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

Mohammad Maeiyat[1], Soomaayeh Heysieattalab[1*], Khalil Esmaeilpour[2]

[1]Department of Cognitive Neuroscience, Faculty of Educational and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[2]Department 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*

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61186/shefa.13.1.16]

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]

[۱]گروه علوم اعصاب شناختی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
[۲]گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله:
دریافت: ۱۹ مهر ۱۴۰۳ | اصلاحیه: ۵ دی ۱۴۰۳ | پذیرش: ۱۵ دی ۱۴۰۳

چـــــکیده

مقدمـــه: آمبلیـوپی یـک اخـتلال بینـایی اغلـب یـک طرفـه و نـاشی از یـک اخـتلال رشـدی اسـت کـه می‌توانـد بـا نقایـص شـناختی از جملـه اخـتلالات توجـه همـراه باشـد. ایـن مطالعـه بـا هـدف بـررسی اثربخـشی تحریـک جریـان مسـتقیم فراجمجمـه‌ای (tDCS) بـر ارتقـاء شـبکه توجـه در بزرگسـالان مبـتلا بـه آمبلیـوپی انجـام شـد. **مـواد و روش‌هـا:** ایـن مطالعـه نیمـه تجـربی بـا طـرح پیش‌آزمـون- پس‌آزمـون بـا گـروه شـم انجـام شـد. جامعـه مـورد مطالعـه شـامل بزرگسـالان ۲۰ تـا ۳۵ سـاله مبـتلا بـه آمبلیـوپی بـود کـه در سـال ۱۴۰۲ بـه کلینیک‌هـای بینـایی سـنجی مشـگین شـهر مراجعـه کردنـد. بـا اسـتفاده از نمونه‌گیـری هدفمنـد، ۳۰ نفـر انتخـاب و بـه طـور تصـادفی در دو گـروه (n=۱۵) و tDCS گـروه شـم (n=۱۵) قـرار گرفتنـد. گـروه آزمایـش ۱۰ جلسـه ۲۰ دقیقـه ای tDCS اعمـال شـده روی قشـر پیش‌پیشـانی پشـتی جانـبی (سـه جلسـه در هفتـه) دریافـت کردنـد، در حـالی کـه گـروه شـم جریـان سـاختگی دریافـت کردنـد. بـرای ارزیـابی عملکـرد توجـه، آزمـون شـبکه توجـه قبـل و بلافاصلـه پـس از مداخلـه انجـام شـد. **یافته‌هـــا:** یافته‌هـا نشـان داد کـه tDCS بـه طـور قابل‌توجـهی شـبکه توجـه را در بزرگسـالان مبـتلا بـه آمبلیـوپی بهبـود می‌بخشـد کـه نشـان‌دهنده اثربخـشی آن در افزایـش پـردازش توجـه اسـت. **نتیجه‌گیـــری:** نتایـج مـا نشـان می‌دهـد کـه tDCS، بـا تعدیـل مسـتقیم شـبکه توجـهی، ممکـن اسـت به‌عنـوان یـک درمـان کمـکی بـرای افزایـش اثربخـشی درمـان آمبلیـوپی در بزرگسـالان عمـل کنـد.

واژه‌های کلیدی:
۱- بینایی، چشمی
۲- قشر پیش‌پیشانی مغز
۳- بینایی سنجی

***نویسنده مسئول:** سمیه حیثیت طلب

پست الکترونیک: *heysieattalab@gmail.com*

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61186/shefa.13.1.16]

مقدمه

آمبلیوپی یک اختلال رشدی عصبی است که سه تا پنج درصد از جمعیت را تحت تاثیر 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[1] و قشر بینایی خصوصا در V1 و قشر غیر مخطط تغییر می‌کنند (۲). یکی از مواردی که در آمبلیوپی مورد توجه قرار می گیرد، توجه بینائی است. توجه بینائی یک فرآیند شناختی چندوجهی است که با بسیاری از فعالیت های زندگی روزمره مرتبط است و به فرد امکان می دهد اطلاعات بینائی را به طور انتخابی پردازش کند و اطلاعات مربوط به تکلیف را اولویت بندی کند (۳). نظریه پیش حرکتی توجه[2] پیشنهاد می‌کند که توجه با 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 بینائی 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 بینائی 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 بینائی، تاخیر در زمان پاسخ برای واکنش بینائی پیچیده، که نشان‌دهنده اختلال در عملکرد ادراکی مرتبه بالاتر است و نقص در ردیابی دقیق اشیاء تکی و چندتائی که نشان‌دهنده اختلال در عملکرد قشر آهیانه‌ای است در مطالعات مختلف گزارش شده است (۱۰-۶). نتایج مطالعه بلک[3] و همکاران، نیز در بررسی مطالعه عملکرد توجه تحت شرایط مشاهده دو چشمی معمولی نشان داد که کودکان مبتلا به آمبلیوپی زمان پردازش بینائی آهسته‌تر و زمان تکمیل کندتر در جستجوی دیداری- شناختی نسبت به گروه کنترل نشان دادند. همچنین اثرات منفی آمبلیوپی ممکن است هنگام انجام فعالیت‌های پیچیده‌تر روزمره تشدید شود. آنها نتیجه گرفتند که کودکان مبتلا به آمبلیوپی کمبودهایی در مهارت‌های پردازش بینائی درجه بالاتر، از جمله توجه و جستجوی بینائی، به ویژه با افزایش تقاضای عملکرد اجرایی، نشان می‌دهند (۱۱).

توضیح بیشتر اینکه، افراد مبتلا به آمبلیوپی، به ویژه آنهایی که استرابیسم 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 میکروساکادها بیشتر از چشم دیگر است (۱۳). به نظر می‌رسد که این بی‌ثباتی تثبیت می‌تواند به‌عنوان یک حواس‌پرتی 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 ساکادهای حدود ۱۵۰ میلی‌ثانیه است (۱۶). میکروساکادها زمان شروع ساکاد را افزایش می‌دهند، میکروساکادها در ۱۵۰ میلی‌ثانیه قبل از ارائه یک هدف ساکاد رخ می‌دهند و زمان تأخیر ساکادیک ۴۰ میلی‌ثانیه افزایش می‌یابد (۱۷). بنابراین، افزایش فراوانی میکروساکادها 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 احتمالا به دلیل کمبود توجه ناشی از پایداری تثبیت ضعیف و افزایش فراوانی میکروساکادها 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[4] 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، خصوصا بزرگسالان غیرممکن است (۲۱). متاسفانه در ۲۵ درصد از کودکان بهبود یافته احتمال عود هم وجود دارد (۲۰). شواهد موجود از مدل‌های

[1] Lateral geniculate nucleus
[2] Premotor theory of attention
[3] Black
[4] Atropine

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61186/shefa.13.1.16]

حیوانی نشان داده است که کاهش بازداری قشر مغز امکان بازیابی بینایی را در آمبلیوپ های بزرگسال فراهم می‌کند (۲۲). این شواهد منجر به توسعه مداخلات درمانی آمبلیوپی شد که برای کاهش مکانیسم‌های سرکوب کننده در قشر بینایی انسان طراحی شده است (۲۳). از جمله مواردی که می‌توان در زمینه درمان‌های مبتنی بر کاهش سرکوب در چشم‌های آمبلیوپ 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 (۲۷، ۲۶). 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 (۲۹، ۲۸). 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 نرسیده اند، تکنیک‌های تحریک غیرتهاجمی مغز، مانند تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای[5](tDCS) نیز، قادر به تعدیل شبکه‌های بازدارنده در نواحی مورد نظر مغز انسان هستند (۳۲-۳۰). 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، می‌توانند 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 (۳۷-۳۴). با توجه به اینکه مکانیسم کلیدی درمان در زمینه سرکوب مغزی چشم آمبلیوپ، کاهش در بازداری است (۳۸). منطق استفاده از tDCS در آمبلیوپی هم مبتنی بر این است که tDCS، مهار و بازداری 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 آمبلیوپ را کاهش دهد (۴۱-۳۹). از اینرو مطالعه حاضر در نظر دارد به بررسی اثربخشی tDCS بر ارتقاء شبکه توجهی در بزرگسالان مبتلا به آمبلیوپی بپردازد.

مواد و روش‌ها

روش این پژوهش از نوع نیمه‌آزمایشی است که با طرح پیش آزمون و پس آزمون با گروه شم 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 مشگین شهر 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 ۰Log MAR/۲ [6](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 مشگین شهر به منظور امکان حضور در کلینیک‌های تخصصی بینائی سنجی، شرکت کنندگان انتخاب شدند. نهایتا ۳۰ نفر به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب و در دو گروه (گروه آزمایش ۱۵نفر و گروه شم 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 شم جریان ساختگی دریافت کردند (۳۵). قبل از شروع مداخله(پیش‌آزمون) و بلافاصله بعد از اتمام مداخله(پس‌آزمون) آزمون شبکه توجهی از شرکت کنندگان 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

[5] Transcranial direct current stimulation
[6] Logarithm of the minimum angle of resolution

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61186/shefa.13.1.16]

خـود فـرد و مصاحبـه روانشـناس)، عـدم سـابقه بیماری‌هـای نورولوژیـک و شـناختی بـارز و ضربـه به سـر. شـرکت‌کنندگان در صـورت نارضایـتی یـا غیبـت بیـش از دو جلسـه، از رونـد پژوهـش کنـار گذاشـته شـدند. همـه شـرکت‌کنندگان، فـرم رضایتنامـه شـرکت در برنامـه پژوهـشی را تکمیـل کردنـد.

ابزارهای پژوهش:

آزمـون شـبکه توجـه(ANT)[۷]: ایـن آزمون سـال ۲۰۰۲ توسـط فـان، مـک کندلیـس، سـومر، راز و پوسـتر[۸] طـراحی شـده اسـت و بـه طـور گسـترده‌ای بـرای اندازه‌گیـری بهـره‌وری شـبکه‌های توجـه (هشـدار، جهت‌گیـری یـا موقعیت‌یـابی، کنتـرل اجرایی) بـا ارزیـابی زمـان واکنـش و دقـت در پاسـخ بـه محرک‌هـای بینـایی اسـتفاده می‌شـود. ایـن آزمـون شـامل چهـار بلـوک اسـت کـه بلـوک اول بـه مـدت دو دقیقـه بـوده و بـرای تمریـن و تکـرار اسـت. سـه بلـوک دیگـر کـه آزمـون اصلـی اسـت هـر کـدام حـدود ۶ دقیقـه طـول می‌کشـد و پـس از اتمـام هـر بلـوک یـک پیـام اسـتراحت ظاهـر می‌شـود. در کل، مـدت زمـان اجـرای ایـن آزمـون بـا احتسـاب مرحلـه آزمایـشی جمعـاً در حـدود ۲۰ دقیقه اسـت. روش اجـرای آزمـون بـه ایـن صـورت اسـت کـه یـک صلیـب (+) در مرکـز صفحـهٔ نمایـش وجـود داشـته کـه فلانکرهـایی بـه صـورت همخـوان (<<<<<) یـا ناهمخـوان (<<<<>>>>) همـراه آن ظاهـر می‌شـوند. شـرکت‌کنندگان موظـف هسـتند کـه در طـول دورهٔ آزمـون بـر روی صلیـب متمرکـز شـده و بـا ظاهـر شـدن فلانکرهـا، بـا سـرعت و دقـت بـالایی بـه جهـت پیـکان مرکـزی بـا اسـتفاده از صفحـه کلیـد رایانـه (کلیـد E بـرای زمانیکـه نـوک پیـکان مرکـزی بـه سـمت چـپ و کلیـد I بـرای زمـانی کـه نـوک پیـکان مرکـزی بـه سـمت راسـت باشـد) پاسـخ دهنـد. منطـق نمره‌گـذاری در ایـن آزمـون بـه ایـن صـورت اسـت کـه اثـر هشـدار بـا کـم کـردن میانگیـن زمـان واکنـش شـرایط دو نشـانه از شـرایط بـدون نشـانه، اثـر جهـت گیـری بـا کـم کـردن میانگیـن زمـان واکنـش وضعیـت تـک نشـانه از وضعیـت نشـانه مرکـزی و اثـر کنتـرل اجرایی بـا کـم کـردن میانگیـن زمـان واکنـش شـرایط هماهنـگ از شـرایط ناهماهنـگ محاسـبه می‌شـود. پایـایی کل ایـن آزمـون توسـط سـازندگان آن ۰/۸۷ و اعتبـار بعـد هشـدار، ۰/۵۲، بعـد موقعیت‌یـابی، ۰/۶۱ و بعـد کنتـرل اجـرایی آن، ۰/۷۷ گـزارش شـده اسـت (۴۳).

در ایـران نیـز ضریـب آلفـای کرونبـاخ ایـن آزمـون ۰/۸۸ و ابعـاد آن شـامل بعـد هشـدار، ۰/۸۰؛ بعـد موقعیـت یـابی، ۰/۷۹ و بعـد کنتـرل اجـرایی، ۰/۸۴ بـه دسـت آمـد (۴۴).

تحریـک الکتریـکی فراجمجمـه‌ای بـا جریـان مسـتقیم(tDCS): بـرای اعمـال تحریـک مغـزی در ایـن پژوهـش از tDCS بـا جریـان مسـتقیم محصـول شـرکت پرتـو دانـش Stim2 اسـتفاده شـد. دسـتگاه دارای دو کانـال کاملاً مجـزا بـوده و هـر کانـال بـه طـور مسـتقل از دیگـری قابـل تنظیـم و اعمـال انـواع تحریـک اسـت. پارامترهـای مختلـف تحریـک نظیـر شـدت جریـان، زمـان و فرکانـس قابـل تنظیـم اسـت. شـدت جریـان خروجـی ایـن دسـتگاه از ۰/۱ تـا ۲ میلی‌آمپـر و مـدت زمـان ارائـه تحریـک تـا ۴۵ دقیقـه و فرکانـس مـوج خروجـی تـا ۲۰۰ هرتـز قابـل تنظیـم اسـت. از دیگـر خصوصیـات ایـن دسـتگاه قابلیـت نمایـش مـداوم مقاومـت الکترودهـا بـرای پیشـگیری از سـوزش پوسـت ناشـی از افزایـش مقاومـت اسـت. دسـتگاه مـورد نظـر قابلیـت اعمـال تحریـک سـاختگی را نیـز دارد. ایـن دسـتگاه مجهـز به باتـری قابـل شـارژ (تـا هشـت سـاعت کارکـرد مـداوم) اسـت. همچنیـن محلـول نمکـی جهـت خیـس کـردن پدهـا مـورد اسـتفاده قـرار گرفـت. در ایـن مطالعـه ارائـه مداخلـه tDCS با کارگـذاری الکتـرود آنـد در F3 و الکتـرود کاتـد در F4 طی ۱۰ جلسـه(۳ بـار در هفتـه)و هـر جلسـه بـه مـدت ۲۰ دقیقـه بـا شـدت جریـان ۲ میلی‌آمپـر در ناحیـه قشـر پشـتی جانـبی پیش‌پیشـانی بـه صـورت دو طرفـه صـورت گرفـت (۳۵).

یافته‌ها

جـدول ۱ بیانگـر داده‌هـای جمعیـت شـناختی شـرکت‌کنندگان بـه تفکیـک گروه‌هـای آزمایش و شـم اسـت.

میانگیـن سـنی کل شـرکت کننـدگان ۲۷/۵ سـال و دامنـه سـنی از ۲۰ تـا ۳۵ سـال بـود. نیـمی از شـرکت‌کنندگان مـرد و نیـم دیگـر زن بودنـد کـه بـه تسـاوی بیـن دو گـروه آزمایـش و شـم جایگـذاری شـدند (۵۰ درصـد). از نظـر تحـصیلات، ۸ نفـر زیـر دیپلـم(۲۷ درصـد)، ۱۰ نفـر دیپلم(۳۳ درصـد)، ۱۱ نفـر کارشـناسی(۳۷ درصـد) و ۱ نفـر کارشـناسی ارشـد(۳ درصـد) بودنـد. از میـان شـرکت کننـدگان ۱۶ نفـر در چشـم راسـت و ۱۴ نفـر در چشـم چـپ دچـار آمبلیـوپی بودنـد. میانگیـن و انحـراف اسـتاندارد متغیرهـای مـورد

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

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61186/shefa.13.1.16]

بررسی در گروه های آزمایش و شم در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون در جدول ۳ ارائه شده است.

برای بررسی تفاوت نمرات پیش‌آزمون بین دو گروه آزمایش و شم از آزمون تی مستقل استفاده شد. مطابق جدول ۲، تفاوت نمرات معنی‌دار نمی باشد($P<۰/۰۵$). لذا نمرات گروه‌ها در پیش آزمون متفاوت نبوده و همگن تلقی می‌شوند.

با توجه به جدول ۳، میانگین نمرات شرکت‌کنندگان در دقت در پس‌آزمون گروه آزمایش افزایش و در گروه شم کاهش یافته است. همچنین زمان واکنش در هر سه مولفه هشدار، جهت‌یابی و کارکرد اجرایی در پس آزمون گروه آزمایش کاهش و در گروه شم افزایش 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 نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد.

نتایج آزمون کلموگروف- اسمیرنوف در جدول ۴ نشان می‌دهد که سطح معنی‌داری در تمام مولفه‌ها بزرگتر از ۰/۰۵ است. فرضیه صفر در یکنواخت بودن داده‌ها و تبعیت آنها از توزیع طبیعی است که با توجه به سطح معنی‌داری، می‌توان گفت که توزیع داده‌ها منطبق بر توزیع طبیعی قلمداد می‌گردد.

سطح معنی‌داری مولفه‌ها بر طبق نتایج آزمون لوین در جدول ۵، بیشتر از ۰/۰۵ است. در آزمون لوین فرض

جدول ۲- نمرات پیش‌آزمون در هر دو گروه

متغیرها		پیش‌آزمون		
		میانگین	انحراف استاندارد	سطح معنی‌داری
دقت		۱۰۶/۹۳	۱۷/۲۳۴	۰/۲۲۳
زمان واکنش	هشدار	۰/۱۱۸	۰/۰۵۲	۰/۶۳۴
	جهت‌یابی	۰/۱۲۵	۰/۰۴۹	۰/۷۵۹
	کارکرد اجرایی	۰/۱۳۰	۰/۰۳۸	۰/۶۹۴

جدول ۳- میانگین و انحراف استاندارد

گروه	متغیرها		پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
			میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
آزمایش	دقت		۱۰۴	۱۶/۸۱۸	۱۱۷/۸۶	۱۶/۸۸۹
	زمان واکنش	هشدار	۰/۱۲۰	۰/۰۴۴	۰/۰۷۶	۰/۰۳۲
		جهت‌یابی	۰/۱۲۴	۰/۰۴۷	۰/۰۸۵	۰/۰۳۴
		کارکرد اجرایی	۰/۱۳۷	۰/۰۴۰	۰/۱۰۷	۰/۰۳۶
شم	دقت		۱۰۹/۸۶	۱۸/۹۱۶	۱۰۷/۴۶	۲۰/۵۳۱
	زمان واکنش	هشدار	۰/۱۱۵	۰/۰۳۷	۰/۱۲۰	۰/۰۳۰
		جهت‌یابی	۰/۱۲۶	۰/۰۴۳	۰/۱۳۸	۰/۰۳۸
		کارکرد اجرایی	۰/۱۲۳	۰/۰۳۱	۰/۱۴۰	۰/۰۳۸

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

متغیرها		پیش‌آزمون	پس‌آزمون
دقت		۰/۲	۰/۰۶
زمان واکنش	هشدار	۰/۰۸	۰/۲
	جهت‌یابی	۰/۲	۰/۲
	کارکرد اجرایی	۰/۱۸۹	۰/۲

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61186/shefa.13.1.16]

جدول ۵- همگونی واریانس متغیرها براساس آزمون لوین

متغیرها		F	df1	df2	پس‌آزمون
دقت		۵/۰۷۰	۱	۲۸	۰/۳۲۰
زمان واکنش	هشدار	۰/۰۰۳	۱	۲۸	۰/۹۵۵
	جهت‌یابی	۰/۰۴۷	۱	۲۸	۰/۸۳۰
	کارکرد اجرایی	۰/۱۶۲	۱	۲۸	۰/۶۹۰

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- کوواریانس 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 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 کوواریانس، 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

جدول ۷- تحلیل کوواریانس

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

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61186/shefa.13.1.16]

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 فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم بر ارتقاء شبکه توجهی در بزرگسالان مبتلا به آمبلیوپی مورد تایید قرار می‌گیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه حاکی از اثربخشی تحریک فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم بر ارتقاء شبکه توجهی در بزرگسالان مبتلا به آمبلیوپی بود. همسو با یافته‌ها، کاسانو[9] و همکاران، در مطالعه حیوانی خود از محرومیت تک چشمی پس از تولد در موش‌های لانگ ایوانز به‌عنوان یک مدل تجربی از آمبلیوپی و آزمایش صخره برای ارزیابی درک عمق استفاده کردند. نویسندگان نتیجه گرفتند که امکان سازماندهی مجدد قشر مغز و بازیابی استریوسکوپی به دنبال تحریک مغز با tDCS، یک استراتژی مفید برای درمان آمبلیوپی در بزرگسالی است. همین نویسندگان در مطالعه دیگر خود گزارش کردند که درمان tDCS به طور قابل توجهی بینایی را در چشم آمبلیوپ بهبود می‌بخشد و افزایش قابل توجهی در سلول‌های پاروآلبومین مثبت در سه ناحیه، هم در نیمکره تحریک شده و هم در نیمکره غیرتحریکی مشاهده شد (۴۵). بنابراین، تغییرات ناشی از tDCS در گروه حیوانات آمبلیوپ، بهبود عملکردی را نشان داد. بوکی[10] 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 آمبلیوپی می‌شود (۳۶). نتایج مطالعه کاستیلو-استورگا[11] و همکاران بهبود گذرای بینایی را در بزرگسالان آمبلیوپی 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 اسپیگل و همکاران[12] 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) به طور موقت حساسیت کنتراست را بهبود می‌بخشد و فعال‌سازی قشر بینایی را در افراد مبتلا به آمبلیوپی عادی می‌کند، این فرض را آزمایش کردند که تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای عملکرد بینایی را در بزرگسالان مبتلا به آمبلیوپی با افزایش پاسخ عصبی به ورودی‌های چشم 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[13] 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 آمبلیوپی در بزرگسالان، می تواند 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 آمبلیوپی در قشر بینائی V1 رخ می‌دهد، تعدادی از مطالعات فیزیولوژیکی و روانی نشان می‌دهد که ناهنجاری‌هایی در نواحی غیرمخطط و تخصصی قشر مغز وجود دارد (۴۹-۴۸). 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 احتمالا سرکوب ورودی بینایی یک چشم منجر به آمبلیوپی 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 آمبلیوپی 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 آمبلیوپی ایجاد شود. همچنین این امکان وجود دارد که اثر سرکوب‌کننده توجه بصری در طول زندگی، علاوه بر تغییرات فیزیولوژیکی دائمی

[9] Castaño-Castaño
[10] Bocci
[11] Castillo-Astorga
[12] Spiegel
[13] Ding

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61186/shefa.13.1.16]

در نـواحی سـطح پاییـن قشـر مغـز کـه در اوایـل زنـدگی رخ می‌دهـد، حفـظ شـود. بهبـود توجـه بصـری بـه نفـع چشـم آمبلیـوپی، احتمـالاً بـرخی از ایـن تأثیـرات سـرکوب کننـده را رهـا کنـد و منجـر بـه سـازماندهی مجـدد مـدار سـرکوب شـود. همانطـور کـه بارهـا نشـان داده شـده اسـت کـه انجـام بازی‌هـای ویدیـویی، چندیـن جنبـه از توجـه بصـری انتخابی را در بینـایی طبیـعی تغییـر می‌دهـد (۵۴).

یـکی از محدودیت‌هـای پژوهـش حاضـر، دامنـه سـنی باریـک بیـن ۲۰ تـا ۳۵ سـال بـود کـه بـه دلیـل امـکان درمـان مسـتقیم چشـم در دوران کـودکی و از طـرفی شـروع پیـر چشـمی در افـراد بـالای ۴۰ سـال، انتخـاب شـد. از محدودیت‌هـای دیگـر ایـن پژوهـش، مختـص بـودن نمونـه بـه افـراد مشـگین شـهر بـود. بنابرایـن در معـرف بـودن کامـل و تعمیـم یافته‌هـای آن تردیـد وجـود دارد. لـذا پیشـنهاد می‌شـود پژوهش‌هـای طـولی بـا گروه‌هـای سـنی مختلـف در ایـن زمینـه انجـام گیـرد و بـرای تعمیـم دقیق‌تـر و بهتـر یافته‌هـا، ایـن پژوهـش مجـددا در شـهرهای مختلـف ایـران اجـرا گـردد. همچنیـن شـاید بهتـر باشـد جهـت کاهـش عوامـل مداخله‌گـر، پژوهـشی مشـابه، در یـک طـرح پژوهـشی بزرگتـر انجـام پذیـرد.

بـه طـور کلی مطالعـات قبـلی نشـان دادنـد کـه tDCS می‌توانـد بـه بازسـازی قشـر مغـز و بهبـود بینـایی در چشـم‌های آمبلیـوپ کمـک کنـد. به‌ویـژه، اینکـه تحریـک قشـر بینـایی و افزایـش پاسـخ‌های عصـبی بـه ورودی‌هـای بینـایی می‌توانـد بـه بهبـود حسـاسیت کنتراسـت و حـدت بینـایی منجـر شـود. علاوه بـر ایـن، توجـه بصـری به‌عنـوان یـک عامـل میانـجی در آمبلیـوپی مطـرح می‌شـود. بـه نظـر می‌رسـد کـه سـرکوب ورودی بینـایی یـک چشـم می‌توانـد بـه واسـطه سیگنال‌هـای توجـهی از نـواحی بالاتـر مغـز اتفـاق بیفتـد. بهبـود توجـه بصـری می‌توانـد بـه کاهـش اثـرات سـرکوب‌کننده کمـک کنـد و بـه سـازماندهی مجـدد مدارهـای بینـایی منجـر شـود. در نهایـت، نتایـج یافته‌هـای ایـن مطالعـه نیـز تاییـد کـرد کـه tDCS می‌توانـد یـک ابـزار مؤثـر بـرای درمـان آمبلیـوپی در بزرگسـالان باشـد و بـه بهبـود عملکـرد بینـایی و توجـه کمـک کنـد.

منابع

1. Birch EE. Amblyopia and binocular vision. Progress in Retinal and Eye Research. 2013; 33: 67-84.

2. Wong AM. New concepts concerning the neural mechanisms of amblyopia and their clinical implications. Canadian Journal of Ophthalmology. 2012; 47(5): 399-409.

3. Carrasco M. How visual spatial attention alters perception. Cogn Process. 2018; 19(Suppl 1): 77-88.

4. 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.

5. Atkinson J, Braddick O. Visual attention in the first years: typical development and developmental disorders. Developmental Medicine & Child Neurology. 2012; 54(7): 589-95.

6. Popple AV, Levi DM. The attentional blink in amblyopia. Journal of Visualized Medicine. 2008; 8(13): 12.1-9.

7. 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.

8. 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.

9. Farzin F, Norcia AM. Impaired visual decision-making in individuals with amblyopia. Journal of Visualized Medicine. 2011; 11(14).

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. McKee SP, Levi DM, Schor CM, Movshon JA. Saccadic latency in amblyopia. Journal of Visualized Medicine. 2016; 16(5): 3.

15. Kowler E, Anderson E, Dosher B, Blaser E. The role of attention in the programming of saccades. Vision Research. 1995; 13(5); 1897-916.

16. Carpenter RHS. Movements of the Eyes: Pion; 1988.

17. Rolfs M, Laubrock J, Kliegl R. Shortening

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61186/shefa.13.1.16]

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, Jirmann 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

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61186/shefa.13.1.16]

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.

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61186/shefa.13.1.16]