

Effect of transcranial Direct Current Stimulation on Remediation of Inhibitory Control on right Inferio Frontal Gyrus in Attention Deficit and Hyperactivity Symptoms

Zahra Soltaninejad¹, **Vahid_Nejati**^{2*}, Hamed Ekhtiari³

1. Master of Child and Adolescent Clinical Psychology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Cognitive Neuroscience, Faculty of psychology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (Corresponding Author) nejati@sbu.ac.ir
3. MD, Institute for cognitive sciences studies (ICSS), Tehran, Iran

Article received on: 2014.5.8

Article accepted on: 2014.8.23

ABSTRACT

Background and Aim: Inhibitory control which is defined as the ability to control the improper responses or behaviors is one of the main components of executive function. Its deficiency in people who have Attention deficit and hyperactive disorder has been shown. The purpose of this study was to improve inhibitory control through transcranial direct current stimulation (TDCS) in people with attention deficit and hyperactive disorder syndrome.

Materials and Methods: In this study, 20 technical school students were selected through Wender Utah Rating Scale and CAARS questionnaires which measure attention deficit and hyperactive disorder syndrome in childhood and adulthood as well as SCL-25 questionnaire which measures general psychological health. All the subjects were tested by Stroop and Go-no-Go tests which measure inhibitory control, under anodal stimulation, and sham conditions.

Results: The findings show that anodal stimulation on right Inferio Frontal Gyrus increases the accuracy of inhibition in prepotent stimulus inhibition stage significantly.

Conclusion: TDCS on right Inferio Frontal Gyrus of the people with attention deficit and hyperactive disorder syndrome can improve the inhibitory control in prepotent stimulus inhibition.

Key Words: Transcranial direct current stimulation (TDCS), Inhibitory control, attention deficit and hyperactive disorder

Cite this article as: Zahra Soltaninejad, Vahid_Nejati, Hamed Ekhtiari. Effect of transcranial Direct Current Stimulation on Remediation of Inhibitory Control on right Inferio Frontal Gyrus in Attention Deficit and Hyperactivity Symptoms. J Rehab Med. 2015; 3(4): 1-9.

اثر تحریک الکتریکی مستقیم شکنج پیشانی تحتانی راست مغز بر بهبود بازداری در افراد دارای نشانگان نقص توجه و بیش‌فعالی

زهرا سلطانی‌نژاد^۱، وحید نهجی*^۲، حامد اختیاری^۳

۱. کارشناس ارشد، روانشناسی بالینی کودک و نوجوان، دانشکده روان‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲. استادیار علوم اعصاب شناختی، گروه روانشناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۳. عضو هیات علمی پژوهشکده علوم شناختی، تهران، ایران

چکیده

مقدمه و اهداف

در افراد مبتلا به نقص توجه و بیش‌فعالی، کنترل مهاری که به معنای توانایی کنترل رفتارها یا پاسخ‌های نامناسب و یکی از مؤلفه‌های اصلی کارکرد اجرایی است، دچار نقص است. هدف از مطالعه حاضر بهبود توانایی بازداری از طریق تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه (tDCS) بر روی افراد دارای نشانگان نقص توجه و بیش‌فعالی است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۲۰ نفر از دانش‌آموزان هنرستان سیدالشهداء استان کرمان از طریق پرسشنامه‌های وندریوتا و کانرز که نشانگان اختلال نقص‌توجه و بیش‌فعالی را در بزرگسالی و کودکی می‌سنجند، انتخاب شدند. همچنین از پرسشنامه SCL-25 برای سنجش سلامت عمومی روانی آزمودنی‌ها استفاده شد. آزمودنی‌ها در موقعیت تحریک آند و شرایط شبه تحریک از طریق آزمون‌های استروپ و برو/نرو که برای سنجش کنترل مهاری هستند مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها

نتایج نشان می‌دهد تحریک آند بر روی شکنج پیشانی تحتانی راست، دقت مهار را در مرحله اجرای مهار محرک‌های هدف پیشین به‌طور معناداری افزایش می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر روی شکنج پیشانی تحتانی راست (tIFG) افراد دارای نشانگان نقص توجه و بیش‌فعالی، می‌تواند کنترل مهاری را در مهار محرک‌های هدف پیشین بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی

تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه (tDCS)، کنترل مهاری، نقص توجه و بیش‌فعالی

پذیرش مقاله ۱۳۹۳/۶/۱ *

* دریافت مقاله ۱۳۹۳/۲/۱۸

نویسنده مسئول: آدرس: بزرگراه شهید چمران، خیابان یمن، میدان شهید شهریار، بلوار دانشجو، دانشگاه شهید بهشتی، پژوهشکده علوم شناختی و مغز

تلفن تماس: ۲۲۴۳۱۶۱۷

آدرس الکترونیکی: nejati@sbu.ac.ir

مقدمه و اهداف

اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی^۱ الگوی کاهش توجه پایدار و یا بیش‌فعالی و رفتارهای تکانشی است که شدیدتر و شایع‌تر از آن است که معمولاً در کودکان و نوجوانان با سطح رشد مشابه دیده شود. این اختلال یکی از شایع‌ترین اختلالات دوران کودکی است که با ویژگی‌های بی-توجهی، بیش‌فعالی و نقص توجه شناخته می‌شود^[۱]. برای تشخیص اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی نشانه‌های آن باید حداقل در دو موقعیت (خانه و مدرسه) دیده شود و در کارکرد اجتماعی، تحصیلی یا فعالیت‌های خارج درسی متناسب با رشد کودک تداخل کند^[۲].

پایه زیست‌شناختی اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی به طور قابل ملاحظه‌ای ناشناخته است. شواهدی وجود دارد که نقص کارکردهای شناختی در اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی با ناپهنجاری‌های رفتاری و شناختی در ارتباط است^[۳]. از دهه ۱۹۷۰ تحقیقات به طور فزاینده‌ای هسته اصلی مشکل اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی را فعالیت‌های بیش از حد این افراد و نقص در عملکرد اجرایی^۲ پیشنهاد داده‌اند^[۴].

کنترل مهاری نقشی مهمی در کارکردهای اجرایی ایفا می‌کند و به افکار و اعمال افراد نظم می‌دهد. نقص مهار پاسخ که در نهایت نقص کنترل مهاری را به وجود می‌آورد، در مشکلات رفتاری که با اختلالات رشدی مانند اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی همراه است؛ در ارتباط است. شایان ذکر است که مکانیزم‌های مهاری انواع متفاوت دارند: مهار در شرایط تزامم^۳ که محرک‌های مزاحم باید نادیده انگاشته شوند و یک محرک، محرک هدف قلمداد شود، مهار در شرایط تداخل^۴ که وجوه خاصی از محرک، هدف است و سایر وجوه باید مهار گردند و دیگری مهار محرک-های هدف پیشین^۵ است که فرد در یک بخش تکلیف برای یک محرک پاداش دریافت می‌کند و در بخش دیگر باید همان محرک را مهار کند^[۵].

افراد مبتلا به اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی، به طور عمده در بُعد حرکتی کنترل مهاری نقص دارند. این بُعد از کنترل مهاری از طریق آزمون-هایی مانند برو/نرو^۶ و نشانه توقف^۷ مورد بررسی قرار گرفته است. عملکرد ضعیف‌تر افراد مبتلا به نقص توجه و بیش‌فعالی در نشانه توقف، به طور معناداری این افراد را از گروه نمونه مجزا می‌کند. از این رو بررسی ماهیت نقص بازداری در افراد دارای اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی ممکن است دیدگاه‌های جدیدی را در همبستگی‌های عصبی و روانشناختی در زمینه کنترل مهاری مطرح کند^[۶].

در مورد نواحی درگیر در کنترل مهاری نتایج مطالعات تصویربرداری عصبی نشان داده‌اند که به هنگام فعالیت کنترل مهاری، شکنج تحتانی قطعه پیشانی راست فعال می‌شود. مطالعات تصویربرداری تشدید مغناطیسی ساختاری، تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی و الکتروانسفالوگرافی شواهدی قوی مبنی بر اینکه نقص در ناحیه پیشانی راست (به خصوص در پیش‌پیشانی)، زیربنای تخریب کنترل مهاری است فراهم آورده‌اند^[۷-۹].

مطالعات تصویربرداری عصبی و نورونی نشان می‌دهد مناطق قشر پیش‌پیشانی طرفی راست^۸ که شامل شکنج فوقانی، شکنج میانی و مهمتر از همه شکنج پیشانی تحتانی^۹ می‌شود؛ نقش مهم و کلیدی را در بازداری پاسخ‌های حرکتی افراد سالم ایفا می‌کند و این مناطق از طریق اجرای هر دو آزمون برو/نرو و نشانه توقف فعال می‌شوند. در مقابل، افراد مبتلا به اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی در مقایسه با گروه کنترل در حین اجرای این دو آزمون کاهش فعالیت در مناطق قشر پیش‌پیشانی طرفی راست را نشان می‌دهند^[۶].

تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه^{۱۰} یک تکنیک درمانی عصبی است که جریان مستقیم و ضعیفی را به مناطق قشری وارد و فعالیت خودانگیخته عصبی را تسهیل یا بازداری می‌کند^[۱۰]. تحریک الکتریکی مستقیم مغز در یک دهه گذشته به طور گسترده مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است و به عنوان یک روش جایگزین غیرتهاجمی، ارزان و ایمن برای تغییر تحریک‌پذیری قشر مغز از طریق تغییر پتانسیل استراحت سلول‌های عصبی قشر مغز عمل می‌کند. این جریان ضعیف و مستقیم از طریق اتصال دو الکترود با قطب‌های متفاوت معمولاً یک آند و یک کاتد در نقاط مختلف بر روی سطح جمجمه منجر به تحریک نورون‌های زیرین می‌شود. تحریک کاتد باعث کاهش تحریک‌پذیری مغز و تحریک آند منجر به افزایش تحریک‌پذیری مغز می‌شود^[۱۱].

1. Attention Deficit and Hyperactivity Disorder
2. Executive Function
3. Flanker Inhibition
4. Interference Inhibitory Control
5. Prepotent Inhibition
6. Go/noGo
7. Stop Signal
8. Right Lateral Prefrontal Cortex
9. Inferio Frontal Gyrus
10. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)

در tDCS موقعیت الکترودها در تعیین اثربخشی تحریک بسیار مهم است. شدت تحریک تا دو میلی‌آمپر و طول مدت تحریک حدود ۲۰ دقیقه هیچ خطری ندارد و کاملاً ایمن است. در حین تحریک اثرات جانبی کم و خفیف شامل خارش در زیر الکترود و سردرد خفیف، هم در طول تحریک و هم در زمانی که دستگاه خاموش است (تحریک نما) دیده می‌شود. این اثرات در مناطق مغزی مختلف در آزمودنی‌های سالم و در بیماران با اختلالات نورولوژیکی مختلف دیده می‌شود [۱۲].

مطالعاتی که اثربخشی tDCS را بر روی عملکردهای شناختی بررسی کرده‌اند؛ اثرات بازداری و تسهیل را نشان می‌دهند. برای مثال تحریک آندی قشر خلفی خارجی پیش‌پیشانی^{۱۱} دقت عملکرد در آزمون ترتیب حروف در افراد سالم، آزمون ان بک حافظه کاری در بیماران با اختلال پارکینسون و آزمون فراخنای اعداد در بیماران با افسردگی اساسی را بعد از پنج جلسه تحریک بهبود می‌بخشد [۱۲]. با در نظر گرفتن موارد ذکر شده و با توجه به اینکه یکی از نقش‌های متصور برای تحریک الکتریکی مستقیم، مهار ساختارهای مغزی است؛ سوال مطالعه حاضر این است که آیا می‌توان با تحریک الکتریکی شکنج پیشانی تحتانی راست که در مهار رفتار نقش دارد، توانایی مهاری کودکان مبتلا به نقص توجه و بیش‌فعالی را بهبود بخشید. ارزیابی با استفاده از آزمون‌های نوروسایکولوژیک مهار و تکانشگری اعم از آزمون برو/نرو و استروپ^{۱۲} صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

جامعه آماری این پژوهش را کلیه دانش‌آموزان هنرستان سیدالشهداء استان کرمان در نیمسال دوم تحصیلی ۹۱-۹۲ تشکیل داده‌اند. معیارهای ورود به مطالعه شامل دارا بودن نشانگان نقص توجه- بیش‌فعالی از طریق دو پرسشنامه وندریوتا^{۱۳} و کانرز^{۱۴}، دارا بودن سلامت عمومی روانی از طریق پرسشنامه SCL-25 فرم کوتاه SCL-90 و غالب بودن دست راست بود. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل وجود سابقه صرع، تشنج، ضربه به سر و سابقه اختلالات روانپزشکی غیر از ADHD بود.

نمونه‌گیری به صورت در دسترس انجام شد، به گونه‌ای که پرسشنامه کانرز و پرسشنامه وندریوتا و همچنین پرسشنامه SCL-25 بر روی ۲۴۳ نفر از دانش‌آموزان ۱۵ تا ۱۸ ساله هنرستان پسرانه سیدالشهداء استان کرمان اجرا شد. در مطالعه حاضر به دلیل اینکه آزمودنی‌ها فاقد تشخیص ADHD از سوی روانپزشک بودند، برای مطمئن شدن از صحت انتخاب آزمودنی‌هایی که نشانگان ADHD را دارند از دو آزمون تشخیصی استفاده شد: آزمون وندریوتا برای بررسی علائم در دوران کودکی و آزمون کانرز برای تشخیص نشانگان فعلی. در نهایت افرادی انتخاب شدند که در هر دو آزمون نمره بالایی داشتند. افرادی که در پرسشنامه SCL-25 از نمره‌های بالایی برخوردار بودند و به عبارتی نشانه‌هایی از عدم سلامت عمومی روانی را نشان دادند نیز از مطالعه حذف شدند. در مجموع ۲۴ نفر وارد مطالعه شدند که هم نشانگان نقص توجه و بیش‌فعالی را نشان می‌دادند و هم از سلامت عمومی روانی برخوردار بودند. پس از آنکه روند پژوهش به آزمودنی‌ها توضیح داده شد، فرم رضایت‌نامه توسط مدیر مدرسه به عنوان نماینده قانونی آنها امضاء شد. در میان افراد نمونه، یک نفر به دلیل داشتن سابقه صرع و سه نفر به دلیل اینکه تنها یک جلسه حضور داشتند و از ادامه همکاری امتناع کردند؛ از مطالعه حذف شدند.

ابزار پژوهش

پرسشنامه وندریوتا: مربوط به سنجش علائم نقص توجه و بیش‌فعالی در دوران کودکی است که شامل ۶۱ سوال می‌باشد با در نظر گرفتن نمرات T با فرض اینکه صفات موجود در نقص توجه و بیش‌فعالی توزیع نرمال داشته باشند؛ می‌توان گفت از لحاظ آماری، نمره آزمون وندریوتا کمتر از ۴۲ طبیعی است (معادل $t < 60$) و نمره بیشتر از ۴۲ و کمتر از ۵۶ از حالت حد وسط و یا مشکوک است (معادل $60 < t < 70$) و نمره بیشتر از ۵۶ (معادل $t > 70$) بیانگر وجود نقص توجه- بیش‌فعالی در زمان کودکی فرد می‌باشد [۱۳]. پرسشنامه کانرز: پرسشنامه تشخیصی کوتاه اختلال بیش‌فعالی/ کم‌توجهی بزرگسالان کانرز (CAARS-S:S) شامل ۲۶ آیتم صفر تا سه امتیازی است که شامل پنج زیر مقیاس؛ A- کم‌توجهی/ مشکل حافظه، B- بی‌قراری/ بیش‌فعالی، C- بی‌ثباتی هیجانی/ تکانه‌های بودن، D- مشکلات با تصور کلی از خود، E- شاخص بیش‌فعالی- کم‌توجهی می‌باشد [۱۴].

11. Dorsolateral Prefrontal Cortex (DLPFC)

12. Stroop

13. Wender Utah Rating Scale (WURS)

14. CAARS

پرسشنامه سلامت عمومی روانی SCL-25؛ این پرسشنامه فرم کوتاه شده مقیاس SCL-90-R برای سنجش آسیب روانی عمومی است. با انجام تحلیل عاملی، یک عامل ۲۵ ماده‌ای حاصل آمد که از هر ۹ عامل مقیاس اصلی ماده‌هایی در آن دیده می‌شود، به جز عامل ۶ یعنی خصومت که هیچ ماده‌ای از آن روی این عامل قرار نگرفته است.

پرسشنامه سنجش اثرات جانبی tDCS؛ این پرسشنامه از مقاله فرنگی و همکاران اقتباس شده است و شامل ۷ مورد از اثرات احتمالی که تا به حال برای tDCS گزارش شده است؛ می‌باشد^{۱۵}.

آزمون برو/ نرو: در این آزمون فرد در یک موقعیت (مرحله برو، اجرا و یا حرکت) با ارائه یک محرک باید هر چه سریع‌تر پاسخ هم‌خوان با محرک را ارائه دهد. در موقعیت دیگر (مرحله نرو، مهار یا توقف حرکت) پس از ارائه محرک نخست، محرک دیگری ارائه می‌شود و فرد با ظهور محرک دوم باید از پاسخ دادن خودداری نماید. دو نوع موقعیت برو و نرو به صورت تصادفی در یک تکلیف قرار می‌گیرند. توانایی فرد در مهار پاسخ خود در موقعیت دوم، شاخصی از کنترل مهاری در اوست. در این پژوهش ۵۰ محرک ارائه می‌شد که ۲۵٪ از آنها شامل محرک‌های توقف بود. از این آزمون برای سنجش مهار محرک‌های هدف پیشین استفاده می‌شود.

آزمون استروپ: آزمونی است که تداخل در زمان واکنش را نشان می‌دهد. نسخه‌ای که در این مطالعه استفاده شد، متشکل از سه مرحله است و در هر مرحله ۲۵ محرک وجود دارد. در مرحله اول اسامی چهار رنگ اصلی با جوهر مشکی ظاهر می‌شود و فرد باید کلید مربوط به هر رنگ را فشار دهد. در مرحله دوم اسامی هر کلمه هم‌رنگ با معنی آن است برای مثال زرد با رنگ زرد نوشته شده است که در اصطلاح به مرحله محرک‌های هم‌خوان معروف است. در مرحله آخر کلمه ناهم‌رنگ با معنی‌اش است مثلاً زرد با رنگ آبی نوشته شده است که به آن مرحله محرک‌های ناهم‌خوان گفته می‌شود.

دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه (tDCS): تحریک مغز از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی یک فناوری قدیمی است که به تازگی بازتعریف و گزارش‌هایی از کاربرد آن در طیف گسترده‌ای از بیماری‌های مغزی منتشر شده است. در این مطالعه از دستگاه activadosose inotophoresis ساخت شرکت Activa Tek برای تحریک مغزی استفاده شده است. منبع جریان این دستگاه یک باتری ۹ ولت است، حداکثر شدت جریان ۴ میلی‌آمپر و حداکثر ولتاژ ۸۰ ولت به صورت DC می‌باشد.

روش اجرای آزمون

مطالعه حاضر از نوع دوسرکور بوده است، بدین معنی که نه آزمودنی از نوع تحریک (تحریک یا شبه تحریک) اطلاعی داشت و نه آزمایشگر. روش اجرای پژوهش به گونه‌ای بود که هر فرد طی دو مرحله مورد ارزیابی قرار می‌گرفت. موقعیت تحریک آند و موقعیت شبه تحریک (تحریک نما). روش اعمال تحریک به گونه‌ای بود که پداسفنجی که در واقع پوشش الکترودها محسوب می‌شود به سدیم کلرید ۹ درصد آغشته می‌شد و الکترودها درون آن قرار می‌گرفت. الکترودها بدین ترتیب که الکتروند آند بر روی شکنج پیشانی تحتانی راست و الکتروند کاتد بالای چشم چپ بر روی پیشانی قرار می‌گرفت و به وسیله کش بر روی سر محکم می‌شدند. لپ تاپ جلوی آزمودنی و با فاصله‌ای تنظیم شده بود که بتواند به راحتی به آزمون‌ها پاسخ دهد. آزمون به صورت آنلاین یا هم‌زمان با اعمال tDCS انجام می‌شد به گونه‌ای که پس از گذشت ۸ دقیقه از اعمال تحریک، زمان پاسخگویی به آزمون‌ها که به ترتیب برو/ نرو و استروپ بودند، شروع می‌شد. اجرای هر این دو آزمون در مجموع ۶ دقیقه طول می‌کشید. در این پژوهش دو موقعیت وجود داشت؛ موقعیت تحریک آند و موقعیت شبه تحریک و در هر دو موقعیت شرایط آزمایش و ترتیب اجرای آزمون‌ها یکسان بود.

مرحله اول و دوم آزمایش با فاصله زمانی یک هفته از یکدیگر به منظور اجتناب از تأثیرات انتقال^{۱۵} انجام شد. شایان ذکر است که جهت کنترل اثر یادگیری آزمون‌ها و برای ایجاد یک روش آزمایشی کنترل شده، ترتیب قرار گرفتن افراد در هر یک از مراحل آند، و شبه تحریک (تحریک نما) به صورت تصادفی انجام شد. بدین ترتیب اگر نفر اول در جلسه اول تحریک آندی دریافت می‌کرد، نفر دوم در جلسه اول شبه تحریک دریافت می‌کرد. جریان الکتریکی از نوع مستقیم، با شدت ۱/۵ میلی‌آمپر به مدت ۱۵ دقیقه همراه با اجرای آزمون‌ها بود. براساس مطالعات پیشین آشکار گردیده که شدت جریان و مدت زمان تحریک ذکر شده اثر سوء بر سلامتی شرکت‌کنندگان ندارد.

یافته‌ها

توزیع آزمودنی‌ها بر اساس پایه تحصیلی در جدول ۱ آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود تعداد آزمودنی‌ها در دو پایه دوم و سوم دبیرستان $n=7$ است و از پایه اول نیز $n=6$ وارد پژوهش شدند. سن شرکت‌کنندگان ۱۵، ۱۶ و ۱۷ سال بود. برای بررسی داده‌های به دست

¹⁵. Carryover Effects

آمده از پژوهش حاضر، از آزمون t مستقل برای مقایسه آنها در دو موقعیت موجود استفاده شد. در جدول ۲ داده‌های مربوط به آزمون برو/نرو و در جدول ۳ داده‌های مربوط به آزمون استروپ در دو موقعیت تحریک آند و شرایط شبه تحریک با هم مقایسه شده‌اند.

جدول ۱: فراوانی آزمودنی‌ها برحسب پایه تحصیلی

پایه تحصیلی	n	درصد
پایه اول	۶	۰/۳۰
پایه دوم	۷	۰/۳۵
پایه سوم	۷	۰/۳۵
کل	۲۰	۱۰۰

جدول ۲: نتایج مربوط به مقایسه موقعیت تحریک و موقعیت شبه تحریک در دقت اجرا، زمان واکنش و دقت مهار در آزمون برو/نرو

موقعیت	میانگین و انحراف معیار	خطای استاندارد	t	درجه آزادی	معناداری
دقت اجرا	۰/۹۸ (±۱/۶۲)	۰/۳۵	۲/۷۹	۲۰	* ۰/۰۱
زمان واکنش اجرا	۰/۰۱ (±۰/۲۱)	۰/۰۴	۰/۳۴	۲۰	۰/۷۳
دقت مهار	۰/۴۱ (±۳/۸۳)	۰/۸۳	-۰/۵۰	۲۰	۰/۶۲

* وجود معنادار بودن تفاوت در سطح $P < ۰/۰۵$

همانطور که در جدول ۲ دیده می‌شود، در در دقت اجرای آزمون مهار محرک‌های هدف پیشین در مقایسه بین موقعیت تحریک آند با موقعیت شبه تحریک، تفاوت معنادار ۰/۰۱ مشاهده می‌شود. بدین معنا که تحریک آند بر روی پیشانی تحتانی راست توانسته است در آزمون برو/نرو به طور معناداری در مقایسه با شرایط شبه تحریک دقت افراد را در مرحله اجرا افزایش دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در زمان واکنش مرحله اجرا تفاوت معناداری بین دو موقعیت موجود به دست نیامده است.

جدول ۳: نتایج مربوط به مقایسه موقعیت تحریک و موقعیت شبه تحریک در زمان واکنش و دقت مهار در آزمون استروپ

موقعیت	میانگین و انحراف معیار	خطای استاندارد	t	درجه آزادی	معناداری
دقت مهار در مرحله اول	۱/۵۲ (±۴/۲۸)	۰/۹۳	۱/۶۳	۲۰	۰/۱۱
دقت مهار در مرحله دوم	-۰/۵۷ (±۳/۸۵)	۰/۸۴	-۰/۶۷	۲۰	۰/۵۰
دقت مهار در مرحله سوم	-۲/۲۸ (±۷/۵۴)	۱/۶۴	-۱/۳۸	۲۰	۰/۱۸
زمان واکنش در مرحله اول	۰/۰۱ (±۰/۱۴)	۰/۰۳	۰/۴۹	۲۰	۰/۶۲
زمان واکنش در مرحله دوم	۰/۰۲ (±۰/۱۸)	۰/۰۴	۰/۶۶	۲۰	۰/۵۱
زمان واکنش در مرحله سوم	۰/۰۱ (±۰/۲۳)	۰/۰۵	۰/۲۰	۲۰	۰/۸۳

همانگونه که در جدول ۳ دیده می‌شود، هیچگونه تفاوت معناداری در دو موقعیت تحریک آند و شرایط شبه تحریک در دقت و زمان واکنش سه مرحله موجود در آزمون استروپ دیده نمی‌شود.

بحث و نتیجه گیری

این مطالعه با هدف بررسی اثر tDCS بر بهبود بازداری در افراد دارای نشانگان نقص توجه و بیش‌فعالی انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد تحریک آند بر روی ناحیه شکنج پیشانی تحتانی راست، دقت اجرا را در آزمون برو/نرو نسبت به شرایط شبه تحریک به طور معناداری افزایش داده است. نتایج این مطالعه همسو است با مطالعه‌ای که بر روی تعدیل مهار بازداری از طریق tDCS و آموزش شناختی^{۱۶} انجام دادند. در این مطالعه تأثیر tDCS بر روی شکنج پیشانی تحتانی راست به مدت ۴ روز پیاپی همراه با آموزش تکلیف بازداری رفتاری (تکلیف نشانه توقف) اعمال شد. ۱۰ نفر تحریک آندی (۱/۵ میلی‌آمپر، ۱۵ دقیقه) و ۱۲ نفر فقط آموزش دریافت کردند بدون هیچ تحریکی. افرادی که تحریک را

¹⁶. Cognitive Training

همراه با آموزش دریافت کرده بودند؛ عملکرد بهتری را از خود نشان دادند. نتایج نشان داد tDCS به همراه آموزش شناختی، ابزاری مؤثر برای بهبود توانایی در مهار پاسخ است [۱۶]. همچنین همسو با نتایج مطالعه Gubillo و همکاران است. در این مطالعه ۱۱ نفر از بزرگسالانی که در کودکی تشخیص اختلال نقص توجه و بیش فعالی گرفته بودند و همچنان علائم بی‌توجهی و رفتارهای تکانشی در آنها با برجا بود و ۱۴ نفر که از نظر سن همسان‌سازی شده بودند و در گروه کنترل قرار داشتند؛ مورد بررسی قرار گرفتند. هدف از این مطالعه، مقایسه بررسی تفاوت عملکردهای مغزی در ناحیه فورنتال از طریق fMRI و از طریق تکالیف مربوط به تغییر شناخت و توقف بود. تحلیل رگرسیون نشان می‌دهد بزرگسالانی که در کودکی تشخیص اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی گرفتند؛ فعالیت کمتری را در مقایسه با گروه کنترل در کورتکس تحتانی دوطرفه پیش‌پیشانی، هسته دمی و تالاموس در طول هر دو تکلیف و نیز در لوب آهیانه‌های چپ در تکلیف مربوط به انتقال نشان دادند. همچنین بیماران در آزمون نشانه توقف، در شبکه‌های عصبی شکنج‌های تحتانی پیشانی راست، پیشانی مخططی و آهیانه‌های پیشانی کاهش فعالیت را نشان دادند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد کسانی که در کودکی تشخیص اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی گرفته‌اند و نشانه‌های رفتاری آنها تداوم می‌یابد الگوی قابل توجهی از بدکارکردی آهیانه و پیشانی مخططی در طول تکالیف کنترل مهارتی نشان می‌دهند [۱۷]. همانطور که در مقدمه اشاره شد، ناحیه حرکتی تکمیلی^{۱۷} به طور خاص با کنترل مهارتی در ارتباط است و در افرادی که اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی دارند این ناحیه دچار نقص است. از این رو Hsu و همکارانش در پژوهشی، تحریک الکتریکی مستقیم را بر روی این منطقه از مغز به کار بردند تا نقش این ناحیه را بر بروز کنترل مهارتی بررسی کنند. نتایج نشان می‌دهد الکترود آندی tDCS کارآمدی کنترل مهارتی را افزایش می‌دهد و برخلاف آن الکترود کاتدی tDCS گرایش به سمت مختل شدن کنترل مهارتی را نشان می‌دهد [۱۸].

در مطالعات پتانسیل وابسته به رویداد^{۱۸} و تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی^{۱۹} نیز ملاحظه می‌شود که افراد مبتلا به اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی، کاهش فعالیت در دامنه‌های مثبت و منفی مقدماتی و همچنین کاهش فعالیت در شبکه اجرایی پیشانی آهیانه‌های که در fMRI مشخص شده است را حین اجرای آزمون برو/نرو و یا علامت توقف نشان می‌دهند. همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد تحریک آند باعث برانگیختگی ناحیه مورد نظر و افزایش دقت مرحله اجرا (برو) در مهار محرک‌های هدف پیشین از طریق آزمون برو/نرو شد. همان‌طور که مطالعات نشان می‌دهند در اثر تحریک الکتریکی از روی جمجمه، هیچگونه تفاوت معناداری بین دو گروه آزمایش و کنترل در زمان واکنش آزمون برو/نرو و آزمون استروپ به وجود نمی‌آید [۲۱-۱۹]. این یافته همسو با نتایج به دست آمده در خصوص زمان واکنش در مطالعه حاضر است.

همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که در آزمون استروپ، تفاوت معناداری بین موقعیت تحریک آند و شرایط شبه تحریک به دست نیامده است. مطالعاتی وجود دارند که عملکرد ضعیف‌تر افراد دارای اختلال و یا نشانگان نقص توجه و بیش‌فعالی در آزمون استروپ را نشان می‌دهند. Yasumura و همکاران در مطالعه‌ای به ارزیابی عصبی‌رفتاری و همودینامیک استروپ در کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی پرداختند و نتایج نشان داد کودکان دارای نقص توجه و بیش‌فعالی تداخل بیشتری را در مهار رنگ نسبت به کودکان دارای رشد عادی نشان دادند [۲۲]. همچنین Ikeda و همکاران در مطالعه خود از آزمون استروپ و استروپ معکوس استفاده کردند تا رابطه آن را با نشانگان نقص توجه و بیش‌فعالی دریابند. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده همبستگی قوی بین تداخل استروپ با نشانگان نقص توجه و بیش‌فعالی است. در مطالعه حاضر انتظار می‌رفت افراد در موقعیت آند نسبت به شرایط شبه تحریک عملکرد بهتری را از خود نشان دهند. دلیل نتیجه به دست آمده را شاید بتوان حجم نمونه، نوع آزمون و منطقه مورد نظر تلقی کرد [۲۳].

از یک سو شایان ذکر است که جنس آزمون‌هایی که برای سنجش کنترل مهارتی وجود دارند متفاوت هستند. برای مثال آزمون برو/نرو بیشتر جنبه حرکتی کنترل مهارتی را می‌سنجد، در حالی که آزمون استروپ مهار انتخابی را مورد سنجش قرار می‌دهد. از سوی دیگر، در پژوهش حاضر ناحیه شکنج پیشانی تحتانی راست مورد بررسی قرار گرفته است؛ این در حالیست که مناطق دیگری هم در کنترل مهارتی نقش دارند. همانگونه که از تحقیقات انجام شده برمی‌آید تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه، فعالیت مغز را از طریق برانگیختگی و یا بازداری قشر مغز تغییر می‌دهد. همان‌طور که در تحقیقات اشاره شد بسته به اینکه کدام مناطق از مغز فعالیتشان کم یا زیاد شده به طوری که موجب بدکارکردی آن نواحی شده است می‌توان از tDCS برای تعدیل فعالیت آن مناطق استفاده کرد. برای مثال مناطق مختلف قشری و زیر قشری

17. Presupplementary Motor

18. Event-related potential (ERP)

19. Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)

پیش‌پیشانی از جمله ناحیه پیشین حرکتی تکمیلی، شکنج پیشانی تحتانی و قشر پیش‌پیشانی خلفی - جانبی نقش عمده‌ای در کنترل مهارتی ایفا می‌کنند.

از جمله محدودیت‌های پژوهش حاضر، حجم کم نمونه است. با توجه به اینکه در کارهای آزمایشی کنترل متغیرها اهمیت زیادی دارد حداقل تعداد آزمودنی‌ها در نظر گرفته شده است.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد روانشناسی بالینی کودک و نوجوان خانم زهرا سلطانی‌نژاد، به راهنمایی استاد آقای دکتر وحید نجاتی و مشاوره آقای دکتر حامد اختیاری می باشد.

منابع

1. American Psychiatric Association. DSM-IV-TR: Diagnostic and statistical manual of mental disorders. 4th edition. Text revision. Washington, DC: American Psychiatric Association; 2000. P. 355-356. [In Persian].
2. Gomez R, Hafetz N. DSM-IV ADHD: Prevalence based on parent and teacher ratings of Malaysian primary school children. Asian Journal of Psychiatry. 2011; 4(1): 41-44.
3. Luman M, Tripp G, Scheres A. Identifying the neurobiology of altered reinforcement sensitivity in ADHD: A review and research agenda. Neuroscience and Biobehavioral Reviews. 2010; 34(5): 744-754.
4. Goldstein S, Naglieri J. A. The school Neuropsychology of ADHD: theory, assessment and intervention. Psychology in the school. 2008; 45(9): 859-874.
5. Dick D. M, Smith G, Olausson P, Mitchell S. H, Leeman R. F, O'Malley S, et al. Understanding the construct of impulsivity and its relationship to alcohol use disorders. Addiction Biology. 2010; 15(2): 217-226.
6. Depue B. E, Burgess G. C, Willcutt E. G, Ruzic L, Banich M. T. Inhibitory control of memory retrieval and motor processing associated with the right lateral prefrontal cortex: Evidence from deficits in individuals with ADHD. Neuropsychologia. 2010; 48(13): 3909-3917.
7. Vaidya CJ, Austin G, Kirkorian G, Ridlehuber HW, Desmond JE, Glover GH, et al. Selective effects of methylphenidate in attention deficit hyperactivity disorder: a functional magnetic resonance study. Proc Natl Acad Sci USA. 1998; 95(24): 14494-9.
8. Overtom CC, Kenemans JL, Verbaten MN, Kemner C, van der Molen MW, van EH, et al. Inhibition in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: a psychophysiological study of the stop task. Biol Psychiatry. 2002; 51(8): 668-76.
9. Nejati V, shiri E. Neurocognitive evidence for deficit in inhibitory control and risky decision making in smokers. Journal of Research in Behavioural Sciences. 2013; 11(1): 1-9 [In Persian].
10. Brunoni A. R, Nitsche M. A, Blognini N, Bikson M, Wagner T, Merabet L, et al. Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): Challenges and future directions. Brain Stimulation. 2012; 5(3): 175-195.
11. Dasilva A. F, Volz M. S, Bikson M, Fregni F. Electrode Positioning and Montage in Transcranial Direct Current Stimulation. 2011. RACGP Online. Available at: URL: <http://www.jove.com/pdf/2744/jove-protocol-2744-electrode-positioning-montage-transcranial-direct-current>. Accessed Mar 15, 2013.
12. Utz K. s, Dimova V, Oppenlander K, Kerkhoff G. Electrified minds: Transcranial direct current stimulation (tDCS) and Galvanic Vestibular Stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology- A review of current data and future implications. Neuropsychologia. 2010; 48(10): 2789-2810.
13. Sarrami Froshani Pooria. Validity and Reliability of "Wender Utah Test" to detect "Attention-deficit Hyperactivity Disorder" in Adult in Isfahan. [PhD Dissertation]. Isfahan: Isfahan University of Medical Sciences; 2000. [In Persian]
14. Conners, C.K., Erhardt, D., Sparrow, E. Conners' Adult ADHD Rating Scales (CAARS) technical manual. N.Tonawanda, NY: Multi-Health Systems; 1999.
15. Fregni F, Pascual-Leone, A. Technology insight: noninvasive brain stimulation in neurology-perspectives on the therapeutic potential of rTMS and tDCS. Nat Clin Pract Neurol. 2007; 3(7): 383-393.
16. Ditye T, Jacobson L, Walsh V, Lavidor M. Modulating behavioral inhibition by tDCS combined with cognitive training. Exp Brain Res. 2012; 219(3): 363-368.
17. Gubillo A, Halari R, Ecker C, Giampietro V, Taylor E, Rubia K. Reduced activation and inter-regional functional connectivity of fronto-striatal networks in adults with childhood Attention-Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) and persisting symptoms during tasks of motor inhibition and cognitive switching. Journal of Psychiatric Research 2010; 44(10): 629-639.

18. Hsu T.Y, Tseng L. Y, Yu J. X, Kuo W. J, Hung D, et al. Modulating inhibitory control with direct current stimulation of the superior medial frontal cortex. *NeuroImage*. 2011; 56(4): 2249-2257
19. Liotti M, Pliszka S. R, Higgins K, Perez III R, Semrud-Clikeman M. Evidence for specificity of ERP abnormalities during response inhibition in ADHD children: A comparison with reading disorder children without ADHD. *Brain and Cognition*. 2010; 72(2): 228-237.
20. Woltering S, Liu Z, Rokeach A, Tannock R. Neurophysiological differences in inhibitory control between adults with ADHD and their peers. *Neuropsychologia*. 2013; 51(10): 1888-1895.
21. Moser S, Cuini S, Weber P, Schroeter M. L. Right prefrontal brain activation due to Stroop interference is altered in attention-deficit hyperactivity disorder- A functional near-infrared spectroscopy study. *Psychiatry Research: Neuroimaging*. 2009; 173(3): 190-195.
22. Yasumura A, Kokubo N, Yamamoto H, Yasumura Y, Nakagawa E, Kaga M, Hiraki K, Inagaki M. Neurobehavioral and hemodynamic evaluation of Stroop and reverse Stroop interference in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Brain and Development*. 2014; 36(2): 97-106.
23. Ikeda Y, Okuzumi H, Kokubun M. Stroop/reverse-Stroop interference in typical development and its relation to symptoms of ADHD. *Research in Developmental Disabilities*. 2013; 34(8): 2391-2398.