تأثیر تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه و آموزش آگاهی واج‌شناختی بر بهبود عملکرد بعد شنیداری حافظه کاری کودکان نارساخوان

دکتر لیلا بیات مختاری[۱]، دکتر علیرضا آقایوسفی[۲]، دکتر حسین زارع[۳]، دکتر وحید نجاتی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۲. تجدیدنظر: ۱۳۹۶/۹/۱۸
پذیرش نهایی: ۱۰/۱۳ /۱۳۹۶.

چکیده

هدف: این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه روی بعد شنیداری/کلامی حافظه کاری در ناحیه قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی انجام شد. **روش:** طرح این پژوهش، آزمایشی از نوع پیش‌آزمون/پس‌آزمون با گروه پلاسیبو و انتساب تصادفی بود. نمونه پژوهش شامل ۲۰ دانش‌آموز پسر نارساخوان ۸ تا ۱۰ ساله بود که معیارهای ورود به مطالعه را داشتند. دو نوع تحریک آندی و ساختگی با شدت جریان ۱/۵ میلی‌آمپر به مدت ۲۰ دقیقه و ۱۵ دقیقه آموزش آگاهی واج‌شناختی در مورد ۲۰ نفر شرکت‌کننده طی ۱۰ جلسه ارائه گردید. شرکت‌کنندگان قبل و بعد از تحریک با تکلیف ان‌بک، مورد سنجش قرار گرفتند. **یافته‌ها:** نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد تحریک آندی تأثیر معناداری در بهبود عملکرد فرد در بعد شنیداری/کلامی حافظه کاری نسبت به گروه تحریک ساختگی دارد. **نتیجه‌گیری:** مطالعه حاضر نشان داد که تحریک آندی سبب افزایش عملکرد فرد در تکلیف مربوط به حافظه کاری شنیداری و بهبود آن شده است.

واژگان کلیدی: *تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه، قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی، حافظه کاری، تکلیف ان‌بک*

۱. **نویسنده مسئول**: دکتری روان‌شناسی گروه روان شناسی دانشگاه پیام نور تهران، ایران.
۲. دانشیار دانشگاه پیام نور، گروه روان‌شناسی تهران، ایران.
۳. استاد دانشگاه پیام نور ،گروه روان‌شناسی، تهران، ایران.
۴. دانشیار دانشگاه شهید بهشتی، گروه روان‌شناسی بالینی و سلامت، تهران، ایران.

The Impact of Transcranial Direct Current Stimulation (TDCS) and Phonological Awareness Training on the Auditory Function of Working Memory in Children with Dyslexia

Leila Bayat Mokhtari, Ph.D.[1], Ali Reza Agha Yousefi, Ph.D.[2], Hossein Zare, Ph.D.[3], Vahid Nejati, Ph.D.[4]

Received: 01.11.2017 Revised: 12.09.2017 Accepted: 01.03.2018

Abstract:

Objective: This study aimed to examine the impact of transcranial direct current stimulation (TDSCS) in the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) on auditory/verbal working memory. **Method:** This research was an experimental study with pretest-posttest design, placebo group, and random assignment. The sample comprised 20 eligible male students with dyslexia aging 8 to 10 years. Two types of simulation (anode and sham) with the current of 1.5 mA for 20 minutes were presented in addition to 15 minutes of phonological awareness training in 10 sessions. The participants were tested with n-back task before and after stimulation. **Results:** Analysis of covariance showed that anode stimulation significantly improved performance in the auditory/verbal dimension of the working memory compared to sham stimulation. **Conclusion:** This study showed that anode stimulation improves performance on tasks involving auditory working memory.

Keywords: *Transcranial direct current stimulation (TDCS), Dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC), Working memory, N-back task*

1. **Corresponding Author**: Ph.D. in Psychology, Department of Psychology, Payame Noor University, Tehran, Iran. (**Email:** lila_bm7@yahoo.com)
2. Associate Professor, Department of Psychology, Payame Noor University, Tehran, Iran.
3. Professor, Department of Psychology, Payame Noor University, Tehran, Iran
4. Associate Professor, Department of Clinical Psychology and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

مقدمه

مهارت خواندن یکی از مهارت‌های اساسی است که ما را در دریافت و درک اطلاعات و مفاهیم جدید یاری می‌دهد و نمایندهٔ بسیاری از فرایندهای دیگر در شناخت آدمی است. (انجمن علوم تربیتی[1]، ۲۰۰۷) با این حال تعداد زیادی از کودکان در هنگام ورود به مدرسه در این زمینه مشکل دارند و دچار نارساخوانی هستند. نارساخوانی از طریق ناتوانی در شناسایی کلمات، درک مطلب ضعیف و خواندن پرغلط و کند به‌رغم داشتن هوش طبیعی مشخص می‌گردد و به‌طور قابل ملاحظه‌ای بر پیشرفت تحصیلی یا فعالیت‌های روزانه که مستلزم مهارت‌های خواندن است، تأثیر می‌گذارد. (رضاعی، ۱۳۹۱) این اختلال که ۱۰ تا ۱۵ درصد از کودکان سن مدرسه را درگیر می‌کند (ولوتینو، فلتچر، اسنولینگ و اسکنلون، ۲۰۰۴)، عوامل متعددی در شکل‌گیری آن نقش دارد که از آن جمله می‌توان به عوامل ژنتیکی، عصب‌شناختی، شناختی و محیطی اشاره کرد. (رضاعی، ۱۳۹۱) بررسی پژوهش‌های انجام شده در حوزهٔ نارساخوانی حاکی از آن است که سلامت و اختلال در عملکرد حافظهٔ کاری[2] (حافظهٔ کاری) در ابتلا یا عدم ابتلا به اختلال خواندن[3] سهم بسزایی دارد. حافظهٔ کاری ناحیهٔ قابل توجهی از حافظه برای یادگیری است و مسئولیت موقت ذخیره‌سازی اطلاعات را جهت انجام پردازش شناختی به عهده دارد. مشکلات حافظهٔ کاری باعث عدم پردازش مناسب، ساخت جملهٔ طولانی و مشکل در درک آن می‌شود. در این مطالعه به بررسی نقش مؤلفهٔ شنیداری/کلامی حافظهٔ کاری در اختلالات خواندن پرداخته می‌شود. طبق نتایج مطالعات چیاپه، سیگل و هاشر (۲۰۰۰)، لی‌سوانسون، هووارد و سائز (۲۰۰۶)، جفریز و اِورات (۲۰۰۴)، برونسان (۲۰۰۲)، افراد مبتلا به نارساخوانی، مهارت‌های ضعیف‌تری در بعد کلامی حافظهٔ کاری نسبت به بعد دیداری/ فضایی آن دارند.

مطالعهٔ شریفی، زارع و حیدری (۱۳۹۲) بر وجـود تفاوت معنادار بین حافظه کاری دانش‌آموزان نارساخوان در مقایسه با دانش‌آموزان عادی دلالت دارد. پژوهش‌های نوو و برزنیتز (۲۰۱۱)، ماسورا (۲۰۰۶)، روسلی، متیو، پینتو و آردیلا (۲۰۰۶)، گدرکول، آلاوی، ویلیس و آدامز (۲۰۰۶)، جفریز و اِورات (۲۰۰۴)، کریمی و عسکری (۱۳۹۲)، میکائیلی (۱۳۸۴) بیانگر وجود تفاوت معنادار در عملکرد حافظه کاری کودکان مبتلا به نارساخوانی در مقایسه با کودکان عادی است.

برای بهبود حافظه کاری، روش‌های متعددی از جمله درمان‌های شناختی، رفتاری، نوروفیدبک و بیوفیدبک وجود دارد. در این پژوهش از درمان‌های شناختی به آگاهی واج‌شناختی و از درمان‌های نوظهور عصب‌شناختی به تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه[4] پرداخته شده است.

آگاهی واج‌شناختی[5] یکی از مهارت‌های فرازبانی است و به آگاهی فرد از صداهای سازنده کلمه اطلاق می‌گردد. به عبارت دیگر آگاهی واج‌شناختی، به معنای دانستن این است که یک کلمه از چندهجا درست شده یا اولین آوای آن چیست. این وقوف و آگاهی به مهارت خواندن می‌انجامد و نشان می‌دهد که میان کلمات نوشته شده و کلمات گفته شده رابطه و تناسبی وجود دارد. (دستجردی کاظمی و سلیمانی، ۱۳۸۵)

مطالعه واگنر (به نقل از میکائیلی و فراهانی، ۱۳۸۴)، نشان داد بین آگاهی واج‌شناختی و خواندن ارتباط مثبت معناداری وجود دارد. به‌طوری‌که مهارت پایین با ضعف در آگاهی واج‌شناختی یا ضعف در خواندن همراه است. بررسی مطالعات انجام شده دربارهٔ آگاهی واج‌شناختی و حافظه کاری نشان داد در مطالعات انجام شده هیچ پژوهشی مستقیماً این اثربخشی را در مؤلفه شنیداری/ کلامی حافظه کاری نسنجیده است، اما مطالعات کرمی، عباسی و زکی‌یی(۱۳۹۲)، پیرزادی، غباری بناب، شکوهی یکتا، یاریاری، حسن‌زاده و شریفی (۱۳۹۱)، سلیمانی (۱۳۸۹)، فصیحانی‌فرد (۱۳۸۹)، فیاضی (۱۳۸۸)،

مستقیم‌زاده و سلیمانی (۱۳۸۴) و میکائیلی و فراهانی (۱۳۸۴) وجود ارتباط مثبت و معنادار بین آموزش آگاهی واج‌شناختی و مهارت خواندن را نشان می‌دهند.

در این پژوهش علاوه بر آموزش آگاهی واج‌شناختی که یک درمان شناختی است از درمان‌های نوظهور عصب‌شناسی[۶] نیز در بهبود حافظه کاری بهره گرفته می‌شود. این علم با کمک تصویربرداری مغز، نقاط حساس به هر عملکرد، کنش و واکنش را مشخص و با روش‌ها و فنون جدید خود، به تحریک آن نقطه در جهت هدف (افزایش یا کاهش آن کنش) اقدام می‌کند. (تامسون، دوروک، ماسکیو و کروتی، ۲۰۱۵) مطالعات تصویربرداری کارکردی در دو دهۀ اخیر نشان دادند نیمکرۀ چپ، لوب گیجگاهی (اسپیرونلی، پنولازی و انگریلی، ۲۰۰۸؛ لیون، شی‌ویتز و شی‌ویتز، ۲۰۰۳)، لوب پیشانی تحتانی و به‌خصوص نواحی خلفی آن (تورکلتاب، گاریو، فلوورز، زفیرو و ادن، ۲۰۰۳؛ مارتین، اسچورز، کرونبیچلر و ری‌چلان، ۲۰۱۵) در خواندن نقش مهمی دارند. یافته‌های شی‌ویتز، مؤدی و شی‌ویتز (۲۰۰۶)، هوف و همکاران (۲۰۰۶)، مک‌کندلیس و نوبل (۲۰۰۳)، پائولس و همکاران (۲۰۰۱)، رامسی و همکاران (۱۹۹۲)، هورویتز، رامسی و دونهیو (۱۹۹۸) نشان داد نواحی پیشانی تحتانی و خلفی نیمکرۀ چپ افرادی که در خواندن با مشکلاتی روبه‌رو هستند، غیرفعال است. علاوه بر این، پژوهش‌های مک‌کندلیس و نوبل (۲۰۰۳)، سنداک، منسل، فروست و پوگ (۲۰۰۴)، میلن، سینگنیوتیز، جکسون و کوربالیز (۲۰۰۲)، فین و همکاران (۲۰۱۴) بر نقش نواحی شکنج قدامی نیمکرۀ چپ بر نارساخوانی تأکید نمودند.

یکی از این فنون که اثربخشی آن در درمان بیماری‌های مختلف تأیید گردیده، تحریک مستقیم الکتریکی جمجمه است. این روش درمانی، از جمله روش‌های غیرتهاجمی است که برای تحریک عملکرد نورون‌ها در مغز بر پایه قابلیت میدان مغناطیسی در عبور از جمجمه و پرده‌های مغزی و در نتیجه القای جریان الکتریکی در بافت مغز بنا نهاده شده است. بررسی پژوهش‌های انجام شده با استفاده از این روش بر بهبود حافظۀ کاری افراد نارساخوان، نشان می‌دهد که در این زمینه پژوهش‌های اندکی در جامعه جهانی انجام شده است، اما همان تعداد مطالعه کم نیز حاکی از اثربخشی این روش درمانی است به‌طوری‌که پژوهش‌های تامسون و همکاران (۲۰۱۵) و هث و لویدر (۲۰۱۵) بر اثربخشی تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه دلالت دارند.

با توجه به پژوهش‌های میرون و لاویدر (۲۰۱۳)، جو، کیم، اوهان، جوین و لی (۲۰۰۹)، مارشال، مولی، سیبنر و بورن (۲۰۰۵)، اسپارینگ، دافوتاکیز، میستر، تراگناناسامبادان و فینک (۲۰۰۸)، فلول، راسر، میچکا، کنچت و بریتنستین (۲۰۰۸) در زمینه اثربخشی تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه بر بهبود حافظۀ کاری و پژوهش آقامحمدی، ارجمندنیا و غباری بناب (۱۳۹۳) در زمینه تأثیر آموزش آگاهی واج‌شناختی بر حافظۀ کاری، در پژوهش حاضر این پرسش مطرح است: آیا تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه و آموزش آگاهی واج‌شناختی بر عملکرد بعد کلامی/ شنیداری حافظه کاری تأثیر دارد؟

روش

جامعه، نمونه و روش نمونه‌گیری

روش تحقیق، آزمایشی و نوع طرح آن، پیش‌آزمون/ پس‌آزمون با گروه پلاسیبو است. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل کلیۀ دانش‌آموزان مراجعه‌کننده به مراکز اختلالات یادگیری دولتی و غیردولتی شهر مشهد در سال تحصیلی ۱۳۹۵ است. نمونه پژوهش شامل ۲۰ دانش‌آموز پسر ۸ تا ۱۰ ساله است که به شیوه نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند و به‌طور تصادفی در دوگروه ۱۰ نفره آزمایش و پلاسیبو قرار گرفتند.

ابزار

آزمون تشخیص خواندن: جهت بررسی وضعیت و اندازه‌گیری متغیرهای میزان درک مطلب و دقت خواندن در پیش‌آزمون و پس‌آزمون از این ابزار استفاده شد. آزمون تشخیصی خواندن، یک آزمون انفرادی و مرکب از آزمون متن‌های خواندن و آزمون‌های تکمیلی است. این آزمون را شیرازی و نیلی‌پور در سال ۱۳۸۳ تدوین کردند. با این آزمون می‌توان سطح خواندن دانش‌آموز را بررسی و در صورت وجود مشکلات خواندن، آن را تحلیل نمود. روایی آزمون از طریق فرم‌های همتا در حد ۹۰ درصد به‌دست آمده و اعتبار آزمون در متن‌های خواندن ۸۷ درصد و سرعت و دقت در متن‌های خوانده شده ۹۴ درصد گزارش شده است. (شیرازی و نیلی‌پور، ۱۳۸۳)

با توجه به اینکه متن‌های خواندن این آزمون روی جمعیت دانش‌آموزان پایه اول ابتدایی اعتباریابی شده است و در پژوهش حاضر، آزمودنی‌های شرکت‌کننده بین پایه دوم و چهارم قرار دارند، لذا از متن‌های خواندن محسن اصغری نکاح که با جمعیت هدف متناسب است به همراه پروتکل آزمون خواندن شیرازی و نیلی‌پور استفاده می‌شود. روایی متن‌های اصغری نکاح مورد تأیید معلمان دبستان قرار گرفته است. (کلانی، اصغری نکاح، و غنایی چمن‌آباد، ۱۳۹۴)

آزمون حافظهٔ کاری ان‌بک[۷]: این آزمون، یک تکلیف سنجش عملکرد شناختی مرتبط با کنش‌های اجرایی است و نخستین بار در سال ۱۹۵۸ توسط کرچنر معرفی شد. از آنجا که این تکلیف شامل نگهداری اطلاعات شناختی و دستکاری آنها می‌گردد، برای ارزیابی حافظهٔ کاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. (کسائیان، کیامنش و بهرامی، ۱۳۹۳) این آزمون دارای دو نوع دیداری و شنیداری است که در نوع شنیداری، تعداد ۱۰۰ محرک شامل اعداد تک‌رقمی به‌صورت متوالی از طریق هدفون متصل به رایانه پخش می‌شوند. از این تعداد ۱۸ محرک هدف و بقیه محرک‌ها غیرهدف هستند. شیوه پاسخ‌دهی به این صورت است که در صورت مشابه بودن هر عدد با عدد قبلی، فرد باید کلید ۱ و در صورت عدم مشابهت کلید ۲ را فشار دهد. با هر بار فشار دادن کلید محرک بعدی شنیده می‌شد. پس از اتمام آزمون، پاسخ‌های فرد که شامل امتیازات حافظه و زمان عکس‌العمل به هر محرک است روی نرم‌افزار ذخیره می‌شود. سپس به هر پاسخ صحیح ۱ نمره مثبت و به هر پاسخ غلط ۰/۵ نمره منفی تعلق می‌گیرد و مجموع آنها محاسبه و به‌عنوان امتیاز حافظه در نظر گرفته می‌شود. (تقی‌زاده، نجاتی، محمدزاده و اکبرزاده باغبان،۱۳۹۳) ضرایب اعتبار این آزمون در دامنه‌ای از ۰/۵۴ تا ۰/۸۴ است که اعتبار بالای آن را نشان می‌دهد. روایی آن به‌عنوان شاخص سنجش عملکرد حافظهٔ کاری بسیار قابل قبول است. (کین، کن‌وی، میورا و کلفلش، ۲۰۰۷)

ماتریس‌های پیشروندهٔ ریون کودکان: آزمون ماتریس‌های پیشروندهٔ ریون کودکان توسط ریون در سال ۱۹۴۷ تدوین گردید. این آزمون، ۳۶ تصویر دارد و در سال ۱۳۷۱ توسط براهنی و همکاران روی ۷۲۵ کودک گروه سنی ۵ تا ۱۱سال شهر تهران اعتباریابی شد. روایی همزمان این آزمون با آزمون بندرگشتالت در دامنه‌ای از ۰/۵۲ تا ۰/۷۵ بود، پایایی این آزمون به روش بازآزمایی در دامنه‌ای از ۰/۶۹ تا ۰/۹۱ و به روش دو نیمه کردن در دامنه‌ای از ۰/۸۰ تا ۰/۹۳ برای گروه‌های سنی مختلف به‌دست آمد. این آزمون دو فرم دارد که هر دو به‌صورت فردی و انتزاعی تهیه شده است. آزمون ریون از ماتریس‌ها یا سری تصاویر انتزاعی تشکیل شده که یک توالی منطقی را به‌وجود می‌آورند و با درجهٔ دشواری فزاینده‌ای مرتب شده‌اند. آزمودنی باید از میان ۶ تا ۸ تصویر جداگانهٔ پایین، تصویری را انتخاب کند که ماتریس بالایی را کامل کند. تجزیه و تحلیل نتایج این آزمون نشان می‌دهد که اعتبار این آزمون در تشخیص عامل G (هوش کلی) بسیار بالا است. (کرمی، ۱۳۷۹)

تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه:
تحریک مغز از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی، یک فناوری نسبتاً قدیمی است که کاربرد آن دوباره رایج گردیده است، به‌طوری‌که مرور مقالات روز دنیا بیانگر کاربرد آن در طیف گسترده‌ای از بیماری‌های مغزی و از جمله اختلالات یادگیری است. (اختیاری و پرهیزگار، ۱۳۸۷) این درمان، با استفاده از دستگاهی انجام می‌گردد که به همین نام شهرت دارد. دستگاه مذکور یک دستگاه کوچک تحریک‌کنندهٔ مغز است که از طریق اتصال الکترودهایی با قطبیت متفاوت (آند، فعال‌کننده و کاتد، بازدارنده) که روی پوست سر نصب می‌شوند، جریان ثابت الکتریکی را از روی جمجمه به مغز منتقل می‌کند. الکترودها، کربنی و رسانا هستند و برای جلوگیری از واکنش شیمیایی نقطهٔ تماس بین الکترود و پوست، درون اسفنج‌های مصنوعی آغشته به سالین قرار داده می‌شوند. (آذری پیشکناری، ۱۳۹۰) ابعاد الکترودها در این آزمون ۵×۵ سانتی‌متر بود. الکترودها در این مطالعه، با شدت ۱/۵میلی‌آمپر به مدت ۲۰ دقیقه در هر جلسه، روی ناحیه قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی نمیکرهٔ چپ قرار گرفتند.

روش اجرا
پس از مراجعه به کلینیک‌های اختلال یادگیری دولتی و غیردولتی در سطح شهر مشهد، و درخواست نمونه برای انجام این مطالعه، مراکز اختلالات یادگیری مشهد با توجه به معیارهای ورود به مطالعه ۳۲ پسر نارساخوان ۸ تا ۱۰ ساله را به محقق معرفی نمودند. این دانش‌آموزان، پس از ارزیابی جامع روان‌شناس مراکز اختلال یادگیری و انجام آزمون هوش وکسلر و بندر گشتالت، به محقق معرفی شدند. سپس روان‌پزشک مرکز مشاوره (مرکز اجرای تحقیق) بر اساس مشاهده و شرح حال بالینی، دارا بودن معیارهای دی‌اس‌ام-۵ و آزمون نشانه‌های مرضی کودک [8] تشخیص افتراقی را انجام داد تا به این طریق دانش‌آموزانی که دارای مشکلات شدید اضطرابی، افسردگی حاد، بیش‌فعالی، نافرمانی مقابله‌ای و... هستند، تمییز داده و از مطالعه خارج شوند. پس از آن محقق داشتن نمرهٔ لازم در پروتکل آزمون خواندن شیرازی و نیلی‌پور را مورد بررسی قرار داد. سپس آزمون ماتریس‌های پیشرونده ریون کودکان جهت کنترل متغیر هوش (پذیرش افراد با نمره هوشی بین ۹۰ تا ۱۱۰) و آزمون حافظه کاری ان‌بک برگزار شد. در نهایت ۲۰ نفر از دانش‌آموزان از مجموع نفراتی که معیارهای ورود به مطالعه را داشتند، انتخاب شدند و سپس نقطه کورتکس پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ برای ارائه تحریک مستقیم توسط متخصص تعیین گردید. تحریک مستقیم به همراه آموزش‌های مربوط به آگاهی واج‌شناختی در ۱۰ جلسهٔ ۳۵ دقیقه‌ای به صورت انفرادی ارائه گردید. به گروه آزمایش ۲۰ دقیقه اول تحریک مستقیم، با شدت ۱/۵میلی‌آمپر به صورت آندی به همراه تکلیف آگاهی واج‌شناختی ارائه گردید و بعد از اتمام ارائه تحریک مستقیم، در ۱۵ دقیقه باقی‌مانده، ادامه تکلیف آگاهی واج‌شناختی داده شد. به گروه گواه، ۳۵ دقیقه تکلیف آگاهی واج‌شناختی بدون انجام تحریک مستقیم ارائه شد. در پژوهش حاضر، پژوهشگر شخصاً به ارائهٔ تحریک مستقیم، با دستگاه شرکت مایند الایو اقدام نمود.

چهارچوب کلی بستهٔ آموزشی آگاهی واج‌شناختی از برنامهٔ آموزشی وزارت آموزش و پرورش ایالت ویرجینیا اقتباس شده است. این بستهٔ آموزشی در ایران توسط فرخ‌نیا، حسینی، یزدان‌دوست و صمیمی با نظارت باعزت (۱۳۸۷؛ به نقل از فهیمی، ۱۳۸۸)، در دانشگاه شهید بهشتی و با توجه به ویژگی‌های زبان فارسی معادل‌سازی شده است. مؤلفه‌های مهم آگاهی واجی این بسته آموزشی عبارت‌اند از: آگاهی واجی، آگاهی از قافیه، آگاهی از واژه و آگاهی از جمله.

مراحل آمـوزش بسته آموزشی آگاهی واج‌شناسـی

به شرح زیر است:

- گوش دادن: توانایی توجه به صداهای گفتاری و غیرگفتاری محیط و تشخیص آنها از یکدیگر؛
- تشخیص و تولید کلمات هم‌قافیه: توانایی تشخیص کلماتی که صدای آخرشان همانند و مشابه است مثل بخت و تخت؛
- آگاهی واژه: آگاهی از اینکه جملات از واژه‌ها تشکیل شده‌اند و این واژه‌ها می‌توانند دستکاری و جابجا شوند؛
- آگاهی هجایی: توانایی شنیدن بخش بخش واج‌ها که نظم‌واژه را در بردارند؛ و
- آگاهی واجی: توانایی تشخیص، دستکاری کردن و توجه به صداهایی که نمایانگر حروف در زبان فارسی هستند.

یافته‌ها

تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از آزمون آماری تحلیل کوواریانس انجام شد. در صورت عدم رعایت مفروضه‌های این آزمون آماری از آزمون مقایسه میانگین‌های دو گروه مستقل با مقایسه (نمرات اختلافی پیش‌آزمون از پس‌آزمون آزمودنی‌های دو گروه)، با استفاده از نسخه نوزدهم نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس استفاده گردید.

جدول ۱. شاخص‌های آزمون تحلیل کوواریانس یک‌راهه

منابع	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجموع مجذورات	F	سطح معناداری
اثر پیش‌آزمون	۳۰/۴۶۹	۱	۳۰/۴۶۹	۵/۵۸۶	۰/۰۳۰
اثر گروه	۲۲۲/۴۴۴	۱	۲۲۲/۴۴۴	۴/۷۸۰	۰/۰۰۰۱
خطا	۹۲/۷۳۱	۱۷	۵/۴۵۵		
کل	۷۱۸۶/۰۰۰	۲۰			
کل اصلاح شده	۳۴۱/۰۰۰	۱۹			

نتایج حاصل از تحلیل کوواریانس یک‌راهه در جدول فوق نشان می‌دهد:

۱. رابطه بین متغیر تصادفی و وابسته، یک رابطهٔ خطی است (۰/۰۵ >P، ۵/۵۸۶= F).

۲. پس از تعدیل نمرات پیش‌آزمون، اثر عامل بین آزمودنی‌ها یعنی گروه معنادار است (۰/۰۵ >P، ۴/۷۸۰ =F).

۳. در مجموع نتایج نشان‌دهنده اثربخشی ارائهٔ متغیر مستقل بوده است، اما اینکه اثربخشی در کدام گروه بیشتر بوده، نیاز به انجام آزمون معناداری دارد که نتایج آن در جدول ذیل ارائه شده است.

جدول ۲. شاخص‌های توصیفی میانگین‌های تعدیل شده و آزمون معناداری مقایسه میانگین‌ها

گروه‌ها	میانگین‌های تعدیل شده		آزمون معناداری مقایسه میانگین‌ها				
	قبل از حذف اثر متغیر تصادفی	بعد از حذف اثر متغیر تصادفی	تفاضل میانگین‌ها	خطای معیار	سطح معناداری	حدود فاصله اطمینان با ۹۵ درصد	
						حد پایین	حد بالا
عدم ارائهٔ تحریک مستقیم	۱۵/۲۰	۱۵/۱۶۴	-۶/۶۷۳*	۱/۰۴۵	۰/۰۰۰۱	-۸/۸۷۸	-۴/۴۶۸
ارائهٔ تحریک مستقیم	۲۱/۸۰	۲۱/۸۳۶					

میانگین‌های تعدیل‌شده نشان می‌دهد گروه آموزش آگاهی واج‌شناختی به همراه دریافت تحریک مستقیم، در مقایسه با گروه آموزش آگاهی واج‌شناختی بدون دریافت تحریک مستقیم، در بخش شنیداری حافظهٔ کاری نمرات بالاتری را دریافت نمودند. همچنین آزمون معناداری مقایسهٔ میانگین‌ها

نشان می‌دهد گروهی که تحریک مستقیم را دریافت کردند از گروهی که تحریک مستقیم را دریافت نکردند، نمرات بالاتری گرفتند. بنابراین ارائهٔ تحریک مستقیم می‌تواند بعد شنیداری حافظهٔ کاری را بهبود بخشد.

بحث و نتیجه‌گیری

حافظهٔ کاری به سیستمی اشاره دارد که مسئول دستکاری و ذخیره‌سازی موقت اطلاعات است. گدرکول و همکاران (۲۰۰۶) بر این باورند که حافظهٔ کاری یک فضای کاری ذهنی است که می‌تواند به‌طور انعطاف‌پذیر برای حمایت از فعالیت‌های شناختی روزانه که نیاز به پردازش و ذخیره‌سازی دارد، مورد استفاده قرار گیرد. این حافظه یکی از فرایندهای شناختی مهم است که زیربنای تفکر و یادگیری بوده، در ناتونی‌های یادگیری از جمله نارساخوانی نقش حساسی دارد. (ماسورا، ۲۰۰۶) آسیب به حافظه کاری یکی از علل اصلی ابتلاء به اختلالات روانی و نورولوژیکی مانند هانتینگتون، پارکینسون، آلزایمر، افسردگی، اسکیزوفرنی، و اختلالات یادگیری از جمله اختلال خواندن است. (باجیو، فروسی، ریگانیتی، نیتزچه، پاسکول لئونی و فرگنی، ۲۰۰۶) آسیب به حافظه کاری که یک آسیب شناختی محسوب می‌شود به‌سختی قابل درمان است. رویکردهای سنتی مانند دارودرمانی و توان‌بخشی، پیشرفت محدودی در این زمینه داشته‌اند. (لیبتانز، نیتزچه، تراگو و پائولوس، ۲۰۰۲) درمان‌های مغناطیسی که محصول رشد فناوری در زمینه علوم عصب‌شناختی است، از جمله رویکردهای نوین درمانی به‌شمار می‌روند. مطالعات تصویربرداری عصبی، قشر پیش‌پیشانی و به‌خصوص قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی مغز[9] (نواحی ۹ و ۴۶ برودمن) را به‌عنوان ناحیهٔ مهم و حیاتی درگیر در فرایندها و کمبودهای حافظه کاری مشخص نموده‌اند.

یکی از فنون درمانی عصب‌شناختی، تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه است. در این روش یک تغییر کند در طی استراحت پتانسیل سلول‌های تحریک شده ایجاد می‌شود (کروتزفلد، فرام و کاپ، ۱۹۶۲) و پردازش اطلاعات را به‌وسیله قطبی‌های نزدیک نورون‌های مغز بهبود می‌بخشد. در تحریک مستقیم، جریان الکتریسیته دارای قطبیت ضعیف و کوتاه را از طریق یک جفت الکترود به قشر منتقل می‌کنند و بر طبق قطبیت مسیر جریان، قابلیت تحریک‌پذیری مغز می‌تواند از طریق تحریک آندی افزایش یابد و یا از طریق تحریک کاتدی، کاهش پیدا کند. (فرگنی و همکاران، ۲۰۰۵).

این مطالعه با هدف بررسی اثربخشی تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه، به همراه آموزش آگاهی واج‌شناختی بر بهبود بعد شنیداری حافظهٔ کاری انجام گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که ۱۰ جلسهٔ ۳۵ دقیقه‌ای (۲۰ دقیقه تحریک مستقیم ۱/۵ میلی‌آمپری آندی بر ناحیه قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ، و ۱۵ دقیقه آموزش آگاهی واج‌شناختی)، به میزان چشمگیری باعث افزایش عملکرد بعد شنیداری/ کلامی حافظهٔ کاری در افراد نارساخوان در مقایسه با دریافت تحریک مستقیم ساختگی به همراه آموزش آگاهی واج‌شناختی می‌شود. تحریک آندی با افزایش نمره در تکلیف ان‌بک شنیداری در گروه آزمایش نسبت به گروه گواه همراه بود.

این نتایج با یافته‌های تگزیرا-ساناتوس، نافی، سامپایو، لیت و کاروالهو (۲۰۱۵)، ماتزن و ترومبو (۲۰۱۴)، برینگر، مکر، دکارت، ویلرینگر و پلگر (۲۰۱۳)، مالکوییني، هوی، داسکالاسکی و فیتزجرالد (۲۰۱۱)، اوهن و همکاران (۲۰۰۸)، اندریوز، هوی، اینتی‌کات، دسکالاکیز و فیتزجرالد (۲۰۱۱)، فرگنی و همکاران (۲۰۰۵) هم‌سو است. مطالعه مرور سیستماتیک تگزیرا-ساناتوس و همکاران (۲۰۱۵) نیز با نتایج پژوهش حاضر هم‌سو است و با مطالعه حاضر

در استفاده از تکلیف ان‌بک وجه اشتراک دارد. همچنین نتایج مطالعه ماتزن و ترومبو (۲۰۱۴) در زمینه بهبود بخش کلامی حافظه کاری هم‌سو با مطالعه حاضر بود. وجه اشتراک مطالعه ماتزن و ترومبو (۲۰۱۴) با مطالعه حاضر در استفاده از تکلیف ان‌بک است.

مطالعه مالکوییني و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد تحریک آندی، برخی جنبه‌های کارکردی قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی را بهبود می‌بخشد. این یافته‌ها با نتایج مطالعه حاضر همخوان هستند، هرچند از شدت جریان کمتری یعنی ۱ میلی‌آمپر، نسبت به ۱/۵ میلی‌آمپری و از تکلیف ان‌بک (۱ عدد به عقب) به جای ان‌بک استفاده شده بود. بهبود حافظه کاری در مطالعه اوهن و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش گردید. وجه اشتراک مطالعه آنها با مطالعه حاضر، طول مدت برابر ارائه تحریک (۲۰ دقیقه)، است وجه تفاوت آنها در استفاده از شدت جریان کندتر (۱ میلی‌آمپری) و تکلیف ان‌بک (۳ عدد به عقب) است. در حالی‌که در این مطالعه شدت جریان ۱/۵میلی‌آمپر است و از تکلیف ان‌بک استفاده گردید. مطالعه فرگنی و همکاران (۲۰۰۵)، با نتایج این پژوهش هم‌سو است. آنها در مطالعه خود به‌جای استفاده از تکلیف ان‌بک از تکلیف دشوارتری به نام تکلیف ان‌بک (۳عدد به عقب) و از شدت جریان کمتری یعنی ۱ میلی‌آمپری استفاده کردند. به‌طوری‌که نتایج آنها بر تحریک آندی فعال ناحیه پری‌فرونتال چپ، نه تحریک کاتدی آن، در مقایسه با تحریک ساختگی، با افزایش دقت در انجام صحیح عملکرد دلالت داشت.

از طرف دیگر مطالعات اخیر نشان می‌دهد که در طول تکلیف مرتبط با حافظه کاری، دوپامین در نواحی پیش‌پیشانی افزایش می‌یابد. (باجیو و همکاران، ۲۰۰۶) دوپامین به‌عنوان یک عامل بالقوه در شکل‌پذیری سیناپس و مکانیسم‌های حافظه معرفی شده است. در مورد نقش دوپامین در حافظه و یادگیری شواهد فارماکولوژی وجود دارد، جلوگیری از برداشت دوپامین، یادگیری را بهبود می‌بخشد و رهاسازی استیل کولین از هیپوکامپ را افزایش می‌دهد. (زرین‌دست و رادگودرزی، ۱۳۸۳) افزایش تحریک‌پذیری سطحی در کرتکس پیش‌پیشانی موجب افزایش در رهاسازی دوپامین می‌گردد که خود موجب بهبود عملکرد حافظهٔ کاری می‌شود. با توجه به اینکه گیرنده‌های دوپامین، اولین بار در نواحی قشر جلویی مغز شناسایی شدند (براتی دوم، درویشی، حیدربیگی، ۱۳۹۵)، ممکن است تحریک دوپامینرژیک برای حفظ فعالیت کرتکس پیش‌پیشانی و فرایندهای حافظهٔ کاری ضروری باشد. بنابراین تحریک مستقیم آندی موجب آثار بهبود تحریکی می‌شود که شاید سطوح گلوتامات، آمینواسید مرتبط با حافظهٔ کاری، بازشناسی حافظه و یادگیری محرک-پاسخ را افزایش می‌دهد. (اولیویرا زاناووو همکاران، ۲۰۱۳)

در توضیح این فرایند و تأثیر آن بر بهبود نارساخوانی می‌توان گفت زمانی که سطح دوپامین در ناحیه قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ افزایش می‌یابد، پردازش‌های مربوط به حافظهٔ کاری بهبود پیدا می‌کند و به دنبال آن زمانی که فرد نارساخوان تحت تکالیف شناختی قرار می‌گیرد، از یک‌سو می‌تواند کدهای بین شکل حروف و صداهای آنها را دقیق‌تر رمزگشایی کند و به‌دنبال آن هجا و کلمه را بخواند و از سوی دیگر می‌تواند با درک معنی و مفهوم کلمات خوانده شده، درک درستی از متن داشته باشد که این روند به چرخه بهبود نارساخوانی کمک می‌کند.

در تبیین چگونگی تأثیر تحریک مستقیم بر قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ، می‌توان گفت که ارائه تحریک مستقیم با تغییر تحریک‌پذیری نورون‌ها و جابجایی پتانسیل غشای نورون‌های سطحی در جهت دپولاریزاسیون یا هایپرپولاریزاسیون، باعث شلیک بیشتر یا کمتر سلول‌های مغز می‌شود. در مطالعه

حاضر، قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ از طریق یک جریان الکتریکی ضعیف به شیوهٔ غیرتهاجمی مورد تحریک قرار گرفت. تحریک مستقیم به منظور تغییر تحریک‌پذیری قشری در ناحیهٔ قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی انجام می‌شود که در نتیجه آن، کارکرد نورون‌های مغز، افزایش یا کاهش می‌یابد. (بیات مختاری، آقایوسفی، زارع، نجاتی، ۱۳۹۶)

در تبیینی دیگر بر بهبود حافظه کاری باید به مطالعه جوادی و چنگ (۲۰۱۳) اشاره کنیم. آنها در مطالعه خود نشان دادند تحریک شدن نواحی دیگر مغز می‌تواند با تحریک ناحیه قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ در ارتباط باشد، به‌طوری‌که باعث بهبود مهارت‌های برنامه‌ریزی، توانایی یادگیری و سیالی کلامی شود که هر کدام از این موارد با تقویت حافظه مرتبط هستند.

مطالعه حاضر در مجموع با نتایج مطالعات انجام شده در گذشته هم‌سو بود و تأییدی بر اثربخشی تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه بر بهبود عملکرد بعد شنیداری حافظه کاری است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه دکتری نویسنده مسئول در سال تحصیلی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ است که تحت نظر استادان محترم دانشگاه‌های پیام نور و شهید بهشتی تهران انجام شده است. در پایان از مسئولان مراکز اختلال یادگیری سوم شعبان، بهارستان و ایمان شهر مشهد و کودکان شرکت‌کننده در پژوهش و والدین آنها سپاسگزاری می‌کنیم.

پی‌نوشت‌ها

1. Ministry of Education
2. working memory
3. reading disability
4. transcranial direct current stimulation
5. phonological awareness
6. neuroscience
7. N-Back
8. Children Symptom Inventory-4
9. dorsolateral prefrontal cortex

منابع

آذری پیشکناری، ل. (۱۳۹۰). *تأثیر ناحیهٔ میانی قشر پیش‌پیشانی بر قضاوت زیبایی شناختی با استفاده از روش تحریک الکتریکی مستقیم مغز از روی جمجمه (tDCS)* (پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد). پژوهشکدهٔ علوم شناختی.

آقامحمدی، س. ن.، ارجمندنیا، ع. ا.، و غباری بناب، ب. (۱۳۹۳). بررسی تأثیر آموزش آگاهی واج‌شناختی بر عملکرد حلقهٔ واج‌شناختی حافظهٔ فعال در دانش‌آموزان دارای مشکلات خواندن. *فصلنامهٔ کودکان استثنایی، ۱۴*(۴)، ۴۷-۵۸.

اختیاری، ح.، و پرهیزگار، س. ا. (۱۳۸۷). تحریک مغز از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی یا TDCS: ابزاری کارآمد در انجام مداخلات غیرتهاجمی در اعتیاد و بیماری‌های مختلف مغزی. *فصلنامهٔ اعتیاد، ۱*(۶)، ۱۶-۲۲.

براتی دوم، پ.، درویشی، م.، و حیدربیگی، خ. (۱۳۹۵). تغییرات عصبی در اختلال شناختی. *مجله شفای خاتم*، ۴(۴)، ۹۹-۱۱۵.

بیات مختاری، ل.، آقایوسفی، ع. ر.، زارع، ح.، و نجاتی، و. (۱۳۹۶). تأثیر تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه (TDCS) و آموزش آگاهی واج شناختی یر بهبود عملکرد بعد دیداری حافظه کاری کودکان نارساخوان. *فصلنامه عصب روانشناسی، ۳*(۲)، ۵۰-۶۷.

پیرزادی، ح.، غباری بناب، ب.، شکوهی یکتا، م.، یاریاری، ف.، حسن‌زاده، س.، و شریفی، ا. (۱۳۹۱). تأثیر آموزش مستقیم آگاهی واجی بر پیشرفت مهارت خواندن دانش‌آموزان مبتلا به اختلال خواندن (گزارش موردی). *مجله علمی پژوهشی شنوایی‌سنجی، ۲۱*(۱)، ۸۳-۹۳.

تقی‌زاده، ط.، نجاتی، و.، محمدزاده، ع.، و اکبرزاده باغبان، ع. (۱۳۹۳). بررسی سیر تحولی حافظه کاری شنیداری و دیداری در دانش‌آموزان مقطع ابتدایی. *پژوهش در علوم توانبخشی، ۱۰*(۲)، ۲۳۹-۲۴۹.

دستجردی کاظمی، م.، و سلیمانی، ز. (۱۳۸۵). آگاهی واج‌شناختی چیست؟ *پژوهش در حیطهٔ کودکان استثنایی، ۶*(۴)، ۹۳۱-۹۵۴.

زرین‌دست، م. ر.، و رادگودرزی، ر. (۱۳۸۲). نوروترانسمیترها و شناخت. *فصلنامه تازه‌های علوم شناختی، ۵*(۳)، ۵۵-۶۹.

سادوک، ب. ج.، و سادوک، و. آ. (۱۳۹۱). *خلاصهٔ روان‌پزشکی: علوم رفتاری و روان‌پزشکی بالینی* (ترجمه فرزین رضاعی). تهران: انتشارات ارجمند.

سلیمانی، ز. (۱۳۸۹). آزمون آگاهی واج‌شناختی و ویژگی‌های روان‌سنجی آن. *پژوهشکدهٔ کودکان استثنائی، ۵*(۲)، ۵۸-۶۵.

شریفی، ع. ا.، زارع، ح.، و حیدری، م. (۱۳۹۲). مقایسهٔ حافظهٔ فعال بین دانش‌آموزان نارساخوان و دانش‌آموزان عادی، *مجلهٔ ناتوانی‌های یادگیری، ۲*(۱)، ۶-۱۷.

شیرازی، ط. س.، و نیلی‌پور، ر. (۱۳۸۳). طراحی و معیاریابی آزمون تشخیصی خواندن. *مجلهٔ توانبخشی، ۵*(۲-۱)، ۷-۱۱.

فصیحانی‌فرد، س. (۱۳۸۹). اثربخشی سه روش آموزشی-اصلاحی مبتنی بر مدل پردازش واج‌شناختی بر سرعت و صحت خواندن دانش‌آموزان نارساخوان مقطع ابتدایی. *مجلهٔ کودکان استثنایی، ۱۰* (۳)، ۲۶۹-۲۸۲.

فهیمی، ح. (۱۳۸۸). *تأثیر بستهٔ آموزش آگاهی واج‌شناختی (PA)، بر تقویت آگاهی واجی و کارآمدی خواندن دانش‌آموزان مبتلا به نارساخوانی* (پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد). دانشگاه شهید بهشتی.

فیاضی، ل. (۱۳۸۸). اجرای آزمون آگاهی واج‌شناختی و آموزش مهارت آگاهی واج‌شناختی در دانش‌آموزان دبستانی دارای آسیب شنوایی باغچه‌بان ۱ تهران. *مجلهٔ تعلیم و تربیت استثنایی*، ۹۵(۹۶)، ۳۲-۳۹.

کلانی، س.، اصغری نکاح، س. م.، و غنایی چمن‌آباد، ع. (۱۳۹۴). اثربخشی برنامه‌ی‌مبتنی بر بازی‌های نرم‌افزاری با رویکرد شناختی بر دقت خواندن و درک مطلب دانش‌آموزان با اختلال خواندن. *فصلنامهٔ ناتوانی‌های یادگیری*، ۴(۴)، ۶۶-۸۴.

کرمی، ج.، عباسی، ز.، و زکی‌یی، ع. (۱۳۹۲). تأثیر آموزش آگاهی واج‌شناختی بر سرعت، دقت و درک مطلب دانش‌آموزان نارساخوان. *مجلهٔ ناتوانی‌های یادگیری*، ۲(۳)، ۳۸-۵۳.

کرمی، ا. (۱۳۷۹). *اندازه‌گیری هوش کودک*. تهران.

کریمی، س.، و عسکری، س. (۱۳۹۲). اثربخشی آموزش راهبردهای حافظهٔ فعال بر بهبود عملکرد خواندن دانش‌آموزان نارساخوان. *مجلهٔ ناتوانی‌های یادگیری*، ۳(۱)، ۷۹-۹۰.

کسائیان، ک.، کیامنش، ع. ر.، و بهرامی، ه. (۱۳۹۳). مقایسهٔ عملکرد حافظهٔ فعال و نگهداری توجه دانش‌آموزان با و بدون ناتوانی‌های یادگیری. *مجلهٔ ناتوانی‌های یادگیری*، ۳(۴)، ۱۱۲-۱۲۳.

مستقیم‌زاده، ا.، و سلیمانی، ز. (۱۳۸۴). تأثیر آموزش آگاهی واج‌شناختی بر توانایی خواندن دختران کم‌توان ذهنی پایهٔ دوم دبستان. *مجلهٔ تازه‌های علوم شناختی*، ۷(۲)، ۲۲-۲۸.

میکائیلی، ف.، و فراهانی، م. ن. (۱۳۸۴). بررسی مدل واج‌شناختی خواندن در دانش‌آموزان پسر عادی و نارساخوان دبستانی. *مجلهٔ پژوهش در حیطهٔ کودکان استثنائی*، ۵(۴)، ۳۸۰-۴۱۶.

نجاتی، و.، بهرامی، ه.، آبروان، م.، روبن‌زاده، ش.، و مطیعی، ح. (۱۳۹۲). عملکردهای اجرایی و حافظهٔ کاری در کودکان مبتلا به اختلال کم‌توجهی/بیش‌فعالی و سالم. *مجله دانشگاه علوم پزشکی گرگان*. ۱۵(۳)، ۶۹-۷۶.

نجارزادگان، م.، نجاتی، و.، و امیری، ن. (۱۳۹۵). حافظهٔ کاری شاخصی مؤثر در خطرپذیری کودکان مبتلا به اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی. *دوماهنامهٔ علمی پژوهشی فیض*، ۱۹(۶)، ۵۰۴-۵۱۰.

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.

Boehringer, A., Macher, K., Dukart, J., Villringer, A., & Pleger, B. (2013). Cerebellar transcranial direct current stimulation modulates verbal working memory. *Brain stimulation*, *6*(4), 649-653.

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 sciences*, *249*(1), 31-38.

Chiappe, P., Siegel, L. S., & Hasher, L. (2000). Working memory, inhibitory control, and reading disability. *Memory & cognition*, *28*(1), 8-17.

Creutzfeldt, O. D., Fromm, G. H., & Kapp, H. (1962). Influence of transcortical dc currents on cortical neuronal activity. *Experimental neurology*, *5*(6), 436-452.

Finn, E. S., Shen, X., Holahan, J. M., Scheinost, D., Lacadie, C., Papademetris, X., … & Constable, R. T. (2014). Disruption of functional networks in dyslexia: a whole-brain, data-driven analysis of connectivity. *Biological psychiatry*, *76*(5), 397-404.

Flöel, A., Rösser, N., Michka, O., Knecht, S., & Breitenstein, C. (2008). Noninvasive brain stimulation improves language learning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *20*(8), 1415-1422.

Fregni, F., Boggio, P. S., Nitsche, M., Bermpohl, F., Antal, A., Feredoes, E., ... & Pascual-Leone, A. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Experimental brain research*, *166*(1), 23-30.

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.

Heth, I., & Lavidor, M. (2015). Improved reading measures in adults with dyslexia following transcranial direct current stimulation treatment. *Neuropsychologia*, *70*, 107-113.

Hoeft, F., Hernandez, A., McMillon, G., Taylor-Hill, H., Martindale, J. L., Meyler, A., ... & Whitfield-Gabrieli, S. (2006). Neural basis of dyslexia: a comparison between dyslexic and nondyslexic children equated for reading ability. *Journal of Neuroscience*, *26*(42), 10700-10708.

Horwitz, B., Rumsey, J. M., & Donohue, B. C. (1998). Functional connectivity of the angular gyrus in normal reading and dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *95*(15), 8939-8944.

Javadi, A. H., & Cheng, P. (2013). Transcranial direct current stimulation (tDCS) enhances reconsolidation of long-term memory. *Brain stimulation*, *6*(4), 668-674.

Jeffries, S., & Everatt, J. (2004). Working memory: Its role in dyslexia and other specific learning difficulties. *Dyslexia*, *10*(3), 196-214.

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 & Rehabilitation*, *88*(5), 404-409.

Kane, M. J., Conway, A. R., Miura, T. K., & Colflesh, G. J. (2007). Working memory, attention control, and the N-back task: a question of construct validity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *33*(3), 615.

Lee Swanson, H., Howard, C. B., & Saez, L. (2006). Do different components of working memory underlie different subgroups of reading disabilities?. *Journal of learning disabilities*, *39*(3), 252-269.

Liebetanz, D., Nitsche, M. A., Tergau, F., & Paulus, W. (2002). Pharmacological approach to the mechanisms of transcranial DC-stimulation-induced after-effects of human motor cortex excitability. *Brain*, *125*(10), 2238-2247.

Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of dyslexia*, *53*(1), 1-14.

Marshall, L., Mölle, M., Siebner, H. R., & Born, J. (2005). Bifrontal transcranial direct current stimulation slows reaction time in a working memory task. *BMC neuroscience*, *6*(1), 23.

Martin, A., Schurz, M., Kronbichler, M., & Richlan, F. (2015). Reading in the brain of children and adults: A meta-analysis of 40 functional magnetic resonance imaging studies. *Human brain mapping*, *36*(5), 1963-1981.

Masoura, E. V. (2006). Establishing the link between working memory function and learning disabilities. *Learning disabilities: A contemporary journal*, *4*(2), 29-41.

Matzen, L. E., & Trumbo, M. C. (2014). *Effects of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on Human Memory* (No. SAND2014-18616). Sandia National Laboratories (SNL-NM), Albuquerque, NM (United States).

McCandliss, B. D., & Noble, K. G. (2003). The development of reading impairment: a cognitive neuroscience model. *Developmental Disabilities Research Reviews*, *9*(3), 196-205.

Meiron, O., & Lavidor, M. (2013). Unilateral prefrontal direct current stimulation effects are modulated by working memory load and gender. *Brain stimulation*, *6*(3), 440-447.

Milne, R. D., Syngeniotis, A., Jackson, G., & Corballis, M. C. (2002). Mixed lateralization of phonological assembly in developmental dyslexia. *Neurocase*, *8*(3), 209-209.

Ministry of Education. (2007). Literature review: An international perspective on dyslexia. Wellington, NZ. Retrieved from *http://literacyonline. tki. org. nz/Literacy-Online/Student-needs/Learners-withspecial-education-needs/Dyslexia*

Mulquiney, P. G., Hoy, K. E., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2011). Improving working memory: exploring the effect of transcranial random noise stimulation and transcranial direct current stimulation on the dorsolateral prefrontal cortex. *Clinical Neurophysiology*, *122*(12), 2384-2389.

Nevo, E., & Breznitz, Z. (2011). Assessment of working memory components at 6years of age as predictors of reading achievements a year later. *Journal of experimental child psychology*, *109*(1), 73-90.

Ohn, S. H., Park, C. I., Yoo, W. K., Ko, M. H., Choi, K. P., Kim, G. M., ... & Kim, Y. H. (2008). Time-dependent effect of transcranial direct current stimulation on the enhancement of working memory. *Neuroreport*, *19*(1), 43-47.

Oliveira, J. F., Zanão, T. A., Valiengo, L., Lotufo, P. A., Benseñor, I. M., Fregni, F., & Brunoni, A. R. (2013). Acute working memory improvement after tDCS in antidepressant-free patients with major depressive disorder. *Neuroscience letters*, *537*, 60-64.

Paulesu, E., Démonet, J. F., Fazio, F., McCrory, E., Chanoine, V., Brunswick, N., ... & Frith, U. (2001). Dyslexia: cultural diversity and biological unity. *Science*, *291*(5511), 2165-2167.

Rosselli, M., Matute, E., Pinto, N., & Ardila, A. (2006). Memory abilities in children with subtypes of dyscalculia. *Developmental neuropsychology*, *30*(3), 801-818.

Rumsey, J. M., Andreason, P., Zametkin, A. J., Aquino, T., King, A. C., Hamburger, S. D., ... & Cohen, R. M. (1992). Failure to activate the left temporoparietal cortex in dyslexia: An oxygen 15 positron emission tomographic study. *Archives of Neurology*, *49*(5), 527-534.

Sandak, R., Mencl, W. E., Frost, S. J., & Pugh, K. R. (2004). The neurobiological basis of skilled and impaired reading: Recent findings and new directions. *Scientific Studies of reading*, *8*(3), 273-292.

Shaywitz, S. E., Mody, M., & Shaywitz, B. A. (2006). Neural mechanisms in dyslexia. *Current Directions in Psychological Science*, *15*(6), 278-281.

Sparing, R., Dafotakis, M., Meister, I. G., Thirugnanasambandam, N., & Fink, G. R. (2008). Enhancing language performance with non-invasive brain stimulation—a transcranial direct current stimulation study in healthy humans. *Neuropsychologia*, *46*(1), 261-268.

Spironelli, C., Penolazzi, B., & Angrilli, A. (2008). Dysfunctional hemispheric asymmetry of theta and beta EEG activity during linguistic tasks in developmental dyslexia. *Biological psychology*, *77*(2), 123-131.

Teixeira-Santos, A. C., Nafee, T., Sampaio, A., Leite, J., & Carvalho, S. (2015). Effects of transcranial direct current stimulation on working memory in healthy older adults: a systematic review. *Principles and Practice of Clinical Research*, *1*(3).

Thomson, J. M., Doruk, D., Mascio, B., Fregni, F., & Cerruti, C. (2015). Transcranial direct current stimulation modulates efficiency of reading processes. *Frontiers in human neuroscience*, *9*.

Turkeltaub, P. E., Gareau, L., Flowers, D. L., Zeffiro, T. A., & Eden, G. F. (2003). Development of neural mechanisms for reading. *Nature neuroscience*, *6*(7), 767.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی