

اثربخشی تحریک الکتریکی قشر پیشانی بر حافظه کاری و تصمیم‌گیری پرخطر در کودکان مبتلا به اختلال بیش‌فعالی و نقص توجه

سندس کاشانی خطیب^۱، شکوفه رادفر^۲، سیمین بشر دوست^۳، مالک میرهاشمی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۲۹

تاریخ وصول: ۱۳۹۸/۰۳/۱۳

چکیده

اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی، اختلالی عصب-تحوالی است. تصمیم‌گیری پرخطر و ضعف حافظه فعال از مؤلفه‌های این اختلال هستند که پیامدهای منفی آن‌ها شناخته شده است. هدف از مطالعه ارتقاء حافظه کاری و کاهش تصمیم‌گیری پرخطر توسط تحریک قشر پیشانی به وسیله دستگاه تحریک الکتریکی مغز در کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی بود. روش این مطالعه از نوع شبه آزمایشی و با طرح مطالعه پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه کنترل بود که شرکت کنندگان ۲۴ کودک مبتلا به اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی ۷ تا ۱۱ سال بودند. کودکان به‌طور تصادفی به دو گروه مداخله و کنترل تقسیم شدند. گروه مداخله در ۱۰ جلسه یک روز در میان و هر جلسه بیست دقیقه مورد مداخله قرار گرفتند. ارزیابی‌ها یک روز پیش از شروع، یک روز پس از پایان مداخله و دو ماه پس از پایان مداخله انجام شد. برای ارزیابی تصمیم‌گیری پرخطر از آزمون خطرپذیری بادکنک و برای ارزیابی حافظه کاری از آزمون یک محرک پیشین استفاده شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. یافته‌های به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل نمودارها نشان دادند که برنامه تحریک الکتریکی مغز باعث بهبود تصمیم‌گیری پرخطر و حافظه کاری در این کودکان شد. نتایج به‌دست آمده از پژوهش نشان دادند که در حافظه کاری ($p < 0.01$)

۱. دانشجوی دکتری روان‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، تهران، ایران.

۲. استادیار مرکز تحقیقات، پژوهشکده سبک زندگی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله، تهران، ایران (نویسنده

مسئول) drshokofehradfar@yahoo.com

۳. استادیار روان‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، تهران، ایران.

۴. دانشیار روان‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، تهران، ایران.

گروه درمان بعد از مداخله بهبود حاصل شد. به این صورت که در پیش‌آزمون تفاوت چندانی بین گروه کنترل و آزمایش در حافظه کاری دیده نشد اما در پس‌آزمون نمرات گروه آزمایش به‌طور معناداری نسبت به گروه کنترل افزایش یافته بودند.

واژگان کلیدی: تحریک الکتریکی، قشر پیشانی، تصمیم‌گیری پرخطر، حافظه کاری.

مقدمه

انسان مجموعه‌ای از دستگاه‌های پیچیده است و مغز اوج این پیچیدگی است. حیطه‌های مختلف علوم به بررسی مغز می‌پردازند که هر یک بعدی از مغز را مورد توجه قرار می‌دهند. افراد تکانشگر^۱ گزینه‌آنی و دم دست را انتخاب می‌کنند که این خود گواهی بر ارتباط بین اثر دیرکرد پاداش و تکانشگری و تصمیم‌گیری پرخطر^۲ است. در واقع تکانشگری پدیده چندبعدی است که تعریف آن هنوز سخت است. این ترکیب پاتولوژیک اصلی بسیاری از بیماری‌های عصبی روانی را تشکیل می‌دهد. مایر^۳ و همکاران (۲۰۱۹). علاوه بر این حافظه کاری^۴ (حافظه فعال: حفظ فعالانه و به‌روز کردن اطلاعات مربوط به تکلیف در حال انجام علی‌رغم ظرفیت محدود) (فهیمی، ارجمندیا و فتح‌آبادی، ۱۳۹۳؛ احمدی و حسن‌زاده، ۱۳۹۳). نیز نقش مهمی در این راستا ایفا می‌کند و خاستگاه مغزی مشترکی بین این دو کارکرد شناختی وجود دارد (بوبووا و همکاران، ۲۰۰۹، شاموش و همکاران، ۲۰۰۸). به‌طور مثال دوپامین می‌تواند فعالیت‌های مغزی را در کودکان ADHD تنظیم کند. پیلمو^۵ و همکاران (۲۰۱۹). با توجه به اینکه طیف گسترده‌ای از پژوهش‌های شناختی و روان‌پزشکی به بررسی اثربخشی درمان‌های متنوعی همچون دارودرمانی (بیدنان، اسپنسر و ویلنز، ۲۰۰۴؛ مناسترا، مناسترا و گورک، ۲۰۰۲)، رفتاردرمانی (پلهام و فایانو، ۲۰۰۸)، درمان شناختی - رفتاری (هینشاو، ۲۰۰۶؛ هینشاو، هنکروهلن، ۱۹۸۴)، خانواده‌درمانی (مناسترا، مناسترا و گورگ، ۲۰۰۲)، درمان نوروفیدبک (زوفل، هاستر و هافرمن، ۲۰۱۱، ورنون، ۲۰۰۵، لو و بارکلی، ۲۰۰۵، لوبار، ۲۰۰۳)، حرکت‌درمانی (استروحل، ۲۰۰۹؛ راتری و هاگرن، ۲۰۰۸؛ کالاقان، ۲۰۰۴؛ پوتنام، ۲۰۰۱) ادراک زمان (بارکلی، ۱۹۹۷، ۲۰۰۱، ۲۰۰۵) برای بهبود

1. impulsive
2. high risk decision making
3. Mayer
4. working memory
5. Pineau

علائم اختلال بیش‌فعالی و نقص توجه پرداخته‌اند، مسئله اساسی این است که در گستره تحول‌های علم کنونی کدام روی آوردهای درمانی را می‌توان برای درمان افراد مبتلا به اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی مناسب‌تر و ثمربخش‌تر دانست تا به درمانگران، والدین و محققان کمک کند که آن را در فرآیند درمان این افراد به کار برده تا بهترین نتیجه ممکن حاصل آید. مغز انسان می‌تواند به روش‌های مختلفی تحریک شود. برخی از این روش‌ها نیاز به جراحی و قرار دادن الکترود در قسمت‌های مختلف مغز است اما برخی که امروزه پرکاربرد است، به صورت غیرتهاجمی مغز را تحریک می‌کند. تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه یکی از این تکنیک‌های درمانی عصبی است که جریان مستقیم و ضعیفی را به مناطق قشری وارد و فعالیت خودانگیخته عصبی را تسهیل یا بازدارد می‌کند (بورنونی، ۲۰۱۲). لاولیدور و تائب (۲۰۱۶) نشان دادند تحریک آندی پیش‌پیشانی^۱ سبب ارتقاء مهارت تغییر توجه می‌شود. در مطالعه بیچارا و مارتین (۲۰۰۴) نشان دادند که نقص حافظه کاری نقش مؤثری در تصمیم‌گیری پرخطر کودکان مبتلا به نقص توجه و بیش‌فعالی دارد (به نقل از نجارزادگان، ۱۳۹۲). 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 است که 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 (داسیلوا، ۲۰۱۳). در تحریک الکتریکی مغز موقعیت الکترودها بسیار مهم است. این جریان توسط یک مولد جریان مستقیم ناشی از یک باتری ارائه می‌شود و با استفاده از آن، تغییرات بلندمدت در قطبیت قشر مغز به دنبال دپولاریزاسیون و هیپرپلاریزاسون نورون‌ها و تأثیر برگیرنده‌های عصبی، ایجاد می‌شود. جریانی که به این ناحیه رسیده، نورون‌ها را دارای بار الکتریکی کرده و باعث ایجاد قطب مثبت و منفی می‌گردد که منجر به تغییر فعالیت آن ناحیه می‌شود. همچنین چانگک و همکارانش (۲۰۱۵) نشان می‌دهند که تی دی سی اس عملکرد حافظه کاری را از طریق تغییر فعالیت نوسانی مغز در یک قطب خاص تغییر می‌دهد

به عبارت دیگر، در این نوع تحریک الکتریکی نقاطی از سر با استفاده از جریان‌های ضعیف الکتریکی هدف قرار می‌گیرند (رستمی و همکاران، ۱۳۹۵، به نقل از سادوک، سال؟). در مطالعه‌ای دیگر که وسلی و بیکل (۲۰۱۳) انجام دادند نشان داده شد که در حین انجام تکالیف مربوط به اثر دیرکرد پاداش و تکالیف حافظه کاری مناطق مغزی مشترکی فعال می‌شود. قشر کمربندی قدامی در هر دو تکلیف درگیر است و قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی منطقه ویژه‌ای در مغز است که در این تکالیف درگیر است. سیگارد و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای به بررسی تصمیم‌گیری مخاطره‌آمیز با استفاده از آزمون بارت پرداختند. نتایج نشان داد نمره آزمون بارت با رفتارهای پرخطر گزارش شده از طرف خود فرد همبستگی دارد. اثرات دیگری از تی دی سی اس بر روی عملکردهای شناختی توسط گاپینگ و همکارانش (۲۰۱۴) نشان داده شده که تحریک آندی و نه کاتدی بر روی کرتکس پیش‌پیشانی چپ یادگیری طبقه‌بندی ضمنی را بهبود می‌بخشد. بنابراین یافتن روشی که به صورت غیرتهاجمی بتواند مغز انسان را پر بازده‌تر کند نیازمند انجام پژوهش‌های بیشتر است. تا جایی که پژوهشگر بررسی کرده است در این حوزه کمبود کار پژوهشی مشاهده می‌شد. نظر به اهمیت حافظه کاری و تصمیم‌گیری پرخطر در زندگی روزانه انسان‌ها و بالا بردن ظرفیت‌های مغزی، این پژوهش با هدف ارتقاء حافظه کاری مربوط به قشر پیشانی به وسیله دستگاه تحریک الکتریکی مغز از طریق مجسمه و پاسخگویی به این سؤال که آیا تحریک این بخش‌های مغز می‌تواند سبب ارتقاء حافظه کاری و تصمیم‌گیری پرخطر در افراد شود انجام گرفت.

روش

طرح مطالعه حاضر، پژوهشی از نوع کارآزمایی بالینی تصادفی است که در آن از طرح پیش-آزمون، پس-آزمون با گروه کنترل استفاده شده است. این طرح مشکل از دو گروه (آزمایش و کنترل) است. جامعه آماری شامل کلیه کودکان مبتلا به نقص توجه و بیش‌فعالی مراجعه‌کننده به بیمارستان بقیه‌الله و نمونه‌گیری به روش غیر تصادفی مبتنی بر ملاک‌های ورود بود. شرکت‌کنندگان ۲۴ کودک مبتلا به اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی، ۷ تا ۱۱ سال مراجعه‌کننده به بیمارستان بقیه‌الله اعظم بودند. کودکان به‌طور تصادفی به دو گروه مداخله و کنترل تقسیم شدند. گروه مداخله در مدت ۱۰ جلسه، به صورت یک روز در میان و هر جلسه بیست دقیقه مورد مداخله قرار گرفتند.

در ابتدا، هر دو گروه در یک زمان، از لحاظ توانایی‌های شناختی حافظه کاری و آزمون خطرپذیری بادکنکی ارزیابی (پیش-آزمون) شدند. ارزیابی‌ها در ۳ مرحله، یک روز پیش از شروع مداخله، یک روز پس از پایان مداخله و سرانجام در مرحله پیگیری، دو ماه پس از پایان مداخله انجام شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش اندازه‌گیری مکرر استفاده شد.

مقیاس درجه‌بندی کانرز - فرم والدین

این مقیاس ۴۸ سؤالی دربرگیرنده ۵ عامل اصلی مشکلات سلوک، مشکلات یادگیری، روان‌تنی، بیش‌فعالی - تکانش‌گری و اضطراب است. افزون بر این، عامل دیگری تحت عنوان «شاخص بیش‌فعالی» نیز از این مقیاس قابل استخراج است. خوشایبی و پورا اعتماد در پژوهشی بر روی ۲۶۶۷ نفر از دانش‌آموزان دختر و پسر ۷ تا ۱۲ ساله شهر تهران، پایایی فرم والدین را با روش آلفای کرونباخ برابر با ۰/۹۳ گزارش کرده‌اند. آن‌ها برای اعتباریابی این مقیاس از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و چرخش ماتریس عاملی استفاده کرده، به همان عواملی که کانرز دست یافته بود، رسیدند. هر یک از سؤالات این مقیاس دارای ۴ گزینه " اصلاً، فقط کمی، تقریباً زیاد و بسیار زیاد" است و بین صفر تا سه نمره می‌گیرند. لذا دامنه نمرات فرم والدین بین صفر تا ۱۴۴ در نوسان است.

تکلیف چند محرک پیشین (N-BACK): این آزمون برای ارزیابی حافظه کاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این آزمون تعدادی محرک بینایی به صورت متوالی بر روی صفحه نمایشگر رایانه ظاهر می‌شود و آزمودنی باید در صورت تشابه هر محرک با محرک قبل کلید شماره «یک» و در صورت عدم تشابه کلید شماره «دو» صفحه کلید را فشار دهد. اعتبار روایی این آزمون در ایران توسط هادیان‌فرد، نجاریان، شکرکن و محرابی‌زاده هنرمند (۱۳۷۹) بررسی شده است. آن‌ها ضرایب اعتبار بازآزمایی برای قسمت‌های مختلف این آزمون را در دامنه‌ای بین ۰/۵۹ تا ۰/۹۳ گزارش کرده‌اند.

آزمون خطرپذیری بادکنکی (BART): در این آزمون روی صفحه‌نمایش رایانه تصویر یک بادکنک ظاهر می‌شود که فرد با فشار دادن دکمه زیر آن می‌تواند آن را باد کند. در صفحه‌نمایش دو جعبه یکی به‌عنوان صندوق موقت و یکی به‌عنوان صندوق دائم وجود دارد که موجودی هر صندوق روی آن نمایش داده می‌شود. با هر بار باد کردن بادکنک پول صندوق موقت افزایش یافته ولی اگر بادکنک بترکد پول صندوق موقت از دست می‌رود. در اینجا فرد با باد کردن بادکنک هرچند مبلغی را به صندوق

موقت اضافه می‌کند، ولی کل پول صندوق موقت را به خطر می‌اندازد. بادکنک‌ها در نقطه غیرمشخصی می‌ترکند و این موضوع تصمیم‌گیری پرخطر و یا تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت را امکان‌پذیر می‌کند. افراد با تصمیم‌گیری پرخطر تمایل دارند با نادیده گرفتن خطر ترکیدن بادکنک، هر بادکنک را به میزان بیشتری باد کنند تا پول بیشتری از آن به دست آورد. در این آزمون مقادیر زیر به‌عنوان نمرات آزمون در نظر گرفته می‌شوند: ۱- نمره تنظیم‌شده یا (AV) معادل میانگین دفعات پمپ شدن بادکنک‌هایی است که نترکیده‌اند. این متغیر، نمره اصلی آزمون و شاخص خطرپذیری آزمودنی است ۲- نمره تنظیم‌نشده یا (UV) معادل میانگین دفعات پمپ شدن کل بادکنک‌هاست ۳- تعداد دفعات ترکیدن بادکنک‌ها ۴- حداکثر و حداقل تعداد دفعات باد کردن یک بادکنک (اختیاری و همکاران ۱۳۸۱)

دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم فراقشری (tDCS): تحریک مغز از روی مجموعه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی یک روش قدیمی است که به‌تازگی گزارش‌هایی از کاربرد آن در طیف گسترده‌ای از بیماری‌های مغزی منتشر شده است. در این مطالعه از دستگاه activadose ساخت شرکت Activatec 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 به‌صورت DC است.

پس از تشخیص اختلال توسط روان‌پزشک و تکمیل فرم رضایت‌نامه و فرم کانرز توسط والدین، کودکان در مطالعه شرکت داده شدند. نمونه‌ها به‌صورت تصادفی به دو گروه آزمایش و کنترل تقسیم شدند محل تحریک ناحیه F3 و FP2 بود. هر دو گروه کنترل و آزمایش تحریک دریافت کردند با این تفاوت که گروه آزمایش ۱۰ جلسه و هر جلسه به مدت ۲۰ دقیقه یک میلی‌آمپر تحریک واقعی دریافت کردند اما گروه کنترل همان مدت زمان زیر دستگاه قرار داشتند ولی تحریکی دریافت نکردند و صرفاً دستگاه به‌صورت شم روشن بود. نمونه‌ها ابتدا بدون تحریک (تحریک کاذب یا شم) آزمون را تکمیل خواهند نمود و پس از پایان جلسات تحریک مجدداً آزمون‌ها را انجام شد. پس از دو ماه مجدداً روی کلیه آزمودنی‌ها، آزمونی به‌عنوان پیگیری اجرا می‌شود.

- معیارهای ورود:

دارا بودن تشخیص اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی توسط روان‌پزشک.

دارا بودن حداقل سن ۷ سال.

عدم ابتلا به سایر اختلالات مثل عقب‌ماندگی ذهنی، اختلال یادگیری و
تکمیل فرم رضایتمندی توسط والدین (داشتن توافق آگاهانه به شرکت در پژوهش)
- معیارهای خروج:

تردید در مورد دارا بودن هر یک از معیارهای فوق در خلال مداخله (برای مثال ابتلا به هرگونه اختلال نورو لوژیک و اختلالات روان‌پزشکی محور I)

عدم تمایل به ادامه درمان

دارا بودن سابقه تشنج

عدم پیگیری جلسات درمانی بیش از دو جلسه متوالی

ضوابط اخلاقی

توضیح به مسئولین بیمارستان بقیه‌الله در مورد اهداف پژوهش و کسب اجازه از آنها.
توضیح اهداف و سپس اخذ رضایت‌نامه کتبی از والدین کودکان شرکت‌کننده در مداخله.

عدم تحمیل هرگونه هزینه اضافی به شرکت‌کنندگان در پژوهش.

اطمینان به والدین مبنی بر محرمانه ماندن اطلاعات به‌دست‌آمده از پرسشنامه‌ها و آزمون‌ها

آزادی شرکت‌کنندگان در ترک جلسات درمانی در صورت عدم تمایل به ادامه درمان.

یافته‌ها

در این تحقیق، متناسب با متغیرهای مورد مطالعه و نوع داده‌های جمع‌آوری شده، به‌منظور توصیف آنان از روش‌های مناسب در مرحله آمار توصیفی، شاخص‌های گرایش مرکزی، پراکندگی و توزیع نمره‌ها به تفکیک گروه‌ها محاسبه و تنظیم شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از طرح‌های آزمایشی حسب مورد از تحلیل کوواریانس تک متغیری (ANCOVA) و تحلیل واریانس یک‌طرفه درون آزمودنی‌ها استفاده شد. نتایج تفصیلی این محاسبه‌ها در دو قسمت توصیف و تحلیل داده‌ها ارائه شده است.

جدول ۱. شاخص‌های توصیفی نمره‌های شرکت‌کنندگان گروه‌های تحت تحریک الکتریکی قشر پیشانی گروه آزمایش ($n=12$) و گروه کنترل ($n=12$)

گروه‌ها	مراحل	میانگین	انحراف معیار	k-s	Sig
آزمایش	پیش‌آزمون حافظه کاری	۸۱/۵۸	۷/۵۲	۰/۸۶۶	۰/۴۴۱
	پس‌آزمون حافظه کاری	۹۵/۸۳	۸/۶۶	۱/۱۸۱	۰/۱۲۳
کنترل	پیش‌آزمون حافظه کاری	۹۳/۱۶	۷/۰۶	۱/۰۲۹	۰/۲۴۱
	پس‌آزمون حافظه کاری	۴۸/۴۶	۱۰/۵۵	۱/۰۲۸	۰/۲۴۱
پیش‌آزمون تصمیم‌گیری پرخطر	پیش‌آزمون تصمیم‌گیری پرخطر	۴۴/۲۷	۱۰/۵۵	۰/۷۵۹	۰/۳۱۲
	پس‌آزمون تصمیم‌گیری پرخطر	۳۶/۲۳	۱۲/۰۵	۰/۹۳۵	۰/۳۴۷
پس‌آزمون تصمیم‌گیری پرخطر	پیش‌آزمون حافظه کاری	۸۱/۲۵	۷/۱۲	۰/۸۱۹	۰/۵۱۴
	پس‌آزمون حافظه کاری	۸۴/۲۵	۶/۷۰	۰/۵۴۵	۰/۹۲۸
پیش‌آزمون تصمیم‌گیری پرخطر	پیش‌آزمون حافظه کاری	۸۲/۵۰	۶/۱۲	۰/۵۳۱	۰/۹۴۱
	پس‌آزمون تصمیم‌گیری پرخطر	۴۶/۲۸	۹/۶۴	۰/۵۵۴	۰/۹۱۸
پس‌آزمون تصمیم‌گیری پرخطر	پس‌آزمون تصمیم‌گیری پرخطر	۴۳/۷۵	۸/۶۶	۰/۶۳۳	۰/۸۱۷
	پیش‌آزمون تصمیم‌گیری پرخطر	۴۷/۲۳	۸/۳۴	۰/۵۶۲	۰/۹۱۰

بر اساس اطلاعات جدول بالا در خصوص توزیع نمره‌های مراحل پیش و پس‌آزمون شرکت‌کنندگان گروه‌های آزمایش و گروه کنترل در ۲ متغیر حافظه کاری و تصمیم‌گیری پرخطر، شاخص‌های مختلف گرایش مرکزی و پراکندگی نشان داده شده است. نتایج آزمون شاپیرو نشان داد که توزیع نمره‌های شرکت‌کنندگان در متغیرهای اندازه‌گیری شده در هر مرحله به توزیع نرمال نزدیک است.

فرضیه اول: تحریک جریان مستقیم فراجمجمه ای قشر خلفی خارجی پیش‌پیشانی بر حافظه کاری تأثیر دارد.

جدول ۲. خلاصه آزمون برابری واریانس خطای لیون

F	Df1	Df2	احتمال معناداری
۳/۸۲۹	۱	۲۲	۰/۰۶۳

با توجه به مقدار F به دست آمده ($۳/۸۲۹$) و احتمال معناداری آن که از $۰/۰۵$ بزرگ‌تر است مفروضه همسانی واریانس‌ها تأیید می‌شود. برای بررسی سایر مفروضه‌ها، با محاسبات زیر و ترسیم نمودار پراکندگی به بررسی همگنی رگرسیون آماری پرداخته شد.

جدول ۳. نتایج آزمون‌های اثرهای بین آزمودنی‌ها (متغیر وابسته: حافظه کاری)

منابع تغییر	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	p	مجذورات
پیش‌آزمون	۳۲۲/۷۳۵	۱	۳۲۲/۷۳۵	۶/۷۹۷	۰/۰۱۶	۰/۲۴۵
گروه‌ها	۴۲۴/۰۳۸	۱	۴۲۴/۰۳۸	۸/۹۳۰	۰/۰۰۷	۰/۲۹۸
خطا	۹۹۷/۱۸۲	۲۱	۴۷/۴۸۵			

همان‌طور که در جدول بالا ملاحظه می‌شود، احتمال پذیرش فرض صفر برای مقایسه گروه‌های آزمایش و کنترل در پس‌آزمون متغیر حافظه کاری از ۰/۰۵ کوچک‌تر است ($F=۸/۹۳۰$ ، $P<۰/۰۱$). به عبارت دیگر، پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون، عامل بین آزمودنی‌های دو گروه اثر معنادار دارد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که بین عملکرد اعضای دو گروه در پس‌آزمون متغیر حافظه کاری تفاوت معنادار وجود دارد. در نتیجه، شواهد برای پذیرش فرضیه اول تحقیق کافی است. آخرین ستون این جدول، یعنی مجذور ای‌تا ضریب تبیین را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که ۲۹/۸ درصد (۰/۲۹۸) واریانس حافظه کاری به وسیله متغیر مستقل یعنی، تحریک جریان مستقیم فراجمجمه ای قشر خلفی خارجی پیش‌پیشانی تبیین می‌شود. در نهایت، با توجه به شواهد جمع‌آوری شده در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که به‌طور کلی، تحریک جریان مستقیم فراجمجمه ای می‌تواند حافظه کاری را افزایش دهد. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که میانگین متغیر حافظه کاری در پس‌آزمون در گروه آزمایش بالاتر از گروه کنترل بوده است.

فرضیه دوم: تحریک جریان مستقیم فراجمجمه ای قشر خلفی خارجی پیش‌پیشانی بر تصمیم‌گیری پرخطر گروه آزمایش تأثیر متفاوت دارد.

جدول ۴. خلاصه شاخص‌های آماری نمره‌های شرکت‌کنندگان در ۳ بار اندازه‌گیری متغیر تصمیم‌گیری پرخطر ($n=12$)

اندازه‌ها	میانگین	انحراف معیار	k-s	Sig
پیش‌آزمون تصمیم‌گیری پرخطر	۴۸/۴۶	۱۰/۵۵	۱/۰۲۸	۰/۲۴۱
پس‌آزمون تصمیم‌گیری پرخطر	۴۴/۲۷	۱۰/۵۵	۰/۷۵۹	۰/۳۱۲
پیگیری تصمیم‌گیری پرخطر	۳۶/۲۳	۱۲/۰۵	۰/۹۳۵	۰/۳۴۷

بر اساس اطلاعات جدول بالا در خصوص توزیع نمره‌های شرکت‌کنندگان گروه (آزمایش) تحت تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در متغیر تصمیم‌گیری پرخطر، نتایج آزمون نرمالیتی کولموگروف - اسمیرنوف نشان داد که توزیع نمره‌های شرکت‌کنندگان در متغیر اندازه‌گیری شده در هر مرحله به توزیع نرمال نزدیک است. بنابراین، می‌توان از آزمون‌های پارامتریک برای تحلیل داده‌ها استفاده کرد.

جدول ۵. خلاصه آزمون کرویت موچلی

اثر درون آزمودنی‌ها	آزمون موچلی	مجذور خی	درجه آزادی	Sig
عامل درون آزمودنی‌ها	۰/۵۸۹	۵/۲۹۰	۲	۰/۰۷۱

هنگامی که برای تحلیل واریانس گروه‌هایی که بیش از دو سطح دارند نتایج آزمون کرویت موچلی می‌تواند با ارزش باشد. این آزمون این فرض را آزمون می‌کند که بین تمام متغیرها (سه بار اندازه‌گیری) همبستگی یکسانی وجود دارد. با توجه به این که مقدار محاسبه‌شده مجذور خی بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است مفروضه تحلیل واریانس درون آزمودنی‌ها نقض نشده است.

جدول ۶. خلاصه آزمون‌های چندمتغیری

اثرات	آزمون‌ها	مقادیر	F	Df	df خطا	Sig	مجذور ایتا
عامل درون آزمودنی	اثر پیلای	۰/۷۲۵	۱۳/۱۵۱**	۲	۱۰	۰/۰۰۲	۰/۷۲۵
	لامبدای ویلک	۰/۲۷۵	۱۳/۱۵۱**	۲	۱۰	۰/۰۰۲	۰/۷۲۵
	اثر هوتلینگ	۲/۶۳۰	۱۳/۱۵۱**	۲	۱۰	۰/۰۰۲	۰/۷۲۵
	بزرگ‌ترین ریشه روی	۲/۶۳۰	۱۳/۱۵۱**	۲	۱۰	۰/۰۰۲	۰/۷۲۵

با توجه به مقدار آزمون چند متغیری لامبدای ویلک (۰/۲۷۵) با درجه آزادی ۲ و ۱۰ می‌توان فرض صفر را رد کرد ($p < ۰/۰۱$). به عبارت دیگر، میانگین نمره‌های شرکت‌کنندگان در متغیر تصمیم‌گیری پرخطر به‌طور هم‌زمان در سه بار اندازه‌گیری متفاوت است. اندازه اثر اختلاف با توجه به مقدار مجذور ایتا (۰/۶۴۱) در حد بالا است. در مجموع، مقدار مجذور ایتا (۰/۷۲۵) نشان‌دهنده ارتباط قابل قبول بین تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای و تصمیم‌گیری پرخطر است. در نتیجه شواهد کافی برای پذیرش فرضیه دوم تحقیق وجود دارد.

جدول ۷. خلاصه اثرات درون آزمودنی ها

اثرات	آزمون ها	SS	Df	خطا df	MS	F	Sig	مجذور ایتا
آزمون کروییت	۹۲۸/۱۱۲	۲	۲۲	۴۶۴/۰۵۶	**۲۳/۷۲۹	۰/۰۰۱	۰/۶۸۳	
عامل درون آزمودنی هاوس- کیسر	۹۲۸/۱۱۲	۱/۴۱۸	۱۱/۵۹۴	۶۵۴/۷۰۰	**۲۳/۷۲۹	۰/۰۰۱	۰/۶۸۳	
هیون-فلت	۹۲۸/۱۱۲	۱/۵۶۷	۱۷/۲۳۲	۵۹۲/۴۵۳	**۲۳/۷۲۹	۰/۰۰۱	۰/۶۸۳	
حد پایین	۹۲۸/۱۱۲	۱	۱۱	۹۲۸/۱۱۲	**۲۳/۷۲۹	۰/۰۰۱	۰/۶۸۳	

با توجه به مقدار F محاسبه شده آزمون کروییت (۲۳/۷۲۹) با درجه آزادی ۲ و ۲۲ می توان فرض صفر را رد کرد ($p < ۰/۰۱$). به عبارت دیگر، میانگین نمره های شرکت کنندگان در متغیر تصمیم گیری پرخطر به طور هم زمان در سه بار اندازه گیری متفاوت است. اندازه اثر اختلاف با توجه به مقدار مجذور ایتا (۰/۶۸۳) در حد بالا است. در مجموع، مقدار مجذور ایتا نشان دهنده ارتباط قابل قبول بین تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه ای و تصمیم گیری پرخطر است. مقایسه میانگین های سه مرحله در جدول و شکل پایین حاکی از این است که میانگین نمره تصمیم گیری پرخطر گروه آزمایش در مرحله پیش آزمون از میانگین نمره تصمیم گیری پرخطر پس آزمون و پیگیری بالاتر است ($p < ۰/۰۱$). در عین حال، میانگین تصمیم گیری پرخطر در مرحله پیگیری پایین تر از مرحله پس آزمون است ($p < ۰/۰۵$). این نتیجه نشان می دهد که تأثیر تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه ای بر تصمیم گیری پرخطر نه تنها در مرحله پیگیری حفظ شده بلکه کاهش آن بیشتر شده است.

جدول ۸. خلاصه آزمون پیگردی بنفرونی

گروه ها	پیش آزمون	پس آزمون	پیگیری
پیش آزمون	-	۴/۱۹۲*	۱۲/۲۳۷**
پس آزمون	-	-	۸/۰۴۵**
پیگیری	-	-	-

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف ارتقا حافظه کاری و کاهش تصمیم‌گیری پرخطر توسط تحریک پره فرونتال به وسیله دستگاه tDCS بود نتایج نشان داد بین گروه‌های آزمایش و کنترل از لحاظ پس‌آزمون متغیرهای وابسته با کنترل پیش‌آزمون در سطح ($p < 0/01$) تفاوت معنی‌داری وجود داشت و در مجموع، مقدار مجذور ایتا نشان‌دهنده ارتباط قابل قبول بین تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای و حافظه کوتاه‌مدت است. مقایسه میانگین‌های سه مرحله در جدول و شکل پایین حاکی از این است که میانگین نمره حافظه کوتاه‌مدت گروه آزمایش در مرحله پیش‌آزمون از میانگین نمره حافظه کوتاه‌مدت پس‌آزمون و پیگیری پایین‌تر است ($p < 0/01$). همچنین مقدار مجذور ایتا نشان‌دهنده ارتباط قابل قبول بین تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای و تصمیم‌گیری پرخطر است و حاکی از این است که میانگین نمره تصمیم‌گیری پرخطر گروه آزمایش در مرحله پیش‌آزمون از میانگین نمره تصمیم‌گیری پرخطر پس‌آزمون در مرحله پیگیری بالاتر است ($p < 0/01$). در عین حال، میانگین تصمیم‌گیری پرخطر در مرحله پیگیری در پس‌آزمون پایین‌تر است ($p < 0/05$). این نتیجه نشان می‌دهد که تأثیر تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر تصمیم‌گیری پرخطر در مرحله پیگیری حفظ شده و کاهش داشته است. همچنین تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای می‌تواند حافظه کوتاه‌مدت را افزایش دهد. یافته‌های حاضر همسو با پژوهش (آندریگ و همکاران، ۲۰۱۳)، ساکای و همکاران (۲۰۱۴)، فرگنی و همکاران (۲۰۰۵) است. ساکای و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند تحریک DLPFC سبب ارتقا توجه مداوم در کنترل وسیله نقلیه می‌شود. رو و همکاران (۲۰۱۶) هم به نتیجه مشابهی رسیدند و نشان دادند تحریک DLPFC با توجه به بار شناختی می‌تواند سبب ارتقا توجه مداوم دیداری شود. نجار زادگان، نجاتی و امیری (۱۳۹۴) در پژوهشی روی کودکان دچار اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی ۳۰ کودک را در دو گروه آزمایش و کنترل جایگزین نموده و با استفاده از توانبخشی شناختی حافظه کاری روی گروه آزمایش تلاش کردند تکانشگری آن‌ها را بهبود دهند. فرگنی و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند تحریک DLPFC سبب ارتقاء حافظه کاری افراد سالم می‌شود. بهبود حافظه کاری بر اثر تحریک آندی DLPFC در بیماران مبتلا به پارکینسون (بوجیو و همکاران، ۲۰۰۶)، بیماران مبتلا به افسردگی (فرگنی و همکاران، ۲۰۰۶) مشاهده شد. در پژوهش دیگری مارشال و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند تحریک

پیشانی در زمان خواب سبب ارتقا حافظه زبانی می‌شود ولی این اثرات در هنگام بیداری افراد دیده نمی‌شود. ارکان (۱۳۹۲) نیز نشان داد تحریک DLPFC سبب ارتقا حافظه افراد می‌شود.

در تبیین این یافته می‌توان گفت حافظه فعال یکی از فرایندهای شناختی مهم است که زیربنای تفکر و یادگیری است. از دیگر سو، کودکان مبتلا به نقص توجه - بیش‌فعالی به‌راحتی دچار حواس‌پرتی شده و توجه آن‌ها به محرک دیگری در محیط انتقال داده می‌شود. از آنجاکه پایه حافظه را توجه تشکیل می‌دهد؛ در نتیجه حواس‌پرتی موجب عدم حفظ و نگهداری توجه شده و رده‌های حافظه تشکیل نمی‌شود (پنینگتون، ۲۰۰۸). نکته حاضر از دیدگاه عصب‌شناختی نیز قابل تبیین است. مطابق با این دیدگاه، کارکردهای توجه و حافظه کاری مناطق مشترکی را در مغز درگیر می‌سازند (پرفتی و همکاران ۲۰۰۹). از آنجاکه نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد کودکان مبتلا به نقص توجه - بیش‌فعالی در حافظه فعال مشکل دارند، مداخله توانبخشی در این حافظه و مؤلفه‌های مربوط به آن می‌تواند موجب تقویت این حافظه شود که این امر به‌نوبه خود می‌تواند باعث بهبود و بالا رفتن سطح عملکرد تحصیلی و یادگیری‌های اجتماعی شود. در نتیجه، توجه به حافظه فعال به‌عنوان مهارت زیربنایی یادگیری می‌تواند رویکردی مؤثر در درمان این اختلالات باشد. از طرفی تکانشگری و تصمیم‌گیری پرخطر یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی است که از ارکان مهم همه نظام‌های تشخیصی برای این اختلال به‌شمار می‌رود و به این‌عنوان قابل‌تعریف است که فرد بدون تفکر اقدام به انجام فعالیت‌های خود می‌نماید (نلسون و ایزراییل، ۲۰۰۳). علت این تکانشگری و تصمیم‌گیری پرخطر را نیز اغلب کم‌کاری سیستم بازداری افراد دانسته‌اند (گری، ۱۹۸۲). به نظر می‌رسد علت ناهمخوانی در مرحله اول و مرحله پی‌گیری در این پژوهش وجود متغیر هیجان و نادیده گرفتن و عدم کنترل آن در پروسه بررسی پژوهش بوده است و یکی دیگر از دلایلی که می‌تواند منجر به چنین عدم تجانسی بین یافته‌ها گردد وجود متغیرهای مداخله‌گر یا تأثیر روان‌درمانی یا دارودرمانی بر عملکرد کودکان باشد. با تکیه بر نتایج این پژوهش، به نظر می‌رسد با توجه به اینکه یکی از تظاهرات اصلی اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی، ناتوانی در بازداری پاسخ یا تکانشگری است پژوهش‌های آتی باید به کنترل بیش‌تری در مرحله ورود گروه نمونه به پژوهش از جمله نوع و میزان داروهای مصرفی پردازند. در مجموع نتایج

نشان‌دهنده ارتقا حافظه کاری و کاهش تصمیم‌گیری پرخطر است. بنابراین پروتکل حاضر می‌تواند برای بهبود حافظه و تصمیم‌گیری پرخطر مورد استفاده قرار گیرد.

در مطالعه کلینبرگ و همکاران (۲۰۰۵) که با هدف بهبود تکانشگری روی ۵۳ کودک مبتلا به اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی انجام شد، کودکان به مدت ۲۰ روز در یک برنامه توانبخشی حافظه کاری شرکت کردند که نتایج نشان داد در پایان مداخلات برنامه توانبخشی اثرگذار بوده است و پاسخ‌های تکانشی این کودکان کاهش یافته است. نتایج این پژوهش با پژوهش حاضر همسو است. بنابراین، با توجه به تناقض در مراحل آزمایش در یافته‌های این مطالعه و پیشینه پژوهشی به نظر می‌رسد ضرورت دارد مطالعات بیش‌تری با تأکید بر کنترل بیش‌تر در فرآیند نمونه‌گیری انجام پذیرد. از جمله محدودیت‌های این پژوهش تعداد اندک نمونه‌ها بود که به‌ناچار از روش نمونه‌گیری غیر تصادفی استفاده شد. این مسئله قابلیت تعمیم دهی نتایج پژوهش را محدود می‌کند، استفاده از آزمون‌های متعدد نیز ممکن است علاوه بر ایجاد خستگی نسبی در آزمودنی‌ها، اثر تداخل ارزیابی‌ها را نیز به همراه داشته باشد و محدود بودن پیشینه پژوهشی در ارتباط با بعضی از آزمون‌های اجرا شده که تعمیم نتایج را تا حدی با مشکل مواجه می‌کند.

تقدیر و تشکر

این پژوهش با همکاری بخش روان‌پزشکی بیمارستان بقیه‌الله اعظم انجام شده که پژوهشگر بر خود لازم می‌داند از همکاران این مجموعه قدردانی نماید.

منابع

- اختیاری، حامد؛ جنتی، علی؛ مقیمی، امیر و بهزادی، آرین. (۱۳۸۱). ارزیابی نسخه فارسی آزمون خطرپذیری بادکنکی، ابزاری رفتاری برای بررسی تمایلات مخاطره‌جویی. فصلنامه تازه‌های علوم شناختی، ۱۶(۴): ۲۰-۱۰.
- ارکان، امین؛ یاریاری، فریدون؛ عبداللهی، محمدحسین (۱۳۹۳). تحریک مغز از روی مجسمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی بر حافظه کاری در افراد سالم. فصلنامه روانشناسی شناختی، ۲، ۲. ۱۷-۱۰.
- هادیانفرد، ح.؛ نجاریان ب.؛ شکرشکن، ح. و همرابی زاده هنرمند، م. (۱۳۷۹). تهیه و ساخت فرم فارسی آزمون عملکرد پیوسته. مجله روانشناسی، ۴، ۴۰۴-۳۸۸.

نجم‌زادگان، مریم (۱۳۹۲). بررسی توانبخشی شناختی حافظه کاری در کاهش تکانشگری و تصمیم‌گیری بر خطر کودکان مبتلا به نقص توجه و بیش‌فعالی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. تهران: دانشگاه شهید بهشتی.

- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological bulletin*, 121(1), 65.
- Barkley, R. A. (1997). *ADHD and the nature of self-control*. Guilford Press.
- Barkley, R. A., Murphy, K. R., & Bush, T. (2001). Time perception and reproduction in young adults with attention deficit hyperactivity disorder. *Neuropsychology*, 15(3), 351.
- Bechara, A., & Martin, E. M. (2004). Impaired decision making related to working memory deficits in individuals with substance addictions. *Neuropsychology*, 18(1), 152.
- Biederman, J., Spencer, T., & Wilens, T. (2004). Evidence-based pharmacotherapy for attention-deficit hyperactivity disorder. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 7(1), 77-97.
- Bobova, L., Finn, P. R., Rickert, M. E., & Lucas, J. (2009). Disinhibitory psychopathology and delay discounting in alcohol dependence: personality and cognitive correlates. *Experimental and clinical psychopharmacology*, 17(1), 51.
- Brunoni, A. R., Nitsche, M. A., Bolognini, N., Bikson, M., Wagner, T., Merabet, L., & Ferrucci, R. (2012). Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): challenges and future directions. *Brain stimulation*, 5(3), 175-195.
- Callaghan, P. (2004). Exercise: a neglected intervention in mental health care?. *Journal of psychiatric and mental health nursing*, 11(4), 476-483.
- Chang, Y. K., Liu, S., Yu, H. H., & Lee, Y. H. (2012). Effect of acute exercise on executive function in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 27(2), 225-237.
- DaSilva, A. F., Volz, M. S., Bikson, M., & Fregni, F. (2011). Electrode positioning and montage in transcranial direct current stimulation. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (51), e2744.
- Ekhtiari, H., Jannati, A., Moghimi, A., & Behzadi, A. (2003). The Farsi version of the balloon analogue risk task: an instrument for the assessment of riskful-decision making.
- Ercan, A., Yariari, F., Abdollahi, M. (1393). Brain stimulation from the skull using direct electric current on working memory in healthy people. *Quarterly Cognitive Psychology*, 2, 2. 10-17. (In Persian).
- Fahimi, Mehrnoush, Arjomandnia, Ali Akbar and Fath Abadi, Jalil (2013). Effectiveness of "active memory boosting software" on active memory performance of students, *Quarterly Journal of Applied Psychological Research*, 5(2). 65- 80.

- Fregni, F., Boggio, P. S., Nitsche, M., Bormpohl, F., Antal, A., Feredoes, E., & Pascual-Leone, A. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Experimental brain research*, 166(1), 23-30.
- Gapin, J., & Etnier, J. L. (2010). The relationship between physical activity and executive function performance in children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 32(6), 753-763.
- Gray, J. A. (1982). On mapping anxiety. *Behavioral and Brain Sciences*, 5(3), 506-534.
- Hadianfard, H., Najjaran B. Sugar cracker, H. And Mekrabi Zadeh Artist, M. (1379). Preparation and production of the Farsi Test Format. Continuous Performance. *Psychology Magazine*.404, 4-388. (In Persian).
- Hinshaw, S. P. (2006). Treatment for children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Child and adolescent therapy: Cognitive-behavioral procedures*, 3, 82-113.
- Hinshaw, S. P., Henker, B., & Whalen, C. K. (1984). Cognitive-behavioral and pharmacologic interventions for hyperactive boys: comparative and combined effects. *Journal of consulting and clinical psychology*, 52(5), 739.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., & Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD—a randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177-186.
- Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 24(6), 781-791.
- Marshall, R. M., Schafer, V. A., O'donnell, L., Elliott, J., & Handwerk, M. L. (1999). Arithmetic disabilities and ADD subtypes: Implications for DSM-IV. *Journal of Learning Disabilities*, 32(3), 239-247.
- Mayer, J., Chopard, G., Nicolier, M., Gabriel, D., Masse, C., Giustiniani, J... & Bennabi, D. (2019). Can transcranial direct current stimulation (tDCS) improve impulsivity in healthy and psychiatric adult populations? A systematic review. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 109814.
- Monastra, V. J., Monastra, D. M., & George, S. (2002). The effects of stimulant therapy, EEG biofeedback, and parenting style on the primary symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 27(4), 231-249.
- Najarzadegan, M (1392). Study of cognitive rehabilitation of working memory in reducing impulsivity and decision making on the risk of attention deficit hyperactivity disorder in children. Master's thesis. Tehran: Shahid Beheshti University. (In Persian).
- Nelson, R. W., & Israel, A. C. (2003). *Behavior Disorders in Childhood*. (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

- Pelham Jr, W. E., & Fabiano, G. A. (2008). Evidence-based psychosocial treatments for attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 37(1), 184-214.
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of child psychology and psychiatry*, 37(1), 51-87.
- Pineau, G., Villemonteix, T., Slama, H., Kavec, M., Balériaux, D., Metens, T., & Peigneux, P. (2019). Dopamine transporter genotype modulates brain activity during a working memory task in children with ADHD. *Research in developmental disabilities*, 92, 103430.
- Putnam, S. C. (2001). *Nature's ritalin for the marathon mind: Nurturing your ADHD child with exercise*. Upper Access Books.
- ROSTAMI, R., BESHARAT, M. A., KARIMI, M., & FARAHANI, H. (2016). The effectiveness of transcranial Direct Current Stimulation on the brain function of obese individuals.
- Sadock, B. J., Sadock, V. A., & Kaplan, H. I. (2009). *Kaplan and Sadock's concise textbook of child and adolescent psychiatry*. Lippincott Williams & Wilkins.
- 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.
- Shamosh, N. A., DeYoung, C. G., Green, A. E., Reis, D. L., Johnson, M. R., Conway, A. R., ... & Gray, J. R. (2008). Individual differences in delay discounting: relation to intelligence, working memory, and anterior prefrontal cortex. *Psychological science*, 19(9), 904-911.
- Underbjerg, M., George, M. S., Thorsen, P., Kesmodel, U. S., Mortensen, E. L., & Manly, T. (2013). Separable sustained and selective attention factors are apparent in 5-year-old children. *PloS one*, 8(12), e82843.
- Vernon, D. J. (2005). Can neurofeedback training enhance performance? An evaluation of the evidence with implications for future research. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 30(4), 347.
- Wesley, M. J., & Bickel, W. K. (2014). Remember the future II: meta-analyses and functional overlap of working memory and delay discounting. *Biological psychiatry*, 75(6), 435-448.
- Zoefel, B., Huster, R. J., & Herrmann, C. S. (2011). Neurofeedback training of the upper alpha frequency band in EEG improves cognitive performance. *Neuroimage*, 54(2), 1427-1431.