

تأثیر تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی مجموعه (tDCS) و آموزش آگاهی واج شناختی بر بهبود عملکرد بعد دیداری حافظه کاری کودکان نارساخوان

*لیلا بیات مختاری^۱، علیرضا آقا یوسفی^۲، حسین زارع^۳، وحید نجاتی^۴

۱. دانشجوی دکتری روانشناسی، دانشگاه پیام نور، ایران.

۲. دانشیار، دانشگاه پیام نور، ایران.

۳. استاد، دانشگاه پیام نور، ایران.

۴. دانشیار، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

(تاریخ وصول: ۹۶/۰۲/۰۲ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۲۸)

The Considering of the Impact of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) and Phonological Awareness Training on Improvement of the Visual Aspect Function of the Working Memory in Children with Dyslexia

*Leila Bayat Mokhtari¹, Alireza Agha Yousefi², Hossein Zare³, Vahid Nejati⁴

1. Ph.D Student of Psychology in Payam Noor University, Iran.

2. Associate Professor in Payam Noor University, Iran.

3. Professor in Payam Noor University, Iran.

4. Associate Professor in Beheshti University, Tehran, Iran

Received: (Apr. 22, 2017)

Accepted: (Jun. 18, 2017)

Abstract:

Introduction: This survey was done in order to consider the impact of transcranial direct current stimulation on the visual/spatial working memory in the area of dorsolateral prefrontal cortex. **Methods:** This survey plan was experimental in the kind of pretest/after test together placebo group and arbitrary selection. The study sample contains 20 boy students with dyslexia with 8 to 10 years old that have inclusion criteria in this study. Two kinds of anode and sham stimulation, with 1.5 mA circuitry for 20 minutes and 15 minutes phonological awareness training on 20 participants in 10 sessions were presented. The participants before and after stimulation with N- Beck task, Shirazi and Nilipour reading test were tested. **Findings:** The covariance results showed that anode stimulation has a significant impact on improving performance in the visual/spatial aspect of the working memory compared to the sham stimulation. **Conclusion:** Overall, this study showed that the anode stimulation increased and improved individual performance on tasks involving visual working memory and has led to improved dyslexia in children.

Keywords: Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS), Dorsolateral Prefrontal Cortex (DLPFC), Working Memory, N-back Task.

چکیده:

مقدمه: این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی مجموعه و آموزش آگاهی واج شناختی بر روی بعد دیداری/فضایی حافظه کاری کودکان نارساخوان انجام شد. روش: طرح این پژوهش، آزمایشی از نوع پیش‌آزمون/پس‌آزمون با گروه پلاسیبو و جایگزینی تصادفی بود. نمونه پژوهش شامل ۲۰ دانش‌آموز پسر نارساخوان ۸ تا ۱۰ ساله که معیارهای ورود به مطالعه را داشتند، بود. دو نوع تحریک آندی و ساختگی با شدت جریان ۱/۵ میلی‌آمپر به مدت ۲۰ دقیقه و ۱۵ دقیقه آموزش آگاهی واج شناختی بر ۲۰ نفر شرکت‌کننده طی ۱۰ جلسه ارائه گردید. شرکت‌کنندگان قبل و بعد از تحریک با تکلیف ان‌بک و آزمون خواندن شیرازی و نیلی پور مورد سنجش قرار گرفتند. داده‌های این پژوهش با آزمون تحلیل کواریانس و نرم‌افزار SPSS.19 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. یافته‌ها: نتایج تحلیل کواریانس نشان داد تحریک آندی، تأثیر معناداری در بهبود عملکرد فرد در بعد دیداری/فضایی حافظه کاری نسبت به گروه تحریک ساختگی (پلاسیبو) دارد. نتیجه‌گیری: در مجموع مطالعه حاضر نشان داد که تحریک آندی سبب بهبود عملکرد فرد در حافظه دیداری/فضایی شده و در پی آن منجر به بهبود مشکل نارساخوانی در کودکان شده است.

واژگان کلیدی: تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی مجموعه (tDCS)، قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی (DLPFC)، حافظه کاری، تکلیف N-back.

*نویسنده مسئول: لیلا بیات مختاری

Corresponding Author: Leila Bayat Mokhtari

E-mail: Lila_bm7@yahoo.com

مقدمه

کاری^۳ (حافظه فعال) در ابتلا یا عدم ابتلا به اختلال خواندن^۴ سهم بسزایی دارد. گدرکول، آلوی، ویلیس و آدامز^۵ (۲۰۰۶)، حافظه کاری را سیستمی می‌داند که مسئول دست‌کاری و ذخیره‌سازی موقت اطلاعات است و به‌عنوان یک فضای کاری ذهنی عمل می‌کند که می‌تواند به‌طور انعطاف‌پذیر برای حمایت از فعالیت‌های شناختی روزانه که نیاز به پردازش دارد و هم ذخیره‌سازی، مورد استفاده قرار بگیرد. این حافظه، یکی از فرایندهای شناختی مهم است که زیربنای تفکر و یادگیری می‌باشد و نقش حساسی در یادگیری خواندن دارد.

ظرفیت ناکافی حافظه کاری به همراه سازمان‌دهی ضعیف حافظه بلندمدت می‌تواند باعث نارساخوانی و ایجاد مشکلاتی در درک مطلب خواندن شود. مشکلات حافظه کاری به‌ویژه مانع پردازش ساخت جمله طولانی و درک آن می‌شود (کریمی و عسکری، ۱۳۹۲).

طبق نظر بدلی^۶ (۲۰۰۰)، حافظه کاری دارای چهار مؤلفه مجری مرکزی، حلقه واج‌شناختی، صفحه دیداری - فضایی و مخزن رویدادی است. این چهار مؤلفه نقش‌های ویژه‌ای در یادگیری دانش‌آموزان دارند به‌طوری‌که اختلال در عملکرد هر یک از مؤلفه‌های حافظه کاری با نقایصی در

خواندن یکی از فعالیت‌های بسیار هوشمندانه‌ای است که انسان در طول زندگی یاد می‌گیرد. مهارتی است که بر پیش‌نیازهای فراوانی مبتنی بوده و ماهر شدن در همه ابعاد آن مستلزم زمان طولانی است. کنش‌های پیچیده ذهنی همانند زبان و خواندن از زوایای فراوانی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بروکس، برنینجر و ابوت^۱ (۲۰۱۱)، نارساخوانی را نوعی اختلال در اشتباه کردن کلمات مشابه، حدس زدن کلمات با در نظر گرفتن حروف ابتدا و انتهای کلمات، وارونه‌خوانی کلمات و دشواری در شناسایی جزء از کل تعریف نموده‌اند. این اختلال، ۱۰ تا ۱۵ درصد از کودکان سن مدرسه را درگیر می‌کند (ولوتینو، فلتچر، اسنولینگ و اسکنون^۲، ۲۰۰۴)؛ و میزان شیوع آن در جمعیت دانش‌آموزی ایران ۴ تا ۱۲ درصد گزارش شده است (شیرازی و نیلی‌پور، ۱۳۸۳). مطالعات نشان می‌دهد حدود ۸۰ درصد کودکان مبتلا به اختلالات یادگیری، در زمینه خواندن نارسایی دارند (زارع بهرام‌آبادی و گنجی، ۱۳۹۳).

عوامل متعددی در شکل‌گیری اختلال خواندن نقش دارد که از آن جمله می‌توان به عوامل ژنتیکی، عصب‌شناختی، شناختی و محیطی اشاره کرد (رضاعی، ۱۳۹۱). بررسی پژوهش‌های انجام‌گرفته در حوزه نارساخوانی، حاکی از آن است که سلامت و اختلال در عملکرد حافظه

3. Working memory
4. Reading disability
5. Gathercole, Alloway, Willis & Adams
6. Baddeley

1. Brooks, Berninger, Abbott
2. Vellutino, Fletcher, Snowling, & Scanlon,

آگاهی واج‌شناختی را اصطلاحی می‌داند که گروهی از مهارت‌های زبان کلامی را توصیف می‌کند و به صورت آگاهی از صداهای زبان گوینده و توانایی و مهارت کاربرد آن‌ها است. همچنین آگاهی واج‌شناختی، شامل مهارت‌هایی چون تشخیص کلمات با صدای آغازین یکسان مثل «سیب، سیر» و یا با صدای انتهایی یکسان مانند «موش، گوش»، تشخیص صدای اول و انتهای کلمه و تغییر بافت آوایی کلمه با حذف یا اضافه کردن صدای خاص است. در واقع آگاهی واج‌شناختی، آگاهی و وقوف بر ساختمان آوایی و واجی و هجایی کلمات است (دستجردی و سلیمانی، ۱۳۸۵).

فیاضی (۱۳۸۸)، در مطالعه خود نشان داد کودکان عادی در روند رشد طبیعی پس از گذراندن پایه سوم، در حد کمال به مهارت‌های آگاهی واج‌شناختی دست می‌یابند. بررسی مطالعات انجام گردیده در زمینه نقش آگاهی واج‌شناختی در نارساخوانی نشان می‌دهد، آگاهی واجی مهم‌ترین هسته و فاکتور جداکننده خوانندگان عادی از نارساخوان است (پیرزادی، غباری بناب، شکوهی یکتا و همکاران، ۱۳۹۱؛ سلیمانی، ۱۳۸۹؛ فصیحانی‌فرد، ۱۳۸۹؛ فیاضی، ۱۳۸۸؛ مستقیم‌زاده و سلیمانی، ۱۳۸۴؛ میکاییلی و فراهانی، ۱۳۸۴).

علاوه بر آموزش آگاهی واج‌شناختی که یک درمان شناختی است، در این پژوهش جهت بهبود

یادگیری همراه است. مطالعه شریفی، زارع و حیدری (۱۳۹۲) تفاوت معنادار بین حافظه کاری دانش‌آموزان نارساخوان با دانش‌آموزان عادی را نشان می‌دهد. همچنین مطالعات مابوت و بی‌سنز^۱ (۲۰۰۸)، ایمبو و ون‌دیرنداک^۲ (۲۰۰۷)، گدرکول و همکاران (۲۰۰۶)، سوانسون، کهلر و ژرمن^۳ (۲۰۱۰)، دی‌استفانو و لفور^۴ (۲۰۰۴)، پیکرینگ و گدرکول^۵ (۲۰۰۴)، سوانسون و ساچزلی^۶ (۲۰۱۰)، در خارج از کشور و مطالعات کریمی و عسکری (۱۳۹۲)، الهی (۱۳۹۰)، میرمهدی، عزیزاده و سیف‌نراقی (۱۳۸۸)، ارجمندنی و سیف‌نراقی (۱۳۸۸)، میکاییلی (۱۳۸۴)، در ایران نشان می‌دهد عملکرد کودکان مبتلا به نارساخوانی، از نظر حافظه کاری، بسیار ضعیف‌تر از کودکان عادی است. حافظه و خواندن در تعامل نزدیک با یکدیگر هستند. لذا برای بهبود حافظه کاری، روش‌های متعددی از جمله درمان‌های شناختی، رفتاری، نوروفیدبک، 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^۷ (tDCS)، پرداخته شده است.

شرواستانوویچ (اشتری و شیرازی، ۱۳۸۳)،

1. Mabbott & Bisanz
2. Imbo & Vandierendonck
3. Swanson, Kehler & Jerman
4. DeStefano & Lefevre
5. Pickering & Gathercole
6. Sachse-Lee
7. Transcranial direct current stimulation

لیلا بیات مختاری و همکاران: تأثیر تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی مجسمه (tDCS) و آموزش آگاهی واج‌شناختی ...

عملکرد مغزی، به‌دقت و سرعت خواندن افراد عادی و نارساخوان کمک می‌کند. یکی از روش‌های درمانی عصب‌شناختی، درمان به‌وسیله تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی مجسمه (tDCS) است. tDCS، یک روش درمانی غیرتهاجمی، بدون درد و ارزان قیمت است (کراس و کادوش، ۲۰۱۳؛ باستانی و جبارزاده، ۲۰۱۲؛ جاکوبسن، عزرا، برگر و لویدر، ۲۰۱۲؛ استاگ، جایارما، پاستور، کینسز، مدتواز و جانسون - برگ، ۲۰۱۱؛ فرگنی، باجیو، لیما، فری‌را، واگنر، ریگاناتی^۸ و همکاران، ۲۰۰۶) که طی آن جریان مستقیم ضعیفی (۱ تا ۴ میلی‌آمپر بر پوست سر وارد می‌شود و با استفاده از آن تغییرات بلندمدت در قطبیت قشر مغز به دنبال دپولاریزاسیون و هیپرپلاریزاسون نورون‌ها و تأثیر بر گیرنده‌های عصبی، ایجاد می‌شود، به عبارت دیگر در این تحریک الکتریکی نقاطی از سر با استفاده از جریان‌های ضعیف الکتریکی هدف قرار می‌گیرند (اکبری، طالبی و فتحی‌آشتیانی، ۱۳۹۴).

درباره اثربخشی tDCS بر حافظه کاری می‌توان به پژوهش اندریوز، هوی، ایتی‌کات، دسکالاکیز و فیتزگراالد^۹ (۲۰۱۱)، جو، کیم، کو، اوهن، جوین و لی^{۱۰} (۲۰۰۹)، فروسی، ماملی،

حافظه کاری از درمان‌های جدید عصب‌شناسی^۱ استفاده شده است. این علم با کمک تصویربرداری مغز، نقاط حساس به هر عملکرد، کنش و واکنش را مشخص نموده و با روش‌ها و فنون جدید خود، به تحریک آن نقطه در جهت هدف (افزایش یا کاهش آن کنش) اقدام می‌نماید (تامسون، دوروک، ماسیکو، فرگنی و کروتی^۲، ۲۰۱۵). مطالعات تصویربرداری کارکردی، در دو دهه اخیر نشان دادند نیمکره چپ، لوب گیجگاهی (اسپیرونلی، پنولازی و انگریلی^۳، ۲۰۰۸؛ لیون، شیوتز و شیوتز^۴، ۲۰۰۳)، لوب پیشانی تحتانی، به‌خصوص نواحی خلفی (تورکلتاب، گاریو، فلوورز، زفیرو و ادن^۵، ۲۰۰۳؛ مارتین، اسپچورز، کرونیچلر و ری‌چالمن^۶، ۲۰۱۵)، آن در خواندن نقش مهمی دارند. رامسی، نک، دونچیو، ویز، مائوساگ و اندرسون^۷ (۱۹۹۷) در مطالعه خود به مقایسه عملکرد مغزی افراد نارساخوان و عادی در انجام تکالیف خواندن پرداختند نتایج حاکی از آن بود که عملکرد مغزی افراد نارساخوان در بخش‌های مربوط به پردازش تکالیف خواندنی با کاهش همراه است، درحالی‌که عملکرد مغزی افراد عادی در همان بخش‌ها با افزایش همراه بود. این محققان به این نتیجه رسیدند که افزایش

8. Jacobson, Ezra, Berger & Lavidor
9. Stagg, Jayaram, Pastor, Kincses, Matthews & Johansen-Berg
10. Boggio, Lima, Ferreira, Wagner & Rigonatti
11. Andrews, Hoy, Enticott, Daskalakis & Fitzgerald
12. Jo, Kim, KO, Ohn, Joen & Lee

1. Neuroscience
2. Thomson, Doruk, Mascio, Fregni & Cerruti
3. Spironelli, Penolazz & Angrilli
4. Lyon, Shaywitz, & Shaywitz
5. Turkeltaub, Gareau, Flowers, Zeffiro & Eden
6. Martin, Schurz, Kronbichler & Richlan,
7. Rumsey, Nace, Donohue, Wise, Maisog & Andreason

جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه دانش‌آموزان مراجعه‌کننده به مراکز اختلالات یادگیری دولتی و غیردولتی شهر مشهد در سال ۹۵ است. شرکت‌کنندگان به روش نمونه‌گیری غیراحتمالی از نوع هدفمند انتخاب شدند و حجم نمونه ۲۰ نفر تعیین شد، اما به خاطر داشتن ریزش احتمالی ۳۲ دانش‌آموز که معیارهای اولیه ورود به مطالعه (جنسیت پسر، سن تقویمی ۸ تا ۱۰ سال و نارساخوان بودن) را داشتند از سوی مراکز اختلال یادگیری به پژوهشگر ارجاع داده شد و در نهایت ۲۰ نفر برای ورود به مطالعه انتخاب گردید. سپس به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش و پلاسیبو جایگزین شدند. از معیارهای ورود به مطالعه می‌توان به تشخیص اختلال خواندن توسط روان‌پزشک بر اساس DSM-5؛ نارساخوان بودن بر اساس آزمون خواندن شیرازی و نیلی پور؛ نداشتن سوابق بیماری‌های ذهنی، آسیب مغزی، اختلال نورولوژیکی و صرع؛ نداشتن مشکلات رفتاری و هیجانی شدید که منجر به تشخیص بالینی گردد؛ عدم مصرف ریتالین و رسپریدون اشاره کرد. در ضمن همراهی نقص توجه با نارساخوانی مانعی در ورود به مطالعه نبوده است. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل عدم همکاری کودک؛ قطع جلسات درمانی توسط والدین کودک؛ داشتن مشکلات خانوادگی مانند طلاق والدین و بزهکار بودن والدین؛ داشتن مشکلات حسی/ حرکتی؛ بروز بیماری به گونه‌ای که منجر به قطع انسجام جلسات شود، است؛ که

گایدی، مارکیک - اسپوستا، ورگاریا، مارکگیلیا^۱ (۲۰۰۸)، اشاره کرد.

اندریوز و همکاران (۲۰۱۱)، به بررسی تأثیر ترکیبی فعالیت شناختی (N-back) و تحریک آندی tDCS بر قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی (DLPFC)، در جهت بهبود حافظه کاری پرداختند یافته‌های آن‌ها حاکی از اثربخشی این مداخله بوده است. جو و همکاران نیز در مطالعه دیگری به بررسی اثر tDCS، بر ارتقاء حافظه کاری افراد مبتلا به سکتۀ مغزی پرداختند نتایج حاصل از آزمون تحلیل اندازه‌گیری مکرر بیانگر معناداری اثر tDCS، بر دقت بازشناسی بود. مطالعه‌ی فروسی و همکاران (۲۰۰۸)، مبین اثربخشی tDCS، بر افزایش دقت حافظه کاری بیماران آرایمری در بازشناسی کلمات است.

مرور مطالعات گذشته نشان می‌دهد که پژوهش‌های متعددی در حیطه‌ی اثربخشی tDCS، بر بهبود حافظه‌ی کاری بر روی نمونه‌های متفاوت از افراد انجام گردیده. در مطالعه حاضر محقق به بررسی اثر ترکیبی tDCS و آموزش آگاهی واج‌شناختی بر بعد دیداری حافظه‌ی کاری افراد نارساخوان پرداخته است.

روش

روش پژوهش حاضر، آزمایشی و نوع طرح آن پیش‌آزمون، پس‌آزمون با گروه پلاسیبو است.

1. Ferrucci, Mameli, Guidi, Mrakic-Spota, Vergari & Marceglia

لیلا بیات مختاری و همکاران: تأثیر تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی مجسمه (tDCS) و آموزش آگاهی واج‌شناختی ...

مشخص می‌شود. این آزمون شامل بخش‌های ذیل است، ۱- آزمون متن‌های خواندن: که شامل سه بخش داستانی است. متن اول راهنما و دو متن دیگر متن‌های هم‌تا هستند. در انتخاب کلمات و ساختار صرفی، نحوی و معنایی هر سه متن، کتاب فارسی کلاس اول مللک کار بوده است. ۲- آزمون‌های تکمیلی: این بخش مشتمل بر آزمون املا، آزمون تناظر نویسه - واج، آزمون خواندن کلمات بی‌قاعده، آزمون خواندن ناکلمه‌ها و آزمون رونویسی است. پایایی^۱ عامل خواندن ۰/۸۱ و نوشتن ۰/۸۸ است (پهلوان نشان، پهلوان نشان و رستمی راوری، ۱۳۹۵). روایی^۲ آزمون در بخش متن‌های خواندن ۰/۸۷ و در بخش سرعت و دقت متن‌های خوانده شده ۰/۹۴ گزارش شده است.

با توجه به اینکه متن‌های خواندن این آزمون بر 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 متناسب با جمعیت هدف است به همراه پروتکل آزمون خواندن شیرازی و نیلی پور استفاده می‌شود. روایی متن‌های اصغری نکاح مورد تأیید معلمان دبستان قرار گرفته است (کلانی، اصغری نکاح و غنایی چمن آباد، ۱۳۹۴).

آزمون حافظه کاری ان‌بک^۳: این آزمون، یک تکلیف سنجش عملکرد شناختی مرتبط با کنش‌های

در این مطالعه تمامی افراد شرکت‌کننده تا پایان مطالعه در پژوهش شرکت داشتند.

در گروه آزمایش، ۱۰ نفر از دانش‌آموزان نارساخوان قرار داشتند که طی ۱۰ جلسه به‌صورت مداوم، آموزش آگاهی واج‌شناختی به همراه tDCS برای هر کدام به‌صورت انفرادی ارائه شد. بر اساس نتایج درمانی به دست آمده در سایر پژوهش‌ها، نقطه کورتکس پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ (DLPFC) برای ارائه tDCS تعیین شد. به‌طوری که الکتروود آند روی F3 و الکتروود کاتد روی بازوی راست قرار گرفت. مدت‌زمان تحریک ۲۰ دقیقه با شدت ۱٫۵ میلی‌آمپر به همراه تکلیف آگاهی واج‌شناختی بود و پس از اتمام ارائه tDCS، تکلیف آگاهی واج‌شناختی به مدت ۱۵ دقیقه ادامه داده می‌شد. همچنین گروه پلاسیبو شامل ۱۰ نفر از دانش‌آموزان نارساخوان بودند که در ۱۰ جلسه مداوم، به مدت ۳۵ دقیقه، تحت آموزش آگاهی واج‌شناختی بدون ارائه tDCS (به‌صورت ساختگی) قرار گرفتند. در ابتدا و انتهای مداخله، هر دو گروه با آزمون‌های هوش ریون، نارساخوانی شیرازی و نیلی پور و N-back مورد ارزیابی قرار گرفتند.

آزمون تشخیص خواندن شیرازی و نیلی پور: این آزمون یک آزمون انفرادی بوده و مرکب از آزمون‌های تکمیلی است و با آن می‌توان سطح خواندن دانش‌آموز را بررسی کرد. همچنین چگونگی دقت و دستخط و مهارت رونویسی نیز

1. Reliability
2. Validity
3. N-back

در دامنه‌ای از ۰/۶۹ تا ۰/۹۱، به روش دونیمه کردن در دامنه‌ای از ۰/۸۰ تا ۰/۹۳ برای گروه‌های سنی مختلف به دست آمد. این آزمون ۲ فرم دارد که هر دو به صورت فردی و انتزاعی تشکیل شده است. آزمون ریون از ماتریس‌ها یا سری تصاویر انتزاعی تشکیل شده است که یک توالی منطقی را به وجود می‌آورند و با درجه دشواری فزاینده‌ای مرتب شده‌اند. آزمودنی باید از میان ۶ تا ۸ تصویر جداگانه 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 یا tDCS، یک فناوری نسبتاً قدیمی است که کاربرد آن دوباره رایج گردیده، به طوری که 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 tDCS، مربوط به شرکت mind alive inc، یک دستگاه کوچک تحریک‌کننده 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.

اجرای است و نخستین بار در ۱۹۵۸ توسط کرچنر، معرفی شد. از آنجا که این تکلیف، شامل نگهداری اطلاعات شناختی و دست‌کاری آن‌ها می‌گردد، برای ارزیابی حافظه کاری مورداستفاده قرار می‌گیرد (کسائیان، کیامنش و بهرامی، ۱۳۹۳). این آزمون دارای دو مؤلفه دیداری و شنیداری است که در نوع دیداری آن، تعدادی محرک بینایی با فاصله ۱۸۰۰ میلی‌ثانیه به صورت سریال بر روی صفحه نمایشگر ظاهر شده و فرد بایستی هر محرک را با محرک قبل مقایسه کند (نجاتی، بهرامی، آبروان، روبن‌زاده و مطیعی، ۱۳۹۲). در صورت تشابه، هر محرک با محرک قبل کلید شماره «یک» و در صورت عدم تشابه کلید شماره «دو» صفحه کلید را فشار دهد (نجم‌زادگان، نجاتی و امیری، ۱۳۹۵). از این آزمون دو نمره، درصد بازشناسی غلط با ضریب پایایی ۰/۵۱ و درصد عدم بازشناسی با ضریب پایایی ۰/۷۶، به دست آمده است (قدیری، جزایری، عشایری و قاضی طباطبایی، ۱۳۸۵).

ماتریس‌های پیش‌رونده ریون کودکان: آزمون ماتریس‌های پیش‌رونده ریون کودکان توسط ریون در سال ۱۹۴۷ تدوین گردید. این آزمون، ۳۶ تصویر دارد؛ و در سال ۱۳۷۱ توسط براهنی و همکاران بر روی ۷۲۵ کودک گروه سنی ۵ تا ۱۱ ساله 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

لیلا بیات مختاری و همکاران: تأثیر تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه (tDCS) و آموزش آگاهی واج‌شناختی ...

دوم، مقایسه شدت صداها و ترتیب گذاری؛ جلسه سوم، قافیه؛ جلسه چهارم، تشخیص کلمات گم‌شده و دست‌کاری کلمات؛ جلسه پنجم، آگاهی کلمه؛ جلسه ششم، آگاهی هجایی؛ جلسه هفتم، آگاهی واجی؛ جلسه هشتم، شناسایی صدا/کلمه و قافیه‌سازی؛ جلسه نهم، بازی اسامی، قسمت‌بندی واجی و تحلیل قافیه؛ جلسه دهم، حذف، دست‌کاری و ترکیب واجی.

در ادامه داده‌های پژوهش حاضر با آزمون تحلیل کوواریانس و به کمک نرم‌افزار SPSS.19 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

مطالعه حاضر نشان می‌دهد دانش‌آموزان شرکت‌کننده در مطالعه، در تمام جلسات، از مرحله پیش‌آزمون تا پس‌آزمون شرکت داشتند. شرکت‌کنندگان در مطالعه، در دامنه سنی ۸ تا ۱۰ سال قرار دارند. بهره‌ی هوشی آن‌ها، در دامنه‌ی ۸۵ تا ۱۱۵ با میانگین و انحراف معیار $(9/92 \pm 98/25)$ در کل شرکت‌کنندگان، $(10/61 \pm 99/60)$ در گروه پلاسیبو و $(9/55 \pm 96/90)$ در گروه آزمایش است. در این مطالعه اثربخشی آموزش آگاهی واج‌شناختی به همراه دریافت واقعی tDCS، در گروه آزمایش با آموزش آگاهی واج‌شناختی به همراه دریافت ساختگی tDCS، در گروه پلاسیبو بر بعد دیداری حافظه کاری موردبررسی قرار گرفت. جهت این بررسی، از آزمون تحلیل کوواریانس یک‌راهه، استفاده گردید.

الکترودها، کربنی و رسانا بوده و برای جلوگیری از واکنش شیمیایی نقطه تماس بین الکترودها 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 ۱/۵ میلی‌آمپر به مدت ۲۰ دقیقه در هر جلسه، بر روی ناحیه قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی نیمکره چپ قرار گرفته است.

پک آموزشی آگاهی واج‌شناختی: آگاهی واج‌شناختی، از بسته آموزشی آگاهی واج‌شناختی برنامه آموزشی وزارت آموزش و پرورش ایالت ویرجینیا اقتباس شده و توسط فرخ‌نیا، حسینی، یزدان‌دوست و صمیمی با نظارت باعزت در سال ۱۳۸۷ در دانشگاه شهید بهشتی با توجه به ویژگی‌های زبان فارسی معادل‌سازی شده است (فهیمی، ۱۳۸۸). جهت آموزش آگاهی واج‌شناختی، درمانگر در ابتدا مشکلات آگاهی شنیداری دانش‌آموز را که با فراگیری خواندن و نوشتن او تداخل می‌کند به وسیله چک‌لیست پردازش شنوایی/آگاهی واجی شناسایی می‌کند. چک‌لیست شامل مواردی از قبیل اشتباه شنیدن صداها و واژه‌ها، اشکال در دنبال کردن دستورات شفاهی، دشواری در املای کلمات، اجتناب از فعالیت‌های خواندن/نوشتن و ... است. سپس به اجرای برنامه می‌پردازد. درمان در ۱۰ جلسه ۳۵ دقیقه انجام می‌گیرد.

در جلسه اول، تشخیص و تولید صدا؛ جلسه

ابتدا مفروضه همگنی شیب رگرسیون‌ها مورد آزمون قرار گرفت، نتایج نشان داد این مفروضه رعایت گردیده است و بین شیب رگرسیون‌ها تفاوت معناداری وجود ندارد ($p = 0/736$). همچنین آزمون لوین، همگنی واریانس‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون را تأیید نمود ($F=1/614, p = 0/220$). نتایج آزمون تحلیل کوواریانس یک‌راهه در جدول شماره ۱، نشان داد پس از تعدیل نمرات در مرحله پیش‌آزمون، اثر عامل بین آزمودنی‌ها یعنی اثر گروه معنادار است ($F=5/346, p = 0/034$).

جدول ۱. شاخص‌های آزمون تحلیل کوواریانس یک‌راهه (ANCOVA)

منابع	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجموع مجذورات	F	سطح معناداری
اثر پیش‌آزمون	۱/۱۶۴	۱	۱/۱۶۴	۰/۰۳۹	۰/۸۴۶
اثر گروه	۱۶۰/۲۰۸	۱	۱۶۰/۲۰۸	۵/۳۴۶	۰/۰۳۴
خطا	۵۰۹/۴۳۶	۱۷			
کل	۸۲۳۰/۰۰۰	۲۰			
کل اصلاح شده	۷۰۲/۸۰	۱۹			

بررسی تفاضل میانگین‌ها قبل و بعد از ارائه متغیر مستقل در جدول شماره ۲، نشان دهنده وجود تفاوت معنادار به نفع گروه آزمایش است و همچنین بیانگر اثر مثبت آموزش آگاهی

واج‌شناختی به همراه دریافت واقعی tDCS، در گروه آزمایش بر بعد دیداری حافظه‌ی کاری، در مقایسه با آموزش آگاهی واج‌شناختی به همراه دریافت ساختگی tDCS، در گروه پلاسیبو است.

جدول ۲. شاخص‌های توصیفی میانگین‌ها قبل و بعد از تعدیل نمرات پیش‌آزمون و آزمون معناداری آن

گروه‌ها	میانگین		آزمون معناداری مقایسه میانگین‌های تعدیل شده				
	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 ارائه tDCS	۱۶/۸۱۰	۱۶/۳۸۸	-۶/۰۲۴*	۲/۶۰۵	۰/۰۳۴	-۱۱/۵۲۱	-۰/۵۲۷
ارائه tDCS	۲۲/۶۹۳	۲۲/۴۱۲					

نتیجه‌گیری و بحث

حافظه کاری ناحیه قابل توجهی از حافظه برای یادگیری است؛ که مسئولیت ذخیره‌سازی اطلاعات به‌طور موقت جهت انجام پردازش شناختی را به عهده دارد. آسیب به حافظه کاری،

لیلا بیات مختاری و همکاران: تأثیر تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه (tDCS) و آموزش آگاهی واج‌شناختی ...

خوری، مارتینز، ماکیدو و فرگنی^۳ (۲۰۰۹)، جو و همکاران (۲۰۰۹)، ماسورا^۴ (۲۰۰۶)، فرگنی، باجیو، نیچه^۵، برمپول، آنتل، فردوز^۶ (۲۰۰۵)، کینزی^۷، آنتل، نیچه، برتفای و پائولس^۸ (۲۰۰۴) همسو است.

تگزیرا - ساناتوس، نفی، سمپایو، لیت و کاروالو^۹ (۲۰۱۵) در مرور سیستماتیک خود، به نتایج همسویی با یافته‌های مطالعه‌ی حاضر دست یافتند. به طوری که مطالعه‌ی آن‌ها نیز بیانگر tDCS آندی، بر بهبود عملکرد حافظه کاری را نشان می‌دهد. مطالعه ماتزن و ترومبو^{۱۰} (۲۰۱۴) نیز، بهبود بعد دیداری حافظه‌ی کاری پس از تحریک tDCS، در افراد سالم را نشان داد اما این بهبود در حدی نبود که تفاوت معنادار را نشان دهد. تئو، های، داسکالاکیز و فیتزجرالد^{۱۱} (۲۰۱۱)، در مطالعه‌ی خود به نتایج همسویی با یافته‌های مطالعه حاضر دست یافتند و وجه اشتراک مطالعه آن‌ها با مطالعه حاضر، طول زمان ارائه‌ی تحریک (۲۰ دقیقه)، است اما یکی از وجوه تفاوت بین دو مطالعه در کاربرد شدت جریان ۱ میلی‌آمپری، بود که از شدت جریان استفاده شده در این مطالعه یعنی ۱/۵ میلی‌آمپری، کمتر بوده است. وجه

یکی از علل اصلی ابتلا به اختلالات روانی و نورولوژیکی و همچنین اختلالات یادگیری از جمله اختلال خواندن است (باجیو، فروسی، ریگانوتی، کاور، نیچه، پاسکال - لئون و همکاران،^۱ ۲۰۰۶). مطالعات تصویربرداری عصبی، قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی مغز (DLPFC) را به عنوان ناحیه مهم و حیاتی درگیر در فرایندها و کمبودهای حافظه کاری مشخص نموده‌اند.

این مطالعه با هدف بررسی اثربخشی تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه، به همراه آموزش آگاهی واج‌شناختی بر بهبود بعد دیداری/فضایی حافظه کاری انجام گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که ۱۰ جلسه ۳۵ دقیقه‌ای (۲۰ دقیقه tDCS ۱/۵ میلی‌آمپری آندی بر ناحیه قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ (DLPFC) و ۱۵ دقیقه آموزش آگاهی واج‌شناختی)، به میزان چشم‌گیری باعث افزایش عملکرد بعد دیداری/فضایی حافظه کاری در افراد نارساخوان در مقایسه با دریافت tDCS ساختگی (sham) به همراه دریافت آموزش آگاهی واج‌شناختی می‌شود. تحریک آندی با افزایش نمره تکلیف ان‌بک دیداری در گروه آزمایش نسبت به گروه پلاسیبو همراه بود. این یافته با نتایج حاصله از مطالعات تامسون و همکاران (۲۰۱۵)، بوهرینگر، مچر، دکارت، ویلرینگر و پلیگر^۲ (۲۰۱۲)، باجیو،

3. Boggio, Khoury, Martins, Macedo, & Fregni

4. Masoura

5. Nitsche

6. Bermanpohl, Antal, Feredoes

7. Kincses

8. Bartfai, Paulus

9. Teixeira-

Santos, Nafee, Sampaio, Leite, Carvalho

10. Matzen, Trumbo

11. Teo, Hoy, Daskalakis, Fitzgerald

1. Ferrucci, Rigonatti, Cover, Nitsche, Pascual-Leone

2. Boehringer, Macher, Dukart, Villringer, Pleger

وجه اشتراک مطالعه آن‌ها با مطالعه حاضر، طول مدت ارائه تحریک (۲۰ دقیقه)، بود و تفاوت آن‌ها در استفاده از شدت جریان (۱ میلی‌آمپری)، در مقایسه با (۱/۵ میلی‌آمپری)، مطالعه حاضر بود. وجه دیگر تفاوت آن‌ها در استفاده از تکلیف انبک (۳ عدد به عقب)، است. فرگنی (۲۰۰۵)، در مطالعه خود، نشان داد تحریک آندی فعال ناحیه پری فرونتال چپ، نه تحریک کاتدی آن، در مقایسه با تحریک ساختگی، با افزایش دقت در انجام صحیح عملکرد همراه است. در تبیین چگونگی تأثیر tDCS، بر قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ (DLPFC)، می‌توان گفت که ارائه تحریک tDCS، با تغییر تحریک‌پذیری نوروها و جابجایی پتانسیل غشای نوروهای سطحی در جهت دپولاریزاسیون یا هایپرپولاریزاسیون، باعث شلیک بیشتر یا کمتر سلول‌های مغز می‌شود (نیچه، سیبر^۳، فرامن، کلین، راجفورد^۴، نیچه و همکاران، ۲۰۰۵). در مطالعه حاضر، قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ (DLPFC)، از طریق یک جریان الکتریکی ضعیف به شیوه غیرتهاجمی مورد تحریک قرار گرفت. تحریک tDCS، به‌منظور تغییر تحریک‌پذیری قشری در ناحیه قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی انجام می‌شود که در نتیجه آن، کارکرد نوروهای مغز، افزایش یا کاهش می‌یابد (نیچه و همکاران، ۲۰۰۵). از

تفاوت دیگر، در استفاده از آزمون تکلیف انبک (دو عدد به عقب)، است. مطالعه مالکوینی^۱، های، داسکالاکیز و فیتزجرالد (۲۰۱۱)، نیز با یافته‌های مطالعه حاضر همسو است و نشان‌دهنده تأثیر اثر مثبت تحریک آندی، بر برخی از جنبه‌های کارکردی قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی و بهبود عملکرد حافظه کاری است، وجه تفاوت مطالعه آن‌ها، در استفاده از شدت جریان ۱ میلی‌آمپری در مقایسه با مطالعه حاضر (۱/۵ میلی‌آمپری)، است. باجیو و همکاران (۲۰۰۹)، در مطالعه‌ای بر اثربخشی تحریک tDCS بر عملکرد بیماران مبتلا به آلزایمر، در تکلیف تشخیص دیداری حافظه کاری، متمرکز شده بودند. نتایج مطالعه نشان داد این تحریک قادر به افزایش و بهبود عملکرد در تکلیف تشخیص دیداری حافظه کاری، است. یافته‌های آن‌ها که همسو با نتایج مطالعه حاضر است از نظر طول مدت تحریک (۲۰ دقیقه) با مطالعه حاضر همسان است یکی از وجوه تفاوت مطالعه آن‌ها، در استفاده از شدت جریان (۲ میلی‌آمپری)، در مقایسه با شدت جریان (۱/۵ میلی‌آمپری) مطالعه حاضر است وجه دیگر تفاوت در ارائه تحریک در ۳ جلسه است که در مقایسه با مطالعه حاضر (۱۰ جلسه)، کمتر است. اوهن، پارک، یوو، کو، چوی و کیم^۲ (۲۰۰۸)، در مطالعه خود بهبود حافظه کاری در اثر دریافت تحریک آندی را نیز گزارش نمودند.

3. Seeber

4. Frommann, Klein, Rochford

1. Mulquiney

2. Ohn, Park, Yoo, Ko, Choi, Kim

لیلا بیات مختاری و همکاران: تأثیر تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه (tDCS) و آموزش آگاهی واج‌شناختی ...

متعددی، اثربخشی tDCS، بر ناحیه قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ (DLPFC) بر کارکردهای شناختی از جمله حافظه، زبان، یادگیری و توجه را نشان داده‌اند؛ یعنی ممکن است تحریک این ناحیه باعث بهبود کارکردهای شناختی شود؛ زیرا این ناحیه با فعالیت‌ها و کنش‌های شناختی درگیر است که خود موجب بهبود عملکرد در تکلیف حافظه کاری شود.

درمجموع یافته‌های این مطالعه همسو با نتایج مطالعات انجام‌گرفته در گذشته بود و تأییدی بر اثربخشی تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه بر بهبود عملکرد بعد دیداری حافظه کاری است. لذا کاربرد tDCS در بهبود حافظه‌ی کاری در دانش‌آموزان نارساخوان، درنهایت منجر به بهبود وضعیت خواندن می‌گردد و می‌تواند راهکاری سریع، مطمئن و نسبتاً ارزان در بهبود سریع‌تر این دانش‌آموزان باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه دکتری است که تحت نظر اساتید 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 سپاسگزارم.

آنجایی که کانون تحریک tDCS، از روی جمجمه تا اندازه‌ای محدود است لذا تأثیرات کارکردی آن به‌طور مستقیم در ناحیه محدود زیر الکترودها ظاهر می‌شود (نیچه، لمپ^۱، آنتل، لیتانز، لانگ، ترگو^۲ و همکاران، ۲۰۰۶). میزان تأثیر tDCS، در ناحیه موردنظر به قطبیت الکتروده (آندی، کاتدی) در طول زمان تحریک و ناحیه مورد تحریک در مغز بستگی دارد (فرگنی و همکاران، ۲۰۰۵).

از طرف دیگر مطالعات اخیر نشان می‌دهد که در طول تکلیف مرتبط با حافظه کاری، دوپامین در نواحی پیش‌پیشانی افزایش می‌یابد (باجیو و همکاران، ۲۰۰۹)، به عبارت دیگر افزایش تحریک‌پذیری سطحی در کرتکس پیش‌پیشانی موجب افزایش در رهاسازی دوپامین شود که خود موجب بهبود عملکرد حافظه کاری می‌شود. ممکن است تحریک دوپامینرژیک برای حفظ فعالیت کرتکس پیش‌پیشانی و فرایندهای حافظه‌ی کاری ضروری باشد، بنابراین tDCS، آندی موجب آثار بهبود تحریکی می‌شود که آن شاید سطوح گلوتامات، آمینواسید مرتبط با حافظه‌ی کاری، بازشناسی حافظه و یادگیری محرک - پاسخ را افزایش می‌دهد (اولیویرا، زان، ولینگو، لوتافو، بنسینور، فرگنی و همکاران^۳، ۲۰۱۳). پژوهش‌های

1. Lampe
2. Antal, Liebetanz, Lang, Tergau
3. Oliveria, Zan, Valiengo, Lotufo, Bensenor

منابع

- آذری پشتکناری، ل (۱۳۹۰). «تأثیر ناحیه میانی قشر پیش‌پیشانی بر قضاوت زیبایی‌شناختی با استفاده از روش تحریک الکتریکی مستقیم مغز از روی مجسمه (tDCS)». پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته علوم شناختی (با تأکید بر روان‌شناسی شناختی)، پژوهشکده علوم شناختی.
- اختیاری، ح؛ پرهیزگار، س.ا (۱۳۸۷). «تحریک مغز از روی مجسمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی یا tDCS: ابزاری کارآمد در انجام مداخلات غیرتهاجمی در اعتیاد و بیماری‌های مختلف مغزی». فصلنامه اعتیاد، ۱(۶)، ۲۲-۱۶.
- ارجمندنیا، ع.ا؛ سیف نراقی، م (۱۳۹۲). «تأثیر راهبرد مرور ذهنی بر عملکرد حافظه فعال دانش‌آموزان نارساخوان». مجله علوم رفتاری، ۳(۳)، ۱۷۳-۱۷۸.
- اشتری، ع؛ شیرازی، ط.س (۱۳۸۳). «بررسی و مقایسه مهارت‌های آگاهی واجی و سرعت نامیدن در کودکان نارساخوان و عادی». مجله توان‌بخشی، ۵(۳)، ۴۹-۵۴.
- اکبری، ف؛ طالبی، م؛ فتحی آشتیانی، ع (۱۳۹۴). «اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم مغز (tDCS) در کاهش نشانه‌های افسردگی افراد مبتلا به اختلال افسردگی». مجله علوم رفتاری، ۱۹(۱)، ۹۵-۱۰۱.
- الهی، ط (۱۳۹۰). «بررسی نقش مؤلفه‌های حافظه کاری در عملکرد ریاضی کودکان مبتلا به اختلال یادگیری ریاضی». پایان‌نامه کارشناسی ارشد روان‌شناسی. دانشکده علوم انسانی دانشگاه زنجان. زنجان، ایران.
- پهلوان نشان، س؛ پهلوان نشان، ا؛ رستمی راوری، م.ع (۱۳۹۵). «اثربخشی آموزش آگاهی واج‌شناختی بر دقت خواندن دانش‌آموزان نارساخوان پسر». مجله روانشناسی و روان‌پزشکی شناخت، ۳(۲)، ۱۰۷-۹۴.
- پیرزادی، ح؛ غباری بناب، ب؛ شکوهی یکتا، م؛ یاریاری، ف؛ حسین زاده، س؛ شریفی، ا (۱۳۹۱). «تأثیر آموزش مستقیم آگاهی واجی بر پیشرفت مهارت خواندن دانش‌آموزان مبتلا به اختلال خواندن». مجله شنوایی‌شناسی دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۲۱(۱)، ۸۳-۹۳.
- دستجردی کاظمی، ز؛ سلیمانی، ز (۱۳۸۵). «آگاهی واج‌شناختی چیست؟ پژوهش در حیطه کودکان استثنایی»، ۶(۴)، ۹۳۱-۹۵۴.

لیلا بیات مختاری و همکاران: تأثیر تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه (tDCS) و آموزش آگاهی واج‌شناختی ...

- زارع بهرام‌آبادی، م.؛ گنجی، ک (۱۳۹۳). «بررسی شیوع اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی و همبودی آن با اختلال یادگیری در دانش‌آموزان دبستانی». *مجله ناتوانی‌های یادگیری*، ۳(۴)، ۲۵-۴۳.
- سادوک، بی.جی.؛ سادوک، آی.ای، (۲۰۰۷). *خلاصه روان‌پزشکی (۱۳۹۱): علوم رفتاری و روان‌پزشکی بالینی*، جلد سوم، ویرایش دهم، ترجمه فرزین رضاعی. تهران: ارجمند.
- سلیمانی، ز (۱۳۸۹). «آزمون آگاهی واج‌شناختی و ویژگی‌های روان‌سنجی آن». تهران: پژوهشکده کودکان استثنایی، ۵(۲)، ۵۸-۶۵.
- شریفی، ع.ا.؛ زارع، ح.؛ حیدری، م (۱۳۹۲). «مقایسه حافظه فعال بین دانش‌آموزان نارساخوان و دانش‌آموزان عادی». *مجله ناتوانی‌های یادگیری*، ۲(۱)، ۶-۱۷.
- شیرازی، ط.س.؛ نیلی‌پور، ر (۱۳۸۳). «طراحی و معیاربایی آزمون تشخیصی خواندن». *فصلنامه علمی پژوهشی توان‌بخشی*، ۵(۱)، ۷-۱۱.
- فصیحانی فرد، س (۱۳۸۹). «اثربخشی سه روش آموزشی - اصلاحی مبتنی بر مدل پردازش واج‌شناختی بر سرعت و صحت خواندن دانش‌آموزان نارساخوان مقطع ابتدای». *مجله*
- کودکان استثنایی، ۱۰(۳)، ۲۶۹-۲۸۲.
- فهیمی، ح (۱۳۸۸). «تأثیر بسته آموزش آگاهی واج‌شناختی (PA) بر تقویت آگاهی واجی و کارآمدی خواندن دانش‌آموزان مبتلا به نارساخوانی». پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته روان‌شناسی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی دانشگاه شهید بهشتی.
- فیاضی، ل (۱۳۸۸). «اجرای آزمون آگاهی واج‌شناختی و آموزش مهارت آگاهی واج‌شناختی در دانش‌آموزان دبستانی دارای آسیب شنوایی باغچه‌بان ۱ تهران». *مجله تعلیم و تربیت استثنایی*، ۹۵(۹۶)، ۳۲-۳۹.
- قدیری، ف.؛ جزایری، ع.ر.؛ عشایری، ح.؛ قاضی طباطبایی، م (۱۳۸۵). «نقش توان‌بخشی شناختی در کاهش نقایص کارکردهای اجرایی و نشانه‌های وسواسی - اجباری بیماران اسکیزو - وسواسی». *مجله توان‌بخشی*، ۴(۷)، ۲۴-۱۵.
- کریمی، س.؛ عسکری، س (۱۳۹۲). «اثربخشی آموزش راهبردهای حافظه فعال بر بهبود عملکرد خواندن دانش‌آموزان نارساخوان». *مجله ناتوانی‌های یادگیری*، ۳(۱)، ۷۹-۹۰.

- عملکرد ریاضیات و خواندن دانش‌آموزان دبستانی با ناتوان یادگیری ویژه». *مجله پژوهش در حیطه کودکان استثنایی*، ۹(۱)، ۱۲-۱.
- میکائیلی، ف.؛ فراهانی، م.ت (۱۳۸۴). «بررسی مدل واج‌شناختی خواندن در دانش‌آموزان پسر عادی و نارساخوان دبستانی». *مجله پژوهش در حیطه کودکان استثنایی*، ۵(۴)، ۳۸۰-۴۱۶.
- نجاتی و.؛ بهرامی، ه.؛ آبروان، م.؛ روبن زاده، ش.؛ مطیعی، ح (۱۳۹۲). «عملکردهای اجرایی و حافظه کاری در کودکان مبتلا به اختلال کم‌توجهی/بیش‌فعالی و سالم». *مجله دانشگاه علوم پزشکی گرگان*، ۱۵(۳)، ۷۶-۶۹.
- نجاززادگان، م.؛ نجاتی و.؛ امیری، ن (۱۳۹۵). «حافظه کاری شاخصی مؤثر در خطرپذیری کودکان مبتلا به اختلال نارسایی توجه/بیش‌فعالی». *دوماه‌نامه علمی پژوهشی فیض*، ۱۹(۶)، ۵۱۰-۵۰۴.
- 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.
- Baddeley, A. (2000). "The episodic buffer: a new component of working memory"? *Trends in cognitive*
- کسائیان، ک.؛ کیامنش، ع.ر.؛ بهرامی، ه (۱۳۹۳). «مقایسه عملکرد حافظه فعال و نگهداری توجه دانش‌آموزان با و بدون ناتوانی‌های یادگیری». *مجله ناتوانی‌های یادگیری*، ۲(۴)، ۱۱۲-۱۲۳.
- کلانی، س.؛ اصغری نکاح، س.م.؛ غنایی چمن آباد، ع (۱۳۹۴). «اثر بخشی برنامه مبتنی بر بازی‌های نرم‌افزاری با رویکرد شناختی بر دقت خواندن و درک مطلب دانش‌آموزان با اختلال خواندن». *فصلنامه ناتوانی‌های یادگیری*، ۴(۴)، ۶۶-۸۴.
- مستقیم زاده، ا.؛ سلیمانی، ز (۱۳۸۴). «تأثیر آموزش آگاهی واج‌شناختی بر توانایی خواندن دختران کم‌توان ذهنی پایه دوم دبستان». *مجله تازه‌های علوم شناختی*، ۷(۲)، ۲۲-۲۸.
- میرمهدی، س.ر.؛ علیزاده، ح.؛ سیف نراقی، م (۱۳۸۸). «تأثیر آموزش کارکردهای اجرایی بر *sciences*, 4(11), 417-423.
- Bastani, A, & Jaberzadeh, S. (2012). "Does anodal transcranial direct current stimulation enhance excitability of the motor cortex and motor function in healthy individuals and subjects with stroke: a systematic review and meta-analysis". *Clinical Neurophysiology*, 123(4), 644-657.
- 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.
- Boggio, P.S., Khoury, L.P., Martins, D.C.S., Martins, O.E.M.S., De Macedo, E.C. & Fregni, F. (2009). "Temporal cortex direct current stimulation enhances performance on a visual recognition memory task in Alzheimer disease". *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 80(4), 444-447.
- Brooks, A.D., Berninger, V.W. & Abbott, R.D. (2011). "Letter naming and letter writing reversals in children with dyslexia: Momentary inefficiency in the phonological and orthographic loops of working memory". *Developmental neuropsychology*, 36(7), 847-868.
- DeStefano, D. & LeFevre, J. (2004). "The role of working memory in mental arithmetic". *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(3), 353-386.
- Ferrucci, R., Mameli, F., Guidi, I., Mrakic-Sposta, S., Vergari, M., Marceglia, S. ... & Priori, A. (2008). "Transcranial direct current stimulation improves recognition memory in Alzheimer disease". *Neurology*, 71(7), 493-498.
- Fregni, F., Boggio, P.S., Lima, M.C., Ferreira, M.J.L., Wagner, T., Rigonatti, S.P. ... & Freedman, S.D. (2006). "A sham-controlled, phase II trial of transcranial direct current stimulation for the treatment of central pain in traumatic spinal cord injury". *Pain*, 122(1), 197-209.
- Fregni, F., Boggio, P.S., Nitsche, M., Berman, F., Antal, A., Feredoes, E. ... & Paulus, W. (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.
- Imbo, I & Vandierendonck, A. (2007). "The development of strategy use in elementary school children: Working memory and individual differences". *Journal of Experimental Child Psychology*, 96(4), 284-309.
- Jacobson, L., Ezra, A., Berger, U. & Lavidor, M. (2012). "Modulating oscillatory brain activity correlates of behavioral inhibition using transcranial direct current stimulation". *Clinical neurophysiology*, 123(5), 979-984.
- 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.
- Kincses, T.Z., Antal, A. Nitsche, M.A., Bártfai, O. & Paulus, W. (2004). "Facilitation of probabilistic classification learning by transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex in the human". *Neuropsychologia*, 42(1), 113-117.
- Krause, B. & Kadosh, R.C. (2013). "Can transcranial electrical stimulation improve learning difficulties in atypical brain development? A future possibility for cognitive training". *Developmental cognitive neuroscience*, 6, 176-194.
- Lyon, G.R., Shaywitz, S.E. & Shaywitz, B.A. (2003). "A definition of dyslexia". *Annals of dyslexia*, 53(1), 1-14.
- Mabbott, D.J. & Bisanz, J. (2008). "Computational skills, working memory, and conceptual knowledge in older children with mathematics learning disabilities". *Journal of Learning Disabilities*, 41(1), 15-28.
- 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". *Sandia National Laboratories (SNL-NM)*. Albuquerque, NM (United States).
- 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.
- Nitsche, M.A., Lampe, C., Antal, A., Liebetanz, D., Lang, N., Tergau, F. & Paulus, W. (2006). "Dopaminergic modulation of long-lasting direct current-induced cortical excitability changes in the human motor cortex". *European Journal of Neuroscience*, 23(6), 1651-1657.
- Nitsche, M.A., Seeber, A., Frommann, K., Klein, C.C., Rochford, C., Nitsche, M.S., Antal, A. & ... (2005). "Modulating parameters of excitability during and after transcranial direct current stimulation of the human motor cortex". *The Journal of physiology*, 568(1), 291-303.
- Ohn, S.H., Park, C., 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., Zañão, 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.
- Pickering, S.J. & Gathercole, S.E. (2004). "Distinctive working memory profiles in children with special educational needs". *Educational Psychology*, 24(3), 393-408.
- Rumsey, J.M., Nace, K., Donohue, B., Wise, D., Maisog, J.M. & Andreason, P. (1997). "A positron emission tomographic study of impaired word recognition and phonological processing in dyslexic men". *Archives of Neurology*, 54(5), 562-573.
- 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.
- Stagg, C.J., Jayaram, G., Pastor, D., Kincses, Z.T., Matthews, P.M. & Johansen-Berg, H. (2011). "Polarity and timing-dependent effects of transcranial direct current stimulation in explicit motor learning". *Neuropsychologia*, 49(5), 800-804.
- Swanson, H.L. & Sachse-Lee, C. (2001). "Mathematical problem solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological processes are important". *Journal of experimental child psychology*, 79(3), 294-321.
- Swanson, H.L., Kehler, P. & Jerman, O. (2010). "Working memory, strategy knowledge, and strategy instruction in children with reading disabilities". *Journal of Learning Disabilities*, 43(1), 24-47.
- 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).
- Teo, F., Hoy, K.E., Daskalakis, Z.J. & Fitzgerald, P.B. (2011). "Investigating the role of current strength in tDCS modulation of working memory performance in healthy controls". *Frontiers in psychiatry*, 2, 45.
- 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), 767-773.
- Vellutino, F.R., Fletcher, J.M., Snowling, M.J. & Scanlon, D.M. (2004). "Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades"? *Journal of child psychology and psychiatry*, 45(1), 2-40.