

Investigating the Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation on Enhancing the Attention Network in Adults with Amblyopia

Mohammad Maeyat¹, Soomaayeh Heysieattalab^{1*}, Khalil Esmaeilpour²

¹Department of Cognitive Neuroscience, Faculty of Educational and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

²Department of Psychology, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Article Info:

Received: 10 Oct 2024

Revised: 25 Dec 2024

Accepted: 4 Jan 2025

ABSTRACT

Introduction: Amblyopia is a visual impairment, often unilateral, caused by a developmental disorder that can be associated with cognitive deficits, including attention disorders. This study aimed to investigate the effectiveness of transcranial direct current stimulation (tDCS) in improving the attention network in adults with amblyopia. **Materials and Methods:** This quasi-experimental study employed a pretest-posttest design with a sham-controlled group. The study population included adults aged 20 to 35 with amblyopia who were referred to optometry clinics in Meshginshahr in 1402. Using purposive sampling, 30 individuals were selected and randomly assigned to either the tDCS group (n = 15) or the sham group (n = 15). The experimental group received 10 sessions of 20-minute tDCS applied to the dorsolateral prefrontal cortex (three sessions per week), while the sham group received placebo stimulation. To assess attentional function, the Attention Network Test was administered before and immediately after the intervention. **Results:** The findings demonstrated that tDCS significantly improved the attention network in adults with amblyopia, indicating its effectiveness in enhancing attentional processing. **Conclusion:** Our results suggest that tDCS, by directly modulating the attention network, may serve as an adjunct therapy to enhance the effectiveness of amblyopia treatment in adults.

Keywords:

1. Vision, Ocular
2. Prefrontal Cortex
3. Optometry

*Corresponding Author: Soomaayeh Heysieattalab

Email: heysieattalab@gmail.com

بررسی اثربخشی تحریک فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم بر ارتقاء شبکه توجهی در بزرگسالان مبتلا به آمبلیوپی

محمد معیت^۱، سمیه حیثیت طلب^{۱*}، خلیل اسماعیل پور^۲^۱گروه علوم اعصاب شناختی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
^۲گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله:

پذیرش: ۱۵ دی ۱۴۰۳

اصلاحیه: ۵ دی ۱۴۰۳

دریافت: ۱۹ مهر ۱۴۰۳

چکیده

مقدمه: آمبلیوپی یک اختلال بینایی اغلب یک طرفه و ناشی از یک اختلال رشدی است که می‌تواند با نقایص شناختی از جمله اختلالات توجه همراه باشد. این مطالعه با هدف بررسی اثربخشی تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) بر ارتقاء شبکه توجه در بزرگسالان مبتلا به آمبلیوپی انجام شد. **مواد و روش‌ها:** این مطالعه نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه شم انجام شد. جامعه مورد مطالعه شامل بزرگسالان ۲۰ تا ۳۵ ساله مبتلا به آمبلیوپی بود که در سال ۱۴۰۲ به کلینیک‌های بینایی سنجی مشگین شهر مراجعه کردند. با استفاده از نمونه‌گیری هدفمند، ۳۰ نفر انتخاب و به طور تصادفی در دو گروه (n=۱۵) و tDCS گروه شم (n=۱۵) قرار گرفتند. گروه آزمایش ۱۰ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای tDCS اعمال شده روی قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی (سه جلسه در هفته) دریافت کردند، در حالی که گروه شم جریان ساختگی دریافت کردند. برای ارزیابی عملکرد توجه، آزمون شبکه توجه قبل و بلافاصله پس از مداخله انجام شد. **یافته‌ها:** یافته‌ها نشان داد که tDCS به طور قابل توجهی شبکه توجه را در بزرگسالان مبتلا به آمبلیوپی بهبود می‌بخشد که نشان‌دهنده اثربخشی آن در افزایش پردازش توجه است. **نتیجه‌گیری:** نتایج ما نشان می‌دهد که tDCS، با تعدیل مستقیم شبکه توجهی، ممکن است به عنوان یک درمان کمکی برای افزایش اثربخشی درمان آمبلیوپی در بزرگسالان عمل کند.

واژه‌های کلیدی:

- ۱- بینایی، چشمی
- ۲- قشر پیش‌پیشانی مغز
- ۳- بینایی سنجی

*نویسنده مسئول: سمیه حیثیت طلب

پست الکترونیک: heysieattalab@gmail.com

مقدمه

انجام فعالیت‌های پیچیده‌تر روزمره تشدید شود. آنها نتیجه گرفتند که کودکان مبتلا به آمبلیوپی کمبودهایی در مهارت‌های پردازش بینایی درجه بالاتر، از جمله توجه و جستجوی بینایی، به ویژه با افزایش تقاضای عملکرد اجرایی، نشان می‌دهند (۱۱).

توضیح بیشتر اینکه، افراد مبتلا به آمبلیوپی، به ویژه آنهایی که استرایسم دارند، پایداری تثبیت ضعیفی در چشم آمبلیوپ خود دارند (۱۲). صرف‌نظر از اینکه مشاهده دو چشمی است یا تنها با چشم آمبلیوپ، در کارهایی که نیاز به تثبیت دارند، موقعیت چشم آمبلیوپ تمایل دارد از تثبیت خارج شود و فرکانس و دامنه میکروساکاداها بیشتر از چشم دیگر است (۱۳). به نظر می‌رسد که این بی‌ثباتی تثبیت می‌تواند به‌عنوان یک حواس‌پرتهی و عدم توجه در نظر گرفته شود (۱۴). وقتی یک میکرو ساکاد رخ می‌دهد، توجه به محل هدف ساکاد گره می‌خورد (۱۵). عامل دیگری که بر تأخیر ساکادیک تأثیر می‌گذارد، دوره مقاومت برای ساکادها حدود ۱۵۰ میلی‌ثانیه است (۱۶). میکروساکاداها زمان شروع ساکاد را افزایش می‌دهند، میکروساکاداها در ۱۵۰ میلی‌ثانیه قبل از ارائه یک هدف ساکاد رخ می‌دهند و زمان تأخیر ساکادیک ۴۰ میلی‌ثانیه افزایش می‌یابد (۱۷). بنابراین، افزایش فراوانی میکروساکاداها در آمبلیوپی می‌تواند تأخیر بیشتری به تأخیر ساکادیک اضافه کند، زیرا چشم در هر زمان معین احتمال بیشتری دارد که در یک دوره مقاوم به ساکاد باشد (۱۸). تأخیر پاسخ به طور قابل توجهی در آمبلیوپی دیده می‌شود، که نشان‌دهنده آسیب گسترده‌تری در پردازش بینایی بوده و اغلب به‌عنوان معیار توجه در مطالعات مختلف استفاده شده است (۱۹). این تأخیر پاسخ در آمبلیوپی احتمالاً به دلیل کمبود توجه ناشی از پایداری تثبیت ضعیف و افزایش فراوانی میکروساکاداها است و به نظر می‌رسد این عوامل بر پویایی و تخصیص فضایی توجه انتخابی تأثیر می‌گذارند. در واقع در آمبلیوپی، نقص‌های مربوط به تثبیت تمام ماجرا نیست و کمبود توجه در آمبلیوپی ممکن است به علت غفلت یا سرکوب ورودی بینایی از چشم آمبلیوپ باشد (۱۸).

از جمله درمان‌های رایج آمبلیوپی: بستن، استفاده از قطره‌های چشمی آتروپین^۴ و محدودیت اپتیکی چشم غیرآمبلیوپ است که در کودکان کمتر از هفت سال بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۰). این در حالی است که دستیابی به نتایج بهینه، اغلب در بسیاری از بیماران، خصوصاً بزرگسالان غیرممکن است (۲۱). متأسفانه در ۲۵ درصد از کودکان بهبود یافته احتمال عود هم وجود دارد (۲۰). شواهد موجود از مدل‌های

آمبلیوپی یک اختلال رشدی عصبی است که سه تا پنج درصد از جمعیت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، منجر به از دست دادن حدت بینایی در یک چشم می‌شود، ادراک حسی دو چشمی را مختل می‌کند و با عینک یا لنز قابل اصلاح نیست (۱). کاهش در حدت بینایی، وضوح تصویر و حساسیت کنتراست به طور گسترده به عنوان پیامدهای آمبلیوپی شناخته شده است. اگرچه ساختارهای چشمی در معاینه بالینی طبیعی به نظر می‌رسند، ساختارهای مسیر بینایی در هسته زانویی جانبی^۱ و قشر بینایی خصوصاً در V1 و قشر غیر مخطط تغییر می‌کنند (۲). یکی از مواردی که در آمبلیوپی مورد توجه قرار می‌گیرد، توجه بینایی است. توجه بینایی یک فرآیند شناختی چندوجهی است که با بسیاری از فعالیت‌های زندگی روزمره مرتبط است و به فرد امکان می‌دهد اطلاعات بینایی را به طور انتخابی پردازش کند و اطلاعات مربوط به تکلیف را اولویت بندی کند (۳). نظریه پیش حرکتی توجه^۲ پیشنهاد می‌کند که توجه به هدف ساکاد پیوند محکمی دارد و همان شبکه‌های قشری درگیر توجه، حرکات چشم را کنترل می‌کنند. مطابق با این نظریه، مطالعات نوروفیزیولوژیکی در پستانداران و همچنین مطالعات تصویربرداری عصبی عملکردی در انسان نشان می‌دهند که همان ساختارهای قشری در قشر پیشانی و آهیانه‌ای در توجه آشکار و پنهان (بدون حرکات چشم) نقش دارند (۴). توجه بینایی شامل شناخت فضایی، هماهنگی بینایی حرکتی، حرکت بصری و پردازش استریو در نظر گرفته می‌شود، که همگی عملکردهایی هستند که با جریان پشتی مسیر عصب بینایی مرتبط هستند و ممکن است در آمبلیوپی دچار اختلال شوند (۵).

مطالعات مختلف فرآیندهای مرتبط با توجه را در حین مشاهده تک چشمی با چشم آمبلیوپ در مقابل چشم غیرآمبلیوپ آزمایش کرده‌اند. نقص در توجه بینایی، تأخیر در زمان پاسخ برای واکنش بینایی پیچیده، که نشان‌دهنده اختلال در عملکرد ادراکی مرتبه بالاتر است و نقص در ردیابی دقیق اشیاء تکی و چندتایی که نشان‌دهنده اختلال در عملکرد قشر آهیانه‌ای است در مطالعات مختلف گزارش شده است (۱۰-۶). نتایج مطالعه بلک^۳ و همکاران، نیز در بررسی مطالعه عملکرد توجه تحت شرایط مشاهده دو چشمی معمولی نشان داد که کودکان مبتلا به آمبلیوپی زمان پردازش بینایی آهسته‌تر و زمان تکمیل کندتر در جستجوی دیداری-شناختی نسبت به گروه کنترل نشان دادند. همچنین اثرات منفی آمبلیوپی ممکن است هنگام

¹ Lateral geniculate nucleus

² Premotor theory of attention

³ Black

⁴ Atropine

حاضر در نظر دارد به بررسی اثربخشی tDCS بر ارتقاء شبکه توجهی در بزرگسالان مبتلا به آمبلیوپی پردازد.

مواد و روش‌ها

روش این پژوهش از نوع نیمه‌آزمایشی است که با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه شش انجام شد. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل کلیه افراد بزرگسال (در محدوده سنی ۲۰ تا ۳۵ سال؛ مشابه مطالعات قبلی) مبتلا به انواع آمبلیوپی مراجعه‌کننده به کلینیک‌های اپتومتری شهر مشگین‌شهر در سال ۱۴۰۲ بود که توسط اپتومتریست‌ها و پژوهشگر، تشخیص داده شدند (۳۷). افرادی که دید یکی از چشم‌ها با بهترین اصلاح اپتیکی، کمتر از $\text{Log MAR}/2$ (زاویه حداقل تفکیک) و یا اختلاف دید چشم‌ها بیش از دو ردیف در چارت سنجش بینائی Log MAR بودند، به‌عنوان فرد مبتلا به آمبلیوپی انتخاب شدند. در پژوهش حاضر، انتخاب حجم نمونه با استناد به حجم نمونه در مطالعات قبلی و همچنین نرم‌افزار G*Power صورت گرفته است (۴۲) (۳۶). اندازه حجم نمونه در این روش با آزمون F Tests با رویکرد رگرسیون چند متغیره خطی با ضریب تعیین بالای ۰/۵۰۵ تعیین گردید. همچنین برای تعیین اندازه نمونه، از سطح آلفای ۰/۰۵ خطا و اندازه تاثیر ۰/۵ براساس شاخص کوهن Cohen's d استفاده شد. حجم نمونه آماری با قدرت ۰/۸۵ در حضور دو متغیر مستقل برابر با ۲۶ نفر تعیین گردید. براساس این تعداد نمونه آماری مقدار F بحرانی برابر با ۳/۴۴ بود. از سوی دیگر، مقدار قدرت حقیقی برابر با ۰/۸۶ بوده که بسیار قوی است. به منظور جمع‌آوری داده‌ها، بعد از انجام مکاتبات و دریافت مجوزهای لازم و کد اخلاق از دانشگاه تبریز (IR.TABRIZU.REC.1402.157)، با مراجعه به شبکه بهداشت درمان و آموزش پزشکی شهر مشگین‌شهر به منظور امکان حضور در کلینیک‌های تخصصی بینائی سنجی، شرکت‌کنندگان انتخاب شدند. نهایتاً ۳۰ نفر به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب و در دو گروه (گروه آزمایش ۱۵ نفر و گروه شش ۱۵ نفر) به صورت تصادفی سازی ساده هم‌تا سازی شدند. گروه آزمایش به مدت ۱۰ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای تحت مداخله tDCS قرار گرفت، در حالی که در طول این مدت گروه شش جریان ساختگی دریافت کردند (۳۵). قبل از شروع مداخله (پیش‌آزمون) و بلافاصله بعد از اتمام مداخله (پس‌آزمون) آزمون شبکه توجهی از شرکت‌کنندگان اخذ گردید. ملاک‌های ورود شامل موارد زیر بودند: دامنه سنی ۲۰ تا ۳۵ سال، داشتن سابقه بیماری آمبلیوپی به تشخیص اپتومتریست‌ها و معاینات مجدد توسط پژوهشگر، راست دست بودن، عدم ابتلاء به مشکلات روانشناختی حاد (براساس اظهار نظر

حیوانی نشان داده است که کاهش بازدارنده قشر مغز امکان‌پذیری بینایی را در آمبلیوپی‌های بزرگسال فراهم می‌کند (۲۲). این شواهد منجر به توسعه مداخلات درمانی آمبلیوپی شد که برای کاهش مکانیسم‌های سرکوب‌کننده در قشر بینایی انسان طراحی شده است (۲۳). از جمله مواردی که می‌توان در زمینه درمان‌های مبتنی بر کاهش سرکوب در چشم‌های آمبلیوپی به آن اشاره کرد، انجام تکالیف یادگیری ادراکی، یا انجام بازی‌های ویدئویی اکشن است (۲۵) (۲۴). درک مکانیسم‌های اساسی بهبود عملکرد از این درمان‌ها محدود است، با این حال پیشنهاد شده است که بهبودهای مرتبط در سطوح بالاتر از جمله توجه بینائی، ممکن است در این فرایند نقش داشته باشند. برای مثال برخی از مطالعات گزارش می‌دهند که دقت بینایی و عملکرد دوچشمی به دنبال دوره‌های نسبتاً کوتاه درمان دیکوپتیک بهبود می‌یابند (۲۶، ۲۷). همچنین گزارش شده است که بازی‌های ویدئویی اکشن نیز طیفی از مهارت‌های بصری بزرگسالان از جمله وضوح تصویر و جنبه‌های مختلف توجه بصری، از جمله پردازش مرکزی، توجه تقسیم شده، توجه انتخابی و چشمک زدن توجهی را تغییر می‌دهد (۲۸، ۲۹). به طور کلی توجه بینائی به‌عنوان یک عنصر مشترک در بین روش‌های مختلف درمانی مطرح شده است که ممکن است نقش مهمی در بهبود آمبلیوپی ایفا کند (۲۸). علاوه بر مداخلات رفتاری که به نتایج موثر در اثربخشی بر درمان آمبلیوپی نرسیده‌اند، تکنیک‌های تحریک غیرتهاجمی مغز، مانند تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای^۵ (tDCS) نیز، قادر به تعدیل شبکه‌های بازدارنده در نواحی مورد نظر مغز انسان هستند (۳۰-۳۲). شواهد فزاینده‌ای وجود دارد مبنی بر اینکه مداخلاتی که فعل و انفعالات بازدارنده در قشر بینایی را هدف قرار می‌دهند، از جمله انواع خاصی از تحریک غیرتهاجمی مغز، می‌تواند عملکرد بینایی را در بزرگسالان مبتلا به آمبلیوپی بهبود بخشد (۳۳). از این رو استفاده از تکنیک‌های غیرتهاجمی تحریک مغز مانند tDCS به دلیل افزایش مقبولیت و اثربخشی برای درمان آمبلیوپی به سرعت در حال توسعه است (۳۴-۳۷). با توجه به اینکه مکانیسم کلیدی درمان در زمینه سرکوب مغزی چشم آمبلیوپی، کاهش در بازدارنده است (۳۸). منطق استفاده از tDCS در آمبلیوپی هم‌مبتنی بر این است که tDCS، مهار و بازدارنده گاما آمینو بوتیریک اسید را کاهش می‌دهد (۳۳). لذا این امکان وجود دارد که به دلیل وجود رابطه معنی‌دار بین فعالیت الکتریکی مغز و توانایی توجه، tDCS همراه با ارتقاء توجه، سرکوب چشم آمبلیوپی را کاهش دهد (۳۹-۴۱). از اینرو مطالعه

⁵ Transcranial direct current stimulation

⁶ Logarithm of the minimum angle of resolution

در ایران نیز ضریب آلفای کرونباخ این آزمون ۰/۸۸ و ابعاد آن شامل بعد هشدار، ۰/۸۰؛ بعد موقعیت یابی، ۰/۷۹ و بعد کنترل اجرایی، ۰/۸۴ به دست آمد (۴۴).

تحریک الکتریکی فراجمه‌های با جریان مستقیم (tDCS): برای اعمال تحریک مغزی در این پژوهش از tDCS با جریان مستقیم محصول شرکت پرتو دانش Stim2 استفاده شد. دستگاه دارای دو کانال کاملاً مجزا بوده و هر کانال به طور مستقل از دیگری قابل تنظیم و اعمال انواع تحریک است. پارامترهای مختلف تحریک نظیر شدت جریان، زمان، فرکانس قابل تنظیم است. شدت جریان خروجی این دستگاه از ۰/۱ تا ۲ میلی‌آمپر و مدت زمان ارائه تحریک تا ۴۵ دقیقه و فرکانس موج خروجی تا ۲۰۰ هرتز قابل تنظیم است. از دیگر خصوصیات این دستگاه قابلیت نمایش مداوم مقاومت الکترودها برای پیشگیری از سوزش پوست ناشی از افزایش مقاومت است. دستگاه مورد نظر قابلیت اعمال تحریک ساختگی را نیز دارد. این دستگاه مجهز به باتری قابل شارژ (تا هشت ساعت کارکرد مداوم) است. همچنین محلول نمکی جهت خیس کردن پدها مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه ارائه مداخله tDCS با کارگذاری الکترود آند در F3 و الکترود کاتد در F4 طی ۱۰ جلسه (۳ بار در هفته) و هر جلسه به مدت ۲۰ دقیقه با شدت جریان ۲ میلی‌آمپر در ناحیه قشر پشتی جانبی پیش‌بینی‌شده به صورت دو طرفه صورت گرفت (۳۵).

یافته‌ها

جدول ۱ بیانگر داده‌های جمعیت شناختی شرکت‌کنندگان به تفکیک گروه‌های آزمایش و شم است.

میانگین سنی کل شرکت‌کنندگان ۲۷/۵ سال و دامنه سنی از ۲۰ تا ۳۵ سال بود. نیمی از شرکت‌کنندگان مرد و نیم دیگر زن بودند که به تساوی بین دو گروه آزمایش و شم جایگذاری شدند (۵۰ درصد). از نظر تحصیلات، ۸ نفر زیر دیپلم (۲۷ درصد)، ۱۰ نفر دیپلم (۳۳ درصد)، ۱۱ نفر کارشناسی (۳۷ درصد) و ۱ نفر کارشناسی ارشد (۳ درصد) بودند. از میان شرکت‌کنندگان ۱۶ نفر در چشم راست و ۱۴ نفر در چشم چپ دچار آمبلیوپی بودند. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای مورد

خود فرد و مصاحبه روانشناسی، عدم سابقه بیماری‌های نورولوژیک و شناختی بارز و ضربه به سر. شرکت‌کنندگان در صورت ناراضی‌تی یا غیبت بیش از دو جلسه، از روند پژوهش کنار گذاشته شدند. همه شرکت‌کنندگان، فرم رضایت‌نامه شرکت در برنامه پژوهشی را تکمیل کردند.

ابزارهای پژوهش:

آزمون شبکه توجه (ANT)^۷ این آزمون سال ۲۰۰۲ توسط فان، مک کندلیس، سومر، راز و پوستر^۸ طراحی شده است و به طور گسترده‌ای برای اندازه‌گیری بهره‌وری شبکه‌های توجه (هشدار، جهت‌گیری یا موقعیت‌یابی، کنترل اجرایی) با ارزیابی زمان واکنش و دقت در پاسخ به محرک‌های بینایی استفاده می‌شود. این آزمون شامل چهار بلوک است که بلوک اول به مدت دو دقیقه بوده و برای تمرین و تکرار است. سه بلوک دیگر که آزمون اصلی است هر کدام حدود ۶ دقیقه طول می‌کشد و پس از اتمام هر بلوک یک پیام استراحت ظاهر می‌شود. در کل، مدت زمان اجرای این آزمون با احتساب مرحله آزمایشی جمعاً در حدود ۲۰ دقیقه است. روش اجرای آزمون به این صورت است که یک صلیب (+) در مرکز صفحه نمایش وجود داشته که فلانکرهایی به صورت همخوان (>>>>) یا ناهمخوان (<<<<) همراه آن ظاهر می‌شوند. شرکت‌کنندگان موظف هستند که در طول دوره آزمون بر روی صلیب متمرکز شده و با ظاهر شدن فلانکرها، با سرعت و دقت بالایی به جهت پیکان مرکزی با استفاده از صفحه کلید رایانه (کلید E برای زمانی‌که نوک پیکان مرکزی به سمت چپ و کلید I برای زمانی که نوک پیکان مرکزی به سمت راست باشد) پاسخ دهند. منطق نمره‌گذاری در این آزمون به این صورت است که اثر هشدار با کم کردن میانگین زمان واکنش شرایط دو نشانه از شرایط بدون نشانه، اثر جهت‌گیری با کم کردن میانگین زمان واکنش وضعیت تک نشانه از وضعیت نشانه مرکزی و اثر کنترل اجرایی با کم کردن میانگین زمان واکنش شرایط هماهنگ از شرایط ناهماهنگ محاسبه می‌شود. پایایی کل این آزمون توسط سازندگان آن ۰/۸۷ و اعتبار بعد هشدار، ۰/۵۲، بعد موقعیت‌یابی، ۰/۶۱ و بعد کنترل اجرایی آن، ۰/۷۷ گزارش شده است (۴۳).

جدول ۱- متغیرهای جمعیت شناختی

گروه	تعداد	سن			جنسیت		تحصیلات			چشم آمبلیوپ		
		دامنه (سال)	میانگین (سال)	انحراف استاندارد	مرد	زن	زیردیپلم	دیپلم	کارشناسی	ارشد	راست	چپ
آزمایش	۱۵ نفر	۲۰-۳۴	۲۸/۲	۴/۴۴	۸	۷	۵ نفر	۴ نفر	۵ نفر	۱ نفر	۸	۷
شم	۱۵ نفر	۲۳-۳۵	۲۶/۸	۳/۵۴	۷	۸	۳ نفر	۶ نفر	۶ نفر	-	۸	۷

⁷ Attention network test

⁸ Fan, Mc candliss, Sommer, Raz & Posner

یافته است. به منظور تعیین بررسی اثربخشی tDCS بر ارتقاء شبکه توجهی در بزرگسالان مبتلا به آمبلیوپی در دو گروه آزمایشی و شم از آزمون تحلیل کوواریانس چند متغیره با نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد.

نتایج آزمون کلموگروف- اسمیرنوف در جدول ۴ نشان می دهد که سطح معنی داری در تمام مولفه ها بزرگتر از ۰/۰۵ است. فرضیه صفر در یکنواخت بودن داده ها و تبعیت آنها از توزیع طبیعی است که با توجه به سطح معنی داری، می توان گفت که توزیع داده ها منطبق بر توزیع طبیعی قلمداد می گردد.

سطح معنی داری مولفه ها بر طبق نتایج آزمون لوین در جدول ۵، بیشتر از ۰/۰۵ است. در آزمون لوین فرض

بررسی در گروه های آزمایش و شم در دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون در جدول ۳ ارائه شده است.

برای بررسی تفاوت نمرات پیش آزمون بین دو گروه آزمایش و شم از آزمون تی مستقل استفاده شد. مطابق جدول ۲، تفاوت نمرات معنی دار نمی باشد ($P < 0.05$). لذا نمرات گروه ها در پیش آزمون متفاوت نبوده و همگن تلقی می شوند.

با توجه به جدول ۳، میانگین نمرات شرکت کنندگان در دقت در پس آزمون گروه آزمایش افزایش و در گروه شم کاهش یافته است. همچنین زمان واکنش در هر سه مولفه هشدار، جهت یابی و کارکرد اجرایی در پس آزمون گروه آزمایش کاهش و در گروه شم افزایش

جدول ۲- نمرات پیش آزمون در هر دو گروه

پیش آزمون			متغیرها	
سطح معنی داری	انحراف استاندارد	میانگین		
۰/۲۲۳	۱۷/۲۳۴	۱۰۶/۹۳	دقت	
۰/۶۳۴	۰/۰۵۲	۰/۱۱۸	هشدار	زمان واکنش
۰/۷۵۹	۰/۰۴۹	۰/۱۲۵	جهت یابی	
۰/۶۹۴	۰/۰۳۸	۰/۱۳۰	کارکرد اجرایی	

جدول ۳- میانگین و انحراف استاندارد

گروه	متغیرها	پیش آزمون		پس آزمون		
		انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	
آزمایش	دقت	۱۶/۸۱۸	۱۱۷/۸۶	۱۶/۸۸۹	۱۰۴	
	زمان واکنش	هشدار	۰/۰۴۴	۰/۰۷۶	۰/۰۳۲	۰/۱۲۰
		جهت یابی	۰/۰۴۷	۰/۰۸۵	۰/۰۳۴	۰/۱۲۴
شم	زمان واکنش	کارکرد اجرایی	۰/۰۴۰	۰/۱۰۷	۰/۱۳۷	
		دقت	۱۸/۹۱۶	۱۰۷/۴۶	۲۰/۵۳۱	۱۰۹/۸۶
	زمان واکنش	هشدار	۰/۰۳۷	۰/۱۲۰	۰/۰۳۰	۰/۱۱۵
		جهت یابی	۰/۰۴۳	۰/۱۳۸	۰/۰۳۸	۰/۱۲۶
		کارکرد اجرایی	۰/۰۳۱	۰/۱۴۰	۰/۰۳۸	۰/۱۲۳

جدول ۴- طبیعی بودن توزیع و معنی داری متغیرها براساس آزمون کلموگروف- اسمیرنوف

متغیرها		پیش آزمون	پس آزمون
دقت		۰/۲	۰/۰۶
زمان واکنش	هشدار	۰/۰۸	۰/۲
	جهت یابی	۰/۲	۰/۲
	کارکرد اجرایی	۰/۱۸۹	۰/۲

جدول ۵- همگونی واریانس متغیرها براساس آزمون لوین

متغیرها	F	df1	df2	پس آزمون
دقت	۵/۰۷۰	۱	۲۸	۰/۳۲۰
زمان واکنش	هشدار	۰/۰۰۳	۲۸	۰/۹۵۵
	جهت یابی	۰/۰۴۷	۲۸	۰/۸۳۰
	کارکرد اجرایی	۰/۱۶۲	۲۸	۰/۶۹۰

ماتریس‌های کوواریانس مشاهده شده بین گروه‌های مختلف با هم برابرند. لذا براساس نتایج آزمون‌های پیش‌فرض تحلیل کوواریانس، برای تحلیل نتایج، می‌توان از تحلیل کوواریانس چند متغیره استفاده کرد.

با توجه به نتایج تحلیل کواریانس، ارتباط معنی‌داری بین تمامی متغیرهای وابسته (دقت و زمان واکنش) و متغیر همپراش (پیش آزمون) وجود دارد ($P=۰/۰۰۰$). با توجه به اینکه سطح معنی‌داری کوچکتر از $۰/۰۱$ می‌باشد، یعنی آماره آزمون در ناحیه $H1$ قرار گرفته و فرض خلاف که

صفر این است که واریانس گروه آزمایش و شم دارای تجانس است. بنابراین می‌توان گفت که در پیش‌فرض صفر همگونی واریانس گروه‌ها رعایت شده است.

جدول ۶- همگنی ماتریس واریانس - کواریانس براساس آزمون ام باکس

M Box	F	معنی داری
۱۶/۵۱۰	۱/۳۹۳	۰/۱۷۷

همچنین با توجه به جدول ۶، از آنجائی که مقدار F در سطح خطای داده شده معنی‌دار نیست، بنابراین فرض صفر آزمون ام باکس رد نمی‌شود. به این معنی که

جدول ۷- تحلیل کوواریانس

منبع تغییرات	متغیر وابسته	df	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری	مجذور اتا
پیش آزمون گروه	دقت	۵	۱۶۲۱	۱۴/۹۵۳	۰/۰۰۰	۰/۷۵۷
		۱	۱۷۷۳/۹۸۶	۱۶/۳۶۵	۰/۰۰۰	۰/۴۰۵
		۲۴	۱۰۸/۴۰۳			
		۳۰				
پیش آزمون گروه	هشدار	۵	۰/۰۰۷	۱۷/۴۵۷	۰/۰۰۰	۰/۷۸۴
		۱	۰/۰۱۶	۴۱/۴۴۳	۰/۰۰۰	۰/۶۳۳
		۲۴	۰/۰۰۰			
		۳۰				
پیش آزمون گروه	جهت یابی	۵	۰/۰۰۹	۱۶/۹۷۵	۰/۰۰۰	۰/۷۸۰
		۱	۰/۰۲۰	۳۷/۲۴۴	۰/۰۰۰	۰/۶۰۸
		۲۴	۰/۰۰۱			
		۳۰				
پیش آزمون گروه	کارکرد اجرایی	۵	۰/۰۰۵	۴/۷۱۰	۰/۰۰۴	۰/۴۹۵
		۱	۰/۰۱۱	۱۰/۸۵۶	۰/۰۰۳	۰/۳۱۱
		۲۴	۰/۰۰۱			
		۳۰				

آمبلیوپ بهبود می‌بخشد، نتایج آنها بهبود گذرا در حساسیت کنتراست چشم آمبلیوپ حداقل ۳۰ دقیقه پس از a-tDCS نشان داد. اندازه‌گیری‌های fMRI مشخص کرد که عدم تقارن پاسخ قشر مخطط در آمبلیوپ‌ها، که به نفع چشم دیگر است، توسط a-tDCS کاهش می‌یابد (۳۳). نتایج مطالعه دینگ^{۱۳} و همکاران نشان می‌دهد که tDCS می‌تواند پاسخ‌های قشر بینایی به اطلاعات چشم‌های آمبلیوپ بزرگسالی را تعدیل کند (۴۶). همه این مطالعات در راستای یافته‌های مطالعه حاضر بیانگر این هستند که tDCS به‌عنوان یک ابزار بالقوه برای افزایش نتایج درمان آمبلیوپ در بزرگسالان، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

در تبیین این یافته‌ها می‌توان چنین گفت که اگرچه ظاهراً بهبود عملکرد بینایی با افزایش سن به دلیل کاهش انعطاف پذیری عصبی کاهش می‌یابد، مطالعات اخیر نشان داده است که می‌توان انعطاف پذیری و ترمیم عصبی را در مغز بزرگسالان ارتقا داد (۴۷). در حالی که اولین منبع اختلال در آمبلیوپ در قشر بینایی VI رخ می‌دهد، تعدادی از مطالعات فیزیولوژیکی و روانی نشان می‌دهد که ناهنجاری‌هایی در نواحی غیرمخطط و تخصصی قشر مغز وجود دارد (۴۸-۴۹). این در حالی است که در بینایی طبیعی، توجه، اطلاعات ناخواسته را در هر دو ناحیه مخطط و غیر مخطط سرکوب می‌کند (۵۰). علاوه بر این، در بینایی طبیعی، توجه به محرک غالب، سرکوب محرک را در طول رقابت دو چشمی کاهش می‌دهد (۵۱). همچنین توجه، انعطاف پذیری طولانی مدت را در قشر بینایی اولیه در افراد با بینایی طبیعی تعدیل می‌کند (۵۲).

این در حالی است که احتمالاً سرکوب ورودی بینایی یک چشم منجر به آمبلیوپ می‌شود که در این حالت از طریق سیگنال‌هایی که از مناطق بینایی بالاتر می‌آیند، توجه بصری نقش میانجی را بر عهده خواهد داشت. واضح است که آمبلیوپ با اختلال در عملکرد در کارهایی که نیاز به توجه دارند، مانند ردیابی چند شی (۱۰) یا تشخیص تغییر جهت حرکت مسیرهای چندگانه، به ویژه زمانی که تغییر کوچک است، همراه می‌باشد (۵۳، ۱۰). در این راستا توجه بصری می‌تواند برای سرکوب ورودی‌های چشم آمبلیوپ هم به صورت گذرا و هم به صورت پایدار عمل کند. در یک شکل گذرا، در شروع ورودی ناهماهنگ بینایی در دوران کودکی، مدار بین چشمی را می‌توان با سیگنال‌های توجهی مکرر از نواحی بالاتر تغییر داد تا زمانی که سرکوب چشم آمبلیوپ ایجاد شود. همچنین این امکان وجود دارد که اثر سرکوب‌کننده توجه بصری در طول زندگی، علاوه بر تغییرات فیزیولوژیکی دائمی

همان ادعای محقق می‌باشد، تایید می‌شود. با توجه به یافته‌های توصیفی که نشان دادند در پس‌آزمون گروه آزمایش میزان دقت و یا به عبارتی میزان پاسخ صحیح افزایش یافته و زمان واکنش نیز کاهش یافته است، می‌توان چنین استنباط کرد که اثربخشی تحریک فراجمعه‌ای با جریان مستقیم بر ارتقاء شبکه توجهی در بزرگسالان مبتلا به آمبلیوپ مورد تایید قرار می‌گیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه حاکی از اثربخشی تحریک فراجمعه‌ای با جریان مستقیم بر ارتقاء شبکه توجهی در بزرگسالان مبتلا به آمبلیوپ بود. همسو با یافته‌ها، کاسانو^۹ و همکاران، در مطالعه حیوانی خود از محرومیت تک چشمی پس از تولد در موش‌های لانگ ایوانز به‌عنوان یک مدل تجربی از آمبلیوپ و آزمایش صخره برای ارزیابی درک عمق استفاده کردند. نویسندگان نتیجه گرفتند که امکان سازماندهی مجدد قشر مغز و بازیابی استریوسکوپ به دنبال تحریک مغز با tDCS، یک استراتژی مفید برای درمان آمبلیوپ در بزرگسالی است. همین نویسندگان در مطالعه دیگر خود گزارش کردند که درمان tDCS به‌طور قابل توجهی بینایی را در چشم آمبلیوپ بهبود می‌بخشد و افزایش قابل توجهی در سلول‌های پاروالبومین مثبت در سه ناحیه، هم در نیمکره تحریک شده و هم در نیمکره غیر تحریکی مشاهده شد (۴۵). بنابراین، تغییرات ناشی از tDCS در گروه حیوانات آمبلیوپ، بهبود عملکردی را نشان داد. بوکی^{۱۰} و همکاران، در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که استفاده یک طرفه از tDCS باعث کاهش مهار جسم پینه‌ای و بهبود حدت بینایی در بیماران آمبلیوپ می‌شود (۳۶). نتایج مطالعه کاستیلو-استورگا^{۱۱} و همکاران بهبود گذرای بینایی را در بزرگسالان آمبلیوپ نشان می‌دهد. آنها گزارش کردند که در مجموع ۳۰ دقیقه پس از درمان با tDCS دوطرفه، در مقایسه با عدم بهبود در گروه کنترل، حدت بینایی در گروه درمان به صورت معنی‌دار بهبود یافت (۳۵). همچنین نتایج مطالعه اسپیکل و همکاران^{۱۲} نشان می‌دهد که تحریک جریان مستقیم قشر بینایی، اثربخشی درمان مبتنی بر بازی ویدیویی دوگانه را افزایش می‌دهد (۳۰). این نویسندگان در پژوهشی دیگر، با این عنوان که تحریک جریان مستقیم ترانس کرانیال آنودال (a-tDCS) به‌طور موقت حساسیت کنتراست را بهبود می‌بخشد و فعال‌سازی قشر بینایی را در افراد مبتلا به آمبلیوپ عادی می‌کند، این فرض را آزمایش کردند که تحریک جریان مستقیم فراجمعه‌ای عملکرد بینایی را در بزرگسالان مبتلا به آمبلیوپ با افزایش پاسخ عصبی به ورودی‌های چشم

⁹ Castaño-Castaño

¹⁰ Bocci

¹¹ Castillo-Astorga

¹² Spiegel

¹³ Ding

بهتر باشد جهت کاهش عوامل مداخله‌گر، پژوهشی مشابه، در یک طرح پژوهشی بزرگتر انجام پذیرد.

به طور کلی مطالعات قبلی نشان دادند که tDCS می‌تواند به بازسازی قشر مغز و بهبود بینایی در چشم‌های آمبلیوپ کمک کند. به‌ویژه، اینکه تحریک قشر بینایی و افزایش پاسخ‌های عصبی به ورودی‌های بینایی می‌تواند به بهبود حساسیت کنتراست و حدت بینایی منجر شود. علاوه بر این، توجه بصری به‌عنوان یک عامل میانجی در آمبلیوپی مطرح می‌شود. به نظر می‌رسد که سرکوب ورودی بینایی یک چشم می‌تواند به واسطه سیگنال‌های توجهی از نواحی بالاتر مغز اتفاق بیفتد. بهبود توجه بصری می‌تواند به کاهش اثرات سرکوب‌کننده کمک کند و به سازماندهی مجدد مدارهای بینایی منجر شود. در نهایت، نتایج یافته‌های این مطالعه نیز تایید کرد که tDCS می‌تواند یک ابزار مؤثر برای درمان آمبلیوپی در بزرگسالان باشد و به بهبود عملکرد بینایی و توجه کمک کند.

در نواحی سطح پایین قشر مغز که در اوایل زندگی رخ می‌دهد، حفظ شود. بهبود توجه بصری به نفع چشم آمبلیوپی، احتمالاً برخی از این تأثیرات سرکوب‌کننده را رها کند و منجر به سازماندهی مجدد مدار سرکوب شود. همانطور که بارها نشان داده شده است که انجام بازی‌های ویدیویی، چندین جنبه از توجه بصری انتخابی را در بینایی طبیعی تغییر می‌دهد (۵۴).

یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر، دامنه سنی باریک بین ۲۰ تا ۳۵ سال بود که به دلیل امکان درمان مستقیم چشم در دوران کودکی و از طرفی شروع پیرچشمی در افراد بالای ۴۰ سال، انتخاب شد. از محدودیت‌های دیگر این پژوهش، مختص بودن نمونه به افراد مشگین شهر بود. بنابراین در معرف بودن کامل و تعمیم یافته‌های آن تردید وجود دارد. لذا پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های طولی با گروه‌های سنی مختلف در این زمینه انجام گیرد و برای تعمیم دقیق‌تر و بهتر یافته‌ها، این پژوهش مجدداً در شهرهای مختلف ایران اجرا گردد. همچنین شاید

منابع

- Birch EE. Amblyopia and binocular vision. *Progress in Retinal and Eye Research*. 2013; 33: 67-84.
- Wong AM. New concepts concerning the neural mechanisms of amblyopia and their clinical implications. *Canadian Journal of Ophthalmology*. 2012; 47(5): 399-409.
- Carrasco M. How visual spatial attention alters perception. *Cogn Process*. 2018; 19(Suppl 1): 77-88.
- Rizzolatti G, Riggio L, Dascola I, Umiltá C. Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians: evidence in favor of a premotor theory of attention. *Neuropsychologia*. 1987; 25(1a): 31-40.
- Atkinson J, Braddick O. Visual attention in the first years: typical development and developmental disorders. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2012; 54(7): 589-95.
- Popple AV, Levi DM. The attentional blink in amblyopia. *Journal of Visualized Medicine*. 2008; 8(13): 12.1-9.
- Tripathy SP, Levi DM. On the effective number of tracked trajectories in amblyopic human vision. *Journal of Visualized Medicine*. 2008; 8(4): 8.1-22.
- Sharma V, Levi DM, Klein SA. Undercounting features and missing features: evidence for a high-level deficit in strabismic amblyopia. *Nature Neuroscience* 2000; 3(5): 496-501.
- Farzin F, Norcia AM. Impaired visual decision-making in individuals with amblyopia. *Journal of Visualized Medicine*. 2011; 11(14).
- Ho CS, Paul PS, Asirvatham A, Cavanagh P, Cline R, Giaschi DE. Abnormal spatial selection and tracking in children with amblyopia. *Vision Research*. 2006; 46(19): 3274-83.
- Black AA, Wood JM, Hoang S, Thomas E, Webber AL. Impact of Amblyopia on Visual Attention and Visual Search in Children. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2021; 62(4): 15.
- Chung ST, Kumar G, Li RW, Levi DM. Characteristics of fixational eye movements in amblyopia: Limitations on fixation stability and acuity? *Vision Research*. 2015; 114: 87-99.
- González EG, Wong AM, Niechwiej-Szwedo E, Tarita-Nistor L, Steinbach MJ. Eye position stability in amblyopia and in normal binocular vision. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2012; 53(9): 5386-94.
- McKee SP, Levi DM, Schor CM, Movshon JA. Saccadic latency in amblyopia. *Journal of Visualized Medicine*. 2016; 16(5): 3.
- Kowler E, Anderson E, Doshier B, Blaser E. The role of attention in the programming of saccades. *Vision Research*. 1995; 13(5): 1897-916.
- Carpenter RHS. *Movements of the Eyes*: Pion; 1988.
- Rolfs M, Laubrock J, Kliegl R. Shortening

- and prolongation of saccade latencies following microsaccades. *Experimental Brain Research* 2006; 169(3): 369-76.
18. Verghese P, McKee SP, Levi DM. Attention deficits in amblyopia. *Current Opinion in Psychology*. 2019; 29: 199-204.
19. Posner MI. Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 1980; 32(1): 3-25.
20. McConaghy JR, McGuirk R. Amblyopia: Detection and Treatment. *American Family Physician*. 2019; 100(12): 745-50.
21. Maconachie GD, Gottlob I. The challenges of amblyopia treatment. *Biomedical Journal* 2015; 38(6): 510-6.
22. Maya-Vetencourt JF, Baroncelli L, Viegi A, Tiraboschi E, Castren E, Cattaneo A, et al. IGF-1 restores visual cortex plasticity in adult life by reducing local GABA levels. *Neural Plasticity*. 2012; 2012: 250421.
23. Black JM, Hess RF, Cooperstock JR, To L, Thompson B. The measurement and treatment of suppression in amblyopia. *Journal of Visualized Experiments*. 2012(70): e3927.
24. Levi DM, Li RW. Perceptual learning as a potential treatment for amblyopia: a mini-review. *Vision Research*. 2009; 49(21): 2535-49.
25. Gambacorta C, Nahum M, Vedamurthy I, Bayliss J, Jordan J, Bavelier D, et al. An action video game for the treatment of amblyopia in children: A feasibility study. *Vision Research*. 2018; 148: 1-14.
26. Kelly KR, Jost RM, Wang YZ, Dao L, Beauchamp CL, Leffler JN, et al. Improved Binocular Outcomes Following Binocular Treatment for Childhood Amblyopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2018; 59(3): 1221-8.
27. Webber AL, Wood JM, Thompson B. Fine Motor Skills of Children With Amblyopia Improve Following Binocular Treatment. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2016; 57(11): 4713-20.
28. Tsirlin I, Colpa L, Goltz HC, Wong AM. Behavioral Training as New Treatment for Adult Amblyopia: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2015; 56(6): 4061-75.
29. Amouzadeh F, Moradi H, Gharayagh zandi h, Rostani R, Moghadamzadeh A. Impact of Video Game Minecraft on the Sustained Visual Attention of Athlete's Student With Hyperactivity/Attention Deficit Disorder. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2023; 11(3): 36-46.
30. Spiegel DP, Hansen BC, Byblow WD, Thompson B. Anodal transcranial direct current stimulation reduces psychophysically measured surround suppression in the human visual cortex. *PLoS One*. 2012; 7(5): e36220.
31. Thompson B, Mansouri B, Koski L, Hess RF. Brain plasticity in the adult: modulation of function in amblyopia with rTMS. *Current Biology*. 2008; 18(14): 1067-71.
32. Thompson B, Mansouri B, Koski L, Hess RF. From motor cortex to visual cortex: the application of noninvasive brain stimulation to amblyopia. *Developmental Psychobiology*. 2012; 54(3): 263-73.
33. Spiegel DP, Byblow WD, Hess RF, Thompson B. Anodal transcranial direct current stimulation transiently improves contrast sensitivity and normalizes visual cortex activation in individuals with amblyopia. *Neurorehabilitation & Neural Repair* 2013; 27(8): 760-9.
34. Benninger DH, Lomarev M, Lopez G, Pal N, Luckenbaugh DA, Hallett M. Transcranial direct current stimulation for the treatment of focal hand dystonia. *Movement Disorders*. 2011; 26(9): 1698-702.
35. Castillo-Astorga R, Del Valle-Batalla L, Mariman JJ, Plaza-Rosales I, de los Angeles Juricic M, Maldonado PE, et al. Combined therapy of bilateral transcranial direct current stimulation and ocular occlusion improves visual function in adults with amblyopia, a randomized pilot study. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2023; 17.
36. Bocci T, Nasini F, Caleo M, Restani L, Barloscio D, Ardolino G, et al. Unilateral Application of Cathodal tDCS Reduces Transcallosal Inhibition and Improves Visual Acuity in Amblyopic Patients. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2018; 12: 109.
37. Ding Z, Li J, Spiegel DP, Chen Z, Chan L, Luo G, et al. The effect of transcranial direct current stimulation on contrast sensitivity and visual evoked potential amplitude in adults with amblyopia. *Scientific Reports* 2016; 6: 80-92.
38. Sengpiel F, Jirrmann KU, Vorobyov V, Eysel UT. Strabismic suppression is mediated by inhibitory interactions in the primary visual cortex. *cerebral cortex*. 2006; 16(12): 1750-8.
39. Esmaili Jami A, Khalilzadeh MA, Ghoshuni

- M, Khalilzadeh MM. Estimation of Attention Indices in IVA Tests Using Optical Flow in ERP Brain Maps. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2022; 11(1): 46-56.
40. Shamsi Holasu M, Tabatabaei M, Azmodeh M. The Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation on the Executive Functions of Children with Autism Spectrum Disorders. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2023; 11(2): 20-31.
41. Mahdavi A, Ahmadi F, Haj Abbas Tabrizi E, Gharaian H, Rigi Koote B, Imaninasab V, et al. Transcranial Electrical Stimulation (tES): History, Theoretical Foundations and Applications. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2022; 11(1): 69-104.
42. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*. 2007; 39(2): 175-91.
43. Fan J, McCandliss BD, Sommer T, Raz A, Posner MI. Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2002; 14(3): 340-7.
44. Hosseini Z, Talepasand S. Psychometric properties of the attention network test in Iranian children and adults. *Institute for Cognitive Science Studies*. 2022; 24(1): 84-97.
45. Castaño-Castaño S, Feijoo-Cuaresma M, Paredes-Pacheco J, Morales-Navas M, Ruiz-Guijarro JA, Sanchez-Santed F, et al. tDCS recovers depth perception in adult amblyopic rats and reorganizes visual cortex activity. *Behavioural Brain Research*. 2019; 370: 111941.
46. Ding K, Liu Y, Yan X, Lin X, Jiang T. Altered functional connectivity of the primary visual cortex in subjects with amblyopia. *Neural Plasticity*. 2013; 2013: 612086.
47. Levi DM, Knill DC, Bavelier D. Stereopsis and amblyopia: A mini-review. *Vision Research*. 2015; 114: 17-30.
48. Kiorpes L, Kiper DC, O'Keefe LP, Cavanaugh JR, Movshon JA. Neuronal correlates of amblyopia in the visual cortex of macaque monkeys with experimental strabismus and anisometropia. *Journal of Neuroscience*. 1998; 18(16): 6411-24.
49. Li X, Dumoulin SO, Mansouri B, Hess RF. Cortical deficits in human amblyopia: their regional distribution and their relationship to the contrast detection deficit. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2007; 48(4): 1575-91.
50. Vidyasagar TR. Gating of neuronal responses in macaque primary visual cortex by an attentional spotlight. *Neuroreport*. 1998; 9(9): 1947-52.
51. Ooi TL, He ZJ. Binocular rivalry and visual awareness: The role of attention. *Perception*. 1999; 28(5): 551-74.
52. Gutnisky DA, Hansen BJ, Iliescu BF, Dragoi V. Attention alters visual plasticity during exposure-based learning. *Current Biology*. 2009; 19(7): 555-60.
53. Hou C, Kim YJ, Lai XJ, Verghese P. Degraded attentional modulation of cortical neural populations in strabismic amblyopia. *Journal of Visualized Medicine*. 2016; 16(3): 16.
54. Wu S, Cheng CK, Feng J, D'Angelo L, Alain C, Spence I. Playing a first-person shooter video game induces neuroplastic change. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2012; 24(6): 1286-93.