نیز نشان داده شده است که تحریک ناحیه قشری دورسولترال پیش‌پیشانی می‌تواند باعث افزایش مهار شناختی بیشتر بر هیجان‌ات منفی گردد. طبق این پژوهش این اتفاق می‌تواند به دلیل درگیری فاکتورهای عامل دیگر در ناتوانی در مهار کردن هیجانی از قبیل عوامل مداخله‌گر، عوامل مهارنشده ایجادکننده مشکل و همچنین سایر عوامل ناسازگار صورت گیرد (مولوی و همکاران، ۲۰۲۰). در ارتباط با مؤلفه تکانشگری نیز در افراد مبتلا به کمبود توجه / بیش‌فعالی به دلیل نقص در شبکه‌های مهار شناختی، ناتوانی در بازداری پاسخ صورت می‌گیرد. در پژوهش‌های صورت گرفته نشان داده شده است که در نتیجه فعالیت کمتر منطقه قشری دورسولترال پیش‌پیشانی در افراد مبتلا به اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی مهار بازداری از پاسخ به سختی صورت می‌گیرد. تحریک این ناحیه و افزایش فعالیت آن باعث افزایش توانایی در مهار بازداری می‌شود. لذا مشاهده تغییر معنادار در افزایش توانمندی این بیماران در مهار تکانه‌ها به دلیل افزایش توانش مهار بازداری از پاسخ می‌باشد. ناحیه قشری دورسولترال پیش‌پیشانی یکی از قسمت‌های حیاتی مغز برای اثرات سیستم دوپامینرژیک بر عملکرد شناختی می‌باشد و این درمان به نوعی بر پایه افزایش فعالیت سیستم دوپامینرژیک در جهت بهبود علائم اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی است. در سایر پژوهش‌ها نیز در ارتباط با تأثیر مثبت تحریک الکتریکی فراقشری مغزی بر توانمندی مهار تکانه در اختلالات دیگری مانند پرخوری، الکلیسم و سایر رفتارهای اعتیاد گونه اشاره شده است (جانسن، دامز، کوئتر، ولتمن، ون دن برینک و گودریان، ۲۰۱۳). لازم به ذکر است که در پژوهشی که توسط بروت‌ابی، برونلین، آی ستا، پادوان و پولت (۲۰۱۶) صورت گرفت مشاهده

اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی مورد بررسی قرار گیرد تا فرض رفتارهای عاداتی نیز بعد از بررسی تحریک نواحی مرکزی (C3 & C4) مورد پژوهش قرار گیرد.

از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به نمونه کم پژوهش اشاره نمود. از دیگر محدودیت‌ها نیز عدم وجود آزمون‌های پیگیری می‌باشد. لذا نمی‌توان تداوم اثرات درمانی را در درازمدت مورد بررسی قرار داد. از دیگر محدودیت‌ها می‌توان به کمبود پیشینه پژوهشی که به صورت متمایز به بررسی علائم شناختی و هیجانی بیماران پرداخته اشاره نمود. محدودیت دیگر بررسی نکردن اثر شم (جهت بررسی اثر تلقین) در بررسی تأثیر درمان می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌شود در بخش پژوهشی برای جبران این محدودیت‌ها در مطالعات آینده این درمان با نمونه بالاتر و در جوامع آماری بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. می‌توان جهت بررسی اثربخشی این درمان، تحریک سایر نواحی درگیر در این اختلال (طبق یافته‌های موجود) مورد بررسی قرار گیرند. اثر شم در استفاده از تحریک الکتریکی فراقشری به عنوان درمان، باید در پژوهش‌های آتی مورد تحقیق قرار گیرد. همچنین می‌توان تأثیرات درمانی را در مقایسه با سایر درمان‌های شناختی و دارویی مورد بررسی و مطالعه قرار داد. به عنوان پیشنهادات کاربردی، پیشنهاد می‌شود که از این درمان برای مشکلات شناختی و تنظیم هیجان در بیماران مبتلا به اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی مخصوصاً تیپ بی توجه استفاده شود.

منابع

- اختیاری، حامد؛ صفایی، هومن؛ اسماعیلی جاوید، غلامرضا؛ عاطف وحید، محمد کاظم؛ عدالتی، هانیه و مکرری، آذرخش (۱۳۸۷). روایی و پایایی نسخه‌های فارسی پرسشنامه‌های آیزنک، بارت، دیکمن و زاگرن در تعیین رفتارهای مخاطره‌جویانه و تکانشگری. *مجله روان‌پزشکی و روانشناسی بالینی ایران*، ۱۴(۳)، ۳۳۶-۳۲۶.
- بشارت، محمدعلی و بزازیان، سعیده (۱۳۹۳). بررسی ویژگی‌های روانسنجی پرسشنامه تنظیم هیجان در نمونه‌ای از جامعه‌ی ایرانی. *نشریه‌ی دانشکده‌ی پرستاری و مامایی*، ۲۴(۸۴)، ۷۰-۶۱.
- بشارت، محمدعلی (۱۳۹۷). مقیاس دشواری تنظیم هیجان. *مجله‌ی اندیشه و رفتار*، ۱۲(۴۷)، ۹۲-۸۹.
- بشارت، محمدعلی؛ مسعودی، مرضیه؛ دهقانی، سپیده؛ مطهری، سجاد و پورخاقان، فاطمه (۱۳۹۴). رابطه‌ی نشانه‌های اضطراب اجتماعی با خشم: نقش میانجیگری دشواری‌های نظم‌جویی هیجان. *مجله‌ی علوم روانشناختی*، ۱۳(۵۱)، ۳۳۹-۳۲۱.

این بهبودی‌ها فقط زمانی مشاهده می‌شود که قسمت آندی دستگاه بر نیمکره راست و کاتدی بر روی نیمکره چپ قرار گیرد. پس نتیجه‌گیری می‌شود که جهت‌ارائه تحریک نیز، در فعال شدن منطقه بسیار تأثیرگذار است (بروت‌ابی، برونلین، آی ستا، پادوان و پولت، ۲۰۱۶).

کارایی عملکرد اجرایی، یکی از مهمترین قسمت‌های آسیب دیده در اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی، که با ابزارهای مختلف مورد سنجش قرار گرفت، در نتیجه تحریک ناحیه‌ی DLPFC بهبود قابل توجهی پیدا کرد. عملکرد اجرایی خود شامل توانش‌های متعددی می‌شود که هر کدام به نوبه‌ی خود نیازمند توانایی توجه هستند. بهبود کارکردهای اجرایی می‌تواند هم به عنوان پیامد افزایش و بهبود توجه در نظر گرفته شود و هم در نتیجه تحریک شبکه‌های عصبی مرتبط در این منطقه ایجاد شود. همان‌گونه در قسمت‌های قبلی ذکر شد قشر پیش‌پیشانی عملکرد شناختی مغز از قبیل برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری، مهار تکانه، حافظه، توجه و غیره را بر عهده دارد. لذا تحریک این نواحی که در افراد مبتلا به اختلال کمبود توجه / بیش‌فعالی دچار کم‌کاری و کم‌انگیزگی هستند می‌تواند نقش به‌سزایی در افزایش توانش‌های اجرایی داشته باشد. تنها مؤلفه‌ای که در نتایج این تحقیق تغییر معناداری در آن رخ نداد مؤلفه فزون‌کنشی (بی‌قراری فیزیکی) افراد مبتلا بود. در تبیین این مسئله می‌توان به این مسئله اشاره نمود که بی‌قراری و فزون‌کنشی در افراد مبتلا، می‌تواند در نتیجه فعالیت مختل ریتم حسی - حرکتی در مناطق حسی - حرکتی صورت گیرد. این قسمت در پشت شیار مرکزی مغز و بر طبق نقشه ۱۰-۲۰ بین‌المللی در مناطق C3 و C4 مغز جای دارند، این مناطق در این پژوهش مورد تحریک قرار نگرفته‌اند. هرچند انتظار می‌رفت در نتیجه کاهش علائم اختلال، این مؤلفه نیز بهبودی یابد اما بهبودی معنادار در این افراد دیده نشد. فرض دیگر می‌تواند این مسئله باشد که فعالیت‌های حرکتی در افراد می‌تواند در نتیجه عادت و یا نوعی مکانیسم جبرانی برای کاهش علائم اختلال مورد استفاده قرار گیرد. مانند تکان دادن پاها و یا راه رفتن بیشتر (در افراد بزرگسال)؛ لذا می‌توان این گونه فرض کرد که نداشتن تغییرات بالینی معنی‌دار بعد از بهبود سایر علائم اختلال می‌تواند در نتیجه تثبیت رفتارهای عاداتی در فرد صورت گرفته باشد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی این مسئله به صورت اختصاصی با بررسی تأثیر تحریک هر دو منطقه در افراد مبتلا به

- تهرانی دوست، مهدی؛ رادگودزی، رضا؛ سپاسی، میترا و علاقبندراد، جواد (۱۳۸۲). نقایص کارکردهای اجرایی در کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه / بیش‌فعالی. *نشریه‌ی تازه‌های علوم شناختی*، ۱(۱۵)، ۱-۹.
- حسینی‌رمقانی، نسرین‌السادات؛ هادیان‌فرد، حبیب؛ تقوی، سید محمدرضا و افلاک سیر، عبدالعزیز (۱۳۹۳). اضطراب و عملکرد شناختی: اثر شرایط القای اضطراب بر کارکرد بازداری حافظه‌ی فعال. *مجله‌ی روش‌ها و مدل‌های روانشناختی*، ۱۷(۵)، ۳۹-۵۳.
- حسینی‌رمقانی، نسرین‌السادات؛ هادیان‌فرد، حبیب؛ تقوی، سید محمدرضا و افلاک سیر، عبدالعزیز (۱۳۹۴). مقایسه‌ی عملکردهای اجرایی در دانش‌آموزان دختر مبتلا به اختلال اضطراب اجتماعی و دانش‌آموزان بهنجار شهر شیراز. *مجله‌ی علمی دانشگاه علوم پزشکی درمانی همادان*، ۲۲(۳)، ۲۷۳-۲۴۷.
- خراسانی‌زاده گزکی، عارفه؛ بهرامی، هادی و احدی، حسن (۱۳۹۹). اثر بخشی آموزش حافظه‌ی کاری بر افزایش توجه کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه / بیش‌فعالی. *مجله‌ی علوم روانشناختی*، ۱۹(۸۸)، ۵۰۹-۵۰۳.
- خراسانی‌زاده، عارفه؛ بهرامی، هادی و احدی، حسن (۱۳۹۷). اثربخشی آموزش حافظه‌ی کاری بر بهبود نشانگان رفتاری (کم‌توجهی و تکانشگری) کودکان مبتلا به اختلال کمبود توجه / فزون‌کنشی. *مجله‌ی علوم روانشناختی*، ۱۷(۶۹)، ۵۴۴-۵۳۷.
- رحیمی، چنگیز؛ رسایی، زهرا و محمدی، نورالله (۱۳۹۳). توانایی آزمون عملکرد مداوم در تشخیص افتراقی اختلالات روان‌پزشکی و افراد بهنجار. *مجله‌ی دست‌آوردهای روانشناختی*، ۴(۱)، ۲۱-۳.
- علیلو، مجید؛ هاشمی نصرت‌آباد، تورج و فلاحی، ابوالفضل (۱۳۹۴). مقایسه‌ی کارکردهای اجرایی بازداری پاسخ و توجه پایدار در کودکان با ناتوانی یادگیری ریاضیات و کودکان عادی. *مجله‌ی اندیشه و رفتار*، ۹(۳۵)، ۳۷-۲۷.
- کیانی، بهناز و هادیان‌فرد، حبیب (۱۳۹۵). تأثیر مداخله‌ی مبتنی بر ذهن آگاهی بر برنامه‌ریزی نوجوانان با علائم زیر آستانه تشخیص اختلال نقص توجه / بیش‌فعالی در آزمون برج لندن. *مجله‌ی روش‌ها و مدل‌های روانشناختی*، ۱۷(۲۳)، ۱۳۴-۱۱۵.
- مختاری، حمید؛ ربیعی، مهدی و سلیمی، سید حسین (۱۳۹۴). ویژگی‌های روان‌سنجی نسخه‌ی فارسی مقیاس خودسنجی بیش‌فعالی و نقص توجه بزرگسالان (ASRS). *مجله‌ی روان‌پزشکی و روانشناسی بالینی ایران*، ۲۱(۳)، ۲۵۳-۲۴۴.
- نادری، نصرالله (۱۳۷۵). بررسی پردازش اطلاعات و برخی از عملکردهای نوروپسیکولوژی مبتلایان به اختلال وسواس فکری عملی. پایان
- نامه کارشناسی ارشد روانشناسی بالینی، انستیتو روان‌پزشکی تهران.
- هادیان فرد، حبیب؛ نجاریان، بهمن؛ شکرکن، حسین و مهرابی‌زاده هنرمند، مهرناز (۱۳۷۹). تهیه و ساخت فرم فارسی آزمون عملکرد پیوسته. *مجله‌ی روانشناسی*، ۴(۴)، ۴۰۴-۳۸۸.
- Anderson, S. W., Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1999). Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex. *Nature neuroscience*, 2(11), 1032-1037. https://www.nature.com/articles/nm1199_1032#Bib1
- Bandeira, I. D., Guimarães, R. S. Q., Jagersbacher, J. G., Barretto, T. L., de Jesus-Silva, J. R., Santos, S. N., ... & Lucena, R. (2016). Transcranial direct current stimulation in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) a pilot study. *Journal of child neurology*, 31(7), 918-924. <https://doi.org/10.1177%2F0883073816630083>
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65-94. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.121.1.65>
- Breitling, C., Zaehle, T., Dannhauer, M., Bonath, B., Tegelbeckers, J., Flechtner, H. H., & Krauel, K. (2016). Improving interference control in ADHD patients with transcranial direct current stimulation (tDCS). *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 10, 72. <https://doi.org/10.3389/fncel.2016.00072>
- Brevet-Aeby, C., Brunelin, J., Iceta, S., Padovan, C., & Poulet, E. (2016). Prefrontal cortex and impulsivity: Interest of noninvasive brain stimulation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 71, 112-134. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.08.028>
- Brunelin, J., Mondino, M., Gassab, L., Haesebaert, F., Gaha, L., Suaud-Chagny, M. F., ... & Poulet, E. (2012). Examining transcranial direct-current stimulation (tDCS) as a treatment for hallucinations in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 169(7), 719-724. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2012.11071091>
- Cabeza, R., & Nyberg, L. (2000). Imaging cognition II: An empirical review of 275 PET and fMRI studies. *Journal of cognitive neuroscience*, 12(1), 1-47 <https://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/08989290051137585>
- Caci, H., Askenazy, F., Frequelin, N., Nadalet, L., Myquel, M., Staccini, P., ... & Boyer, P. (1998). Validation of the Impulsivity Rating Scale and relationship with anxiety in healthy French adolescents. *International Journal of Methods in Psychiatric Research*, 7(3), 128-135. <https://doi.org/10.1002/mpr.42>

- Heth, I., & Lavidor, M. (2015). Improved reading measures in adults with dyslexia following transcranial direct current stimulation treatment. *Neuropsychologia*, *70*, 107-113. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.05.007>
- Jansen, J. M., Daams, J. G., Koeter, M. W., Veltman, D. J., van den Brink, W., & Goudriaan, A. E. (2013). Effects of non-invasive neurostimulation on craving: a meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *37*(10), 2472-2480. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.07.009>
- Kalu, U. G., Sexton, C. E., Loo, C. K., & Ebmeier, K. P. (2012). Transcranial direct current stimulation in the treatment of major depression: a meta-analysis. *Psychological medicine*, *42*(9), 1791. <https://pdfs.semanticscholar.org/edc4/b38bbccbdecb380969c22deb002bf39149f8.pdf>
- Keeser, D., Meindl, T., Bor, J., Palm, U., Pogarell, O., Mulert, C., ... & Padberg, F. (2011). Prefrontal transcranial direct current stimulation changes connectivity of resting-state networks during fMRI. *Journal of Neuroscience*, *31*(43), 15284-15293. <https://www.jneurosci.org/content/31/43/15284.short>
- Khodadadi, Mojtaba; Mashhadi, Ali & Amani, Hossein (2014). Simple Stroop software. Institute of behavioral and cognitive Science. Tehran, Islamic republic of Iran.
- Kiani, B., Hadianfard, H., & Mitchell, J. T. (2017). The impact of mindfulness meditation training on executive functions and emotion dysregulation in an Iranian sample of female adolescents with elevated attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms. *Australian Journal of Psychology*, *69*(4), 273-282. <https://doi.org/10.1111/ajpy.12148>
- Kooij, J. J. S., Bijlenga, D., Salerno, L., Jaeschke, R., Bitter, I., Balazs, J., ... & Stes, S. (2019). Updated European Consensus Statement on diagnosis and treatment of adult ADHD. *European psychiatry*, *56*(1), 14-34. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2018.11.001>
- Leffa, D. T., de Souza, A., Scarabelot, V. L., Medeiros, L. F., de Oliveira, C., Grevet, E. H., ... & Torres, I. L. (2016). Transcranial direct current stimulation improves short-term memory in an animal model of attention-deficit/hyperactivity disorder. *European Neuropsychopharmacology*, *26*(2), 368-377. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2015.11.012>
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., & Loring, D. W. (1995). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford Univer. Press. [Google Scholar](https://scholar.google.com/).
- Lezak, M.D. (2004). *Neuropsychological Assessment*. 4e: Oxford University Press, USA
- Molavi, P.; Azizaram, A.; Basharpour, S.; Atadokht, A.; Nitsche, M. & Salehinejad. MA(2020). Repeated transcranial direct current stimulation of dorsolateral-prefrontal cortex improves executive functions, cognitive reappraisal emotion regulation, Castellanos, F. X., & Proal, E. (2012). Large-scale brain systems in ADHD: beyond the prefrontal-striatal model. *Trends in cognitive sciences*, *16*(1), 17-26. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.11.007>
- Castellanos, F. X., Sonuga-Barke, E. J., Milham, M. P., & Tannock, R. (2006). Characterizing cognition in ADHD: beyond executive dysfunction. *Trends in cognitive sciences*, *10*(3), 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.01.011>
- Chang, M. C., Kim, D. Y., & Park, D. H. (2015). Enhancement of cortical excitability and lower limb motor function in patients with stroke by transcranial direct current stimulation. *Brain stimulation*, *8*(3), 561-566. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2015.01.411>
- Chryssikou, E. G., Wing, E. K., & van Dam, W. O. (2019). Transcranial Direct Current Stimulation Over the Prefrontal Cortex in Depression Modulates Cortical Excitability in Emotion Regulation Regions as Measured by Concurrent Functional Magnetic Resonance Imaging: An Exploratory Study. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2019.12.004>
- Coffman, B. A., Trumbo, M. C., & Clark, V. P. (2012) (a). Enhancement of object detection with transcranial direct current stimulation is associated with increased attention. *BMC Neuroscience*, *13*, 108. <https://link.springer.com/article/10.1186/1471-2202-13-108>
- Ditye, T., Jacobson, L., Walsh, V., & Lavidor, M. (2012). Modulating behavioral inhibition by tDCS combined with cognitive training. *Experimental brain research*, *219*(3), 363-368. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00221-012-3098-4>
- Doebel, S. (2020). Rethinking Executive Function and its Development. *Perspectives on Psychological Science*, 1745691620904771. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1745691620904771>
- Godefroy, O., & Rousseaux, M. (1996). Divided and focused attention in patients with lesion of the prefrontal cortex. *Brain and cognition*, *30*(2), 155-174. <https://doi.org/10.1006/brcg.1996.0010>
- Gratz, K. L., & Roemer, L. (2004). Multidimensional assessment of emotion regulation and dysregulation: Development, factor structure, and initial validation of the difficulties in emotion regulation scale. *Journal of psychopathology and behavioral assessment*, *26*(1), 41-54. <https://link.springer.com/article/10.1023/b:joba.0000007455.08539.94>
- Gratz, K. L., Rosenthal, M. Z., Tull, M. T., Lejuez, C. W., & Gunderson, J. G. (2006). An experimental investigation of emotion dysregulation in borderline personality disorder. *Journal of abnormal psychology*, *115*(4), 850. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/1949-2715.S.1.18>

- of efficacy, safety, and protocol-induced electrical field modeling results. *OSF Preprints*. April, 2. <https://doi.org/10.1007/s12264-020-00501-x>
- Salomone, S., Fleming, G. R., Bramham, J., O'Connell, R. G., & Robertson, I. H. (2020). Neuropsychological deficits in adult ADHD: evidence for differential attentional impairments, deficient executive functions, and high self-reported functional impairments. *Journal of attention disorders*, 24(10), 1413-1424. <https://doi.org/10.1177%2F1087054715623045>
- Spreen, O., & Strauss, E. (1998). *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary*. Oxford University Press.
- Stagg, C. J., and Nitsche, M. A. (2011). Physiological basis of transcranial direct current stimulation. *Neuroscientist* 17, 37-53. doi: 10.1177/1073858410386614
- Thompson-Schill, S. L., Jonides, J., Marshuetz, C., Smith, E. E., D'Esposito, M., Kan, I. P., ... & Swick, D. (2002). Effects of frontal lobe damage on interference effects in working memory. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 2(2), 109-120. <https://doi.org/10.3758/CABN.2.2.109>
- Wessel, J. R., & Huber, D. E. (2019). Frontal cortex tracks surprise separately for different sensory modalities but engages a common inhibitory control mechanism. *PLoS computational biology*, 15(7), e1006927. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1007420>
- Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review. *Biological psychiatry*, 57(11), 1336-1346. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.02.006>
- Wodka, E. L., Mahone, E. M., Blankner, J. G., Larson, J. C., Fotedar, S., Denckla, M. B., et al. (2007). Evidence that response inhibition is a primary deficit in ADHD. *J. Clin. Exp. Neuropsychol.* 29, 345-356. <https://doi.org/10.1080/13803390600678046>
- and control over emotional processing in borderline personality disorder: A randomized, sham-controlled, parallel-group study. *Journal of affective disorders*. 724: 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.05.007>
- Moran, L. V., Ongur, D., Hsu, J., Castro, V. M., Perlis, R. H., & Schneeweiss, S. (2019). Psychosis with Methylphenidate or Amphetamine in Patients with ADHD. *New England Journal of Medicine*, 380(12), 1128-1138. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1813751>
- Musser, E. D., Backs, R. W., Schmitt, C. F., Ablow, J. C., Measelle, J. R., & Nigg, J. T. (2011). Emotion regulation via the autonomic nervous system in children with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Journal of abnormal child psychology*, 39(6), 841-852.
- Nelson, J. T., McKinley, R. A., Golob, E. J., Warm, J. S., & Parasuraman, R. (2014). Enhancing vigilance in operators with prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS). *Neuroimage*, 85, 909-917. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.11.061>
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2001). Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology*, 57(10), 1899-1901. <https://n.neurology.org/content/57/10/1899.short>
- Philipsen, A., Graf, E., van Elst, L. T., Jans, T., Warnke, A., Hesslinger, B., ... & Jacob, C. (2010). Evaluation of the efficacy and effectiveness of a structured disorder tailored psychotherapy in ADHD in adults: study protocol of a randomized controlled multicentre trial. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 2(4), 203-212. <https://doi.org/10.1007/s12402-010-0046-7>
- Pinzone, V., De Rossi, P., Trabucchi, G., Lester, D., Girardi, P., & Pompili, M. (2019). Temperament correlates in adult ADHD: a systematic review★★. *Journal of affective disorders*, 252, 394-403. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2019.04.006>
- Prehn-Kristensen, A., Munz, M., Goder, R., Wilhelm, I., Korr, K., Vahl, W., et al. (2014). Transcranial oscillatory direct current stimulation during sleep improves declarative memory consolidation in children with attentiondeficit/hyperactivity disorder to a level comparable to healthy controls. *Brain Stimul.* 7, 793-799. doi: 10.1016/j.brs.2014.07.036 https://macau.uni-kiel.de/receive/diss_mods_00023135?lang=en#
- Sakai, H., Uchiyama, Y., Tanaka, S., Sugawara, S. K., & Sadato, N. (2014). Prefrontal transcranial direct current stimulation improves fundamental vehicle control abilities. *Behavioural brain research*, 273, 57-62. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.07.036>
- Salehinejad, M. A., Nejati, V., Mosayebi-Samani, M., Mohammadi, A., Wischniewski, M., Kuo, M. F., ... & Nitsche, M. A. (2020). Transcranial direct current stimulation in ADHD: a systematic review