

ORIGINAL ARTICLE

Comparing the Effectiveness of Mindfulness Training, tDCS, Combined Mindfulness Training with tDCS on Working Memory and Metamemory of Adolescents

Sajad Izadi^{*1}, Masoud Hossein Chari², Masoud Fazalidpour³, Farideh Yousefi⁴, Mahboobeh Foladchang⁵

1. PhD in Educational Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran.

2. Associate Professor, Department of Psychology, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran.

3. Associate Professor of Cognitive Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran.

4. Associate Professor, Department of Educational Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran

5. Associate Professor, Department of Educational Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran

Correspondence:

Sajad Izadi

Email: sajadizadi87@gmail.com

Received: 02/Jan/2024

Revised: 13/Mar/2024

Accepted: 23/May/2024

How to cite:

Izadi, S.; Hossein Chari, M.; Fazalidpour, M.; Yousefi, F.; Foladchang, M. (2024). Comparing the Effectiveness of Mindfulness Training, tDCS, Combined Mindfulness Training with tDCS on Working Memory and Metamemory of Adolescents, *Journal of Neuropsychology*, 10 (37), 77-95.

(DOI: [10.30473/clpsy.2025.71916.1750](https://doi.org/10.30473/clpsy.2025.71916.1750))

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the effectiveness of mindfulness training, tDCS and the combination of mindfulness training with tDCS on working memory and metamemory of adolescents. The method of the present research was carried out as a semi-experimental type with a pre-test-post-test design with a control group. The statistical population of this research was all male students studying in the ninth grade of Bowanat city in 1402-1403. In order to conduct this research, 80 ninth grade male students were selected from four schools (20 students from each school) according to the entry and exit criteria, and the students of each school were selected as one of the four experimental groups (mindfulness training, tDCS, combined training mindfulness with tDCS) and the control group. All four groups were evaluated by n-Back tests and adolescent metamemory scale. After that, the participants in the mindfulness training group received 8 sessions, one session per week for 45 minutes of mindfulness training, the participants in the tDCS group, 8 sessions of stimulation, 2 times per week for 30 minutes transcranial direct current stimulation on the dorsolateral cortex. received prefrontal, the participants in the group of combining mindfulness training with tDCS, received 8 sessions of mindfulness training, 1 session every week, the last four weeks were accompanied by two sessions of stimulation in the dorsolateral prefrontal cortex, and the participants of the control group received no training and stimulation. they did not. After completing the training and stimulation, all four experimental and control groups were evaluated by n-Back tests and juvenile metamemory scale. Multivariate and univariate analysis of covariance were used to analyze the data. The results showed that all three methods of mindfulness training, tDCS and the combination of mindfulness training with tDCS were effective on working memory and metamemory. Also, combining mindfulness training with tDCS has been more effective on working memory and metamemory. In general, it can be said that mindfulness training and tDCS can improve working memory and metamemory, while combining mindfulness training with tDCS can be more effective in strengthening working memory and metamemory.

KEYWORDS

Mindfulness training, transcranial direct current stimulation, working memory, metamemory.



Introduction

Working memory forms the foundation of many other cognitive functions in humans (Asadollahi, Salarifar, and Talebzadeh Shushtari, 2012) and its capacity is limited (Zhou et al., 2022). Working memory functions are of fundamental importance for effective human behavior (Milan et al., 2012). Therefore, strengthening working memory can, in turn, have beneficial effects on cognitive control functions (Schweizer et al., 2013). Since traditional approaches such as pharmacotherapy and other cognitive rehabilitation approaches have made limited progress in enhancing cognitive functions (Libtans, 2005); Researchers are looking for new approaches to enhance cognitive functions. One of the newest non-invasive brain stimulation techniques, transcranial direct current stimulation (tDCS), has gained increasing popularity and research interest in the past few years with the goal of enhancing cognitive capacity (Dueker, Graf, and Sack, 2014, Alipour and Mohammadi, 1402).

tDCS is a well-known technique for modulating cortical excitability, which has been used as a research method in neuroscience due to its potential effects on cortical plasticity, safety, ease of operation, economic efficiency, and portability (Machado et al., 2019). In addition to transcranial direct current stimulation, another effective method for enhancing working memory is mindfulness training. Mindfulness training is a third-wave behavioral therapy that involves nonjudgmental attention to present-moment experience (Parsai et al., 2022). Mindfulness training enhances executive function, including working memory and verbal fluency, and improves self-regulation in students (Short et al., 2015). Given that several functional magnetic resonance imaging (fMRI) studies have shown that activity in the dorsolateral prefrontal cortex increases when memory monitoring is required (Dobbins et al., 2002) And transcranial direct current stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex provides continuous stimulation over a period of time, so it stands to reason that memory monitoring would be improved across cognitive tasks (Chova, Amed, & Garcia, 2017). Based on what was stated, the present study sought to answer the research question: Is combining mindfulness training with tDCS more effective in improving adolescents' working memory and metamemory than mindfulness training and tDCS separately? Also, which of the two mindfulness training methods and tDCS is more effective in improving adolescents' working memory and metamemory?

Method

The present research method was a quasi-experimental type with pre-test-post-test and control group. The sample of this research consisted of 80 people who were selected by available sampling method and according to the entry and exit criteria from among the eligible people from four schools (20 people from each school) And students from each school were assigned to one of four experimental groups (mindfulness training, tDCS, combination of mindfulness training with tDCS) and the control group. Participants in the mindfulness group received 8 sessions of mindfulness training, 1 session per week, in a group setting for 45 minutes. Participants in the transcranial direct current stimulation group received 8 sessions, 2 sessions per week And participants in the mindfulness training combined with transcranial direct current stimulation group received 8 sessions, 1 mindfulness training session per week, and the final four weeks were followed by two stimulation sessions (anodic stimulation of the F3 area and cathodic stimulation of the F4 area), meaning a total of 8 mindfulness training sessions and 8 stimulation sessions. The control group did not receive any training or stimulation.

Findings

The results showed that all three mindfulness training methods, tDCS, and the combination of mindfulness training with tDCS, are effective on working memory and metamemory. Also, considering the adjusted averages of working memory scores, the most effective method is the combination of mindfulness training with tDCS (93/572), followed by mindfulness training (68/896), and tDCS (45/509). Also, all three mindfulness training methods, tDCS, and the

combination of mindfulness training with tDCS are effective on metamemory. The results of the adjusted averages of metamemory scores also showed that the most effective method was the combination of mindfulness training with tDCS (75.667), followed by mindfulness training (64.683) and tDCS (41.726).

Discussion and conclusion

This study aimed to compare the effectiveness of mindfulness training, tDCS, and the combination of mindfulness training with tDCS on working memory and metamemory in adolescents. According to the results obtained from the present study, it was shown that all three methods of mindfulness training, tDCS, and the combination of mindfulness training with tDCS are effective on working memory. In explaining the effectiveness of mindfulness training on working memory, it can be said that mindfulness training has effective effects on the reward pathway, which is in the medial lateral region. Also, the attention-related part in the dorsolateral prefrontal region is directly connected to the medial lateral region; Therefore, the reward system and attentional control use related neural regions. When these two systems are activated, the activity of automatic operations associated with mind wandering is reduced (Krebs et al., 2011). According to Merizak, mind wandering is the main cause of executive dysfunction. Evidence shows that when mindfulness exercises are performed, the reward pathway is activated, and as a result, the attention control part is also involved, and ultimately mind wandering is reduced (Merizak et al., 2012). By reducing mind wandering as a result of mindfulness training, attentional resources are allocated to the task at hand, and given that attention is the basis of memory, By increasing attention, long-term memory performance is improved, and recalling information from this storehouse, as well as maintaining focus on the activity in progress due to reduced mind wandering, simultaneously helps improve working memory. In explaining the effectiveness of tDCS on working memory, it can also be said that tDCS improves cortical excitability by modulating synaptic connections and causes clinical and cognitive changes by opening Na^+ channels and activating NMDA receptors. In fact, the strength of new synapses formed during electrical stimulation sessions is stable and produces longer-lasting effects in the cerebral cortex (Wall et al., 2009), which in turn improves working memory performance (Boggio et al., 2007). Finally, in explaining the effectiveness of combining mindfulness training with tDCS on working memory, it can be said that applying tDCS to the dorsolateral prefrontal cortex leads to improvement in working memory, since working memory is also targeted by mindfulness, and considering the synergistic effect of mindfulness training with tDCS, the effectiveness of combining mindfulness training with tDCS on adolescents' working memory can be explained.

Keywords

Mindfulness training, transcranial direct current stimulation, working memory, metamemory.

«مقاله پژوهشی»

مقایسه اثربخشی آموزش ذهن آگاهی، تحریک جریان مستقیم ترانس کرانیال و تلفیق آموزش ذهن آگاهی با تحریک جریان مستقیم ترانس کرانیال بر حافظه کاری و فراحافظه نوجوانان

سجاد ایزدی*^۱، مسعود حسین چاری^۲، مسعود فضیلت پور^۳، فریده یوسفی^۴، محبوبه فولادچنگ^۵

چکیده

هدف از پژوهش حاضر مقایسه اثربخشی آموزش ذهن آگاهی، تحریک جریان مستقیم ترانس کرانیال و تلفیق آموزش ذهن آگاهی با تحریک جریان مستقیم ترانس کرانیال بر حافظه کاری و فراحافظه نوجوانان بود. روش پژوهش حاضر از نوع نیمه آزمایشی با طرح پیش آزمون - پس آزمون با گروه گواه انجام شد. جامعه آماری این پژوهش تمامی دانش آموزان پسر مشغول به تحصیل پایه نهم شهرستان یوانات در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۳ بودند. نمونه این پژوهش متشکل از ۸۰ دانش آموز بوده که به روش نمونه گیری در دسترس از چهار مدرسه انتخاب و دانش آموزان هر مدرسه به عنوان یکی از چهار گروه آزمایش (آموزش ذهن آگاهی، tDCS، تلفیق آموزش ذهن آگاهی با tDCS) و گروه کنترل قرار گرفتند. ابزارهای این پژوهش شامل آزمون حافظه کاری n-Back، مقیاس فرا حافظه نوجوانان، بسته آموزش ذهن آگاهی و دستگاه estim2 بود. یافته ها: هر سه روش آموزش ذهن آگاهی، tDCS و تلفیق آموزش ذهن آگاهی با tDCS بر حافظه کاری و فرا حافظه اثربخش بودند. همچنین نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نیز نشان داد بیشترین اثربخشی مربوط به تلفیق آموزش ذهن آگاهی با tDCS، در رتبه دوم آموزش ذهن آگاهی و در رتبه سوم tDCS بوده است. نتیجه گیری: نتایج نشان داد که آموزش ذهن آگاهی و tDCS هر یک در جایگاه خودشان می توانند حافظه کاری و فرا حافظه را بهبود بخشند درحالی که تلفیق آموزش ذهن آگاهی با tDCS می تواند بر تقویت حافظه کاری و فرا حافظه نوجوانان مؤثرتر باشد.

واژه های کلیدی

آموزش ذهن آگاهی، تحریک جریان مستقیم ترانس کرانیال، حافظه کاری، فراحافظه.

۱. دکتری روان شناسی تربیتی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
۲. دانشیار، گروه روان شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، کرمان، ایران
۳. دانشیار روان شناسی شناختی، دانشکده علوم تربیتی و روان شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
۴. دانشیار، گروه روان شناسی تربیتی، دانشکده علوم تربیتی و روان شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
۵. دانشیار، گروه روان شناسی تربیتی، دانشکده علوم تربیتی و روان شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

نویسنده مسئول:

سجاد ایزدی

رایانامه: Sajadizadi87@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۳

استناد به این مقاله:

ایزدی، سجاد؛ حسین چاری، مسعود؛ فضیلت پور، مسعود؛ یوسفی، فریده؛ و فولادچنگ، محبوبه (۱۴۰۳). مقایسه اثربخشی آموزش ذهن آگاهی، تحریک جریان مستقیم ترانس کرانیال و تلفیق آموزش ذهن آگاهی با تحریک جریان مستقیم ترانس کرانیال بر حافظه کاری و فراحافظه نوجوانان. فصلنامه علمی عصب روان‌شناسی، ۷۷-۹۵، (۳۷)۱۰.

(DOI: [10.30473/clpsy.2025.71916.1750](https://doi.org/10.30473/clpsy.2025.71916.1750))



مقدمه

حافظه کاری سیستمی فعال برای اندوزش و دست کاری موقتی اطلاعات به منظور انجام تکالیف پیچیده شناختی؛ مانند یادگیری، استدلال، ادراک و تفکر در نظر گرفته می شود؛ بنابراین بهبود حافظه کاری می تواند منجر به انجام بهتر تکالیف شود (محمودنژاد و فولادچنگ، ۱۴۰۱). حافظه کاری پایه و اساس بسیاری از کارکردهای شناختی دیگر را در انسان ایجاد می کند (اسداللهی، سالاری فر و طالب زاده شوشتری، ۱۴۰۰) و ظرفیت آن محدود است (ژو^۱ و همکاران، ۲۰۲۲). کارکردهای حافظه کاری از اهمیت اساسی و مهمی برای رفتار مؤثر انسان برخوردار است (میلان^۲ و همکاران، ۲۰۱۲). بنابراین تقویت حافظه کاری، به نوبه خود می تواند اثرات سودمندی بر عملکردهای کنترل شناختی به همراه داشته باشد (شوایزر^۳ و همکاران، ۲۰۱۳). به ویژه در طول مرحله ی رشد نوجوانی که بیشترین زمان در یک محیط آموزشی صرف می شود (بریتون^۴ و همکاران، ۲۰۱۴).

از آنجا که رویکردهای سنتی مانند دارودرمانی و دیگر رویکردهای توان بخشی شناختی پیشرفت های محدودی در تقویت کارکردهای شناختی داشته اند (پارسایی و همکاران، ۲۰۱۸؛ لیتانز^۵، ۲۰۰۵)؛ پژوهشگران به دنبال یافتن رویکردهای نوین جهت تقویت کارکردهای شناختی هستند. یکی از جدیدترین تکنیک های غیرتهاجمی تحریک مغز، تحریک الکتریکی مستقیم فرا مجمه ای^۶ (tDCS) است که باهدف افزایش ظرفیت شناختی، در چند سال گذشته محبوبیت و علاقه تحقیقاتی فزاینده ای به دست آورده است (دوئرک، گراف و ساک، ۲۰۱۴، علیپور و محمدی، ۱۴۰۲). tDCS یک تکنیک شناخته شده برای تعدیل تحریک پذیری قشر مغز است، که به دلیل تأثیرات بالقوه بر قالب پذیری قشر مغز، داشتن ایمنی، عملکرد آسان، اقتصادی و قابل حمل بودن، به عنوان یک روش پژوهشی در علوم اعصاب استفاده شده است (ماچادو^۷ و همکاران، ۲۰۱۹) کاربرد این تکنیک شامل عبور جریانی مستقیم با شدت کم (معمولاً ۰/۲ تا ۲ میلی آمپر) بین جفت الکترودهای قرار گرفته بر روی پوست سر است که موجب ایجاد یک میدان الکتریکی در قشر

زیرین می شود. جریان های اعمال شده در طول tDCS، پتانسیل تراغشایی نورون های قشر مغز را تغییر می دهند (ارهارت^۸ و همکاران، ۲۰۲۱؛ راثول^۹ و همکاران، ۲۰۲۱). پژوهش های تصویربرداری عصبی که فرایندهای حافظه کاری در مغز را شناسایی می کنند، قشر پیش پیشانی، به ویژه قشر پیش پیشانی پشتی جانبی را تحت ناحیه حیاتی و اصلی درگیر در فرایندها و کمبودهای حافظه کاری پیشنهاد کرده اند. بنابراین؛ به صورت اختصاصی، زیر پردازش های حافظه کاری با قشر پیش پیشانی پشتی - جانبی مرتبط بوده که در برگرفته منع حواس پرتی و نگهداشت آنلاین داده ها است (زائو^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۰). در نتیجه می توان گفت که تکنیک هایی که به طور مستقیم فعالیت قشر پیش پیشانی پشتی جانبی را تنظیم و مورد بررسی قرار می دهند، قابلیت خوبی در بهبود حافظه کاری دارند (ارسطو و همکاران، ۲۰۲۰). به عنوان مثال مطالعات شواهدی ارائه می کنند که نشان می دهد تحریک آندی قشر جلوی مغزی پشتی جانبی چپ منجر به افزایش یادگیری در طول آموزش حافظه کاری می شود (او^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۶) و این اثرات می تواند به تکالیف آموزش ندیده منتقل شود (استیونز و بری هیل^{۱۲}، ۲۰۱۶). در پژوهش دیگری مانکوزو^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۶) دریافتند که در اکثر مطالعات فراتحلیل، اثرات کوچک ولی قابل توجه تمرینات حافظه کاری، تحت تأثیر تحریک آندال بر قشر پیش پیشانی پشتی جانبی نشان داده شده است. نتایج پژوهش کروز گونزالز، فونک و براون^{۱۴} (۲۰۱۸) نیز نشان داد تحریک جریان مستقیم فرا مجمه ای بر سرعت پردازش، توجه انتخابی و توانایی برنامه ریزی تکالیف از نظر عملکرد و زمان تکمیل تأثیر قابل توجهی دارد. پژوهش دیگری نشان داد عملکرد شناختی در مقایسه با تحریک ساختگی تحت تأثیر یک دوز از tDCS آنلاین فعال در ناحیه قشر جلو مغزی پشتی جانبی قرار می گیرد (بشیر^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۹). پژوهش فراتحلیل بیگمان^{۱۶} و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان داد هر دوره تحریک مغناطیسی مغز و تحریک الکتریکی مغز بر حافظه کاری،

8. Ehrhardt

9. Rothwell

10. Zhao

11. Au

12. Stephens & Berryhill

13. Mancuso

14. Cruz Gonzalez

15. Bashir

16. Begemann

1. Zhu

2. Millan

3. Schweizer

4. Britton

5. Leibtan

6. transcranial direct current stimulation

7. Machado

تأثیرات کوچک اما قابل توجهی را نشان دادند. باوجود اینکه پژوهش‌های پیشین از اثربخشی tDCS بر حافظه کاری خبر می‌دهند، فراتحلیل‌های اخیر به‌طور کلی استحکام و اعتبار اثرات tDCS بر روی عملکردهای شناختی از جمله حافظه کاری را زیر سؤال می‌برند (هیل، فیتزجرالد و هوی، ۲۰۱۶). بنابراین؛ اولین چالشی که پژوهش حاضر با آن مواجه شد زیرسؤال بردن اثر تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای مغز بر حافظه کاری بود.

علاوه بر تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای، روش مؤثر دیگر در تقویت حافظه کاری آموزش ذهن آگاهی است. آموزش ذهن آگاهی یک درمان رفتاری موج سوم به شمار می‌رود که دربرگیرنده یک توجه عاری از هرگونه قضاوت به تجربه لحظه حال است (پارسایی و همکاران، ۲۰۲۲). آموزش ذهن آگاهی، کارکرد اجرایی از جمله حافظه کاری و سیالی کلامی را ارتقا می‌دهد و خودتنظیمی را در دانشجویان بهبود می‌بخشد (شورت^۲ و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین ذهن آگاهی با کارکردهای شناختی از جمله کارکردهای اجرایی، خودتنظیمی، حافظه و توجه (کییزا، کالاتی و سرتی، ۲۰۱۱) و نیز با بهزیستی ذهنی و سلامت روانی، (فالکنستروم^۳، ۲۰۱۰، سهرابی و همکاران، ۲۰۱۹) رابطه مثبت دارد. در این راستا کواچ، مانو و الکساندر^۴ (۲۰۱۶) دریافتند افرادی که در مدیتیشن ذهن آگاهی شرکت کرده بودند؛ بهبود قابل توجهی را در ظرفیت حافظه کاری نشان دادند؛ درحالی که گروه‌های هاتا یوگا و گروه کنترل این بهبودی را نداشتند. همچنین نتایج پژوهش یانگس^۵ و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان داد که یک مداخله مدیتیشن ذهن آگاهی مختصر منجر به بهبود ظرفیت حافظه کوتاه‌مدت بصری می‌شود. در تایید پژوهش یانگس و همکاران، پژوهش بهائیان^۶ و همکاران (۲۰۲۳) نیز تأثیر تمرینات ذهن آگاهی را بر شاخص‌های حافظه فعال نوجوانان نشان داد. اگرچه پژوهش‌های پیشین از اثربخشی ذهن آگاهی بر تقویت عملکردهای شناختی خبر می‌دهند؛ اما بالین وجود، توجه بسیار زیاد به مفهوم روان‌شناختی ذهن آگاهی در سال‌های اخیر، اساساً معطوف به پژوهش‌ها و تحقیقات بالینی در این حوزه است و با مروری بر روی این پژوهش‌ها می‌توان بیان کرد که در روان‌درمانی و شناخت

درمانی، ذهن آگاهی در کانون تمرکز وجود دارد و بهبود و ارتقای آن به‌عنوان یک هدف درمانی مطرح است (کرمانی مامازندی و همکاران، ۱۳۹۷). باتوجه به پیشینه پژوهش، سهم زیادی از پژوهش‌ها از آموزش ذهن آگاهی در راستای درمان اختلالاتی از جمله ناتوانی یادگیری، استرس، اضطراب، افسردگی و غیره استفاده کرده‌اند این در حالی است که رویکرد این تحقیق، بر اساس روان‌شناسی مثبت‌نگر و بهزیستی روان‌شناختی است؛ بنابراین دومین چالش این پژوهش تعیین اثربخشی آموزش ذهن آگاهی بر حافظه کاری نوجوانان سالم بود.

از سویی دیگر تصور می‌شود لوب‌های فرونتال که از فرا حافظه و حافظه معنایی پشتیبانی می‌کنند، برای فرا حافظه بسیار مهم هستند (هوارد^۷ و همکاران، ۲۰۱۰). چووا و امد (۲۰۱۶) دقت قضاوت‌های احساس دانستن^۸ را نشان دادند (چگونه قضاوت‌ها با دقت حافظه مرتبط هستند). همچنین دریافتند که دقت قضاوت‌های احساس دانستن را می‌توان با افزایش تحریک‌پذیری قشر پیش پیشانی پشتی جانبی از طریق تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای با وضوح بالا افزایش داد (چووا و امد، ۲۰۱۶). در پژوهشی دیگر اثربخشی تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای بر حافظه معنایی و اپیزودیک و مهارت‌های فرا حافظه نشان داده شد (ایمپریو^۹ و چووا، ۲۰۲۳). همچنین نتایج مطالعه لی^{۱۰} (۲۰۲۴) نیز حاکی از تأیید نقش قشر پیش پیشانی پشتی جانبی در فعالیت‌های فرا حافظه به‌ویژه قضاوت در احساس دانستن بود؛ به‌طوری که اعمال تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای با کیفیت بالا بر روی قشر پیش پیشانی پشتی جانبی نسبت به لوب گیجگاهی منجر به دقت بالایی در مهارت‌های فرا حافظه به‌ویژه قضاوت در احساس دانستن می‌شود. همچنین چندین مطالعه ضایعه مغزی نیز نقص در فرا حافظه با آسیب قشر پیشانی را در انواع مختلف حافظه و تکالیف فرا حافظه نشان داده است (مدیر روستا و فلوز، ۲۰۰۸- پانونو، کازنیاک و راپسیک^{۱۱}، ۲۰۰۵). اگرچه مطالعات ضایعه مغزی و تصویربرداری عصبی مفید هستند؛ اما مسائل مربوط به بهبودی/ جبران خسارت برای بیماران (کوربتا^{۱۲} و همکاران،

7. Howard

8. feeling-of-knowing

9. Imperio

10. Li

11. Pannu & Kaszniak & Rapcsak

12. Corbetta

1. Hill & Fitzgerald & Hoy

2. Short

3. Falkenstrom

4. Quach & Mano & Alexa

5. Youngs

6. Behaein

امروزه تحریک غیرتهاجمی مغز به روشی گسترده برای تعدیل تحریک‌پذیری عصبی تبدیل شده است (شوهانی و همکاران، ۲۰۲۰؛ هانتز^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۸) و مراقبه الکترونیکی^{۱۱} به‌عنوان یک رویکرد جدید برای کاهش بالقوه منحنی یادگیری جلسات مراقبه فشرده و احتمالاً به‌طور همزمان به‌منظور افزایش بهزیستی روان‌شناختی پیشنهاد شده است (بادران^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۷). ترکیب آموزش شناختی با تحریک مغز ممکن است مکانیسم‌های دخیل در انعطاف‌پذیری عصبی را تسهیل کند، که باعث سرعت بیشتر یادگیری می‌شود (کلاک و پارسورمن^{۱۳}، ۲۰۱۴). پیشنهاد شده است که می‌توان tDCS را با آموزش مبتنی بر ذهن‌آگاهی^{۱۴} تلفیق کرد (هانتز و همکاران، ۲۰۱۸). در این راستا نتایج پژوهش روزبهانی و همکاران (۱۴۰۰) نشان داد که ترکیب کاهش استرس مبتنی بر ذهن‌آگاهی و تحریک الکتریکی مغز از روی جمجمه در کاهش استرس در مقایسه با روش کاهش استرس مبتنی بر ذهن‌آگاهی به تنهایی کارآمدی بیشتری دارد. هانتز و همکاران (۲۰۱۸) نیز در پژوهشی اثربخشی ترکیب آموزش ذهن‌آگاهی با tDCS بر بهبود عملکرد حافظه کاری را فقط در تکالیف 3-back نشان دادند. نتایج پژوهش نیکولین و همکاران (۲۰۲۰) با عنوان ارزیابی تغییرات نوروفیزیولوژیک مرتبط با تحریک ترکیبی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای و آموزش شناختی عاطفی برای افسردگی مقاوم به درمان نشان داد که ترکیب آموزش شناختی عاطفی با تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای می‌تواند خلق و خو و دقت حافظه کاری را بهبود بخشد. در پژوهش دیگری بروکز^{۱۵} و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند ترکیب tDCS با کاهش استرس مبتنی بر ذهن‌آگاهی در بزرگسالان افسرده و مضطرب مسن‌تر، از جمله در استفاده از راه دور و در خانه، امکان‌پذیر و ایمن است. جفت کردن tDCS با مداخلات شناختی که به طور فرضی مدارهای پیش‌پیشانی را درگیر می‌کنند، ممکن است پاسخ‌های درمانی را افزایش دهد. به عبارتی تحریک tDCS و مداخلات شناختی بر روی یک بستر همپوشانی عصبی اثر دارند (ولبر^{۱۶} و همکاران، ۲۰۲۲). پژوهش‌های پیشین در رابطه با مقایسه

کلب^۱ و همکاران، ۲۰۰۱) و از طرفی ماهیت همبستگی تصویربرداری عصبی از عوامل محدود کننده هنگام استنباط هستند؛ بنابراین تحریک غیرتهاجمی مغز برای پاسخ به سوالاتی در مورد نواحی مغز که از فرایندهای شناختی پشتیبانی می‌کنند مناسب است (داسیلوا و همکاران، ۲۰۱۱). باتوجه به اینکه چندین مطالعه تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی fMRI نشان داده‌اند که به هنگام نیاز به نظارت بر حافظه، فعالیت در قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی افزایش می‌یابد (داینز^۲ و همکاران، ۲۰۰۲). و تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای بر قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی، تحریک مداوم را در یک دوره زمانی ارائه می‌دهد، پس منطقی است که نظارت بر حافظه در تمام تکالیف شناختی بهبود یابد (چووا، امد و گارسیا^۳، ۲۰۱۷). باتوجه به پژوهش‌های محدود در این زمینه سومین چالش پژوهش حاضر، بررسی اثربخشی تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای بر فرافاصله بود.

در طول سال‌های گذشته، علاقه زیادی به رابطه بین ذهن‌آگاهی و فراشناخت وجود داشته است (به‌عنوان مثال، جانکوفسکی و هولاس^۴، ۲۰۱۴)، که به‌طور کلی می‌تواند به‌عنوان شناخت در مورد شناخت خود تعریف شود (کوریات^۵، ۲۰۰۷؛ متکاف^۶؛ دانلوسکی^۷ و متکاف، ۲۰۰۹؛ نلسون^۸، ۱۹۹۰). در مدل فراشناختی ذهن‌آگاهی جانکوفسکی و هولاس^۸ (۲۰۱۴)، سطوح مختلف فراشناخت در ذهن‌آگاهی و همچنین مؤلفه‌های فرعی مختلف فراشناخت و رابطه بین آنها، مشخص شده و مورد بحث قرار گرفته است (نورمن^۹، ۲۰۱۷). از آنجا که دخالت فراشناخت در ذهن‌آگاهی قبلاً در مدل‌های اخیر ذهن‌آگاهی تأیید شده است (نورمن، ۲۰۱۷) و از سوی دیگر، دانش فراشناختی مرتبط با حافظه، فرا حافظه نام‌گذاری شده است و همچنین، موضوع فرا حافظه قسمت شناخته شده‌ای از فراشناخت به شمار می‌رود (دانلوسکی و متکاف، ۲۰۰۹)؛ بنابراین چهارمین چالش پژوهش حاضر به طور ضمنی تعیین اثربخشی آموزش ذهن‌آگاهی بر فرا حافظه بود.

10. Hunter
11. E-meditation
12. Badran
13. Clark & Parasuraman
14. mindfulness-based training
15. Brooks
16. Webler

1. Kolb
2. Dobbins
3. Garcia
4. Jankowski & Holas
5. Koriat
6. Dunlosky
7. Nelson
8. Jankowski & Holas
9. Norman

اثربخشی ذهن‌آگاهی و tDCS، از اثرات متفاوت این دو روش بر کارکردهای اجرایی خبر می‌دهند بعنوان مثال نتایج پژوهش علیزاده گورادل و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد که هم درمان تحریک با جریان الکتریکی مستقیم و هم درمان ذهن‌آگاهی در مقایسه با گروه کنترل منجر به بهبود کارکردهای اجرایی نوجوانان با اختلال مصرف مواد شده است درحالیکه بین دو روش درمانی بکار گرفته شده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین نتایج پژوهش آزموده، سلیمانی و عیسی زادگان (۲۰۲۰) نشان داد tDCS در مقایسه با شناخت درمانی مبتنی بر ذهن‌آگاهی اثربخشی بیشتری در تقویت حافظه کاری بیماران مبتلا به صرع دارد. البته نکته مهم این است که این پژوهش‌ها در نمونه‌های دارای اختلال انجام گرفته‌اند. اگرچه برخی از پژوهش‌های پیشین به بررسی اثربخشی تلفیق آموزش ذهن‌آگاهی با تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای بر حافظه کاری و یا فرا حافظه بطور جداگانه پرداخته‌اند، اما این پژوهش‌ها یا در نمونه‌های دارای اختلال یادگیری، افسردگی و سو مصرف مواد انجام گرفته‌اند و یا این که فاقد گروه‌های مقایسه آموزش ذهن‌آگاهی و تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای به طور جداگانه بودند؛ بنابراین باتوجه به شکاف پژوهشی در این زمینه و عدم وجود پژوهشی که به صورت منسجم به مقایسه اثربخشی آموزش ذهن‌آگاهی، tDCS و تلفیق آموزش ذهن‌آگاهی با tDCS بر حافظه کاری و فرا حافظه نوجوانان بپردازد، پژوهش حاضر ضمن بررسی چالش‌های مطرح شده در نهایت به دنبال پاسخ‌گویی به این مسئله پژوهشی بود که آیا تلفیق آموزش ذهن‌آگاهی با tDCS بر بهبود حافظه کاری و فرا حافظه نوجوانان اثربخش‌تر از آموزش ذهن‌آگاهی و tDCS به طور جداگانه است؟ همچنین، از آن جا که آموزش ذهن‌آگاهی و tDCS از جمله رویکردهای تأثیرگذار بر تغییر عملکردهای شناختی به شمار می‌روند، سؤالی که مطرح شد این بود که کدامیک از دو روش آموزش ذهن‌آگاهی و tDCS در بهبود حافظه کاری و فرا حافظه نوجوانان اثربخش‌تر است؟

روش

پژوهش حاضر از نوع شبه آزمایشی با پیش‌آزمون - پس‌آزمون و گروه کنترل است. جامعه آماری این پژوهش کلیه دانش‌آموزان پسر دوره متوسطه اول پایه نهم مدارس دولتی شهرستان بوانات استان فارس هستند که در سال

تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ مشغول تحصیل بودند. نمونه این پژوهش متشکل از ۸۰ نفر بوده که به روش نمونه‌گیری دردسترس و باتوجه به ملاک‌های ورود و خروج از بین افراد دارای شرایط از چهار مدرسه (از هر مدرسه ۲۰ نفر) انتخاب شدند و دانش‌آموزان هر مدرسه به‌عنوان یکی از چهار گروه آزمایش (آموزش ذهن‌آگاهی، tDCS، تلفیق آموزش ذهن‌آگاهی با tDCS) و گروه کنترل قرار گرفتند. ملاک‌های ورود به نمونه این تحقیق شامل این موارد بود: دانش‌آموز مقطع متوسطه پایه نهم، اشتغال به تحصیل در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲، داشتن سلامت جسمی و روانی (عدم استفاده از داروهای روان‌پزشکی مطابق با خوداظهاری شرکت‌کنندگان)، رضایت‌نامه والدین. ابتدا به سرردهای مزن، میگردن، صرع، تشنج، سابقه تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای قبلی، استفاده از داروهای تقویت حافظه، وجود هرگونه فلز در جمجمه و مغز، وجود باتری در قلب، استفاده از هرگونه خدمات روان‌درمانی و مشاوره در زمان اجرای پژوهش، غیبت و یا عدم همکاری، ملاک‌های خروج آزمودنی‌ها از مطالعه حاضر بود. همچنین به آزمودنی‌ها نسبت به رازداری و عدم افشای اطلاعاتشان اطمینان خاطر داده شد. سپس عملکرد و اثرات جانبی دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای و نیز توضیحاتی در رابطه با روند آزمون به افراد مشارکت‌کننده ارائه شد. سپس کلیه مشارکت‌کنندگان گروه‌های آزمایش و گواه به‌وسیله آزمون حافظه کاری n-back و مقیاس فرا حافظه نوجوانان مورد ارزیابی قرار گرفتند (مرحله پیش‌آزمون). پس از آن شرکت‌کنندگان در گروه ذهن‌آگاهی ۸ جلسه، هفته‌ای ۱ جلسه به‌صورت گروهی به مدت ۴۵ دقیقه آموزش ذهن‌آگاهی دریافت کردند. شرکت‌کنندگان گروه تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای ۸ جلسه، هفته‌ای ۲ جلسه تحریک دریافت کردند و شرکت‌کنندگان گروه تلفیق آموزش ذهن‌آگاهی با تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای ۸ جلسه، هر هفته ۱ جلسه آموزش ذهن‌آگاهی که چهار هفته پایانی با دو جلسه تحریک (تحریک آندی ناحیه F3 و تحریک کاتدی ناحیه F4)، یعنی در مجموع ۸ جلسه آموزش ذهن‌آگاهی و ۸ جلسه تحریک دریافت کردند. گروه کنترل هیچ‌گونه آموزش و تحریکی دریافت نکرد. بعد از اتمام جلسات آموزش ذهن‌آگاهی و تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای، هر چهار گروه آزمایش و کنترل به‌وسیله آزمون‌های حافظه کاری n-back و مقیاس فرا حافظه

مخالفم = ۱، مخالفم = ۲، موافقم = ۳، کاملاً موافقم = ۴) است. این مقیاس دارای ۴ بعد است که در جدول ۱ نام ابعاد و نیز شماره گویه‌های تشکیل‌دهنده هر یک از ابعاد ارائه گردیده است.

جدول ۱. چهار بعد مقیاس فرا حافظه برای نوجوانان

ابعاد مقیاس	شماره گویه‌ها
قضاوت‌های مربوط به یادگیری	۱۳-۱۴-۱۵-۱۶-۱۷-۱۸-۱۹
قضاوت‌های خود اطمینان‌بخش	۱-۲-۱۱-۱۲
قضاوت‌های حس دانستن	۷-۸-۹-۱۰
قضاوت‌های آسان بودن یادگیری	۳-۴-۵-۶

در پژوهش اثنی‌عشری و همکاران (۱۳۹۷) روایی صوری و محتوایی این مقیاس توسط اساتید دانشگاه مورد بررسی و تأیید قرار گرفت. همچنین برای بررسی پایایی مقیاس از روش آلفای کرونباخ استفاده شد که میزان آن ۰/۷۱ گزارش شد.

آموزش ذهن‌آگاهی

آموزشی که شرکت‌کنندگان طی ۸ جلسه، هفته‌ای یک جلسه به‌صورت گروهی در چهارچوب ذهن‌آگاهی کابات - زین (۱۹۹۰) دریافت کردند. چهارچوب کلی جلسات ذهن‌آگاهی به شرح زیر بود (کابات-زین، ۱۹۹۰).

جدول ۲. چهارچوب جلسات ذهن‌آگاهی^۱

جلسه اول: هدایت خودکار	تنظیم خطمشی کلی با در نظر گرفتن جنبه محرومانه بودن و زندگی شخصی افراد، دعوت افراد به معرفی خود به یکدیگر، تمرین خوردن کشمش، تمرین وارسی بدنی - آغاز تمرین تمرکز با تنفس کوتاه، تکلیف خانگی
جلسه دوم: مقابله با موانع	تمرین وارسی بدنی، تمرین افکار و احساسات، ثبت وقایع خوشایند و مراقبه نشسته ۱۰ تا ۱۵ دقیقه، توزیع جزوات جلسه دوم بین شرکت‌کنندگان و ارائه تکلیف خانگی.
جلسه سوم: حضور ذهن بر تنفس و بدن	تمرین دیدن یا شنیدن به مدت ۵ دقیقه، مراقبه نشسته ۳۰ تا ۴۰ دقیقه، بازنگری تمرین، بازنگری تکلیف، تمرین فضای تنفس ۳ دقیقه‌ای و بازنگری داشتن، با حضور ذهن قدم بزنید
جلسه چهارم: ماندن در زمان حال	تمرین پنج دقیقه‌ای دیدن یا شنیدن، ۴۰ دقیقه مراقبه - آگاهی از تنفس، بدن، صدا و افکار، بازنگری تمرین، بازنگری تکلیف خانگی
جلسه پنجم: پذیرش، اجازه/مجوز حضور	۴۰ دقیقه مراقبه نشسته - آگاهی از تنفس، بدن، صداها، افکار، توجه به اینکه چگونه ما از طریق واکنش‌هایی که نسبت به افکار، احساسات، یا حس‌های بدنی نشان می‌دهیم با تجاربمان ارتباط برقرار می‌کنیم، بازنگری تمرین، بازنگری تکلیف خانگی

نوجوانان مورد ارزیابی قرار گرفتند (مرحله پس‌آزمون).

ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات

آزمون حافظه کاری n-back: در این پژوهش به‌منظور سنجش حافظه کاری از آزمون n-back استفاده شد. تکلیف n-back یک تکلیف سنجش عملکرد شناختی است که برای نخستین بار در سال ۱۹۵۸ توسط کرچنر^۱ معرفی شد. روند کلی تکلیف بدین قرار است که دنباله‌ای از محرک‌ها (عموماً دیداری) به‌صورت گام به گام، به آزمودنی ارائه می‌شود و آزمودنی باید بررسی کند که آیا محرک ارائه شده فعلی، با محرک n گام قبل از آن هم‌خوانی دارد یا خیر. (ارکان و یاریاری، ۱۳۹۳). این آزمون در بهار ۱۳۹۲ بصورت برنامه کامپیوتری فارسی توسط موسسه تحقیقات علوم رفتاری شناختی سینا، تهیه شده است. در این پژوهش از گام سوم این آزمون استفاده شد.

مقیاس فراحافظه برای نوجوانان (اثنی‌عشری و همکاران ۱۳۹۷)

این مقیاس دارای ۱۹ گویه بوده و هدف آن ارزیابی میزان فرا حافظه برای نوجوانان از ابعاد مختلف (قضاوت‌های مربوط به یادگیری، قضاوت‌های خود اطمینان‌بخش، قضاوت‌های حس دانستن، قضاوت‌های آسان بودن یادگیری) است. نمره گذاری مقیاس به‌صورت طیف لیکرت ۴ نقطه‌ای (کاملاً

مراقبه نشسته ۴۰ دقیقه‌ای – آگاهی از تنفس، بدن، اصوات و سپس بازنگری تمرین و بازنگری تکلیف خانگی، آماده شدن برای اتمام دوره خلق، افکار و تمرین نقطه نظرات یا افکار جانشین، زمان تنفس و بازنگری آن.	جلسه ششم: افکار حقایق نیستند
۴۰ دقیقه مراقبه نشسته – آگاهی از تنفس، بدن، صداها، سپس افکار، بازنگری تمرین‌ها، بازنگری تکالیف خانگی، تمرین مشاهده ارتباط بین فعالیت و خلق، تهیه فهرستی از فعالیت‌های لذت بخش و فعالیت‌هایی که منجر به حس از عهده برآیی می‌شود.	جلسه هفتم: چطور من می‌توانم به بهترین شکل از خود مراقبت کنم؟
تمرین واری واری بدن، بازنگری تکلیف خانگی. بازنگری کل برنامه: آنچه در گروه‌های دوفره یاد گرفته شده - و مرور کل برنامه	جلسه هشتم: بازنگری مطالب گذشته و جمع‌بندی

دستگاه tDCS

دستگاه مورد استفاده در این پژوهش، دستگاه دو کاناله estim2 شرکت پرتو دانش بود که در طول جلسات، از الکترودهای پلاستیکی ۲۵ سانتی مترمربعی با روکش پنبه‌ای که برای کاهش مقاومت آغشته به محلول نمک شده‌اند، استفاده شد. روش تحریک در این پژوهش، ۸ جلسه تحریک فعال با جریان ۲ میلی آمپر (پیشنهاد هاتر و همکاران، ۲۰۱۸) به مدت ۳۰ دقیقه به‌طوری که که الکترود آند در قشر پشتی - جانبی پیش پیشانی سمت چپ معادل نقطه F3 و الکترود کاتد در قشر پشتی - جانبی پیش پیشانی سمت راست معادل نقطه F4 اعمال شد (چوو و همکاران، ۲۰۱۷). شایان ذکر است که تحریک جریان الکتریکی با شدت ۲ میلی آمپر بر سلامتی شرکت‌کنندگان اثر سوء ندارد (فرگن^۱ و همکاران، ۲۰۰۵).

یافته‌ها

یافته‌های پژوهش حاضر، حاصل مطالعه ۸۰ دانش‌آموز پسر پایه نهم بوده است. شاخص‌های آمار توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش در جدول ۳ آمده است.

بررسی و مقایسه نمرات چهار گروه در متغیرهای پژوهش، حاکی از تغییر نمرات آزمودنی‌ها در مرحله پس‌آزمون نسبت به مرحله پیش‌آزمون بود؛ لذا جهت بررسی

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش در گروه‌های مختلف بر حسب مرحله آزمون^۱

متغیر	مرحله		پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
	گروه		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
حافظه کاری	ذهن‌آگاهی		۲۳/۴۵	۲/۹۹	۶۸/۸۰	۵/۳۳
	Tdcs		۲۳/۹۰	۲/۷۲	۴۵/۴۰	۴/۰۷
	تلفیق دو تکنیک		۲۴/۶۵	۳/۰۲	۹۳/۵۰	۴/۶۳

متغیر	مرحله		پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
	گروه	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
فرا حافظه	کنترل	۲۳/۰۰	۲/۲۴	۲۳/۵۰	۲/۷۸	
	ذهن‌آگاهی	۲۰/۸۰	۱/۶۴	۶۴/۶۰	۳/۴۲	
	tDCS	۲۰/۸۰	۱/۱۵	۴۱/۶۵	۱/۴۲	
	تلفیق دو تکنیک	۲۰/۶۵	۱/۸۱	۷۵/۶۵	۲/۴۳	
	کنترل	۱۹/۹۵	۱/۵	۲۰/۴۰	۱/۴۳	

جدول ۴. آزمون‌های چندمتغیری برای بررسی اثر گروه بر ترکیب متغیرهای وابسته

منبع واریانس	آزمون‌ها	مقدار	F	درجه آزادی فرضیه	درجه آزادی خطا	سطح معنی‌داری	مجذور اتای تفکیکی
گروه	اثر پیلاپی	۱/۳۹۶	۵۷/۰۴	۶	۱۴۸	<۰/۰۰۱	۰/۶۹۸
	لامبدای ویلکز	۰/۰۰۴	۳۴۱/۲۲	۶	۱۴۶	<۰/۰۰۱	۰/۹۳۳
	اثر هاتلینگ	۱۳۴/۲۶۸	۱۶۱۱/۲۲	۶	۱۴۴	<۰/۰۰۱	۰/۹۸۵
	بزرگ‌ترین ریشه روی	۱۳۳/۵۹۱	۳۲۹۵/۲۴	۳	۷۴	<۰/۰۰۱	۰/۹۹۳

جدول ۵. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره در متغیر حافظه کاری و متغیر فرا حافظه

متغیر	منبع واریانس	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری	مجذور اتای تفکیکی
حافظه کاری	گروه	۵۲۰۶۸/۳۲۳	۳	۱۷۳۵۶/۱۰۸	۹۳۳/۷۶۹	<۰/۰۰۱	۰/۹۷۴
	خطا	۱۳۷۵/۴۴۹	۷۴	۱۸/۵۸۷			
	کل اصلاح شده	۵۵۹۲۹/۳۷۶	۷۹				
فرا حافظه	گروه	۳۴۶۰۲/۷۳۳	۳	۱۱۵۳۴/۲۴۴	۲۱۶۲/۷۲۲	<۰/۰۰۱	۰/۹۸۹
	خطا	۳۹۴/۶۵۷	۷۴	۵/۳۳۳			
	کل اصلاح شده	۳۶۷۲۵/۵۵۰	۷۹				

به تلفیق آموزش ذهن‌آگاهی با tDCS (۹۳/۵۷۲)، در رتبه دوم آموزش ذهن‌آگاهی (۶۸/۸۹۶)، در رتبه سوم tDCS (۴۵/۵۰۹) است. همچنین هر سه روش آموزش ذهن‌آگاهی، tDCS و تلفیق آموزش ذهن‌آگاهی با tDCS بر فرا حافظه اثربخش هستند. نتایج میانگین‌های تعدیل شده نمرات فرا حافظه نیز نشان داد بیشترین اثربخشی مربوط به تلفیق آموزش ذهن‌آگاهی با tDCS (۷۵/۶۶۷)، در رتبه دوم آموزش ذهن‌آگاهی (۶۴/۶۸۳) و در رتبه سوم tDCS (۴۱/۷۲۶) است.

بر اساس مندرجات جدول ۵ بین انواع روش‌های مداخلات در اثرگذاری بر حافظه کاری و فراحافظه تفاوت معنی دار وجود دارد. باتوجه به اثربخشی هر سه نوع مداخله بر حافظه کاری و فرا حافظه نوجوانان به منظور مشخص کردن محل تفاوت‌ها، از آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد که نتایج نشان داد هر سه روش آموزش ذهن‌آگاهی، tDCS و تلفیق آموزش ذهن‌آگاهی با tDCS بر حافظه کاری و فرا حافظه اثربخش هستند. همچنین باتوجه به میانگین‌های تعدیل شده نمرات حافظه کاری، بیشترین اثربخشی مربوط

جدول ۶. نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی برای مقایسه میانگین نمرات حافظه کاری و فرا حافظه تحت تأثیر انواع مداخله

نوع مداخله	گروه مقایسه	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری
ذهن‌آگاهی	tDCS	۲۳/۳۷۸	۱/۳۶۶	<۰/۰۰۱
ذهن‌آگاهی	تلفیق	-۲۴/۶۷۶	۱/۳۸۱	<۰/۰۰۱
ذهن‌آگاهی	کنترل	۴۵/۶۶۷	۱/۳۹۲	<۰/۰۰۱
tDCS	تلفیق	-۴۸/۰۶۳	۱/۳۷۱	<۰/۰۰۱
tDCS	کنترل	۲۲/۲۸۰	۱/۳۹۹	<۰/۰۰۱
تلفیق	کنترل	۷۰/۳۴۳	۱/۴۱۲	<۰/۰۰۱
ذهن‌آگاهی	tDCS	۲۲/۹۵۷	۰/۷۳۲	<۰/۰۰۱
ذهن‌آگاهی	تلفیق	-۱۰/۹۸۴	۰/۷۴۰	<۰/۰۰۱
ذهن‌آگاهی	کنترل	۴۴/۴۶۰	۰/۷۴۶	<۰/۰۰۱
tDCS	تلفیق	-۳۳/۹۴۱	۰/۷۳۴	<۰/۰۰۱
tDCS	کنترل	۲۱/۵۰۳	۰/۷۴۹	<۰/۰۰۱
تلفیق	کنترل	۵۵/۴۴۳	۰/۷۵۶	<۰/۰۰۱

حافظه کاری

فرا حافظه

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش باهدف مقایسه اثربخشی آموزش ذهن‌آگاهی، tDCS و تلفیق آموزش ذهن‌آگاهی با tDCS بر حافظه کاری و فرا حافظه نوجوانان انجام شد. بر طبق نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر در فرضیه اول، نشان داده شد که هر سه روش آموزش ذهن‌آگاهی، tDCS و تلفیق آموزش ذهن‌آگاهی با tDCS بر حافظه کاری اثربخش هستند. یافته‌های این پژوهش با نتایج یافته‌های کییزا و همکاران (۲۰۱۱)؛ شورت و همکاران (۲۰۱۵)؛ او و همکاران (۲۰۱۶)، مانکوزو و همکاران (۲۰۱۶)، کواچ و همکاران (۲۰۱۶)، کروزگونزالز و همکاران (۲۰۱۸)، بشیر و همکاران (۲۰۲۰)، ارسطو و همکاران (۲۰۲۰)؛ بیگمان و همکاران (۲۰۲۰)؛ یانگس و همکاران (۲۰۲۱) و بهائیان و همکاران (۲۰۲۳) همسو بود. در تبیین اثربخشی آموزش ذهن‌آگاهی بر حافظه کاری می‌توان گفت که آموزش ذهن‌آگاهی اثرات مؤثری بر مسیر پاداش که در بخش کناری میانی است، دارد. همچنین بخش مرتبط با توجه در ناحیه پشتی کناری پیش‌پیشانی با بخش کناری میانی در ارتباط مستقیم است؛ بنابراین سیستم پاداش و کنترل توجه از بخش عصبی مرتبطی استفاده می‌کنند. با فعال‌شدن این دو سیستم فعالیت عملیات خودکار که با سرگردانی ذهن مرتبط است کاهش می‌یابد (کریس^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). به عقیده مریزاک سرگردانی ذهن عامل اصلی اختلال در عملکردهای اجرایی است. شواهد نشان

می‌دهد هنگام انجام تمرینات ذهن‌آگاهی مسیر پاداش فعال می‌شود و در نتیجه با فعال‌شدن این مسیر بخش کنترل توجه نیز درگیر شده و در نهایت سرگردانی ذهن کاهش می‌یابد (مریزاک و همکاران، ۲۰۱۲). با کاهش سرگردانی ذهن که در نتیجه آموزش ذهن‌آگاهی حاصل می‌شود منابع توجه به عملکرد در حال اجرا اختصاص می‌یابد و با توجه به این که توجه پایه حافظه است، با افزایش توجه عملکرد حافظه درازمدت بهبود بخشیده می‌شود و فراخوانی اطلاعات از این انبار، همچنین حفظ تمرکز بر فعالیت در حال انجام به دلیل کاهش سرگردانی ذهن توانان به بهبود حافظه کاری کمک می‌کند. در تبیین اثربخشی tDCS بر حافظه کاری نیز می‌توان گفت که tDCS با تعدیل ارتباطات سیناپسی باعث بهبود تحریک‌پذیری قشری مغز شده و با بازکردن کانال‌های Na^+ و فعال‌کردن گیرنده‌های NMDA موجب تغییرات بالینی و شناختی می‌شود. در واقع قدرت سیناپس‌های جدید شکل‌گرفته در طی جلسات تحریک الکتریکی، پایدار بوده و تأثیرات بلندمدت‌تری در قشر مغز ایجاد می‌کند (پارسایی و همکاران، ۲۰۲۳)؛ وال^۲ و همکاران، ۲۰۰۹ که این تأثیرات بلندمدت باعث بهبود عملکرد حافظه کاری می‌شود (بوگیو^۳ و همکاران، ۲۰۰۷). و در نهایت در تبیین اثربخشی تلفیق آموزش ذهن‌آگاهی با tDCS بر حافظه کاری می‌توان گفت اعمال tDCS بر قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی منجر به

2. Valle
3. Boggio

1. Krebs

تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای بیشتر به عنوان یک ابزار تسهیل کننده تعدیل عصبی یا افزایش عملکرد مغز مطرح است؛ بنابراین اثربخشی این تکنیک نمی تواند به اندازه آموزش ذهن آگاهی باشد.

دیگر نتایج تحقیق نشان داد که هر سه روش آموزش ذهن آگاهی، tDCS و تلفیق آموزش ذهن آگاهی با tDCS بر فرا حافظه نوجوانان اثربخش هستند. نتایج این یافته با نتایج پژوهش های روز بهائی و همکاران (۱۴۰۰)، چووا و امد (۲۰۱۶)، چووا و همکاران (۲۰۱۷)، رحیمی و همکاران (۲۰۱۹)، باجوج و همکاران (۲۰۱۹)، ایمپریو و چووا (۲۰۲۳) و لی و همکاران (۲۰۲۴) همسو بود. در تبیین اثر بخشی آموزش ذهن آگاهی بر فرا حافظه می توان گفت که ذهن آگاهی به عنوان جلب توجه به تجربه لحظه به لحظه توصیف شده است و فرا حافظه نیز بر قضاوت و یادگیری درباره دانستن و احساس دانستن متمرکز است؛ بنابراین، ذهن آگاهی به افراد کمک می کند تا برای قضاوت در یادگیری و دانستن آن، به این احساسات و افکار توجه و تمرکز کنند (کابات - زین، ۲۰۲۱)؛ همچنین از بعد علوم اعصاب شناختی، فرا حافظه با عملکرد قشر پیش پیشانی پشتی جانبی در ارتباط است. مطالعات متعدد نشان داده اند که سطوح مختلف مراقبه و مدیتیشن با افزایش فعالیت در قشر پیش پیشانی پشتی جانبی همراه بوده است که خود حاکی از اثربخشی آموزش ذهن آگاهی بر تقویت فرا حافظه است (اشمیت و همکاران، ۲۰۱۹). در تبیین اثربخشی tDCS بر فرا حافظه می توان به نتایج حاصل از تکنیک های تصویربرداری مغز از نواحی مربوط به فرا حافظه و تحت تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه ای تکیه کرد. در پژوهش ها نقش قشر پیش پیشانی پشتی جانبی در فعالیت های فرا حافظه تأیید شده است همچنین مشاهده شده که تحت تأثیر تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه ای مشارکت کنندگان قادر به کنترل راهبردی حافظه خود و بهبود تئوری عملکرد حافظه هستند. برای مثال این افراد می توانند تصمیم بگیرند که چه مدت مطالب را مطالعه کنند، آیتم های خاصی را برای مطالعه انتخاب کنند و یا این که انتخاب کنند مجدداً مواردی خاص را مطالعه کنند یا نه. بنابراین می توان اثر مداخله تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه ای بر فرا حافظه را بر اساس نقشی که بر فعال سازی قشر پیش پیشانی پشتی جانبی مغز دارد، تأیید کرد. در نهایت در تبیین اثربخشی تلفیق آموزش

بهبود حافظه کاری می شود، از آن جایی که حافظه کاری، توسط ذهن آگاهی هم مورد هدف قرار می گیرد و نیز باتوجه به اثر هم افزایی آموزش ذهن آگاهی با tDCS می توان اثربخشی تلفیق آموزش ذهن آگاهی با tDCS بر حافظه کاری نوجوانان را تبیین کرد.

بر طبق نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر در فرضیه دوم، نشان داده شد که تلفیق آموزش ذهن آگاهی با tDCS در مقایسه با اثربخشی هر رویکرد به طور جداگانه اثربخشی بیشتری بر حافظه کاری دارد. نتایج این یافته با نتایج پژوهش های گوارادال (۱۳۹۸) و بروکز و همکاران (۲۰۲۱) همسو بود. در تبیین این یافته می توان گفت که باتوجه به اینکه ذهن آگاهی می تواند به عنوان ابزاری برای افزایش ظرفیت حافظه کاری مورد استفاده قرار گیرد (زیدان و همکاران، ۲۰۱۰). و اعمال tDCS بر قشر پیش پیشانی پشتی جانبی که با ریز پردازش های حافظه کاری مرتبط است (اندرسون و همکاران، ۲۰۰۴) حافظه کاری را بهبود می بخشد؛ و از طرفی باتوجه به اینکه تحریک قشر پیش پیشانی و مداخلات شناختی از جمله ذهن آگاهی بر روی یک بستر همپوشانی عصبی اثر دارند و نیز بر اساس اثر هم افزایی آموزش ذهن آگاهی هنگامی که با تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه ای تلفیق می شود (کروز گونزالز و همکاران، ۲۰۱۸)، می توان تبیین کرد که چرا تلفیق آموزش ذهن آگاهی با tDCS بر حافظه کاری اثربخش تر از آموزش ذهن آگاهی و tDCS به طور جداگانه است.

بر طبق نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر در فرضیه سوم، نشان داده شد که آموزش ذهن آگاهی در مقایسه با tDCS اثربخشی بیشتری بر حافظه کاری دارد. نتایج این یافته با نتایج پژوهش های ارسطو و همکاران (۲۰۱۹) ددونکر و همکاران (۲۰۱۶) و هسو و همکاران (۲۰۱۵) همسو و با نتایج پژوهش های گوارادال (۱۳۹۸) و آزموده و همکاران (۲۰۲۰) غیرهمسو بود. در تبیین این یافته نیز می توان گفت که آموزش ذهن آگاهی با توجه خودتنظیم شده و گشودگی به پذیرش تجارب فعلی و تمرکز بر افکار لحظه به لحظه در زمان حال، حافظه کاری و نظارت بر سرگردانی ذهن را درگیر می کند و به طور همزمان همین فرایندهای شناختی را پرورش داده و تقویت می کند. باتوجه به اینکه ذهن آگاهی از طریق توجه مداوم به مجموعه خاصی از محرک ها عمل می کند، انتظار می رود که آموزش آن از طریق مدیتیشن منجر به افزایش ظرفیت حافظه کاری شود (جی ها و همکاران، ۲۰۱۹). این در حالی است که

ذهن آگاهی با تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای بر فرا حافظه نوجوانان می‌توان گفت که از طرفی آموزش ذهن آگاهی، فرا حافظه را از طریق افزایش آگاهی از فرایندهای شناختی در طول مشاهده تقویت کرده (یین و همکاران، ۲۰۲۳) و نیز با افزایش فعالیت در قشر پیش پیشانی پشتی جانبی که با فرا حافظه در ارتباط است همراه بوده و از سویی دیگر تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای با فعال‌سازی قشر پیش پیشانی پشتی جانبی منجر به دقت بیشتر فرا حافظه می‌شود (چوا و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین تلفیق آموزش ذهن آگاهی با tDCS با فعال‌سازی یک ناحیه (قشر پیش پیشانی پشتی جانبی) منجر به بهبود فرا حافظه می‌شود.

نتایج همچنین نشان داد که تلفیق آموزش ذهن آگاهی با tDCS نسبت به آموزش ذهن آگاهی و tDCS بر فرا حافظه نوجوانان اثربخشی بیشتری داشت. در تبیین این یافته نیز می‌توان گفت باتوجه به اینکه تحریک قشر پیش پیشانی و مداخلات شناختی بر روی یک بستر همپوشانی عصبی اثر دارند (ولبر و همکاران، ۲۰۲۲) در نتیجه استفاده هم‌زمان آموزش ذهن آگاهی که نوعی یادگیری بودن در زمان حال و کنترل توجه برای مثال بر یک محرک خنثی مثل تنفس (در این مطالعه) است و tDCS که به فعال‌سازی نواحی قشر پیش پیشانی پشتی جانبی مرتبط با فرا حافظه کمک می‌کند، همان‌طور که هدف آموزش ذهن آگاهی نیز افزایش فعالیت همین ناحیه مغز است؛ بنابراین، کاربرد تلفیقی این دو نوع مداخله نسبت به کاربرد هریک از آنها به طور جداگانه، اثربخشی بیشتری بر فعالیت قشر پیش پیشانی و باتوجه به نقش این قشر در فرا حافظه بر تقویت فرا حافظه نوجوانان دارد.

همچنین بخشی از نتایج نشان داد که آموزش ذهن آگاهی در مقایسه با tDCS بر فرا حافظه نوجوانان اثربخش‌تر است. علت اثربخشی پایین‌تر tDCS بر فرا حافظه نوجوانان نسبت به تأثیر آموزش ذهن آگاهی را می‌توان به روشی که tDCS بر عملکرد فرا حافظه تأثیر می‌گذارد و همچنین مقدار کل تحریک دریافت شده نسبت داد. این موضوع در پژوهش ایمپریو و چوا (۲۰۲۳) نیز تأیید شد. ایمپریو و چوا (۲۰۲۳) به اثربخشی tDCS بر حافظه معنایی و اپیزودیک و مهارت‌های فرا حافظه پی بردند. آنها این‌گونه استدلال کردند که تکرار در مطالعات tDCS اغلب دشوار

است؛ زیرا شرکت‌کنندگان تفاوت‌های فردی زیادی در شکل/ضخامت جمجمه، چربی زیر جلدی و تراکم مایع مغزی نخاعی، و همچنین تفاوت‌های آناتومیک در نواحی مغز دارند. به همین موضوع در مطالعات وودز (۲۰۱۶) نیز اشاره شده است. علاوه بر این، تفاوت در برانگیختگی شرکت‌کنندگان و حتی دشواری یا آسانی تکلیف می‌تواند بر نحوه پاسخ شرکت‌کنندگان به تحریک مغزی تأثیر بگذارد (به نقل از ایمپریو و چوا، ۲۰۲۳). پس به طور خلاصه می‌توان گفت که هر سه روش آموزش ذهن آگاهی، tDCS و تلفیق آموزش ذهن آگاهی با tDCS بر حافظه کاری و فرا حافظه نوجوانان اثربخش هستند درحالی‌که بیشترین اثربخشی مربوط به تلفیق آموزش ذهن آگاهی با tDCS، در رتبه دوم آموزش ذهن آگاهی و در رتبه سوم tDCS است.

از آنجا که هیچ پژوهشی نمی‌تواند خالی از محدودیت باشد، پژوهش حاضر نیز با محدودیت‌هایی روبه‌رو بود. مهم‌ترین محدودیتی که در انجام این پژوهش وجود داشت، نحوه نمونه‌گیری، نداشتن مرحله پیگیری برای بررسی اثرات طولانی‌مدت مداخله‌ها و محدودیت زمانی برای استفاده هم‌زمان از تکنیک‌های تصویربرداری به‌منظور بررسی تغییرات مغزی در روند اجرای مداخله‌ها بود. باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده و شواهد این پژوهش به معلمان و مشاورین پیشنهاد می‌شود باتوجه به ارزان بودن، دسترسی و روان‌شناختی‌تر بودن ذهن آگاهی نسبت به tDCS، از ذهن آگاهی در بهبود حافظه کاری و فرا حافظه دانش‌آموزان استفاده کنند و آن‌ها را به انجام تمرینات ذهن آگاهی در منزل ترغیب کنند و در موارد مشکلات شایع در حافظه کاری و فرا حافظه دانش‌آموزان، ضمن بهره‌گیری از روش آموزش ذهن آگاهی، دانش‌آموزان را برای استفاده از روش تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای به مراکز توان بخشی معرفی کنند.

ملاحظات اخلاقی

طرح این مطالعه در کمیته اخلاق در پژوهش دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه شیراز بررسی شد و به شماره IR.US.PSYEDU.REC.1402.079 مورد تأیید قرار گرفت.

References

- Alipour, A., & Mohammadi, R. (2023). Investigating the Pure and Combined Effect of M1 and F3 Anodic tDCS on Improving the Psychological Status of People with type 2 Diabetes and Neuropathic Pain. *Neuropsychology*, 9(32).
- Alizadehgoradel, J. (2021). The Effects of Combined Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) with Mindfulness on Negative Emotions and Craving in Adolescents with Methamphetamine Dependence. *International Journal of High Risk Behaviors and Addiction*, 10(1).
- Arastoo, A. A., Parsaei, S., Zahednejad, S., Alboghebish, S., & BurBur, A. (2019). Effect of unilateral transcranial direct current stimulation on reaction time in veterans and athletes with disabilities. *Iranian Journal of War and Public Health*, 11(3), 133-138.
- Arastoo, A. A., Zahednejad, S., Parsaei, S., & Alboghebish, S. (2020). The effect of transcranial direct current stimulation on anxiety in Veteran and disabled Athletes. *medical journal of mashhad university of medical sciences*, 63(3), 2278-2286.
- Arastoo, A. A., Zahednejad, S., Parsaei, S., Alboghebish, S., Ataei, N., & Ameriasl, H. (2020). The effect of direct current stimulation in left dorsolateral prefrontal cortex on working memory in veterans and disabled athletes. *Daneshvar Medicine*, 26(6), 25-32.
- Asadollahi P, Salarifar M H, Talebzadah Shoshtari L. The Effectiveness of Training Metacognitive Beliefs and State on Working Memory of Elementary School Students. *CPJ* 2021; 9 (3):41-53 URL: <http://jcp.khu.ac.ir/article-1-3434-fa.html>
- Asadzadeh, H. (2018). Anticipating University students' academic performance based on their cognitive style and academic procrastination. *Education Strategies in Medical Sciences*, 11(1), 30-39.
- Au, J., Katz, B., Buschkuehl, M., Bunarjo, K., Senger, T., Zabel, C.,... & Jonides, J. (2016). Enhancing working memory training with transcranial direct current stimulation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 28(9), 1419-1432.
- Azmoodeh, S., Soleimani, E., & Issazadegan, A. (2020). Comparing the effects of transcranial direct-current stimulation (tDCS) and mindfulness based cognitive therapy (MBCT) on forward and backward memory span in patients with epilepsy. *Journal of Research in Psychopathology*, 1(1), 25-31.
- Badran, B. W., Austelle, C. W., Smith, N. R., Glusman, C. E., Froeliger, B., Garland, E. L.,... & Short, B. (2017). A double-blind study exploring the use of transcranial direct current stimulation (tDCS) to potentially enhance mindfulness meditation (E-Meditation). *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation*, 10(1), 152-154.
- Bajbouj, M., Aust, S., Spies, J., Herrera-Melendez, A. L., Mayer, S. V., Peters, M.,... & Behler, N. (2018). PsychotherapyPlus: augmentation of cognitive behavioral therapy (CBT) with prefrontal transcranial direct current stimulation (tDCS) in major depressive disorder—study design and methodology of a multicenter double-blind randomized placebo-controlled trial. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, 268(8), 797-808.
- Bashir, S., Al-Hussain, F., Hamza, A., Asim Niaz, T., Albaradie, R., & Habib, S. S. (2019). Cognitive function assessment during 2 mA transcranial direct current stimulation in DLPFC in healthy volunteers. *Physiological Reports*, 7(20), e14264.
- Behaein, N., Farsi, A., Franz, E., & Lipowski, M. (2023). The effect of a course mindfulness exercises on working memory indexes in adolescents. *Shenakht Journal of Psychology and Psychiatry*, 10(3), 94-103.
- Bishop, S. R., Lau, M., Shapiro, S., Carlson, L., Anderson, N. D., Carmody, J.,... & Devins, G. (2004). Mindfulness: A proposed operational definition. *Clinical*

- Psychology: Science and Practice*, 11(3), 230.
- Boggio, P. S., Nunes, A., Rigonatti, S. P., Nitsche, M. A., Pascual-Leone, A., & Fregni, F. (2007). Repeated sessions of noninvasive brain DC stimulation is associated with motor function improvement in stroke patients. *Restor Neurol Neurosci*, 25(2), 123-129.
- Britton, W. B., Lepp, N. E., Niles, H. F., Rocha, T., Fisher, N. E., & Gold, J. S. (2014). A randomized controlled pilot trial of classroom-based mindfulness meditation compared to an active control condition in sixth-grade children. *Journal of School Psychology*, 52(3), 263-278.
- Schweizer, S., Grahn, J., Hampshire, A., Mobbs, D., & Dalgleish, T. (2013). Training the emotional brain: improving affective control through emotional working memory training. *Journal of Neuroscience*, 33(12), 5301-5311.
- Brooks, H., Oughli, H. A., Kamel, L., Subramanian, S., Morgan, G., Blumberger, D. M.,... & Rajji, T. K. (2021). Enhancing cognition in older persons with depression or anxiety with a combination of mindfulness-based stress reduction (MBSR) and transcranial direct current stimulation (tDCS): results of a pilot randomized clinical trial. *Mindfulness*, 12, 3047-3059.
- Chiesa, A., Calati, R., & Serretti, A. (2011). Does mindfulness training improve cognitive abilities? A systematic review of neuropsychological findings. *Clinical Psychology Review*, 31(3), 449-464.
- Chua, E. F., & Ahmed, R. (2016). Electrical stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex improves memory monitoring. *Neuropsychologia*, 85, 74-79.
- Chua, E. F., Ahmed, R., & Garcia, S. M. (2017). Effects of HD-tDCS on memory and metamemory for general knowledge questions that vary by difficulty. *Brain Stimulation*, 10(2), 231-241.
- Clark, V. P., & Parasuraman, R. (2014). Neuroenhancement: enhancing brain and mind in health and in disease. *Neuroimage*, 85, 889-894.
- Comparing the Effectiveness of Mindfulness Training, tDCS and Combining Mindfulness Training with tDCS on Working Memory and Meta memory of adolescents
- Corbetta, M., Kincade, M. J., Lewis, C., Snyder, A. Z., & Sapir, A. (2005). Neural basis and recovery of spatial attention deficits in spatial neglect. *Nature Neuroscience*, 8(11), 1603-1610.
- Cruz Gonzalez, P., Fong, K. N. K., and Brown, T. (2018). The effects of transcranial direct current stimulation on the cognitive functions in older adults with mild cognitive impairment: a pilot study. *Behav. Neurol.* 2018, 1-14. doi: 10.1155/2018/5971385.
- DaSilva, A. F., Volz, M. S., Bikson, M., & Fregni, F. (2011). Electrode positioning and montage in transcranial direct current stimulation. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (51), e2744.
- Dedoncker, J., Brunoni, A. R., Baeken, C., & Vanderhasselt, M. A. (2016). A systematic review and meta-analysis of the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) over the dorsolateral prefrontal cortex in healthy and neuropsychiatric samples: influence of stimulation parameters. *Brain Stimulation*, 9(4), 501-517.
- Dobbins, I. G., Foley, H., Schacter, D. L., & Wagner, A. D. (2002). Executive control during episodic retrieval: multiple prefrontal processes subserve source memory. *Neuron*, 35(5), 989-996.
- Duecker, F., de Graaf, T. A., & Sack, A. T. (2014). Thinking caps for everyone? The role of neuro-enhancement by non-invasive brain stimulation in neuroscience and beyond. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8, 71.
- Dunlosky, J., & Metcalfe, J. (2009). Metacognition. *Thousand Oaks, CA: Sage*.
- Ehrhardt, S. E., Filmer, H. L., Wards, Y., Mattingley, J. B., & Dux, P. E. (2021). The influence of TDCS intensity on decision-making training and transfer outcomes. *Journal of Neurophysiology*, 125(2), 385-397. <https://doi.org/10.1152/jn.00423.2020>.

- Esnaashari N, HoseinChari M, Jowkar B, Fooladchang M, Khormaei F. Developing and validation of metamemory scale for adolescents. *CPJ* 2018; 6 (3):1-10.
- Falkenström, F. (2010). Studying mindfulness in experienced meditators: A quasi-experimental approach. *Personality and Individual Differences*, 48(3), 305-310.
- Fregni, F., Boggio, P. S., Nitsche, M., Bormpohl, F., Antal, A., Feredoes, E.,... & Pascual-Leone, A. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Experimental Brain Research*, 166, 23-30.
- Galderisi, S., Davidson, M., Kahn, R. S., Mucci, A., Boter, H., Gheorghe, M. D.,... & Fleischhacker, W. W. (2009). Correlates of cognitive impairment in first episode schizophrenia: the EUFEST study. *Schizophrenia Research*, 115(2-3), 104-114
- 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
- Howard, C. E., Andrés, P., Broks, P., Noad, R., Sadler, M., Coker, D., & Mazzoni, G. (2010). Memory, metamemory and their dissociation in temporal lobe epilepsy. *Neuropsychologia*, 48(4), 921-932.
- Hsu, W. Y., Ku, Y., Zanto, T. P., & Gazzaley, A. (2015). Effects of noninvasive brain stimulation on cognitive function in healthy aging and Alzheimer's disease: a systematic review and meta-analysis. *Neurobiology of aging*, 36(8), 2348-2359.
- Hunter, M. A., Lieberman, G., Coffman, B. A., Trumbo, M. C., Armenta, M. L., Robinson, C. S.,... & Clark, V. P. (2018). Mindfulness-based training with transcranial direct current stimulation modulates neuronal resource allocation in working memory: A randomized pilot study with a nonequivalent control group. *Heliyon*, 4(7), e00685.
- Imperio, C. M., & Chua, E. F. (2023). HD-tDCS over the left DLPFC increases cued recall and subjective question familiarity rather than other aspects of memory and metamemory. *Brain Research*, 1819, 148538.
- Jankowski, T., & Holas, P. (2014). Metacognitive model of mindfulness. *Consciousness and Cognition*, 28, 64-80.
- Dunlosky, J., & Metcalfe, J. (2009). Metacognition. *Thousand Oaks*, CA: Sage.
- Jha, A. P., Denkova, E., Zanesco, A. P., Witkin, J. E., Rooks, J., & Rogers, S. L. (2019). Does mindfulness training help working memory 'work' better?. *Current opinion in psychology*, 28, 273-278.
- Kabat-Zinn, J. (1999). Stressbewältigung durch die Praxis der Achtsamkeit: [Buch & CD]. Arbor-Verlag.
- Kabat-Zinn, J. (2021). The liberative potential of mindfulness. *Mindfulness*, 12(6), 1555-1563.
- Kermani-Mamazandi, Zahra, Mohammadi Far, Mohammad Ali, Tale Pasand, Siavash, & Najafi, Mahmoud. (2018). Comparing the effectiveness of neurofeedback training and mindfulness in improving the executive function of planning student athletes. *Psychological Studies*, 15(4), 125-140. doi: 10.22051/psy.2019.22099.1725.
- Kolb, B., Brown, R., Witt-Lajeunesse, A., & Gibb, R. (2001). Neural compensations after lesion of the cerebral cortex. *Neural Plasticity*, 8(1-2), 1-16.
- Koriat, A. (2007). Metacognition and consciousness. In I. P. D. Zelazo, M. Moscovitch, & E. Thompson (Eds.), *The Cambridge Handbook of Consciousness* (pp. 289-325). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Li, T. T. (2024). Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Metamemory Vary by Task Difficulty.
- Liebetanz, D., Lang, N., Antal, A., Paulus, W., & Tergau, F. (2005). Modulating parameters of excitability during and after transcranial direct current stimulation of the human motor cortex.

- Journal Physiol*, 568, 291–303.
- Machado, D. G. D. S., Unal, G., Andrade, S. M., Moreira, A., Altimari, L. R., Brunoni, A. R.,... & Okano, A. H. (2019). Effect of transcranial direct current stimulation on exercise performance: a systematic review and meta-analysis. *Brain stimulation*, 12(3), 593-605. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.12.227>.
- Mahmoudnejad, Khatun, & Fouladcheng, Mehbobe. (1401). The effect of using cognitive strategies on improving working memory. *Educational Psychology Studies*, 19(46), 126-114. doi: 10.22111/jeps.2022.6888.
- Mancuso, L. E., Ilieva, I. P., Hamilton, R. H., & Farah, M. J. (2016). Does transcranial direct current stimulation improve healthy working memory?: A meta-analytic review. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 28(8), 1063-1089.
- Metcalfe, J. (2000). Metamemory: Theory and data.
- Millan, M. J., Agid, Y., Brüne, M., Bullmore, E. T., Carter, C. S., Clayton, N. S.,... & Young, L. J. (2012). Cognitive dysfunction in psychiatric disorders: characteristics, causes and the quest for improved therapy. *Nature Reviews Drug Discovery*, 11(2), 141-168.
- Modirrousta, M., & Fellows, L. K. (2008). Medial prefrontal cortex plays a critical and selective role in 'feeling of knowing' meta-memory judgments. *Neuropsychologia*, 46(12), 2958-2965.
- Mrazek, M. D., Smallwood, J., & Schooler, J. W. (2012). Mindfulness and mindwandering: finding convergence through opposing constructs. *Emotion*, 12(3), 442.
- Nelson, T. O. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 26, pp. 125-173). Academic Press.
- Nikolin, S., Martin, D., Loo, C., Iacoviello, B., & Boonstra, T. (2019). Neurophysiological changes associated with combined transcranial direct current stimulation and cognitive emotional training for treatment-resistant depression. *bioRxiv*, 688317.
- Norman, E. (2017). Metacognition and mindfulness: the role of fringe consciousness. *Mindfulness*, 8, 95-100.
- Pannu, J. K., Kaszniak, A. W., & Rapcsak, S. Z. (2005). Metamemory for faces following frontal lobe damage. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11(6), 668-676.
- Parsaee, S., Alboghish, S., Abdolahi, H., Alirajabi, R., & Anbari, A. (2018). Effect of a period of selected SMR/Theta neurofeedback training on visual and auditory reaction time in veterans and disabled athletes. *Iranian Journal of War and Public Health*, 10(1), 15-20.
- Parsaei, S., Arastoo, A. A., Zahednejad, S., Teymoori, N., & Derakhshesh, M. (2022). The Effectiveness of Physical Activity on Mental Health and Mindfulness in Veterans and Disabled. *International Journal of Motor Control and Learning*, 4(1), 1-8.
- Parsaee, S., Shohani, M., & Jalilian, M. (2023). The effect of cerebellar TDCS on static and dynamic balance of inactive elderly men. *Gerontology and Geriatric Medicine*, 9, 23337214231159760.
- Quach, D., Mano, K. E. J., & Alexander, K. (2016). A randomized controlled trial examining the effect of mindfulness meditation on working memory capacity in adolescents. *Journal of Adolescent Health*, 58(5), 489-496.
- Rahimi, Masoumeh, Heydari, Alireza, Naderi, Farah, Makundi, Behnam and Bakhtiarpour, Saeed. (2019). The effectiveness of cognitive training method and direct cranial current stimulation (tDCS) on metamemory of students with special learning disorders. *International Journal of Health Studies*, 5 (3).
- Rothwell, J., Antal A., Burke, D., Carlsen, A., Georgiev, D., Jahanshahi, M., Sternad, D., Valls-Solé, J., Ziemann, U. (2021). Central nervous system physiology. *Clinical neurophysiology*, 132 (12), 3043-3083. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2021.09.013>.

- Rozbahani, Ahadi, Hassan, Tajri, Buyuk and Hashemi Zarini. (2021). The effect and comparison of mindfulness-based stress reduction training and the combination of mindfulness-based stress reduction and electrical stimulation of the brain from the skull on the stress intensity of migraine sufferers. *Family and Health*, 11(2), 85-103.
- Schmidt, C., Reyes, G., Barrientos, M., Langer, Á. I., & Sackur, J. (2019). Meditation focused on self-observation of the body impairs metacognitive efficiency. *Consciousness and Cognition*, 70, 116-125.
- Schweizer, S., Grahn, J., Hampshire, A., Mobbs, D., & Dalgleish, T. (2013). Training the emotional brain: improving affective control through emotional working memory training. *Journal of Neuroscience*, 33(12), 5301-5311.
- Short, M. M., Mazmanian, D., Ozen, L. J., & Bédard, M. (2015). Four days of mindfulness meditation training for graduate students: A pilot study examining effects on mindfulness, self-regulation, and executive function. *The Journal of Contemplative Inquiry*, 2(1).
- Shouhani, M., Jalilian, M., Parsaei, S., Modara, F., & Seidkhani, H. (2020). The effect of unilateral and bilateral electrical stimulation of the brain on improving the balance of the elderly. *Iranian Journal of Ageing*, 15(3), 312-323.
- Sibinga, E. M., Perry-Parrish, C., Chung, S. E., Johnson, S. B., Smith, M., & Ellen, J. M. (2013). School-based mindfulness instruction for urban male youth: A small randomized controlled trial. *Preventive Medicine*, 57(6), 799-801.
- Sohrabi M, Abedanzade R, Shetab Boushehri N, Parsaei S, Jahanbakhsh H. (2017). The Relationship between Psychological Well-being and Mental Toughness Among Elders: Mediator Role of Physical Activity. *Salmand: Iranian Journal of Ageing*. 11(4), 538-549
- Stephens, J. A., & Berryhill, M. E. (2016). Older adults improve on everyday tasks after working memory training and neurostimulation. *Brain Stimulation*, 9(4), 553-559.
- Valle, A., Roizenblatt, S., Botte, S., Zaghi, S., Riberto, M., Tufik, S., Boggio, P. S., & Fregni, F. (2009). Efficacy of anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) for the treatment of fibromyalgia: results of a randomized, sham -controlled longitudinal clinical trial. *Journal of Pain Management*, 2(3), 353 - 361.
- Webler, R. D., Fox, J., McTeague, L. M., Burton, P. C., Dowdle, L., Short, E. B.,... & Nahas, Z. (2022). DLPFC stimulation alters working memory related activations and performance: An interleaved TMS-fMRI study. *Brain Stimulation*, 15(3), 823-832.
- Woods, A. J., Antal, A., Bikson, M., Boggio, P. S., Brunoni, A. R., Celnik, P.,... & Nitsche, M. A. (2016). A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools. *Clinical Neurophysiology*, 127(2), 1031-1048.
- Yin, Y., Li, B., Hu, X., Guo, X., Yang, C., & Luo, L. (2023). The Relationship between Dispositional Mindfulness and Relative Accuracy of Judgments of Learning: The Moderating Role of Test Anxiety. *Journal of Intelligence*, 11(7), 132.
- Youngs, M. A., Lee, S. E., Mireku, M. O., Sharma, D., & Kramer, R. S. (2021). Mindfulness meditation improves visual short-term memory. *Psychological Reports*, 124(4), 1673-1686.
- Zhao, Y., Kuai, S., Zanto, T. P., & Ku, Y. (2020). Neural correlates underlying the precision of visual working memory. *Neuroscience*, 425, 301-311.
- Zhu, R., Luo, Y., Wang, Z., & You, X. (2022). Within-session repeated transcranial direct current stimulation of the posterior parietal cortex enhances spatial working memory. *Cognitive Neuroscience*, 13(1), 26-37.