فصلنامه پژوهش‌های کاربردی روان‌شناختی
۱۴۰۰, ۱۲(۱), ۵۹-۸۱
مؤسسه روان‌شناسی و علوم تربیتی
دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی
دانشگاه تهران

Journal of Applied Psychological Research
2021, 12(1), 59-81
Institute of Psychology and Educational Sciences
Faculty of Psychology and Educational Sciences
University of Tehran

(DOI): 10.22059/JAPR.2021.298078.643442

تعیین اثربخشی تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای همراه با آموزش خواندن بر حافظهٔ فعال و عملکرد خواندن کودکان نارساخوان: شواهدی از پتانسیل‌های وابسته به رویداد

Effectiveness of Direct Transcranial Stimulation with Reading Instructions on Dyslexic Children's Working Memory and Reading Performance: Evidence of Event-Related Potentials

متین قنبرزاده *
رضا رستمی **
جواد حاتمی ***

Matin Qanbarzadeh
Reza Rostami
Javad Hatami

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تعیین اثربخشی تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای همراه با آموزش خواندن بر حافظهٔ فعال و عملکرد خواندن کودکان نارساخوان انجام شد. روش پژوهش نیمه‌آزمایشی همراه با پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه‌های نامعادل است و از جهت هدف، کاربردی محسوب می‌شود. جامعهٔ آماری پژوهش را تمامی دانش‌آموزان نارساخوان هفت تا نه‌سالهٔ مراجعه‌کننده به کلینیک آتیهٔ درخشان ذهن شهر تهران در تیر تا شهریور ۱۳۹۴ و خرداد تا مرداد ۱۳۹۵ تشکیل می‌دهند که ۱۶ نفر از آن‌ها (۱۲ پسر و ۴ دختر) به روش نمونه‌گیری در دسترس به‌عنوان نمونهٔ پژوهش انتخاب شدند. گروه آزمایش به‌مدت ده جلسه، برنامهٔ آموزش تحصیلی فردی به‌همراه تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای در ناحیهٔ قشر پیش‌پیشانی چپ را دریافت کرد؛ درحالی‌که گروه کنترل در شرایط مشابه، ده جلسه آموزش تحصیلی به‌همراه تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای ساختگی (شم) را گذراندند. به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات، از آزمون خودکار عصب-روان‌شناختی کمبریج(CANTAB) ، خرده‌آزمون حافظهٔ فعال در هوش‌آزمای استنفورد-بینه، ویراست پنجم (SBIS-5) و خوشهٔ خواندن آزمون پیشرفت تحصیلی وودکاک جانسون (WJ III) استفاده شد و با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل داده‌ها صورت گرفت. نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره نشان داد شاخص‌های حافظهٔ کلامی، حافظهٔ غیرکلامی، ظرفیت حافظه، روانی خواندن و همچنین خطای ارتکاب و حذف بعد از دریافت تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای، به‌طور معناداری تغییر یافته است (p< ۰/۰۰۱). با توجه به این نتایج، می‌توان گفت افزایش تحریک‌پذیری قشر پیشانی چپ با استفاده از تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای می‌تواند موجب بهبود برخی شاخص‌های خواندن و حافظه در کودکان نارساخوان شود.

واژه‌های کلیدی: تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای، حافظهٔ فعال، عملکرد خواندن، کودکان نارساخوان.

Abstract

This study aims to detect the effectiveness of transcranial direct stimulation with reading instruction on dyslexic children's working memory and reading performance. The research method is quasi-experimental with pre-test and post-test with non-equivalent groups, and is applied in term of purpose. The statistical population consists of all dyslexic students (7–9 years old) referring to Atieh Clinic in Tehran during 2015:7–2015–9 and 2016:6–2016:8, among which 16 students (12 boys and 4 girls) were selected by convenience sampling method. The experimental group received an individualized curriculum plus transcutaneous direct stimulation in the left prefrontal cortex for 10 sessions, while the control group received 10 sessions of simulated transcutaneous stimulation (indoctrination) in the same condition. Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB), Stanford-Binet Intelligence Scales, Fifth Edition (SBIS-5), and Woodcock Johnson academic achievement reading cluster (WJ III) were used for data collection, and the data was analyzed by using SPSS software. The results of multivariate analysis of covariance showed that the indices including verbal memory, nonverbal memory, memory capacity, reading fluency as well as the error of committing and deleting after receiving transcranial direct stimulation were significantly changed (P<0.001). Accordingly, one can say that the increased excitability of the left prefrontal cortex using transcranial direct stimulation can improve some reading and memory parameters in dyslexic children.

Keywords: Transcranial Direct Stimulation, Active Memory, Reading Function, Dyslexic Children.

* کارشناسی ارشد روان‌شناسی بالینی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران .
** **نویسنده مسئول:** استاد گروه روان‌شناسی، دانشکده روان‌شناسی و علوم‌تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
***دانشیار گروه روان‌شناسی، دانشکده روان‌شناسی و علوم‌تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

Email: rrostami@ut.ac.ir

Received: 1 Jun 2020 **Accepted:** 5 Sep 2020 **پذیرش:** ۹۹/۰۶/۱۵ **دریافت:** ۹۹/۰۳/۱۲

مقدمه

ناتوانی‌های یادگیری خاص[1]، به‌عنوان اصطلاحی کلی، به گروه ناهمگنی از اختلال‌ها اشاره دارد که با تفاوت‌های معنادار در اکتساب و استفاده از مهارت‌های گفتاری، خواندن، نوشتن، پاسخ‌دادن یا مهارت‌های ریاضی آشکار می‌شود (حسین‌خانزاده، زنجانی و طاهر، ۱۳۹۵). در ویرایش پنجم کتاب راهنمای تشخیصی و آماری اختلال‌های روانی[2]، اصطلاح «اختلال خواندن»[3] جایگزین نارساخوانی شده است. افراد مختلف در درجه‌های متفاوت از نارساخوانی تأثیر می‌پذیرند. حوزه‌های مشکلات نارساخوانی عبارت‌اند از: تلفظ کلمات، خواندن سریع، نوشتن کلمات، تلفظ کلمات هنگام خواندن با صدای بلند و درک آنچه خوانده می‌شود (مؤسسهٔ ملی سلامت[4]، ۲۰۱۵). درصد افراد نارساخوان نامشخص است، اما برآورد می‌شود حداقل ۵ درصد و حداکثر ۱۷ درصد از جمعیت جهان دچار نارساخوانی هستند (تامسون و همکاران، ۲۰۱۵). اختلال در عملکرد خواندن، با نقص برای شناخت واژه‌ها، خواندن کند و نادرست و فهم ضعیف در غیاب هوش پایین یا نقص حسی قابل‌ملاحظه مشخص می‌شود. این اختلال در سنین دبستان نسبتاً شایع است و غالباً با اختلال در نوشتن، اختلال در ریاضیات یا یکی از اختلال‌های ارتباطی همراه است. خصوصیت عمدهٔ اختلال در خواندن، عملکرد ضعیف در مهارت‌های خواندن است که پایین‌تر از ظرفیت هوش فرد است (رحمانی، پیرانی، حیدری و داوودی، ۱۳۹۷). نتایج مطالعات نشان داده است کودکان نارساخوان از نظر عملکرد خواندن، ضعیف‌تر از افراد عادی هستند (اشنایدر، گودرتز، هاس، هیکی و واچر، ۲۰۱۹؛ دوئل و همکاران، ۲۰۱۸؛ اسمیت–اسپارک، هنری، مسر، ادواردوتایر و زایکیک، ۲۰۱۶).

راهبردهای جبرانی برای کودکان مبتلا به مشکلات خواندن بر هدایت مستقیم تمرکز دارند و تلاش می‌کنند توجه کودک را به روابط بین آواهای گفتاری و حروف کلمات کتبی معطوف کنند (سادوک و سادوک، ۱۳۹۶). روش‌های درمانی تکنولوژیک جدید نیز برای بهبود کارایی خواندن می‌توانند به‌عنوان آگمنت[5] یا تقویت‌کننده برای مداخلات سنتی، مفید واقع شوند (تورکلتاب و همکاران، ۲۰۱۲). یکی از شیوه‌های نوین، تحریک مغزی است که در دههٔ حاضر یکی از انواع آن با عنوان «تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای[6] (tDCS)»، توجه متخصصان روان‌پزشکی را به خود جلب کرده است. این تکنیک، یک تکنیک تحریکی غیرتهاجمی و غیرتشنجی است. تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای، برانگیختگی قشر مغز را به‌جای تحریک مستقیم، با تعدیل فعالیت نورون‌ها تغییر می‌دهد (نیچه و همکاران، ۲۰۰۸). برانگیختگی نورون‌های نزدیک جمجمه با قطبی‌کردن غشای پتانسیل استراحت، افزایش یا کاهش می‌یابد. با تعدیل کانال‌های سدیمی و کلسیمی و درنتیجه افزایش یا کاهش میزان آتش‌کردن نورون‌ها، بسته به همراهی آن‌ها با جریان موجود می‌توان این کار

1. specific learning disability
2. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder, Fifth Edition (DSM-V)
3. reading disorder
4. national institutes of health
5. augment
6. transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)

را انجام داد (نیچه و همکاران، ۲۰۰۷). در این روش، تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای آندی برای افزایش برانگیختگی قشر مغز و تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای کاتدی برای کاهش آن به‌کار می‌رود (وگنر و ترگسون، ۲۰۰۷).

نتایج مطالعاتی که به بررسی تأثیر تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر کارکردهای شناختی پرداخته‌اند، نشانگر آثار مثبتی هستند؛ برای مثال، تحریک آندی در ناحیهٔ قشر پیش‌پیشانی چپ (DLPFC)، دقت اجرا را در حین تکلیف زنجیرهٔ حروف حافظهٔ فعال در آزمودنی‌های سالم (فرگنی و همکاران، ۲۰۰۵)، در یک تکلیف ۳-Back حافظهٔ فعال در بیماران مبتلا به پارکینسون (بوجیو و همکاران، ۲۰۰۶) و تکلیف فراخنای ارقام (روبه‌جلو و رو به عقب) در بیماران مبتلا به افسردگی عمده پس از پنج جلسه تحریک (فرگنی و همکاران، ۲۰۰۵) افزایش داده است. ریچارد، فرگنی و اشنایدر (۲۰۱۰) دریافتند تحریک دوجانبهٔ لوب گیجگاهی قدامی[1] افراد سالم، پیشرفت در حافظهٔ بینایی را به‌دنبال دارد. هث و لاویدور (۲۰۱۵) پیشرفت در مقیاس‌های خواندن را در بزرگسالان نارساخوان پس از درمان با تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در طی پنج جلسه طی دو هفته نشان دادند. در پژوهش آن‌ها، سرعت و همچنین روانی خواندن به‌طور معناداری با تحریک آندی، پیشرفت داشته است. در طیف دیگری از مطالعات، به بررسی زیربنای عصبی اثرات تحریک جریان مستقیم فراجمجمه ای پرداخته شده است. نوسانات قشری[2] یا شلیک همزمان گروهی از نورون‌ها در فرکانسی خاص، انواع پردازش‌های کارکردی را منعکس می‌کنند. به‌طور خاص، نوسانات تتا (۸-۴ هرتز) و آلفا (۱۳-۸ هرتز) فرایندهای شناختی را منعکس می‌کند (سارویلو، ۱۹۶۱؛ های،آرنولد، ملانی، امنسن، داسکالاکیس و فیتزجرالد، ۲۰۱۴). عملکرد حافظهٔ فعال با افزایش همگامی تتای وابسته به رویداد[3] (ERS) و همچنین به میزان بیشتری با ناهمگامی آلفای وابسته به رویداد[4] (ERD) مرتبط است (کرایوز و همکاران، ۲۰۰۰). دستکاری موفقیت‌آمیز تحریک‌پذیری قشری برای بهبود پردازش‌های یادگیری در بررسی‌های عصب‌داروشناسی، ثابت شده است (ریچارد و همکاران، ۲۰۱۰). این موضوع همچنین با تحریک مغناطیسی مغز از روی جمجمه[5] (TMS) (بوتفیش، کارانا، کاپیلو و کوهن، ۲۰۰۴) و با تخریب[6] بخش‌های مجاور یا مقابل بدن (فرگنی و همکاران، ۲۰۰۵) نشان داده شده است. تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای برتر از بیشتر رویکردها است؛ چرا که درد و عوارض جانبی جدی ندارد.

تاکنون دربارهٔ اثربخشی تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر عملکردهای شناختی کودکان تحقیقات متعددی صورت گرفته است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. نتایج مطالعات نشان داده است تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر بهبود کارکردهای شناختی و حل مسئله (آقاجانی، طاهری‌فرد و علیزاده گورادل،

1. anterior temporal lobe
2. cortical oscillations
3. Event-Related Synchronisation (ERS)
4. Event-Related Desynchronisation (ERD)
5. Transcranial Magnetic Stimulation (TMS)
6. deafferentation

۱۳۹۷)، کارکردهای اجرایی حافظهٔ فعال و نیز بازداری پاسخ (فتاحی اندبیل، صابری و کاظمی کواکی، ۱۳۹۷؛ عبداللهی، حسن‌آبادی و سمیعی سنجانی، ۱۳۹۴) در میان دانش‌آموزان تأثیر دارد. روح‌الامینی، سلیمانی و واقف (۱۳۹۷) نشان دادند تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای موجب بهبودی توجه انتخابی و انعطاف‌پذیری شناختی دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خواندن می‌شود. رجائی‌پور و سعیدمنش (۱۳۹۷) به این نتیجه رسیدند که تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر افزایش عملکرد حافظه دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری ویژه مؤثر است. بیات مختاری، آقایوسفی، زارع و نجاتی (۱۳۹۶) نشان دادند تحریک آندی موجب بهبود عملکرد فرد در حافظهٔ دیداری- فضایی می‌شود و در پی آن مشکل نارساخوانی در کودکان را بهبود می‌بخشد. در مطالعهٔ ارکان و یاریاری (۱۳۹۳) مشخص شد تحریک آندی سبب کاهش زمان واکنش و افزایش تعداد پاسخ‌های صحیح می‌شود و به‌نظر می‌رسد عملکرد حافظهٔ کاری را تقویت می‌کند. کروزگنزالز، فانگ و براون (۲۰۱۸) نشان دادند تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر برخی از عناصر عملکرد شناختی بزرگسالان مبتلا به اختلال شناختی خفیف، تأثیر مثبت دارد. نتایج مطالعهٔ اندریس، های، انتیکوت، داسکالاکیس و فیتزجرالد (۲۰۱۱) بر اثر تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای آندی بر حافظهٔ فعال نشان داد تحریک‌کردن حتی به‌مدت یک جلسه، حافظهٔ فعال را بهبود می‌بخشد.

مطابق بررسی، پژوهش‌های متعددی در حیطهٔ اثربخشی تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر بهبود مؤلفه‌های کارکردهای شناختی روی نمونه‌های متعدد انجام شده است. با وجود این، در خصوص کاربرد تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در حافظهٔ فعال و عملکرد خواندن کودکان نارساخوان، نیاز به بررسی بیشتری وجود دارد. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف تعیین اثربخشی تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای همراه با آموزش خواندن در حافظهٔ فعال و عملکرد خواندن کودکان نارساخوان انجام شده است.

روش‌شناسی

جامعهٔ آماری، نمونه و روش نمونه‌گیری

روش این پژوهش نیمه‌آزمایشی همراه با پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه‌های نامعادل است و از جهت هدف، کاربردی محسوب می‌شود. طرح گروه‌های نامعادل از لحاظ ساختار، مشابه طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل است؛ با این تفاوت که در اینجا آزمودنی‌ها نه به‌گونهٔ تصادفی از میان جامعه انتخاب می‌شوند و نه به روش تصادفی به گروه‌ها واگذار می‌شوند (گزینش و واگذاری تصادفی، ملاک‌هایی است که از طریق آن‌ها می توان این دو طرح را از هم متمایز کرد). بدین‌ترتیب این طرح شامل دو گروه است که قبل و بعد از آنکه متغیر تجربی X به‌کار برده شود، با هم مقایسه می‌شوند. جامعهٔ آماری پژوهش را تمامی دانش‌آموزان نارساخوان هفت تا نه‌سالهٔ مراجعه‌کننده به کلینیک آتیهٔ درخشان ذهن در تیر تا شهریور ۱۳۹۴ و خرداد تا مرداد ۱۳۹۵ تشکیل می‌دهند. به‌جهت اینکه آموزش‌های مدرسه با مقولهٔ پیشرفت خواندن تداخل پیدا نکند، با تعدادی از آزمودنی‌ها در تابستان ۱۳۹۴ و با تعدادی دیگر در خرداد تا مرداد ۱۳۹۵ کار شد. ۱۶ کودک نارساخوان (۱۲

پسر و ۴ دختر) به روش نمونه‌گیری در دسترس به‌عنوان نمونهٔ پژوهش انتخاب شدند و به‌صورت تصادفی در دو گروه آزمایش (۸ نفر) و کنترل (۸ نفر) قرار گرفتند. معیارهای ورود به پژوهش عبارت‌اند از: محدودهٔ سنی هفت تا نه سال، دارای هوشبهر نرمال، تأیید اختلال یادگیری خاص با تشخیص مشکل خواندن براساس ویراست پنجم راهنمای تشخیصی آماری اختلالات روانی (DSM-V)، دریافت‌نکردن درمان اختلال یادگیری و همچنین درمان تکنولوژیک، نداشتن مشکلات جسمی–حرکتی و رضایت والدین و دانش‌آموزان برای شرکت در پژوهش. ملاک‌های خروج نیز عبارت‌اند از: غیبت بیش از دو جلسه و تمایل‌نداشتن به ادامهٔ درمان.

ابزار سنجش

الف) نسخهٔ سوم آزمون‌های پیشرفت تحصیلی وودکاک–جانسون[1] (WJ III): وودکاک–جانسون نام یک سلسله آزمون است که در سال ۲۰۰۱ ویراست سوم آن ارائه شد. آزمون‌های مذکور توانایی‌های ذهنی (شناختی) و تحصیلی افراد را ارزیابی و اندازه‌گیری می‌کند. مجموعه آزمون‌های وودکاک–جانسون پرکاربردترین و یکی از معتبرترین آزمون‌های روانی–آموزشی در کشورهای آمریکا و کانادا است. در این پژوهش، متناسب با هدف، سه آزمون از این مجموعه انتخاب شد که در ادامه معرفی می‌شود.

آزمون تشخیص حرف‌واژه[2]: این آزمون تشخیص حرف و کلمه را در آزمودنی رصد می‌کند (وودکاک، شرانک و مک‌گری، ۲۰۰۱). فرایندهای شناختی دخیل در این آزمون شامل تشخیص و تحلیل ویژگی حروف و بازشناسی شکل‌های دیداری کلمه و یا دستیابی آواشناختی به تلفظ‌های مربوط با اشکال دیداری کلمه است (وودکاک و همکاران، ۲۰۰۱).

آزمون روانی خواندن[3]: این آزمون توانایی آزمودنی را برای خواندن سریع جملات و تصمیم‌گیری دربارهٔ درست یا نادرست‌بودن آن‌ها را بررسی می‌کند. از لحاظ شناختی، آزمودنی باید به‌سرعت تصمیم‌گیری معنایی انجام دهد که نیازمند توانایی خواندن و دانش عمومی است (وودکاک و همکاران، ۲۰۰۱).

آزمون درک مطلب[4]: این آزمون توانایی آزمودنی را در تکمیل‌کردن جملاتی که یک کلمه از آن حذف شده است می‌سنجد. فرایندهای شناختی دخیل در این آزمون شامل ساخت بازنمایی‌های گزاره‌ای، یکپارچه‌سازی ویژگی‌های معنایی و نحوی کلمات و جملات چاپی به بازنمایی کل متن و برقراری پیوندهای استنباطی است (وندلینگ و مادر، ۲۰۰۷).

ب) مجموعه آزمون‌های خودکار عصب –روان‌شناختی کمبریج[5] (CANTAB): مجموعه آزمون‌های خودکار روان‌عصب‌شناختی کمبریج، توسط رابینز و همکاران (۱۹۹۴) در دانشگاه کمبریج ساخته

1. Woodcock-Johnson III Tests of Achievement (WJ III)
2. letter-word identification test
3. reading fluency test
4. passage comprehension test
5. Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB)

شد. این آزمون از یک سری آزمون رایانه‌ای برای ارزیابی عملکردهای شناختی تشکیل شده است که به‌وسیلهٔ یک رایانهٔ دارای قابلیت لمسی اجرا می‌شود. این مجموعه آزمون، عملکردهای شناختی از جمله حافظهٔ عمومی[۱] و یادگیری، حافظهٔ فعال[۲]، حافظهٔ معنایی[۳]، حافظهٔ دیداری[۴]، کارکرد اجرایی[۵]، توجه[۶]، زمان واکنش[۷]، تصمیم‌گیری[۸] و کنترل پاسخ[۹] را ارزیابی می‌کند. آزمون‌ها عصب‌روان‌شناختی به عملکرد لوب پیشانی حساس هستند (فری، رابینز و ساهاکیان، ۱۹۹۶). در این پژوهش، از دو خرده‌مقیاس حافظهٔ فضایی گسترده[۱۰] (SSM) و حافظهٔ کاری فضایی[۱۱] (SWM) بهره گرفته شده است. این آزمون‌ها در مطالعهٔ جیمی، سینگر، مک‌گروگر و چرکاس (۲۰۰۶) روی یک نمونهٔ بزرگ ۷۸۷ نفری استاندارد شدند و پژوهش پاپیر و همکاران (۲۰۱۵) نیز روایی و اعتبار آن‌ها را در پژوهش‌های بالینی مناسب و دارای همبستگی آزمون–بازآزمون، ۵۶ تا ۸۶ درصد گزارش کرده است.

ج) آزمون هوش تهران–استنفورد–بینه (ویراست پنجم)[۱۲] (SBIS-5): طراحان اصلی و اولیهٔ این آزمون، بینه و سیمون (۱۹۴۸) بودند که پس از گذر سال‌های بسیار و تغییراتی که در این آزمون ایجاد شد، با اقدامات و بازنگری‌های دقیق، نسخهٔ پنجم مقیاس‌های هوشی استنفورد–بینه در سال ۲۰۰۳، نسخهٔ نوین هوش‌آزمای تهران–استنفورد–بینه توسط کامکاری و افروز (۱۳۸۸) تدوین شد. این آزمون به شناسایی دقیق عملکرد آزمودنی در ده خرده‌آزمون با تأکید بر دو حیطهٔ کلامی و غیرکلامی می‌پردازد. در این پژوهش، از خرده آزمون‌های حافظهٔ فعال کلامی و غیرکلامی استفاده شد. به‌یادآوردن کلمات آخر در جملات مطرح‌شده که به شش جملهٔ طولانی نیز ارتقا می‌یابد، توانایی فرد را نشان می‌دهد. توانایی بازیابی و به‌خاطرآوردن جملات مطرح‌شده معرف حافظهٔ فعال کلامی، و به‌یادداشتن تعداد مکعب‌ها و ترتیبشان در ردیف‌های رنگی و زدن ضربهٔ منظم به آن‌ها معرف حافظهٔ فعال غیرکلامی است (کامکاری، ۱۳۸۷). در بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی، با درنظرگرفتن حساسیت و وضوح‌گرایی مورد نیاز برای روایی تشخیصی، این آزمون دارای روایی تشخیصی بالاتر از ۷۰ درصد است و درنتیجه، از روایی تشخیصی مطلوبی برخوردار است (جاویدنیا، کامکاری و موللی، ۱۳۹۲).

1. general memory
2. working memory
3. semantic memory
4. visual memory
5. executive function
6. attention
7. reaction time
8. decision making
9. response control
10. Spatial Span Memory (SSM)
11. Spatial Working Memory (SWM)
12. Stanford-Binet Intelligence Scales, Fifth Edition (SBIS-5)

د) پتانسیل‌های وابسته به رویداد[1] (ERP): پتانسیل‌های وابسته به رویداد، یک تکنیک الکتروآنسفالوگرافیک ثبت فعالیت الکتریکی مغز[2](EEG) است که از طریق آن، الکترودهایی روی پوست سر قرار می‌گیرد و از آن، به‌منظور ثبت فعالیت الکتریکی مغز استفاده می‌شود. در این روش، یک محرک خاص در زمان خاص به آزمودنی ارائه می‌شود. هم‌زمان با ارائۀ محرک، امواج مغزی آزمودنی ثبت می‌شود. در این پژوهش، با تکلیف ان-بک[3](Back-۱) ثبت فعالیت الکتریکی مغز ERP صورت گرفته است.

مؤلفه‌های ERP زیادی وجود دارد که هریک به‌واسطۀ نوع پارادایم‌های رفتاری معینی برانگیخته می‌شوند و براساس کارکردی که دارند، نام ویژه‌ای به آن‌ها اختصاص داده شده است. به‌طور قراردادی، این پتانسیل‌ها عموماً مطابق با نهفتگی و قطبیتشان نام‌گذاری می‌شوند. از جملۀ این مؤلفه‌ها N1 و P1 را می‌توان نام برد.

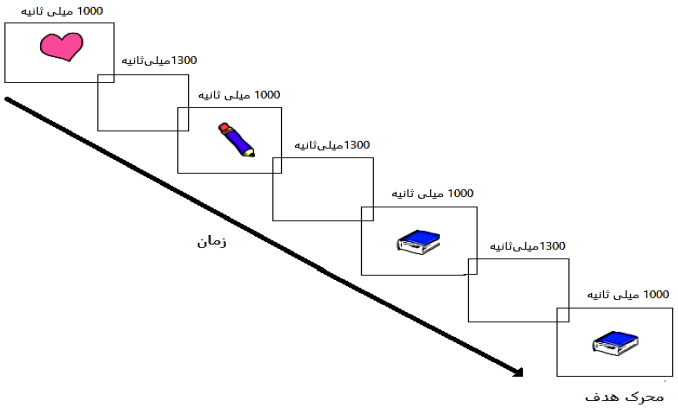
تکلیف پتانسیل وابسته به رویداد (ERP)

پتانسیل‌های وابسته به رویداد، با استفاده از یک آمپلی‌فایر دیجیتال روسی به نام میتسار[4]و با استفاده از سیستم الکتروآنسفالوگرافیکی نوزده‌کاناله ثبت شد. الکترودها مطابق با سیستم بین‌المللی ۱۰-۲۰ به‌وسیلۀ یک کلاه الکترودی[5] روی سر آزمودنی قرار گرفتند. سیگنال‌های ورودی با استفاده از مونتاژ لینک شده به گوش[6] و با نرخ نمونه‌گیری ۵۰۰ هرتز ثبت شد. برای تمامی الکترودها، مقاومت زیر ۱۰ اهم نگه داشته شد. محرک‌ها در یک نمایشگر ۱۷ اینچی و با استفاده از نرم‌افزار EEG Studio ارائه شدند.

محرک‌ها تصاویر اشیا هستند (هشت تصویر متفاوت) که هرکدام در یک صفحۀ تمام سفید که کل صفحۀ نمایشگر را دربرمی‌گیرد، قرار گرفته است. ابتدا محرک ۱۰۰۰ میلی‌ثانیه ارائه می‌شود و به‌دنبال آن یک وقفۀ ۱۳۰۰ میلی‌ثانیه می‌آید، سپس محرک بعدی ارائه می‌شود. آزمودنی باید دکمۀ پاسخ را زمانی که تصویری که روی نمایشگر نشان داده می‌شود مشابه تصویر قبلی باشد، فشار دهد (شکل ۱). تکلیف شامل ۸۰ تصویر است که ۲۰ محرک هدف را در برمی‌گیرد.

---

1 . Exposure and Response Prevention (ERP)
2. Electroencephalogram (EEG)
3. N-Back, N=1
4. Mitsar
5. EEG cap
6. linked ears



شکل ۱- تکلیف n-back-1

آموزش‌های یکسان خواندن ارائه‌شده

- *آموزش آگاهی واج‌شناختی*

گاسوامی و برایانت (۱۹۹۰) آگاهی واج‌شناختی را آگاهی از صدا تعریف کردند که شامل موارد زیر است:

۱- جداسازی واج: توانایی بازشناسی صداها در کلمات؛

۲- شناسایی واج: توانایی بازشناسی صدای مشترک در کلمات مختلف؛

۳- طبقه‌بندی واج: توانایی بازشناسی کلمه با صدایی عجیب در میان یک توالی؛

۴- ترکیب واج: توانایی گوش‌دادن به اصوات افراد و ترکیب‌کردن آن‌ها در داخل یک کلمهٔ قابل‌شناسایی؛

۵- قطعه‌سازی واج: توانایی شکستن یک کلمه و تبدیل آن به اصوات به‌وسیلهٔ شمارش اصوات.

۶- حذف واج: توانایی شناسایی آنچه در کلمه باقی می‌ماند زمانی‌که واج خاصی از کلمه برداشته می‌شود.

- *آموزش درک مطلب*

برای افزایش درک مطلب، از متن خوانده‌شده سؤالاتی طرح می‌شود (بسته به مطلب خوانده‌شده متفاوت است: برای مثال، عناصر داستان شامل شخصیت‌ها، زمان، مکان، اتفاقات داستان و ترتیب آن‌ها، و نتیجه‌گیری).

روند اجرا

روند اجرای مطالعه بدین‌صورت است:

۱- روز اول: والدین واجدان شرایط، فرم رضایت‌نامه را تکمیل کردند و آگاهی‌های لازم درمورد پروتکل درمانی به آن‌ها داده شد. عملکرد خواندن داوطلبان با استفاده از آزمون وودکاک جانسون ارزیابی شد. همچنین

کودک تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای را تجربه کرد تا نگرانی او نسبت به پروتکل درمانی از بین برود؛

۲- روز دوم: عملکرد حافظه با استفاده از آزمون کانتب و مقیاس حافظهٔ آزمون هوش استنفورد-بینه ثبت شد؛

۳- روز سوم: سیگنال‌های مغزی در حین انجام تکلیف ان-بک ثبت شدند؛

۴- روز چهارم، ششم، هشتم، دهم، دوازدهم، چهاردهم، شانزدهم، هجدهم، بیستم و بیست‌ودوم:

گروه آزمایش: ۶۰ دقیقه آموزش یکسان برای خواندن دیدند که در ابتدای آن، ۲۰ دقیقه تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای آندی در ناحیهٔ پیش‌پیشانی جانبی[1] چپ و تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای کاتدی در بالای کاسهٔ چشم راست با شدت یک میلی‌آمپر انجام گرفت؛

گروه کنترل: ۶۰ دقیقه آموزش یکسان برای خواندن صورت گرفت که در ابتدای آن، ۲۰ دقیقه تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای ساختگی (شم) انجام می‌شد؛ بدین‌صورت که جریان به‌مدت یک دقیقه با شرایط مکانی مشابه اجرا، و سپس قطع می‌شد تا اثر پلاسیبو کنترل شود.

(نکات شایان ذکر: الف- فاصله بین جلسات ۴۸ ساعت بود؛ ب- از الکترودهای $۲۵cm^2$ $(۵cm \times ۵cm)$ استفاده شد. ج- برای یکسان‌سازی شرایط خارج از جلسه و کنترل عوامل مداخله‌گر، طرح در ایام تعطیلی مدارس صورت گرفت و مقرر شد در مدت انجام مداخله، تمرین خانگی مرتبط با خواندن انجام نشود)؛

۵- روز بیست‌وچهارم[2]: ثبت سیگنال‌های مغزی در حین انجام تکلیف ان-بک (در ساعت مشابه با انجام پیش‌آزمون) تکرار شد؛

۶- روز بیست‌وششم: آزمون وودکاک جانسون و مقیاس حافظهٔ آزمون استنفورد-بینه انجام شد؛

۷- روز بیست‌وهشتم: آزمون کانتب انجام شد؛

شایان ذکر است که ناحیهٔ مورد نظر برای تحریک از طریق اندازه‌گیری سر به‌دست می‌آید. برای این کار از سیستم ۱۰/۲۰ الکتروانسفالوگرافی (ناحیهٔ F3) استفاده شد که در آن، آزمودنی‌های گروه آزمایش و کنترل دو نوع تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در ناحیهٔ قشر پیشانی چپ را طی ده جلسه دریافت کردند. دو نوع تحریک ارائه‌شده عبارت‌اند از:

۱- تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای با جریانی که الکترود آند آن در قشر پیشانی چپ چپ و الکترود کاتد آن در بالای حدقهٔ چشم راست قرار گرفت. شدت تحریک ۱ میلی‌آمپر و مدت آن ۲۰ دقیقه بود؛

۲- تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای ساختگی (شم) که در آن دستگاه نصب شد، ولی پس از اتصال یک‌دقیقه‌ای خاموش می‌ماند. در هردو گروه، آموزش خواندن (آگاهی واجی و درک مطلب) به‌طور مشابه صورت گرفت.

در زمان تحلیل آفلاین داده‌های پتانسیل‌های وابسته به رویداد، آرتیفکت‌های مرتبط با پلک‌زدن براساس

1. dorsolateral prefrontal cortex

۲. به‌استثنای دو آزمودنی که به‌دلیل مصرف دارو و نداشتن شرایط لازم، با فاصلهٔ یک هفته از اتمام مداخله، برای آن‌ها ثبت سیگنال انجام گرفت.

الگوریتم گراتن، کولز و دونچین (۱۹۸۳) حذف شد. فعالیت EEG با فیلتر میان‌گذر ۳۰-۰/۱۵ هرتز فیلتر شد. داده‌ها به تکه‌های زمانی میلی‌ثانیه تقسیم شدند. تکه‌های زمانی که دارای دامنه‌های بیشتر از ۱۰۰± میکروولت بودند، از روند تحلیل حذف شدند. به‌منظور بهبود تفسیر نتایج و کاهش حجم تحلیل (دین و سانتوزی، ۲۰۰۵) به‌جای بررسی تک‌تک الکترودها، از روش ناحیه‌بندی مغز استفاده شد و الکترودهای F3 و F4 برای ناحیهٔ پیشانی نیمکره چپ و راست درنظر گرفته شدند. برای تحلیل این داده‌ها از دو نرم‌افزار MATLAB و WINEEG استفاده شد.

همچنین به‌منظور تحلیل کمی داده‌ها، پس از اجرای مداخله، به‌منظور آزمودن فرضیه‌ها و سؤال پژوهش و رسیدن به نتایجی در خصوص مقایسهٔ اثربخشی برنامهٔ مداخله، لازم است داده‌ها از نظر آماری در دو سطح توصیفی و استنباطی بررسی شوند. برای نشان‌دادن شاخص‌های گرایش مرکزی و شاخص‌های پراکندگی از آمار توصیفی، و به‌منظور بررسی فرضیه‌های پژوهش در راستای کنترل تفاوت افراد در پیش‌آزمون و مقایسهٔ آن‌ها در پس‌آزمون، داده‌های جمع‌آوری‌شده با استفاده از بستهٔ آماری SPSS و با به‌کارگیری مدل کوواریانس چندمتغیری (MANCOVA) تحلیل شدند.

یافته‌ها

الف) توصیف جمعیت‌شناختی

فراوانی پایهٔ تحصیلی آزمودنی‌های گروه آزمایش به‌ترتیب در پایهٔ اول دبستان ۴۲/۸ درصد، دوم ۲۸/۵ درصد و سوم ۲۸/۵ درصد است. فراوانی پایهٔ تحصیلی آزمودنی‌های گروه کنترل نیز در پایهٔ اول دبستان ۴۴/۴ درصد، دوم ۲۲/۲ درصد و سوم ۳۳/۳ درصد است. در گروه آزمایش، فراوانی آزمودنی‌های پسر ۷۱/۴ درصد بیشتر از آزمودنی‌های دختر /۲۸/۵ درصد است. همچنین در گروه کنترل، فراوانی آزمودنی‌های پسر ۵۵/۵ درصد بیشتر از آزمودنی‌های دختر ۴۴/۴ درصد است. میانگین سن آزمودنی‌های گروه آزمایش ۷/۸۵ سال و میانگین سن آزمودنی‌های گروه کنترل ۷/۸۸ سال است.

ب) توصیف شاخص‌ها

یافته‌های توصیفی حاصل از ابزارهای اصلی پژوهش، یعنی آزمون خواندن وودکاک جانسون، آزمون‌های حافظهٔ استنفورد-بینه و کانتب و تکلیف پتانسیل وابسته به رویداد، به‌تفکیک دو گروه آزمایش و کنترل در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون در ادامه ارائه می‌شود.

جدول ۱- یافته‌های توصیفی

متغیر	گروه آزمایش				گروه کنترل			
	پیش‌آزمون		پس‌آزمون		پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
تشخیص حرف‌واژه	۲۹/۷۵	۹/۷	۳۲/۷۵	۸/۲	۲۸/۵	۶/۷	۲۸/۹	۶/۸
روانی خواندن	۸	۶/۷	۱۰/۷۵	۷/۸	۵/۶	۲/۳	۵/۴	½
درک مطلب	۱۴/۱۲	۶/۶	۱۵	۴/۹	۹/۲	۵/۴	۹/۸	۵/۲
حافظهٔ فعال کلامی	۱۵/۶۳	۳/۳	۱۶/۳۸	۲/۴	۱۴/۱	۲/۸	۱۳/۹	۲/۴
حافظهٔ فعال غیرکلامی	۱۶/۸۸	۲/۶	۱۸/۳۸	۲/۱	۲۳/۲	۱/۱۱	۲۳/۷	۱۱/۷
ظرفیت حافظه	۳/۸۸	۱/۲	۴/۱۳	۰/۸۰	۲۳/۲	۶/۷	۲۳/۵	۶/۹
استفاده از حافظه	۱۰۳/۸	۱۱/۵	۱۰۱/۵	۱۴/۹	۱۰/۶	۳/۳	۱۰۶/۵	۳/۲
خطای حذف	۱۷/۲	۸/۱۱	۸/۹۳	۶/۸۹	۱۷/۱	۱۲/۵۱	۲۲/۴	۱۲/۵۵
خطای ارتکاب	۱/۸۶	۱/۳۵	۰/۲۷	۰/۵۹	۲/۷۰	۱/۶۳	۲/۶۰	۳/۶۰
زمان واکنش	۶۱۹/۹۳	۹۵/۸۶	۵۶۹/۶۰	۸/۶۹	۶/۳۰	۱۲۴/۱۹	۶۲۲/۱۰	۲۴/۷۹
مؤلفهٔ P1 در ناحیهٔ F3	۱/۲۶	۰/۹۸	۱/۴۸	۱/۳۲	۱/۳۹	۳/۰۶	۰/۲۴	۲/۶۲
مؤلفهٔ P1 در ناحیهٔ F4	۱/۷۵	۰/۷۳	-۰/۲۲	۰/۸۴	۲/۵۱	۱/۴۰	۱/۲۵	۲/۴۹
مؤلفهٔ N1 در ناحیهٔ F3	-۶/۲۰	۲/۱۱	-۷/۰۰	۲/۳۲	-۷/۸۳	۰/۴۳	-۱۰/۸۶	۱/۲۹
مؤلفهٔ N1 در ناحیهٔ F4	-۶/۱۵	۲/۸۵	-۷/۶۰	۲/۴۷	-۸/۱۱	۰/۵۷	-۱۰/۹۳	۲/۹۹

یافته‌های جدول ۱ نشان می‌دهد میانگین همهٔ خرده‌مقیاس‌های خواندن در گروه آزمایش در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش داشته است. شرکت‌کنندگان گروه آزمایش پس از مداخله، از نظر وضعیت حافظه در خرده‌مقیاس‌های کلامی، غیرکلامی و ظرفیت در سطح مطلوب‌تری قرار گرفته‌اند، اما در خرده‌آزمون استراتژی، استفاده از حافظه کاهش یافته است. میانگین گروه کنترل در پس‌آزمون، استفاده از خرده‌مقیاس‌های حافظهٔ کلامی و استراتژی اندکی کاهش داشته و در سایر خرده‌مقیاس‌ها، افزایش یافته است. هرچند این افزایش عملکرد، در نمرات دانش‌آموزان گروه کنترل نیز در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون مشاهده می‌شود، این میزان پیشرفت کمتر از گروه آزمایش است.

میانگین نمرات خطای حذف گروه آزمایش و کنترل در پیش‌آزمون تا حدی برابر است، اما در پس‌آزمون، نمرات خطای حذف گروه آزمایش کاهش یافته، و نمرات خطای حذف گروه کنترل افزایش داشته است. هم در پیش‌آزمون و هم در پس‌آزمون، میانگین نمرات خطای ارتکاب گروه آزمایش از گروه کنترل کمتر است. همچنین میانگین نمرات خطای ارتکاب گروه آزمایش در پس‌آزمون افزایش پیدا کرده، و در گروه کنترل کاهش داشته است. هم در پیش‌آزمون و هم در پس‌آزمون، میانگین نمرات زمان واکنش گروه آزمایش از گروه کنترل کمتر است. همچنین میانگین زمان واکنش، هم در گروه آزمایش و هم در گروه کنترل، از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون کاهش یافته است.

میانگین نمرات آمپلیتود P1 ناحیهٔ F3 پس‌آزمون در گروه آزمایش بیشتر از گروه کنترل است که از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در گروه آزمایش افزایش یافته، و در گروه کنترل کاهش یافته است. میانگین نمرات آمپلیتود P1 در پس‌آزمون گروه آزمایش در نیمکرهٔ چپ بزرگ‌تر از نیمکرهٔ راست است (F3>F4) و در گروه کنترل، وضعیت معکوس مشاهده می‌شود. همچنین میانگین نمرات آمپلیتود N1 ناحیهٔ F3 پس‌آزمون در گروه آزمایش بیشتر از گروه کنترل است. این میانگین از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در گروه آزمایش و همچنین گروه کنترل کاهش یافته است. میانگین نمرات آمپلیتود N1 در پس‌آزمون گروه آزمایش در نیمکرهٔ چپ بزرگ‌تر از نیمکرهٔ راست است (F3>F4) و در گروه کنترل، وضعیت نسبتاً یکسانی مشاهده می‌شود.

ج) توصیف نرمال

قبل از انجام تحلیل کوواریانس، برقراری پیش‌شرط‌های آن بررسی شد. به‌منظور بررسی مفروضه‌های نرمال بودن، از آزمون کلموگروف اسمیرنف، برای همگنی واریانس خطا از آزمون لوین، و جهت بررسی فرض همسانی ماتریس‌های کوواریانس از آزمون ام باکس[1] استفاده شد که نتایج در ادامه گزارش شده است.

جدول ۲- نتایج آزمون‌های کلموگروف-اسمیرنف و لوین

	نرمالیته		همگنی واریانس	
متغیر	**کلموگروف اسمیرنف**	**معناداری**	**F**	**معناداری**
تشخیص حرف‌واژه (پیش‌آزمون)	۰/۱۳	۰/۲۰	۲/۳	۰/۱۴
روانی خواندن (پیش‌آزمون)	۰/۲۲	۰/۳۴	۰/۵۸	۰/۴۵
درک مطلب (پیش‌آزمون)	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۹۳	۰/۳۵
تشخیص حرف‌واژه (پس‌آزمون)	۰/۱۶	۰/۴۶	۲/۰۱	۰/۱۷
روانی خواندن (پس‌آزمون)	۰/۱۸	۰/۲۵	۱	۰/۳۳
درک مطلب (پس‌آزمون)	۰/۱۷	۰/۱۶	۱/۰۲	۰/۳۲
حافظهٔ فعال کلامی (پیش‌آزمون)	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۲۸	۰/۵۳
حافظهٔ فعال غیرکلامی (پیش‌آزمون)	۰/۸	۰/۲۳	۰/۳۸	۰/۵۴
ظرفیت حافظه (پیش‌آزمون)	۰/۱۷	۰/۴۰	۳/۵	۰/۰۸۲
استراتژی استفاده از حافظه (پیش‌آزمون)	۰/۱۲	۰/۲۲	۰/۷۵	۰/۳۹
حافظهٔ فعال کلامی (پس‌آزمون)	۰/۱۰	۰/۵۰	۴/۳	۰/۱۹
حافظهٔ فعال غیرکلامی (پس‌آزمون)	۰/۱۱	۰/۲۰	۰/۱۰	۰/۷۵
ظرفیت حافظه (پس‌آزمون)	۰/۲۱	۰/۸	۱/۱	۰/۲۹
استراتژی استفاده از حافظه (پس‌آزمون)	۰/۱۴	۰/۸	۲/۴	۰/۱۴
خطای حذف	۰/۶۱	۰/۸۴	۳/۶۸	۰/۰۷
خطای ارتکاب	۰/۵۴	۰/۹۳	۳/۹۶	۰/۰۶
زمان واکنش	۰/۵۰	۰/۹۷	۳/۳۷	۰/۰۸

1. box test of equality of covariance matrices

	نرمالیته		همگنی واریانس	
متغیر	کلموگروف اسمیرنف	معناداری	F	معناداری
مؤلفهٔ N1 در ناحیهٔ F3 (پیش‌آزمون)	۱/۰۸	۰/۱۸	۲/۲۴	۰/۱۶
مؤلفهٔ P1 در ناحیهٔ F3 (پیش‌آزمون)	۱/۰۴	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۸۹
مؤلفهٔ N1 در ناحیهٔ F4 (پیش‌آزمون)	۱/۰۱	۰/۲۵	۱/۷۶	۰/۲۱
مؤلفهٔ P1 در ناحیهٔ F4 (پیش‌آزمون)	۰/۶۶	۰/۷۷	۱/۵۹	۰/۲۳
مؤلفهٔ N1 در ناحیهٔ F3 (پس‌آزمون)	۰/۸۶	۰/۴۵	۹/۲۹	۰/۱۲
مؤلفهٔ P1 در ناحیهٔ F3 (پس‌آزمون)	۰/۵۱	۰/۹۵	۰/۱۰	۰/۹۲
مؤلفهٔ N1 در ناحیهٔ F4 (پس‌آزمون)	۰/۶۶	۰/۷۶	۴/۲	۰/۰۶
مؤلفهٔ P1 در ناحیهٔ F4 (پس‌آزمون)	۰/۸۸	۰/۴۱	۲/۴	۰/۱۴

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد مفروضهٔ نرمال‌بودن برای تمامی متغیرها برقرار است و متغیرها همگی از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند. همچنین در بررسی مفروضهٔ برابری واریانس‌های خطای نمره‌ها، مفروضهٔ همگنی واریانس گروه‌ها برقرار است؛ بنابراین استفاده از مدل تحلیل کوواریانس چندمتغیری بلامانع است.

در ادامه، به‌منظور بررسی ادامهٔ پیش‌شرط‌های آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیری، از آزمون ام باکس استفاده شد. نتایج آزمون فرضیهٔ صفر مربوط به عدم تفاوت ماتریس‌های کوواریانس در دو گروه، بیانگر پذیرش فرضیهٔ صفر مبنی بر همسانی ماتریس‌های کوواریانس است (P =۰/۰۵، F =۰/۷۸) و درنتیجه این پیش‌شرط برقرار است. همچنین از آنجا که فرض نرمال‌بودن، همسانی واریانس خطا و عدم تفاوت ماتریس‌های کوواریانس برقرار است، استفاده از مدل تحلیل کوواریانس چندمتغیری بلامانع است.

د) آزمون فرضیه‌ها

جدول ۳- یافته‌های آزمون تحلیل کوواریانس پس از حذف اثر پیش‌آزمون برای عملکرد حافظه و خواندن

متغیر	درجهٔ آزادی	F	معناداری	مجذور اتا	توان آزمون
تشخیص حرف‌واژه	۱	۰/۲۲	۰/۶۴	۰/۰۱۶	۰/۰۷۲
آزمون روانی خواندن	۱	۰/۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۵۶
آزمون درک مطلب خواندن	۱	۰/۳۵	۰/۵۶	۰/۰۲	۰/۰۸
آزمون حافظهٔ غیرکلامی	۱	۵/۹	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۶۲
آزمون حافظهٔ کلامی	۱	۰/۰۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۵
آزمون ظرفیت حافظهٔ فعال	۱	۰/۳۶	۰/۰۰۰	۰/۰۲	۰/۰۸
استراتژی استفاده از حافظه	۱	۰/۳۴	۰/۵۶	۰/۰۲	۰/۰۸

جدول ۴- یافته‌های آزمون تحلیل کوواریانس پس از حذف اثر پیش‌آزمون برای ویژگی‌های رفتاری در حین انجام تکلیف و دامنهٔ[1] مؤلفهٔ P1 و N1 در نواحی فرونتال

متغیرها	جمع مربعات	میانگین مربعات	F	معناداری
خطای حذف	۷۵۴/۹۴	۷۵۴/۹۴	۱۳/۳۹	۰/۰۱
خطای ارتکاب	۳۶/۰۷	۳۶/۰۷	۶/۹۸	۰/۰۲
زمان واکنش	۱۰۹۸۲/۹۵	۱۰۹۸۲/۹۵	۳/۵۵	۰/۰۷
مؤلفهٔ P1 در ناحیهٔ F3	۲/۵۳	۲/۵۳	۰/۶۹	۰/۹۹
مؤلفهٔ N1 در ناحیهٔ F3	۲۲/۳۱	۲۲/۳۱	۱/۲۵	۰/۲۹
مؤلفهٔ P1 در ناحیهٔ F4	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۷۸	۰/۳۹
مؤلفهٔ N1 در ناحیهٔ F4	۱۵/۶۱	۱۵/۶۱	۲/۲۵	۰/۱۶

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، بین میانگین نمرات پس‌آزمون مؤلفهٔ روانی خواندن (F=۰/۰۶، P<۰/۰۰۱) و مجذور اتا (۰/۰۰۴) در دو گروه آزمایش و کنترل، تفاوت معنادار وجود دارد. به عبارت دیگر، نتیجهٔ تحلیل کوواریانس روی نمرات خواندن بیانگر آن است که پس از شرکت در مداخله در خرده‌متغیر روانی خواندن، تفاوت اولیه بین گروه آزمایش و گروه کنترل، معنادار بوده است.

بین میانگین نمرات پس‌آزمون مؤلفهٔ حافظهٔ غیرکلامی (F=۵/۹، P<۰/۰۲ و مجذور اتا= ۰/۰۲)، حافظهٔ کلامی (F=۰/۰۴، P<۰/۰۰۰ و مجذور اتا= ۰/۰۳) و ظرفیت حافظهٔ فعال (F=۰/۳۶، p<۰/۰۰۰ و مجذور اتا= ۰/۰۲) در دو گروه آزمایش و کنترل، تفاوت معنادار وجود دارد. به عبارت دیگر، مداخلهٔ آزمایش در پژوهش روی خرده‌آزمون‌های حافظهٔ کلامی، حافظهٔ غیرکلامی و ظرفیت حافظه تأثیر داشته است.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد مداخلهٔ آزمایش در پژوهش روی خرده‌آزمون‌های خطای حذف و خطای ارتکاب، تأثیر مثبت داشته است و زمینهٔ کاهش این دو مؤلفهٔ رفتاری پس از مداخلات درمانی را فراهم کرده است، اما میانگین نمرات در هنگام واکنش دو گروه آزمایش و کنترل، با یکدیگر تفاوت معناداری ندارند (F=۳/۵۵، p>۰/۰۵)

بین دو گروه آزمایش و کنترل در دامنهٔ P1 و N1 در هیچ‌یک از نقاط تفاوتی وجود ندارد؛ بنابراین دریافت تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای در ناحیهٔ پیش‌پیشانی پشتی جانبی همراه با آموزش خواندن در مقایسه با کودکانی که فقط آموزش دریافت می‌کنند، تغییر معناداری در آمپلیتود مؤلفه P1 و N1 در حین انجام تکالیف پتانسیل وابسته به رویداد ERP ایجاد نکرده است.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف تعیین اثربخشی تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای همراه با آموزش خواندن بر حافظهٔ فعال و عملکرد خواندن کودکان نارساخوان انجام شد. یافته‌های پژوهش نشان داد عملکرد خواندن در حیطهٔ روانی

1. amplitode

خواندن، در حالت تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای فعال نسبت به شم، پیشرفت معنادار بیشتری داشته است. این یافته با نتایج مطالعات آقاجانی و همکاران (۱۳۹۷)، رجائی‌پور و سعیدمنش (۱۳۹۷)، بیات مختاری و همکاران (۱۳۹۶)، کروزگنزالز و همکاران (۲۰۱۸)، هث و لاویدور (۲۰۱۵) و کاتانئو، پیسونی و پاپاگنو (۲۰۱۱) همسو است. نتایج پژوهش نلسون، مک‌کینلی، گلب، وارم و پاراسورامان (۲۰۱۴) نشان داد اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز می‌تواند به‌صورت کوتاه‌مدت سبب بهبود در عملکرد افراد در تکالیف توجه شود. همچنین با مطالعهٔ پژوهش‌های انجام‌شده در زمینهٔ اثربخشی تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای، به‌نظر می‌رسد این روش از طریق بازداری و مهارکردن فعالیت‌های نورون‌های قشر مغز عمل می‌کند. تحقیقات گسترده‌ای دربارهٔ کنش‌های شناختی و فعالیت‌های قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی مغز انجام شده است (تایب و لاویدور، ۲۰۱۶؛ فاسترمن و همکاران، ۲۰۰۸) که انتظار می‌رود تحریک قشر پیش‌پیشانی چپ با جریان الکتریکی مستقیم از روی جمجمه سبب افزایش فعالیت‌های این ناحیه از قشر مغز، اعم از حافظه، توجه و تمرکز شود. قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ و راست (نقاط F4 و F3 سیستم بین‌المللی ۲۰-۱۰)، مسئول مستقیم حافظه در قشر مغز است (دموس، ۲۰۰۵). از سوی دیگر، تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای آندی موجب تقویت کوتاه‌مدت[1] (LTP) با افزایش تحریک قشر پیش‌پیشانی چپ و تعدیل گیرندهٔ NMDA می شود؛ بنابراین، tDCS آندی در قشر حرکتی افراد سبب افزایش تحریک‌پذیری قشری طولانی‌مدتی می‌شود که احتمالاً به‌وسیلهٔ دپلاریزهٔ پتانسیل غشا صورت می‌گیرد. در مطالعهٔ حاضر، مکانیسم مذکور احتمال دارد پردازش‌های یادگیری را تسهیل کرده باشد و به بهبود عملکرد خواندن کودکان نارساخوان کمک کند.

یافتهٔ دیگر پژوهش نشان داد حافظهٔ فعال، در حالت تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای فعال نسبت به شم، پیشرفت معنادار بیشتری داشته است. این یافته همسو با نتایج مطالعات فتاحی و همکاران (۱۳۹۷)، روح‌الامینی و همکاران (۱۳۹۷)، رجائی‌پور و سعیدمنش (۱۳۹۷)، بیات مختاری و همکاران (۱۳۹۶)، عبداللهی و همکاران (۱۳۹۴)، ارکان و یاریاری (۱۳۹۳) و اندریس و همکاران (۲۰۱۱) در زمینهٔ اثربخشی تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر بهبود حافظه، حافظهٔ کلامی و غیرکلامی عملکردهای شناختی و توجه انتخابی، انعطاف‌پذیری شناختی و بازداری پاسخ دانش‌آموزان است. در تبیین این یافته می‌توان گفت تحریک آندی در هردو لوب DLPFC آزمودنی‌ها در این پژوهش، با دپولاریزه‌شدن نورون‌ها همراه است و موجب کاهش استراحت نورونی و درنهایت تحریک‌پذیری بیشتر نورون‌های این ناحیه شده است. از سوی دیگر، افزایش تحریک‌پذیری نورون‌های ناحیه از قشر سبب رهاسازی هرچه بیشتر نوروترانسمیترهای این بخش می‌شود. بدین‌ترتیب نوروترانسمیترها زمان بیشتری در فضای بین‌سیناپسی باقی می‌مانند و آثار طولانی‌مدت بر بهبود حافظهٔ فعال خواهند داشت. محل حافظهٔ فعال عمدتاً قشر پیشانی چپ در DLPFC است، اما مختل‌شدن شدید حافظهٔ فعال مستلزم وجود ضایعه‌های دوطرفه در قشر پیش‌پیشانی است. اثر tDCS روی DLPFC می‌تواند عملکرد حافظهٔ فعال را تعدیل کند و حافظهٔ فعال کودکان با اختلال‌های خاص یادگیری خاص را

1. long-term potentiation (LTP)

بهبود بخشد (اندریس و همکاران، ۲۰۱۱).

علاوه بر نتایج بالا، در این پژوهش دامنهٔ N1 و P1 در الکترودهای F3 و F4 و همچنین سرعت و دقت انجام تکلیف ان–بک در حین ثبت پتانسیل‌های وابسته به رویداد بررسی شد. تغییرات در دامنهٔ مؤلفه‌های مذکور از لحاظ آماری معنادار نیست. تا امروز، گزارش‌های مربوط به همبسته‌های الکتروفیزیولوژیکی تأثیرات tDCS پراکنده بوده‌اند. مطالعات قبلی با استفاده از پتانسیل‌های وابسته به رویداد (ERPs) نشان داده‌اند تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای آندی، دامنهٔ مؤلفهٔ N70 را افزایش می‌دهد؛ درحالی‌که تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای کاتدی، آن را کاهش می‌دهد (آنتال، کینسس، نیچه، برتفای و پائولوس، ۲۰۰۴). تأثیر متضاد برای visual P100 گزارش شده که کاهش دامنه را برای تحریک آندی و افزایش دامنه را برای تحریک کاتدی نشان داده است (اکورنرو، لی‌وتی، ریشا و گریگوری، ۲۰۰۷)، اما نتایج این پژوهش، فرضیهٔ مطرح‌شده را تأیید نمی‌کند. جمع‌بندی مطالعاتی که در راستای همبسته‌های پتانسیل‌های وابسته به رویداد در افراد نارساخوان در مقایسه با افراد عادی پرداخته‌اند، دلالت بر تفاوت بین ویژگی‌های N100 (شائول، ۲۰۰۸) و P100 (مک‌کارتی، وود، ویلیامسون و اسپنسر، ۱۹۸۹) بین این دو گروه دارد، اما این تفاوت در بعضی یافته‌ها به‌صورت افزایش یا کاهش است و در تعداد محدودتری از گزارش‌ها دال بر عدم تفاوت این دامنه‌ها بوده است. به‌طورکلی تفاوت در دامنهٔ مؤلفه‌های مذکور مربوط به عوامل توجه یا پردازش حسی ناکافی تلقی می‌شود. بااین‌حال، تنوع متغیرهای فردی آزمودنی‌ها همراه با تکنیک‌های ثبت و همچنین در تعداد محدودی از الکترودها، اغلب به نتایج منفی یا روندی غیرمعنادار می‌انجامد (شائول، ۲۰۰۸).

نتایج این پژوهش بیانگر کاهش خطای ارتکاب و حذف در حین انجام تکلیف ان–بک بعد از مداخله در گروه آزمایش است، اما زمان واکنش در حالت تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای فعال و شم تفاوتی نشان نمی‌دهد. در تحقیقات قبلی نیز عدم تفاوت در زمان واکنش (اون و همکاران، ۲۰۰۸؛ بوجیو و همکاران، ۲۰۰۶؛ فرگنی و همکاران، ۲۰۰۵؛ جو و همکاران، ۲۰۰۹) و در دقت (نیلسون، لبدو و لاودن، ۲۰۱۵) گزارش‌هایی شده است. در پژوهشی دیگر، افزایش زمان واکنش بعد از تحریک آندی و همچنین کاتدی در مناطق قشری پیشانی مشاهده شده است (مارشال، موله، سیبنر و بورن، ۲۰۰۵). در جهت مقابل، تحقیقات منفرد و همچنین فراتحلیل‌های دیگری بیانگر کاهش زمان واکنش پس از تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای آندی در ناحیهٔ DLPFC هستند (از جمله فراتحلیل هیل، فیتزجرالد و هوی، ۲۰۱۶). در تبیین معنادارنبودن زمان واکنش می توان به این موضوع اشاره کرد که تکلیف ان–بک مستلزم استفاده از حافظهٔ فعال و توجه انتخابی است؛ بنابراین احتمال دارد در این تکلیف، چند کنش اجرایی به‌طور هم‌زمان دخالت داشته باشند و ضعف کودکان نارساخوان ناشی از مختل‌شدن عملکرد حافظهٔ فعال است (جیمز و جان، ۲۰۰۷). از سوی دیگر، زمان واکنش طولانی‌تر شاهدی بر این نظریهٔ بدلی است که بیان می‌کند کودکان نارساخوان در حافظهٔ فعال ضعف دارند؛ مشکلی که سبب افزایش زمان مورد نیاز برای تصمیم‌گیری یا حل مسئله می‌شود. بعلاوه، با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، یکی از علل افزایش زمان واکنش می‌تواند خستگی آزمودنی‌ها به‌خاطر طولانی‌بودن تکلیف باشد. این

اختلاف بین یافته‌های رفتاری در پژوهش‌های مختلف ممکن است با این واقعیت توضیح داده شود که برخی از این تحقیقات، تأثیرات تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای دوجانبه را بررسی کرده‌اند؛ درحالی‌که در این پژوهش، تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای یک‌جانبه استفاده شده است. همچنین تفاوت در آنلاین و آفلاین انجام‌شدن تکالیف نیز حائز اهمیت است. در بیشتر پژوهش‌ها، تکالیف به‌صورت آنلاین انجام شده و همچنین مداخلات تک‌جلسه‌ای صورت گرفته است؛ درحالی‌که در پژوهش حاضر، تکلیف به‌صورت آفلاین و مداخلهٔ ده‌جلسه‌ای بوده است. به‌علاوه تفاوت بین نتایج ممکن است درنتیجهٔ تفاوت در سایز الکترود، جایگاه و شدت جریان اعمال‌شده و مدت آن باشد. رویکردهای محاسباتی (زاهل، هیمرث، سندمن، بک و مولر، ۲۰۱۱) وجود دارد که براساس مدل‌هایی نشان می‌دهند اندازه، جایگاه و شکل الکترود می‌تواند بر میدان الکتریکی و درنتیجه سطح مدولاسیون ناشی از تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای تأثیر بگذارد.

از جمله محدودیت‌های این مطالعه، اختلال‌های همراه با مشکلات یادگیری خواندن است (از جمله ADHD، سایر اختلالات یادگیری، اضطراب، وسواس، افسردگی، اختلال سلوک، اختلال نافرمانی/ چالشگری یا ODD و...). در این طرح، همبودی وسواس، اضطراب، اختلال سلوک و نافرمانی جزء ملاک‌های خروج درنظر گرفته و کنترل شد. در پژوهش حاضر، دانش‌آموزان پایهٔ اول تا سوم دبستان حضور داشتند و به‌دلیل یکسان‌نبودن سطح دانش واج‌شناختی، در آموزش تداخل ایجاد می‌شد. محدودبودن جامعه به مراجعان دو سال اخیر کلینیک آتیه در شهر تهران و همکاری‌نکردن سایر مراکز در جمع‌آوری نمونه‌ها نیز از دیگر محدودیت‌های این طرح محسوب می‌شود که موجب تعمیم‌دهی کمتر نتایج می‌شود. حجم کم نمونه، تجزیه و تحلیل‌های آماری را در تشخیص تفاوت بین گروه‌ها ضعیف می‌کند و این به‌نوبهٔ خود بر تعمیم‌پذیری اثر می‌گذارد. درمجموع، یافته‌های این پژوهش تأییدی بر اثربخشی تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه بر بهبود عملکرد خواندن و حافظهٔ فعال کودکان نارساخوان است.

منابع

آقاجانی، س. ا.، طاهری‌فرد، م.، و علیزاده گورادل، ج. (۱۳۹۷). اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) (TDCS) بر بهبود کارکردهای شناختی و حل‌مسأله در دانش‌آموزان. *فصلنامهٔ روان‌شناسی مدرسه*، *۷(۴)*، ۳۸-۲۰.

ارکان، ا.، و یاریاری، ف. (۱۳۹۳). تحریک مغز از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی بر حافظهٔ کاری در افراد سالم. *فصل‌نامهٔ روان‌شناسی شناختی*،۲*(۲)*، ۸-۱.

بیات مختاری، ل.، آقایوسفی، ع. ر.، زارع، ح.، و نجاتی، و. (۱۳۹۶). تأثیر تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه و آموزش آگاهی واج‌شناختی بر بهبود عملکرد بعد شنیداری حافظهٔ کاری کودکان نارساخوان. *فصلنامهٔ کودکان استثنایی*، *۱۷(۴)*، ۴۸-۳۷.

جاویدنیا، س.، کامکاری، ک.، و موللی، گ. (۱۳۹۲). بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی نسخهٔ نوین هوش‌آزمای تهران-

استنفورد –بینه، در کودکان با تشخیص نارساخوانی. *مجلهٔ مطالعات ناتوانی. ۳(۱)*، ۵۱-۴۴.

حسین‌خانزاده، ع. س.، لطیف زنجانی، م.، و طاهر، م. (۱۳۹۵). تأثیر توان‌بخشی شناختی رایانه‌یار بر بهبود کنش‌های اجرایی و عملکرد خواندن دانش‌آموزان مبتلا به نارساخوانی. *فصلنامهٔ عصب‌روان‌شناسی. ۲(۲)*، ۴۴-۲۴.

رجائی‌پور، م. ص.، و سعیدمنش، م. (۱۳۹۷). اثربخشی تحریک فراجمجمه‌ای مغز با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی بر حافظهٔ دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری ویژه. *فصلنامهٔ عصب‌روان‌شناسی. ۴(۱۳)*، ۸۴-۶۷.

رحمانی، ع.، پیرانی، ذ.، حیدری، ح.، و داوودی، ح. (۱۳۹۷). اثربخشی آموزش توان‌بخشی شناختی بر حافظهٔ کاری و توجه انتخابی. *مجلهٔ ناتوانی‌های یادگیری. ۸(۲)*، ۲۵-۷.

روح‌الامینی، ش.، سلیمانی، م.، و واقف، ل. (۱۳۹۷). اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای مغز بر توجه-انتخابی و انعطاف‌پذیری شناختی دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص خواندن. *مجلهٔ ناتوانی‌های یادگیری. ۸(۱)*، ۴۱-۲۳.

سادوک، ب.، و سادوک، و. (۱۳۹۶). *خلاصهٔ روان‌پزشکی*. ترجمهٔ نصرت الله پورافکاری. تهران: انتشارت شهر آب.

عبداللهی، م. ح.، حسن‌آبادی، ح. ر.، و سمیعی سنجانی، م. (۱۳۹۴). *تأثیر تحریک مغز از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی (TDCS) بر کارکردهای مغزی*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد روان‌شناسی. دانشکدهٔ روان‌شناسی و علوم تربیتی. دانشگاه خوارزمی تهران.

فتاحی اندبیل، ا.، صابری، ه.، و کاظمی کواکی، ا. (۱۳۹۷). اثربخشی بازی‌درمانیبازی درمانی گروهی شناختی رفتاری و تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مغز بر کارکردهای اجرایی حافظهٔ فعال و بازداری پاسخ کودکان دارای اختلال بیش‌فعالی- نقص توجه. *فصلنامهٔ عصب‌روان‌شناسی. ۴(۱۴)*، ۹۰-۷۳.

قاسمی قشلاق، م.، سپهریان آذر، ف.، و کیهان، ج. (۱۳۹۷). اثربخشی آموزش راهبردهای شناختی و فراشناختی بر حل‌مسئله، حافظهٔ عددی و خودکارآمدی ریاضی دانش‌آموزان. *دوفصلنامهٔ راهبردهای شناختی در یادگیری. ۶(۱۱)*، ۲۳۲-۲۱۵.

کامکاری، ک. (۱۳۸۷). *راهنمای کاربردی نسخه نسخهٔ نوین هوش‌آزمای تهران- استنفورد-بینه*. تهران: مدارس کارآمد.

کامکاری، ک.، و افروز، غ. (۱۳۸۸). *اصول روان‌سنجی و هوش‌آزمایی: آزمون هوشی تهران-استنفورد-بینه*. انتشارات تهران: دانشگاه تهران.

مساواتی آذر، پ.، کیامنش، ع. ر.، و احدی، ح. (۱۳۹۶). پیش‌بینی عملکرد خواندن بر اساس آموزش کوتاه‌مدت و اجرایی مرکزی حافظه فعال حافظهٔ فعال در کودکان ۸ و ۱۱ ساله. *نشریهٔ آموزش و ارزشیابی. ۱۰(۳۷)*، ۱۲۴-۱۰۷.

References

Accornero, N., Li Voti, P., La Riccia, M., & Gregori, B. (2007). Visual Evoked Potentials Modulation during Direct Current Cortical Polarization. *Experimental Brain Research*. 178, 261–266.

Andrews, S. C., Hoy, K. E., Enticott, P. G., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2011). Improving Working Memory: The Effect of Combining Cognitive Activity and Anodal Transcranial Direct Current Stimulation to the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex. *Brain Stimulation. 4*(2), 84–89.

Antal, A., Kincses, T. Z., Nitsche, M. A., Bartfai, O., & Paulus, W. (2004). Excitability Changes Induced in the Human Primary Visual Cortex by Transcranial Direct Current Stimulation: Direct Electrophysiological Evidence. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. *45*, 702–707.

Binet, A., & Simon, T. (1948). *The Development of the Binet-Simon Scale, 1905-1908.* In W. Dennis (Ed.), *Century Psychology Series. Readings in the History of Psychology* (p. 412–424). Appleton-Century.

Boggio, P. S., Ferrucci, R., Rigonatti, S. P., Covre, P., Nitsche, M., Pascual-Leone, A., & Fregni, F. (2006). Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Working Memory in Patients with Parkinson ’s disease. *Journal of the Neurological Science*s. *5*(65), 31–38.

Butefisch, C. M., Khurana, V., Kopylev, L., & Cohen, L.G. (2004). Enhancing Encoding of a 779 Motor Memory in the Primary Motor Cortex by Cortical Stimulation. *Journal of Neurophysiology*. *91*, 2110–2116.

Cattaneo, Z., Pisoni, A., Papagno, C. (2011). Transcranial Direct Current Stimulation over Broca's Region Improves Phonemic and Semantic Fluency in Healthy Individuals. *Neuroscience. 183*, 64–70.

Cruz Gonzalez, P., Fong, K., & Brown, T. (2018). The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on the Cognitive Functions in Older Adults with Mild Cognitive Impairment: A Pilot Study. *Behavioral Neurology*. *2018*, 1–14.Demos, N. J. (2005). *Getting Started with Neurofeedback*, New York: Norton & Company.

Dien, J., & Santuzzi, A. (2005). *Application of Repeated Measures ANOVA to High-Density ERP Datasets: A Review and Tutorial*. Event-Related Potentials: A Methods Handbook.

Duell, N., Icenogle, G., Silva, K., Chein, J., Steinberg, L., Banich, M., Guinta, L.D., Dodge, K., Fanti, K., Lansford, J., Oburu, P., Pastorelli, C., Skinner, A.T., Sorbring, E., Tapanya, S., Tirado, L., Alampay, L., Al-Hassan, S. M., Takash, H. M., Bacchini, D., Chang, L., & Chaudhary, N. (2018). A Cross-Sectional Examination of Response Inhibition and Working Memory on the

Stroop Task. *Cognitive Development, 47*, 19–31.

Forstmann, B. U., Jahfari, S., Scholte, H. S., Wolfensteller, U., van den Wildenberg, W. P. M, & Ridderinkhof, K. R. (2008). Function and Structure of the Right Inferior Frontal Cortex Predict Individual Differences in Response Inhibition: A Model-Based Approach. *Journal of Neuroscience*. *28*, 9790–9796.

Fray, P. J., Robbins, T. W., & Sahakian, B. J. (1996). Neuropsychiatric Applications of CANTAB. *International Journal of Geriatric Psychiatry. 11*, 329–336.

Fregni, F., Boggio, P. S., Nitsche, M., Bermpohl, F., Antal, A., Feredoes, E., Marcolin, M. A., Rigonatti, S. P., Silva, M. T. A., Paulus, W., & Pascual-Leone, A. (2005). Anodal Transcranial Direct Current Stimulation of Prefrontal Cortex Enhances Working Memory. *Experimental Brain Research.166*, 23–30.

Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Willis, C., & Adams, A. M. (2006). Working Memory in Children with Reading Disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*. *93*(3), 265–281.

Goswami, U., & Bryant, P. E. (1990). *Phonological Skills and Learning to Read.* London: Erlbaum.

Gratton, G., Coles, M. G., & Donchin, E. (1983). A New Method for Off-Line Removal of Ocular Artifact. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. *55*(4), 468–484.Heth, I., & Lavidor, M. (2015). Improved Reading Measures in Adults with Dyslexia Following Transcranial Direct Current Stimulation Treatment. *Neuropsychologia, 3*(70), 107–113.

Hill, A. T., Fitzgerald, P. B., & Hoy, K. E. (2016). Effects of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation on Working Memory: A Systematic Review and Meta-Analysis of Findings from Healthy and Neuropsychiatric Populations. *Brain Stimulation*. *9*(2), 197–208.

Hoy, K. E., Arnold, S. L., Emonson, M. R., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2014). An Investigation into the Effects of tDCS Dose on Cognitive Performance over Time in Patients with Schizophrenia. *Schizophrenia Research, 155(1-3)*, 96–100.

Jamie, J., Singer, A. J., MacGregor, L. F., & Cherkas, T. D. (2006). Specter

Genetic Influences on Cognitive Function Using the Cambridge Neuropsyghological Test Automated Battery. *Intelligence*. *34*(5), 421–428.

Jo, J. M., Kim, Y. H., Ko, M. H., Ohn, S. H., Joen, B., & Lee, K. H. (2009). Enhancing the Working Memory of Stroke Patients Using tDCS. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. 88*, 404–409.

Kate, E. H., Sara, L. A., Melanie, R. L., Emonson, Z. J., & Paul, B. (2014). An Investigation into the Effects of tDCS Dose on Cognitive Performance Over Time in Patients with Schizophrenia. *Schizophrenia Research*. *155*, 96–100.

Kershner, J. R. (2019). Neurobiological Systems in Dyslexia. *Trends in Neuroscience and Education. 14*, 11–24.

Krause, C. M., Sillanmaki, L., Koivisto, M., Saarela, C., Haggqvist, A., & Laine, M. (2000).The Effects of Memory Load on Event-Related EEG Desynchronization and Synchronization. *Clinical Neurophysiology. 111*, 2071–2078.

Marshall, L., Mölle, M., Siebner, H., & Born, J. (2005). Bifrontal Transcranial Direct Current Stimulation Slows Reaction Time in a Working Memory Task. *BMC Neuroscience. 6*, 23–28.

McCarthy, G., Wood, C. C., Williamson, P. D., & Spencer, D. D. (1989). Task-Dependent Field Potentials in Human Hippocampal Formation. *Journal of Neuroscience*. *9*(12), 4253–4268.

Morris, D., & Perney, J. (2018). Using a Sight Word Measure to Predict Reading Fluency Problems in Grades 1 to 3. *Reading and Writing Quarterly*. *34*(4), 338–348.

National Institutes of Health (2015). *Archived from the Original on 2 April 2015*. Retrieved on 15 April 2015.

Nelson, J. T., McKinley, R. A., Golob, E. J., Warm, J. S., & Parasuraman, R. (2014). Enhancing Vigilance in Operators with Prefrontal Cortex Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS). *Neuroimage*. *85*(3), 909–917.

Nilsson, j., Lebedev, A., & Lovden, M. (2015). No Significant Effect of Prefrontal tDCS on Working Memory Performance in Older Adults. *Frontiers in Aging Neuroscience.* 7, 1–6.

Nitsche, M. A., Cohen, L. G., Wassermann, E. M., Priori, A., Lang, N., Antal, A., Paulus, W., Hummel, F., Boggio, P. S., Fregni, F., & Pascual-Leone, A.

(2008). Transcranial Direct Current Stimulation: State of the Art 2008. *Brain Stimulation*. *1(3)*, 206–223.

Ohn, S. H., Park, C. I., Yoo, W. K., Ko, M. H., Choi, K. P., Kim, G. M., Lee, Y. T., & Kim, Y. H. (2008). Time-Dependent Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on the Enhancement of Working Memory. *Neuroreport*. *19*, 43–47.

Piper, B. J., Mueller, S. T., Geerken, A. R., Dixon, K. L., Kroliczak, G., Olsen, R. H., & Miller, J. K. (2015). Reliability and Validity of Neurobehavioral Function on the Psychology Experimental Building Language Test Battery in Young Adults. *PeerJ*. 3, e1460.

Protopapas, A., Katopodi, K., Altani, A., & Georgiou, G. K. (2018). Word Reading Fluency as a Serial Naming Task. *Scientific Studies of Reading*. *22*(3), 248–263.

Richard, P.C., Fregni, A. W., & Snyder. S. (2010). Visual Memory Improved by Non-Invasive Brain Stimulation. *Brain Research*. *13*(53), 168–175.

Robbins, T. W., James, M., Owen, A. M., Sahakian, B. J., McInnes, L., & Rabbitt, P. (1994). Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB): A Factor Analytic Study of a Large Sample of Normal Elderly Volunteers. *Dementia (Basel, Switzerland)*, *5(5)*, 266–281.

Salmi, J., Nyberg, L., & Laine, M. (2018). Working Memory Training Mostly Engages General-Purpose Large-Scale Networks for Learning. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. *93*, 108–122.

Schneider, D., Göddertz, A., Haase, H., Hickey, C., & Wascher, E. (2019). Hemispheric Asymmetries in EEG Alpha Oscillations Indicate Active Inhibition during Attentional Orienting within Working Memory. *Behavioral Brain Research*. *359*, 38–46.

Shaul, S. H. (2008). Event-related Potentials (erps) in the Study of DYSLEXIA, A Review. *Brain research in language*. 6, 51-92.

Smith-Spark, J. H., & Fisk, J. E. (2007). Working Memory Functioning in Developmental Dyslexia. *Memory*, *15*(1), 34–56.

Smith-Spark, J. H., Henry, L. A., Messer, D. J., Edvardsdottir, E., & Zięcik, A. P. (2016). Executive Functions in Adults with Developmental Dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*. *53*, 323–341.

Stevens, E. A., Walker, M. A., & Vaughn, S. (2016). The Effects of Reading Fluency Interventions on the Reading Fluency and Reading Comprehension Performance of Elementary Students with Learning Disabilities: A Synthesis of the Research from 2001 to 2014. *Journal of Learning Disabilities*. *50*(5), 576–590.

Surwillo, W. (1961). Frequency of the Alpha Rhythm, Reaction Time and Age. *Nature*. *191(4790)*, 823–824.

Tayeb. Y., & Lavidor, M. (2016). Enhancing switching abilities: Improving practice effect by stimulating the dorsolateral pre frontal cortex. *Neuroscience*. *313*, 92–98.

Thompson, P. A., Hulme, C., Nash, H. M., Gooch, D., Hayiou-Thomas, E., & Snowling, M. J. (2015). Developmental Dyslexia: Predicting Individual Risk. *Journal of Child psychology and Psychiatry*. *56*(9), 976–987.

Turkeltaub, P.E., Benson, J., Hamilton, R. H., Abhishek, D., Marom, B., & Branch C. H. (2012). Left Lateralizing Transcranial Direct Current Stimulation Improves Reading Efficiency. *Brain Stimulation. 3*(5), 201–207.

Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (2007). The Nature of Preschool Phonological Processing Abilities and Their Relations to Vocabulary, General Cognitive Abilities, and Print Knowledge. *Journal of Educational Psycholog*y. *101*(2), 335–345.

Wendling, B. J., & Mather, N. (2007). *Woodcock-Johnson® III Test*. Itasca, IL: Riverside Publishing Company.

Woodcock, R. W., Schrank, F. A., & McGrew, K. S. (2001). *Woodcock-Johnson III Tests of Achievement, form C/Brief Battery*. Rolling Meadows, IL: Riverside

Zaehle, T., Heimrath, K., Sandmann, P., Becke, A., & Müller, N. G. (2011). Behavioral and Electrophysiological Effects of Transcranial Direct Current Stimulation of the Parietal Cortex in a Visuo-Spatial Working Memory Task. *Original Research ARTICLE Frontiers in Psychiatry*. *5*, 24–32.