

Comparison of Mindfulness-Based Training and Transcranial Direct Current Stimulation on Cognitive Load in Electronics Students in Tehran

1. Nazanin Shafiei Far^{ID}: Department of Educational Psychology, KI.C., Islamic Azad University, Kish Island, Iran

2. Khadijeh Abolmaali Alhosseini^{ID*}: Department of Educational Psychology, NT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3. Ameneh sadat Kazemi^{ID}: Department of Psychology, TeMS.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

4. Mehrdad Sabet^{ID}: Department of Psychology, Ro.C., Islamic Azad University, Roudehen, Iran

*Corresponding Author's Email Address: kh.abolmaali@iau.ac.ir



Abstract:

Objective: This study aimed to compare the effectiveness of mindfulness-based training and transcranial direct current stimulation (tDCS) in reducing cognitive load among electronics students in Tehran.

Methods and Materials: A semi-experimental design with pretest–posttest and a two-month follow-up, including two experimental groups and one control group, was employed. Forty-five eligible students were randomly assigned to mindfulness-based training, tDCS, or control groups (n=15 each). Mindfulness training was delivered in eight 90-minute sessions, while tDCS was administered in ten 30-minute sessions. Data were analyzed using mixed-design repeated-measures ANOVA and Bonferroni post-hoc tests.

Findings: The results indicated significant main effects of time and group, as well as a significant time×group interaction on cognitive load ($p<0.01$). Both interventions significantly reduced cognitive load compared to the control group. tDCS demonstrated a significantly greater immediate reduction at posttest; however, no significant difference was observed between the two interventions at the two-month follow-up ($p=0.075$).

Conclusion: Both mindfulness-based training and tDCS are effective approaches for reducing cognitive load in electronics students; while tDCS yields stronger short-term effects, both interventions show comparable long-term effectiveness.

Keywords: *Mindfulness; Transcranial Direct Current Stimulation; Cognitive Load; Students; Semi-Experimental Study*

Received: 25 September 2025

Revised: 18 January 2026

Accepted: 25 January 2026

Initial Publish: 12 February 2026

Final Publish: 23 September 2026



Copyright: © 2026 by the authors.

Published under the terms and conditions of Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

How to Cite: Shafiei Far, N., Abolmaali Alhosseini, K., Kazemi, A. S., & Sabet, M. (2026). Comparison of Mindfulness-Based Training and Transcranial Direct Current Stimulation on Cognitive Load in Electronics Students in Tehran. *Quarterly of Experimental and Cognitive Psychology*, 3(3), 1-16.

مقایسه تأثیر آموزش مبتنی بر ذهن آگاهی و تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر بار شناختی دانشجویان واحد الکترونیک تهران

۱. نازنین شفیعی فر¹؛ گروه روانشناسی تربیتی، واحد بین الملل کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، جزیره کیش، ایران

۲. خدیجه ابوالمعالی الحسینی²؛ گروه روانشناسی تربیتی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)

۳. آمنه سادات کاظمی³؛ گروه روانشناسی، واحد علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۴. مهرداد ثابت⁴؛ گروه روانشناسی، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: kh.abolmaali@iau.ac.ir

چکیده

هدف: هدف این پژوهش مقایسه اثربخشی آموزش مبتنی بر ذهن آگاهی و تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه (tDCS) بر کاهش بار شناختی دانشجویان واحد الکترونیک تهران بود.

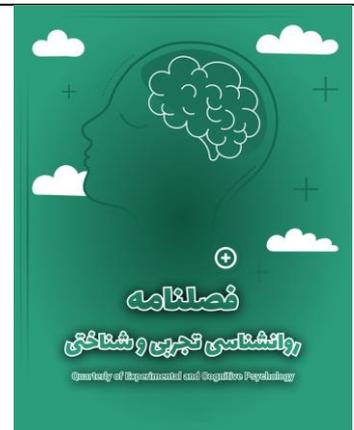
مواد و روش: پژوهش حاضر به روش نیمه آزمایشی با طرح پیش آزمون-پس آزمون و پیگیری دوماهه همراه با گروه کنترل انجام شد. نمونه شامل ۴۵ دانشجو بود که به صورت تصادفی در دو گروه آزمایشی (ذهن آگاهی و tDCS) و یک گروه کنترل (هر گروه ۱۵ نفر) جایدهی شدند. آموزش ذهن آگاهی در قالب هشت جلسه ۹۰ دقیقه‌ای و tDCS در ده جلسه ۳۰ دقیقه‌ای اجرا شد. داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس ترکیبی با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بنفرونی تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد اثر اصلی زمان، گروه و تعامل زمان×گروه بر بار شناختی معنادار است ($p < 0.01$). هر دو مداخله نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری در بار شناختی ایجاد کردند. در پس آزمون، کاهش بار شناختی در گروه tDCS به‌طور معناداری بیشتر از گروه ذهن آگاهی بود، اما در مرحله پیگیری دوماهه تفاوت معناداری بین دو مداخله مشاهده نشد ($p = 0.075$).

نتیجه‌گیری: یافته‌ها نشان می‌دهد که هر دو روش ذهن آگاهی و tDCS در کاهش بار شناختی دانشجویان مؤثرند؛ tDCS اثر فوری قوی‌تری دارد، اما ذهن آگاهی و tDCS در ماندگاری اثرات بلندمدت عملکردی هم‌ارز هستند.

کلیدواژه‌ها: ذهن آگاهی، تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه، بار شناختی، دانشجویان، مطالعه نیمه‌آزمایشی

نحوه استناددهی: شفیعی فر، نازنین، ابوالمعالی الحسینی، خدیجه، کاظمی، آمنه سادات، ثابت، مهرداد. (۱۴۰۵). مقایسه تأثیر آموزش مبتنی بر ذهن آگاهی و تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر بار شناختی دانشجویان واحد الکترونیک تهران. فصلنامه روانشناسی تجربی و شناختی، ۳(۳)، ۱-۱۶.



تاریخ دریافت: ۳ مهر ۱۴۰۴

تاریخ بازنگری: ۲۸ دی ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۵ بهمن ۱۴۰۴

تاریخ چاپ اولیه: ۲۳ بهمن ۱۴۰۴

تاریخ چاپ نهایی: ۱ مهر ۱۴۰۵



مجوز و حق نشر: © ۱۴۰۵ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.

Extended Abstract**Introduction**

In contemporary higher education, particularly within science, technology, engineering, and mathematics disciplines, students are increasingly confronted with complex learning environments that demand sustained attention, advanced problem-solving, and simultaneous processing of multiple information sources. These demands often place substantial pressure on learners' cognitive systems and heighten the risk of excessive cognitive load, which can impair learning efficiency and academic performance. Cognitive Load Theory posits that human working memory has a limited capacity and that instructional effectiveness depends on managing the balance between intrinsic, extraneous, and germane cognitive load (Sweller, 2024). When this balance is disrupted, learners may experience cognitive overload, leading to reduced comprehension, slower skill acquisition, and increased mental fatigue.

Recent theoretical developments emphasize that cognitive load is not solely determined by instructional design but is also shaped by individual cognitive control, attentional regulation, motivation, and neurocognitive efficiency (Evans et al., 2024). Empirical evidence from technology-enhanced learning contexts demonstrates that even well-designed digital or immersive learning environments can inadvertently increase extraneous cognitive load if learners lack sufficient self-regulation or attentional resources (Gutierrez et al., 2023; Mokmin et al., 2024). Consequently, there is growing interest in learner-centered interventions that directly target cognitive and attentional processes to optimize cognitive load management.

Mindfulness-based interventions have emerged as a promising psychological approach for enhancing attentional regulation and cognitive control. Mindfulness is commonly defined as purposeful, present-moment awareness characterized by openness and non-judgmental attention to

internal and external experiences. Extensive research over the past two decades indicates that mindfulness training can strengthen attentional stability, reduce mind-wandering, and improve executive functioning (Posner & Snyder, 2024; Stuart-Edwards et al., 2023). Neurocognitive studies further suggest that mindfulness practice is associated with reduced interference in working memory and structural changes in brain regions involved in memory and attention (Greenberg et al., 2019). Experimental findings also indicate that mindfulness training enhances both proactive and reactive cognitive control, mechanisms that are directly implicated in cognitive load regulation (Li et al., 2018). Moreover, long-term mindfulness practitioners demonstrate superior declarative memory performance, suggesting enduring cognitive benefits (Shemesh et al., 2023).

Within educational contexts, mindfulness has been linked to reductions in anxiety and perceived cognitive load, as well as improvements in teamwork and learning engagement, even when delivered in brief formats (Takhdat et al., 2024). Beyond cognitive outcomes, mindfulness interventions have been shown to foster emotional intelligence, psychological capital, and subjective well-being among students, factors that may indirectly support learning by mitigating stress-related cognitive depletion (Popescu, 2025; Sharifian Motlaq & Mohammadi, 2025; Wang, 2025). Collectively, these findings position mindfulness as a multifaceted intervention capable of influencing both the cognitive and affective dimensions of learning.

Parallel to psychological approaches, advances in cognitive neuroscience have introduced non-invasive brain stimulation techniques as potential tools for cognitive enhancement. Transcranial direct current stimulation (tDCS) is a neuromodulatory method that applies low-intensity electrical current to targeted cortical regions to alter neuronal excitability. Research indicates that stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex can enhance working memory, attentional control, and executive functioning—core processes underlying cognitive load management (Figeys et

al., 2023). Meta-analytic evidence supports the effectiveness of tDCS, particularly when combined with cognitive training, in improving working memory performance across different populations (Lv et al., 2024). Systematic reviews further suggest that tDCS can exert both immediate and sustained effects on cognitive and psychological functioning (Usman et al., 2024; Xie et al., 2024).

Educational neuroscience perspectives increasingly advocate integrating neurocognitive interventions into learning environments to complement traditional instructional strategies. Some scholars argue that emerging insights from neuroscience and artificial intelligence challenge classical formulations of Cognitive Load Theory by highlighting neural adaptability and individual differences in learning efficiency (Gkintoni et al., 2025). Empirical studies conducted in educational and clinical contexts also provide evidence that prefrontal tDCS can improve behavioral and neurological outcomes associated with learning difficulties (Aghaziarati et al., 2023). Despite these advances, direct comparative research examining mindfulness-based training and tDCS in relation to cognitive load remains limited, particularly among university students in cognitively demanding technical fields.

Given the distinct yet potentially complementary mechanisms of mindfulness-based training and tDCS—one operating through self-regulatory cognitive processes and the other through direct modulation of neural activity—systematic comparison of their effects on cognitive load is warranted. Such investigation can contribute to both theoretical understanding and practical application of cognitive load management strategies in higher education.

Methods and Materials

The present study employed a semi-experimental design with pretest, posttest, and a two-month follow-up, including two experimental groups and one control group. The study population consisted of undergraduate and graduate students enrolled in the electronics department of a university in Tehran. A total of 45 eligible students were selected based on predefined inclusion criteria and randomly assigned to a

mindfulness-based training group, a transcranial direct current stimulation group, or a control group, with 15 participants in each group.

The mindfulness-based training intervention was delivered in eight 90-minute group sessions conducted twice weekly. The program focused on cultivating present-moment awareness, attentional control, and non-judgmental observation of thoughts and sensations. The tDCS intervention consisted of ten 30-minute sessions administered three times per week using a standard non-invasive stimulation device. Stimulation was applied to the left dorsolateral prefrontal cortex with parameters consistent with established safety guidelines. The control group did not receive any active cognitive or neurological intervention during the study period.

Cognitive load was assessed at three time points—pretest, posttest, and follow-up—using a standardized self-report cognitive load questionnaire. Data were analyzed using mixed-design repeated-measures analysis of variance to examine within-group and between-group differences over time, followed by post-hoc comparisons where appropriate.

Findings

The results of the repeated-measures analysis indicated a significant main effect of time on cognitive load, demonstrating overall changes across the three measurement points. A significant main effect of group was also observed, indicating differences in cognitive load among the mindfulness, tDCS, and control groups. Additionally, the interaction between time and group was statistically significant, suggesting that changes in cognitive load over time differed across the three groups.

Post-hoc analyses revealed that both the mindfulness-based training group and the tDCS group exhibited significant reductions in cognitive load from pretest to posttest compared to the control group. The magnitude of reduction was greater in the tDCS group at posttest, indicating a stronger immediate effect. At the two-month follow-up, both experimental groups maintained significantly lower cognitive load scores relative to the

control group. However, no statistically significant difference was found between the mindfulness and tDCS groups at follow-up, indicating comparable long-term outcomes.

Discussion and Conclusion

The findings of this study demonstrate that both mindfulness-based training and transcranial direct current stimulation are effective interventions for reducing cognitive load among electronics students. The immediate superiority of tDCS suggests that direct neuromodulation can rapidly enhance cognitive efficiency and reduce mental effort during demanding learning tasks. In contrast, the sustained effectiveness of mindfulness-based training highlights the role of learned self-regulatory skills in supporting long-term cognitive functioning.

The convergence of outcomes at follow-up indicates that although the two interventions operate through different mechanisms, they ultimately produce similar long-term benefits in cognitive load management. This pattern underscores the importance of considering both short-term

performance optimization and long-term cognitive resilience when selecting interventions for educational settings.

From an applied perspective, the results suggest that mindfulness-based training offers a low-cost, skill-oriented approach that can be readily integrated into academic support programs, while tDCS may serve as a complementary tool for rapid cognitive enhancement under controlled conditions. The study contributes to the growing body of interdisciplinary research at the intersection of educational psychology and cognitive neuroscience and supports the use of diversified strategies to optimize learning in cognitively demanding academic environments.

In conclusion, both mindfulness-based training and transcranial direct current stimulation represent viable and effective approaches to reducing cognitive load in higher education students, with distinct advantages in terms of immediacy and durability of effects, and their strategic application may enhance learning efficiency and academic performance in technical disciplines.

در محیط‌های یادگیری مدرن، به‌ویژه آموزش‌های مبتنی بر فناوری، شواهد نشان می‌دهد که افزایش جذابیت بصری یا استفاده از ابزارهای نوین لزوماً به کاهش بار شناختی منجر نمی‌شود و حتی در برخی موارد، موجب افزایش بار برونزاد می‌گردد (Mokmin et al., 2024). از سوی دیگر، مطالعات حوزه آموزش الکترونیکی و شبیه‌سازی نشان داده‌اند که مداخلات هدفمند مبتنی بر اصول نظریه بار شناختی می‌توانند عملکرد یادگیرندگان را به‌طور معناداری بهبود دهند (Gutierrez et al., 2023). این یافته‌ها ضرورت توجه هم‌زمان به مداخلات آموزشی، روان‌شناختی و عصب‌پایه را برای مدیریت مؤثر بار شناختی برجسته می‌سازند.

در سال‌های اخیر، رویکردهای میان‌رشته‌ای با تلفیق علوم اعصاب شناختی، روان‌شناسی و آموزش، افق‌های جدیدی برای بازتعریف کارایی یادگیری گشوده‌اند. برخی پژوهشگران حتی معتقدند که نظریه کلاسیک بار شناختی نیازمند بازنگری در پرتو یافته‌های علوم اعصاب و هوش مصنوعی است، زیرا فرآیندهای عصبی، انعطاف‌پذیری مغز و تفاوت‌های فردی نقش پیچیده‌تری از آنچه پیش‌تر تصور می‌شد در یادگیری ایفا می‌کنند (Gkintoni et al., 2025). در این چارچوب، مداخلات مبتنی بر تنظیم شناختی و نورومدولاسیون به‌عنوان ابزارهای مکمل طراحی آموزشی مطرح شده‌اند.

یکی از مداخلات روان‌شناختی مورد توجه در سال‌های اخیر، آموزش مبتنی بر ذهن‌آگاهی است. ذهن‌آگاهی به‌طور کلی به آگاهی عمده، لحظه‌به‌لحظه و غیرقضاوتی از تجربه‌های درونی و بیرونی اشاره دارد و ریشه در سنت‌های مراقبه‌ای دارد که در دهه‌های اخیر به‌طور گسترده وارد حوزه‌های بالینی، آموزشی و سازمانی شده‌اند (Stuart-Edwards et al., 2023). شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که تمرین‌های ذهن‌آگاهی می‌توانند کنترل توجه، انعطاف‌پذیری شناختی و تنظیم هیجانی را بهبود بخشند و از این طریق،

در دهه‌های اخیر، تحول شتابان نظام‌های آموزشی، به‌ویژه در آموزش عالی و رشته‌های فنی و مهندسی، موجب افزایش پیچیدگی محتوای یادگیری، تراکم اطلاعات و فشارهای شناختی وارد بر دانشجویان شده است. این شرایط، اگرچه می‌تواند زمینه‌ساز رشد مهارت‌های تخصصی و حل مسئله پیشرفته باشد، اما هم‌زمان خطر بروز اضافه‌بار شناختی را نیز افزایش می‌دهد؛ پدیده‌ای که به‌طور مستقیم با افت یادگیری، کاهش عملکرد تحصیلی و افزایش خستگی ذهنی مرتبط است. نظریه بار شناختی، به‌عنوان یکی از چارچوب‌های مسلط در روان‌شناسی آموزشی، بر محدودیت ظرفیت حافظه کاری و نقش طراحی آموزشی و مداخلات شناختی در مدیریت این محدودیت تأکید می‌کند (Sweller, 2024). بر اساس این نظریه، زمانی که تقاضاهای شناختی فراتر از ظرفیت پردازشی فرد باشد، یادگیری معنادار مختل شده و منابع ذهنی به‌طور ناکارآمد مصرف می‌شوند.

بار شناختی مفهومی چندبعدی است که معمولاً به سه مؤلفه بار درونزاد، بار برونزاد و بار سازنده یا مطلوب تقسیم می‌شود. بار درونزاد به پیچیدگی ذاتی محتوا و میزان تعامل عناصر اطلاعاتی اشاره دارد، بار برونزاد حاصل طراحی نامناسب آموزشی و عوامل مزاحم محیطی است و بار مطلوب به تلاش شناختی اختصاص‌یافته به ساخت طرحواره‌ها و یادگیری عمیق مربوط می‌شود (Sweller, 2024). پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که مدیریت بهینه این سه مؤلفه نه تنها وابسته به طراحی آموزشی، بلکه متأثر از ویژگی‌های فردی، انگیزشی و شناختی یادگیرندگان نیز هست (Evans et al., 2024). از این منظر، مداخلاتی که بتوانند توجه، کنترل شناختی و تنظیم هیجانی را بهبود بخشند، نقش کلیدی در کاهش بار شناختی ناکارآمد و ارتقای کیفیت یادگیری ایفا می‌کنند.

نشان می‌دهد که تحریک نواحی پیش‌پیشانی، به‌ویژه قشر پیش‌پیشانی پشتی‌جانبی، می‌تواند حافظه کاری، توجه و عملکرد اجرایی را بهبود بخشد؛ کارکردهایی که به‌طور مستقیم با مدیریت بار شناختی مرتبطاند (Figeys et al., 2023).

مرورهای نظام‌مند و فراتحلیل‌ها نشان داده‌اند که tDCS، چه به‌تنهایی و چه در ترکیب با آموزش‌های شناختی، می‌تواند عملکرد شناختی و به‌ویژه حافظه کاری را در گروه‌های مختلف سنی بهبود بخشد (Lv et al., 2024; Usman et al., 2024). افزون بر این، شواهدی از اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت tDCS در بهبود کارکردهای روان‌شناختی و کاهش علائم اختلالات مرتبط با اضطراب گزارش شده است (Xie et al., 2024). این یافته‌ها نشان می‌دهد که tDCS نه‌تنها یک ابزار بالینی، بلکه یک مداخله بالقوه در حوزه آموزش و یادگیری نیز محسوب می‌شود.

در زمینه آموزشی، پژوهش‌ها حاکی از آن است که tDCS می‌تواند کارایی پردازش اطلاعات را افزایش داده و تلاش شناختی موردنیاز برای انجام تکالیف پیچیده را کاهش دهد، به‌گونه‌ای که یادگیرندگان بتوانند منابع شناختی خود را به‌صورت مؤثرتری تخصیص دهند (Figeys et al., 2023). همچنین، مطالعات داخلی نیز اثربخشی تحریک الکتریکی قشر پیش‌پیشانی را در بهبود علائم رفتاری و عصبی و ارتقای کارکردهای شناختی گزارش کرده‌اند (Aghaziarati et al., 2023). این شواهد، tDCS را به‌عنوان ابزاری نویدبخش برای کاهش بار شناختی در محیط‌های آموزشی با تقاضای بالا معرفی می‌کند.

با وجود شواهد گسترده درباره اثربخشی هر یک از این دو رویکرد، مطالعات تطبیقی مستقیمی که آموزش ذهن‌آگاهی و tDCS را از نظر تأثیر بر بار شناختی مقایسه کرده باشند، به‌ویژه در جمعیت دانشجویان رشته‌های فنی، محدود است. این در حالی است که این دو مداخله از نظر مکانیسم عمل

تداخل شناختی و سرگردانی ذهن را کاهش دهند (Posner & Snyder, 2024).

مطالعات تجربی متعددی اثربخشی آموزش ذهن‌آگاهی را در بهبود کارکردهای شناختی گزارش کرده‌اند. به‌عنوان مثال، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تمرین ذهن‌آگاهی با کاهش تداخل در حافظه کاری و افزایش کارایی پردازش اطلاعات همراه است (Greenberg et al., 2019). همچنین، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد ذهن‌آگاهی می‌تواند کنترل شناختی پیش‌کنشگر و واکنشی را تقویت کند و از این طریق، عملکرد شناختی در موقعیت‌های پرتقاضا را بهبود بخشد (Li et al., 2018). افزون بر این، تمرین‌کنندگان بلندمدت ذهن‌آگاهی از حافظه تصریحی تقویت‌شده و پردازش شناختی پایدارتر برخوردارند (Shemesh et al., 2023).

در حوزه آموزش و دانشجویان، یافته‌ها حاکی از آن است که مداخلات کوتاه‌مدت ذهن‌آگاهی نیز می‌توانند به کاهش اضطراب، بار شناختی و بهبود کار تیمی منجر شوند (Takhdar et al., 2024). همچنین، پژوهش‌های جدید نشان می‌دهند که ذهن‌آگاهی نه‌تنها بر مؤلفه‌های شناختی، بلکه بر هوش هیجانی، سرمایه روان‌شناختی و بهزیستی ذهنی دانشجویان نیز اثرگذار است (Popescu, 2025; Sharifian Motlaq & Mohammadi, 2025; Wang, 2025). این شواهد، ذهن‌آگاهی را به‌عنوان یک مداخله چندبعدی معرفی می‌کند که می‌تواند هم‌زمان به بهبود یادگیری و سلامت روان کمک نماید.

در کنار مداخلات روان‌شناختی، پیشرفت‌های علوم اعصاب شناختی موجب توجه روزافزون به روش‌های نورومدولاسیون غیرتهاجمی، به‌ویژه تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه (tDCS)، شده است. tDCS با اعمال جریان الکتریکی ضعیف و پیوسته بر نواحی خاصی از قشر مغز، تحریک‌پذیری عصبی و کارایی شبکه‌های شناختی را تعدیل می‌کند. شواهد

بر اساس حداقل حجم نمونه توصیه شده در مطالعات مداخله‌ای، ۴۵ دانشجوی واجد شرایط به شیوه نمونه‌گیری هدفمند و بر اساس ملاک‌های ورود به پژوهش انتخاب شدند. پس از اخذ رضایت آگاهانه، شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش و یک گروه گواه (هر گروه ۱۵ نفر) جایدهی شدند. ملاک‌های ورود شامل رضایت آگاهانه برای شرکت در پژوهش، حداکثر سن ۳۰ سال مطابق با دستورالعمل‌های بین‌المللی تحریک مغزی غیرتهاجمی، عدم مصرف مواد اعتیادزا و داروهای روان‌پزشکی، و عدم دریافت هرگونه مداخله روان‌شناختی مؤثر طی یک سال گذشته بود. ملاک‌های خروج از پژوهش نیز غیبت بیش از دو جلسه در طول دوره و شرکت هم‌زمان در دوره‌های آموزشی یا درمانی تأثیرگذار بر فرایند تحقیق در نظر گرفته شد. متغیرهای وابسته در سه مرحله پیش‌آزمون (T1)، پس‌آزمون (T2) و پیگیری (T3) مورد سنجش قرار گرفتند و گروه گواه در طول دوره مطالعه هیچ‌گونه مداخله درمانی فعال دریافت نکرد.

پس از تصویب پروپوزال در شورای پژوهشی گروه روان‌شناسی و اخذ مجوزهای لازم، کد اخلاق پژوهش از کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد بین‌الملل کیش دریافت شد. در مرحله نخست، فراخوان شرکت در پژوهش از طریق گروه‌های آموزشی دانشجویان واحد الکترونیک در مقاطع کاردانی، کارشناسی و کارشناسی ارشد منتشر شد. داوطلبان پس از اعلام آمادگی، از نظر ملاک‌های ورود مورد ارزیابی قرار گرفتند و در نهایت ۴۸ نفر انتخاب شدند که سه نفر در فهرست انتظار قرار گرفتند تا در صورت انصراف احتمالی جایگزین شوند. پیش از آغاز مداخلات، فرم غربالگری ایمنی برای تحریک مغزی غیرتهاجمی تکمیل شد و سپس شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش (آموزش ذهن‌آگاهی و تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه) و یک گروه گواه تخصیص یافتند. گروه آزمایش اول، آموزش ذهن‌آگاهی را در قالب هشت جلسه ۹۰ دقیقه‌ای، دو بار در هفته دریافت کرد.

تفاوت‌های اساسی دارند: ذهن‌آگاهی از طریق فرآیندهای خودتنظیمی، توجه‌آگاهی و تنظیم هیجانی عمل می‌کند، در حالی که tDCS مستقیماً بر تحریک‌پذیری عصبی و کارایی شبکه‌های شناختی اثر می‌گذارد. این تفاوت‌ها می‌تواند به الگوهای متفاوتی از کاهش بار شناختی کوتاه‌مدت و بلندمدت منجر شود.

دانشجویان رشته‌های الکترونیک و مهندسی، به دلیل مواجهه مستمر با مفاهیم انتزاعی، حل مسئله پیچیده و پردازش هم‌زمان اطلاعات، در معرض سطوح بالایی از بار شناختی قرار دارند. از این رو، شناسایی مداخلات مؤثر برای مدیریت بار شناختی در این گروه، نه تنها از منظر نظری بلکه از نظر کاربردی نیز اهمیت ویژه‌ای دارد. مقایسه اثربخشی آموزش ذهن‌آگاهی و tDCS در این جمعیت می‌تواند به روشن شدن این پرسش کمک کند که آیا مداخلات روان‌شناختی و نورومودولاتوری در کاهش بار شناختی نتایج هم‌ارزی دارند یا یکی از آن‌ها در کوتاه‌مدت یا بلندمدت مؤثرتر است.

با توجه به خلأ پژوهشی موجود، تنوع مکانیسم‌های مداخله‌ای و اهمیت مدیریت بار شناختی در آموزش عالی، انجام مطالعه‌ای که به صورت نظام‌مند اثرات آموزش مبتنی بر ذهن‌آگاهی و تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه را بر بار شناختی دانشجویان واحد الکترونیک تهران مقایسه کند، ضروری به نظر می‌رسد؛ بنابراین هدف این پژوهش مقایسه اثربخشی آموزش مبتنی بر ذهن‌آگاهی و تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه بر کاهش بار شناختی دانشجویان واحد الکترونیک تهران است.

روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش اجرا نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون همراه با گروه گواه و دوره پیگیری دو ماهه بود. جامعه آماری پژوهش را کلیه دانشجویان شاغل به تحصیل در واحد الکترونیک دانشگاه آزاد اسلامی در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ تشکیل دادند.

همکاران (۲۰۱۲) و با بهره‌گیری از چارچوب بومی‌سازی شده پژوهش خمایی (۱۳۹۶) طراحی و اجرا شد. این مداخله در قالب هشت جلسه ۹۰ دقیقه‌ای و به صورت دو جلسه در هفته برای گروه آزمایش اول برگزار گردید. محتوای جلسات به‌طور تدریجی از آموزش مفاهیم پایه ذهن‌آگاهی تا به‌کارگیری مهارت‌ها در زندگی روزمره سازمان‌دهی شده بود. در جلسات اول تا چهارم، تمرکز بر آشنایی با مفهوم حضور در لحظه حال، شناسایی ذهن سرگردان، تمرین توجه به تنفس، بدن و احساسات جسمانی، مراقبه نشسته و مرور بدن، و یادگیری مشاهده افکار بدون اجتناب یا درگیری شناختی بود. در جلسات پنجم تا هشتم، آگاهی نسبت به افکار و هیجانات، پذیرش بدون قضاوت، بازشناسی افکار به‌عنوان رویدادهای ذهنی و نه واقعیت‌های عینی، تنظیم پاسخ‌های هیجانی، و تعمیم مهارت‌های ذهن‌آگاهی به موقعیت‌های آینده و زندگی روزمره آموزش داده شد. این ساختار با هدف ارتقای تنظیم توجه، کاهش درگیری شناختی غیرضروری و در نهایت کاهش بار شناختی طراحی گردید.

مداخله تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه (tDCS). مداخله تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه (tDCS) برای گروه آزمایش دوم با استفاده از دستگاه Neuro-MS و مطابق با دستورالعمل‌های ایمنی بین‌المللی تحریک مغزی غیرتهاجمی (واسرمن^۱ و همکاران، ۱۹۹۶) اجرا شد. این مداخله شامل ده جلسه ۳۰ دقیقه‌ای و به صورت سه جلسه در هفته بود. در هر جلسه، آزمودنی بر روی صندلی راحت می‌نشست و الکترودها پس از مرطوب‌سازی اسفنج‌ها با محلول نمکی، بر روی پوست سر قرار داده می‌شدند. محل تحریک، قشر پیش‌پیشانی پشتی-جانبی نیمکره چپ (DLPFC) تعیین شد که بر اساس سیستم بین‌المللی ۱۰-۱۰ در ناحیه F3 قرار دارد. الکتروود آندی بر روی ناحیه F3 و الکتروود کاتدی بر روی ناحیه

و گروه آزمایش دوم، ده جلسه تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه را به صورت سه جلسه در هفته دریافت نمود. تمامی جلسات در محیطی کنترل‌شده و یکسان برگزار شد. به‌منظور کنترل اثر هائورن و افزایش همسانی شرایط، گروه گواه نیز تحت شرایط شبه‌درمانی قرار گرفت؛ به‌گونه‌ای که جلسات تحریک ساختگی با حفظ محیط، صدا و شرایط دستگاه اجرا شد، اما جریان الکتریکی واقعی اعمال نگردید.

پرسشنامه بار شناختی ابزاری ۸ گویه‌ای که توسط کلپش و همکاران (۲۰۱۷) تهیه شد. این ابزار در برگرفته سه عامل بار شناختی درون‌زاد (دو گویه)، بار شناختی برون‌زاد (سه گویه) و بار شناختی مطلوب (سه گویه) است. افراد باید به سوالات پرسشنامه در یک مقیاس ۷ درجه‌ای از خیلی خیلی کم (=۱) تا خیلی خیلی زیاد (=۷) پاسخ دهند. کسب نمره بالاتر در این پرسشنامه نشان دهنده تجربه بار شناختی بالاتر است. کلپش و همکاران (۲۰۱۷) پایایی ابزار را به روش آلفای کرونباخ برای بار درون‌زاد ۰/۸۱، بار برون‌زاد ۰/۸۶ و بار مطلوب ۰/۶۷ گزارش کردند. زاهد و همکاران (۱۴۰۰) ساختار عاملی و اعتبار نسخه فارسی پرسشنامه بار شناختی را در دانش آموز دختر مورد بررسی قرار دادند. این پژوهشگران پایایی را به روش آلفای کرونباخ برای بار درون‌زاد ۰/۷۳، بار برون‌زاد ۰/۸۶ و بار مطلوب ۰/۸۶ گزارش کردند. برای بررسی روایی به روش همزمان، پاسخ‌های شرکت‌کنندگان در تکالیف دارای بار بالا و پایین، از طریق آزمون تی مقایسه شدند و مقادیر تی زوجی برای بار درون‌زاد (۳۰/۳۸)، بار مطلوب (۲۰/۹۵) و بار برون‌زاد (۴۵/۳۵) گزارش شد. در واقع نتایج نشان داد پرسشنامه مذکور قابلیت تشخیص بین تکالیف دارای بارهای درون‌زاد، برون‌زاد و مطلوب بالا و پایین را دارد.

مداخله آموزش ذهن‌آگاهی. مداخله آموزش ذهن‌آگاهی بر اساس الگوی شناخت‌درمانی مبتنی بر ذهن‌آگاهی (MBCT) تدوین شده توسط سگال و

¹ Wassermann

برای تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. در سطح توصیفی، شاخص‌های میانگین و انحراف استاندارد محاسبه گردید. در سطح آمار استنباطی، ابتدا مفروضات آماری شامل نرمال بودن توزیع متغیرها با آزمون شاپیرو-ویلکس و همگنی واریانس‌ها با آزمون لوین بررسی شد. سپس برای آزمون فرضیه‌های پژوهش از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده گردید. به منظور بررسی تفاوت‌های بین گروهی در مراحل مختلف اندازه‌گیری، آزمون تعقیبی بنفرونی به کار گرفته شد. کلیه تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ و در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها

در پژوهش حاضر ۳۷/۸ درصد شرکت کنندگان در تحقیق مرد و ۶۲/۲ درصد زن بودند.

جدول ۱. جدول داده‌های توصیفی

متغیر	آزمون	شناخت درمانی مبتنی بر ذهن آگاهی		تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه		کنترل	
		انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین
بار شناختی	پیش آزمون	۳/۲۸	۳۲/۶۶	۳/۳۷	۳۴/۱۳	۲/۳۸	۳۲/۳۵
	پس آزمون	۳/۱۵	۲۸/۱۳	۴/۵۶	۲۳/۳۳	۴/۵۷	۳۳/۸۳
	پیگیری	۳/۱۴	۲۸/۸	۴/۶۸	۲۶/۹۳	۴/۵۴	۳۴/۳۳

پیش‌آزمون به ترتیب $p=0.441$ ، $p=0.807$ و $p=0.594$ ، در پس‌آزمون $p=0.652$ ، $p=0.526$ و $p=0.841$ و در پیگیری $p=0.332$ ، $p=0.584$ و $p=0.353$ ، بنابراین مفروضه نرمال بودن داده‌ها برقرار است. همچنین نتایج آزمون مخلی برای بررسی مفروضه کرویت نشان داد که مقدار W برابر با 0.401 ، مقدار کای دو برابر با 37.4 با درجه آزادی ۲ و مقدار p کمتر از 0.001 است که بیانگر نقض مفروضه کرویت می‌باشد؛ بر این اساس، در تحلیل‌های واریانس با اندازه‌گیری مکرر، از تصحیحات مناسب برای درجه آزادی استفاده شد.

فوق‌چشمی سمت راست قرار گرفت. شدت جریان الکتریکی ۲ میلی‌آمپر و مدت زمان تحریک ۳۰ دقیقه در هر جلسه در نظر گرفته شد که این مقادیر در دامنه ایمن و متداول در مطالعات شناختی مبتنی بر tDCS قرار دارند. جریان الکتریکی به صورت پیوسته (Direct Current) و بدون فرکانس پالسی اعمال شد و در ابتدای و انتهای هر جلسه، شدت جریان به صورت تدریجی افزایش و کاهش یافت تا از بروز ناراحتی احتمالی جلوگیری شود. انتخاب ناحیه DLPCP بر اساس شواهد پژوهشی گسترده‌ای صورت گرفت که نقش این ناحیه را در کارکردهای اجرایی، حافظه کاری، کنترل توجه و تنظیم بار شناختی نشان داده‌اند این مداخله با هدف بهبود کارایی پردازش شناختی، افزایش ظرفیت حافظه کاری و کاهش بار شناختی در تکالیف آموزشی پیچیده اجرا شد.

جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد بار شناختی در دانشجویان واحد الکترونیک گروه‌های شناخت درمانی مبتنی بر ذهن آگاهی، تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه و کنترل را در سه مرحله پیش‌آزمون، پس‌آزمون و آزمون پیگیری نشان می‌دهد. بررسی مفروضه‌های آماری نشان داد که توزیع نمرات بار شناختی در هر سه گروه شناخت‌درمانی مبتنی بر ذهن آگاهی، تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه و کنترل در مراحل پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری از نرمالیت به‌طوردار است؛ به طوری که در آزمون شاپیرو-ویلک، مقادیر p در همه شرایط بزرگ‌تر از 0.05 به دست آمد (برای مثال در

فصلنامه روانشناسی تجربی و شناختی

جدول ۲. نتایج تحلیل واریانس ترکیبی با اندازه گیری مکرر در عامل زمان برای بار شناختی

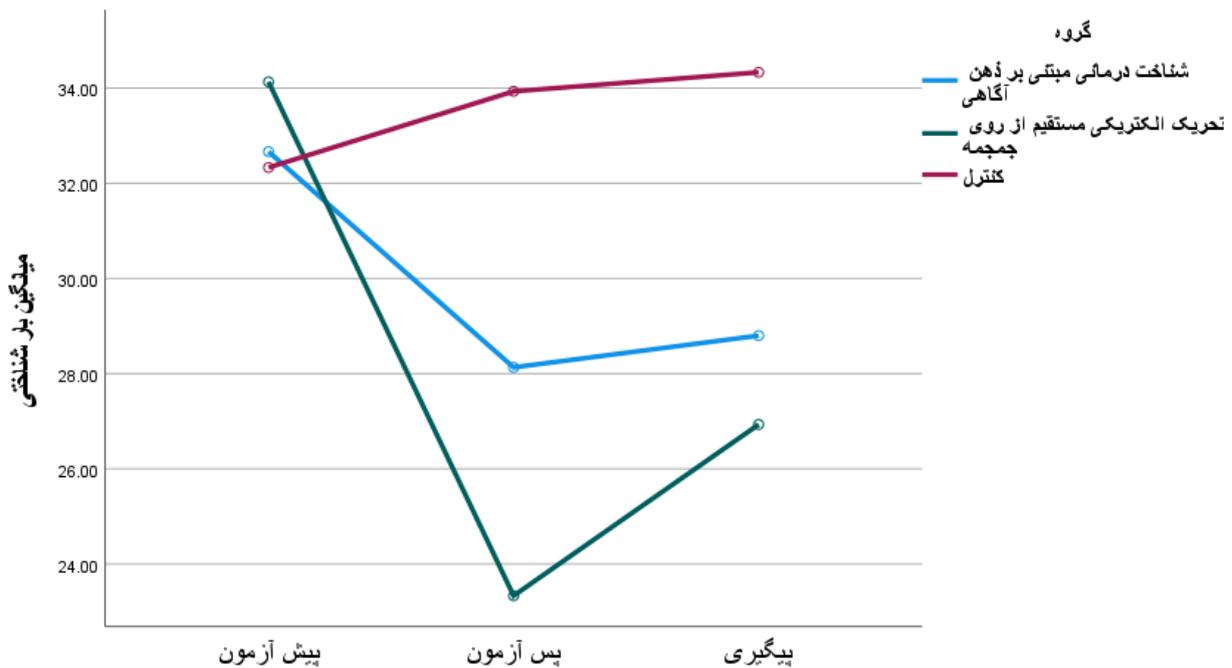
اثر	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجموع مجذورات	F	مقدار p	ضریب اتاء
زمان	۴۸۷/۶۴	۲	۲۴۳/۸	۵۰/۱	<۰/۰۰۱	۰/۵۴
زمان*گروه	۶۳۲/۸	۴	۱۵۸/۲	۳۲/۵	<۰/۰۰۱	۰/۶۰
خطا	۴۰۸/۱	۸۴	۴/۸۵			
گروه	۶۸۴/۱	۱	۳۴۲/۰۶	۹/۹۷	<۰/۰۰۱	۰/۳۲
خطا	۱۴۴۰/۹	۴۲	۳۴/۳			

نتایج تحلیل واریانس ترکیبی با اندازه گیری مکرر نشان داد که اثر اصلی زمان بر بار شناختی معنادار است، به طوری که مقدار F برابر با ۵۰.۱ و مقدار p کمتر از ۰.۰۰۱ به دست آمد و ضریب اتا برابر با ۰.۵۴ بود که بیانگر اندازه اثر نسبتاً قوی زمان است. همچنین تعامل زمان×گروه نیز معنادار گزارش شد ($\eta^2=0.60, p<0.001, F=32.5$) که نشان می‌دهد الگوی تغییرات بار شناختی در طول زمان بین گروه‌ها متفاوت بوده است. افزون بر این، اثر اصلی گروه نیز بر بار شناختی معنادار بود ($\eta^2=0.32, p<0.001, F=9.97$) که حاکی از تفاوت کلی بین گروه‌های پژوهش از نظر سطح بار شناختی است. این نتایج نشان می‌دهد که هم گذر زمان، هم نوع مداخله و هم تعامل آن‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در تغییرات بار شناختی دانشجویان داشته‌اند.

جدول ۳. آزمون تعقیبی

آزمون	گروه‌ها	تفاوت‌ها	SE	P
پیش آزمون	درمان ذهن آگاهی	کنترل	۳/۶۹	<۰/۰۰۱
	تحریک الکتریکی	کنترل	۳/۶۹	<۰/۰۰۱
	درمان ذهن آگاهی	تحریک الکتریکی	۳/۶۹	<۰/۰۰۱
پیگیری	درمان ذهن آگاهی	کنترل	۴/۰۸	<۰/۰۰۱
	تحریک الکتریکی	کنترل	۴/۰۸	<۰/۰۰۱
	درمان ذهن آگاهی	تحریک الکتریکی	۴/۰۸	۰/۰۷۵

نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که در مرحله پیش‌آزمون، تفاوت معناداری بین گروه درمان مبتنی بر ذهن آگاهی و گروه کنترل وجود داشت (اختلاف میانگین = -۱۸.۵۱، SE=۳.۶۹، $p<0.001$) و همچنین گروه تحریک الکتریکی مستقیم از روی مجموعه در مقایسه با گروه کنترل کاهش معنادار بیشتری در بار شناختی نشان داد (اختلاف میانگین = -۳۶.۵۳، SE=۳.۶۹، $p<0.001$)، علاوه بر این تفاوت بین دو گروه درمانی نیز معنادار بود (اختلاف میانگین = -۱۸.۰۱، SE=۳.۶۹، $p<0.001$). در مرحله پیگیری نیز تفاوت بین هر یک از دو گروه مداخله با گروه کنترل همچنان معنادار باقی ماند (برای ذهن آگاهی: اختلاف میانگین = -۱۷.۶۸، SE=۴.۰۸، $p<0.001$ و برای تحریک الکتریکی: اختلاف میانگین = -۲۷.۱، SE=۴.۰۸، $p<0.001$)، اما تفاوت بین دو گروه درمان مبتنی بر ذهن آگاهی و تحریک الکتریکی مستقیم از روی مجموعه در مرحله پیگیری معنادار نبود (اختلاف میانگین = -۹.۴۹، SE=۴.۰۸، $p=0.075$) که نشان‌دهنده هم‌ارزی اثرات دو مداخله در حفظ کاهش بار شناختی در بلندمدت است.



شکل ۱. میانگین بار شناختی در سه گروه تحقیق در سه مرحله پیش آزمون، پس آزمون و پیگیری

بحث و نتیجه گیری

هدف اصلی پژوهش حاضر مقایسه اثربخشی آموزش مبتنی بر ذهن آگاهی و تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه (tDCS) بر کاهش بار شناختی دانشجویان واحد الکترونیک تهران بود. نتایج تحلیل‌های استنباطی نشان داد که هر دو مداخله در مقایسه با گروه کنترل، کاهش معناداری در بار شناختی ایجاد کردند و اثر اصلی زمان، گروه و تعامل زمان×گروه از نظر آماری معنادار بود. این یافته به روشنی نشان می‌دهد که بار شناختی، به‌عنوان سازه‌ای پویا و قابل تعدیل، می‌تواند تحت تأثیر مداخلات شناختی و نورومدولاتوری قرار گیرد؛ نتیجه‌ای که با مبانی نظری بار شناختی و نقش مداخلات حمایتی در مدیریت محدودیت‌های حافظه کاری همخوانی دارد (Evans et al., 2024; Sweller, 2024).

کاهش معنادار بار شناختی در گروه آموزش مبتنی بر ذهن آگاهی را می‌توان در پرتو نقش این مداخله در بهبود تنظیم توجه و کاهش تداخل شناختی تبیین

به طور خلاصه، تحلیل واریانس ترکیبی ۳×۳ (مداخله × زمان) نشان داد که اثر اصلی زمان، گروه و تعامل زمان × گروه بر بار شناختی دانشجویان معنی‌دار بود. برای بررسی تفاوت‌های جفتی، تحلیل اثرات ساده و آزمون تعقیبی بنفرونی انجام شد. نتایج نشان داد که هر دو مداخله، یعنی شناخت درمانی مبتنی بر ذهن آگاهی و تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه، از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون و تا پیگیری دو ماهه، بار شناختی را به‌طور معنی‌دار کاهش داده‌اند نسبت به گروه کنترل ($p < 0.01$). همچنین، بین اثربخشی دو مداخله از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون تفاوت معنی‌دار وجود داشت، به‌طوری‌که اثر tDCS کمی بیشتر بود؛ با این حال، پس از دو ماه پیگیری، تفاوت معنی‌داری بین ذهن آگاهی و tDCS مشاهده نشد ($p = 0.075$), که نشان‌دهنده ماندگاری مشابه کاهش بار شناختی در هر دو گروه است.

شبکه‌های عصبی مرتبط با حافظه کاری و کنترل اجرایی را بهبود می‌بخشد (Figeys et al., 2023). از آنجا که این کارکردها مستقیماً با مدیریت بار شناختی مرتبط‌اند، می‌توان انتظار داشت که tDCS اثر فوری و نسبتاً قوی‌تری بر کاهش تلاش ذهنی موردنیاز برای انجام تکالیف پیچیده داشته باشد.

یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج مرورهای نظام‌مند و فراتحلیل‌ها نیز همخوانی دارد که نشان داده‌اند tDCS می‌تواند عملکرد شناختی و به‌ویژه حافظه کاری را در گروه‌های مختلف بهبود بخشد (Lv et al., 2024; Usman et al., 2024). این بهبود کارکردی احتمالاً از طریق کاهش ناکارآمدی پردازش اطلاعات و تسهیل تخصیص منابع شناختی رخ می‌دهد. در همین راستا، پژوهش‌های داخلی نیز اثربخشی تحریک الکتریکی قشر پیش‌پیشانی را در بهبود علائم شناختی و رفتاری گزارش کرده‌اند (Aghaziarati et al., 2023). بنابراین، کاهش چشمگیر بار شناختی در گروه tDCS را می‌توان به تأثیر مستقیم این مداخله بر زیرساخت‌های عصبی پردازش شناختی نسبت داد.

یکی از یافته‌های مهم پژوهش حاضر، هم‌گرایی اثرات دو مداخله در مرحله پیگیری دوم‌ماهه بود؛ به‌طوری که تفاوت معناداری بین آموزش ذهن‌آگاهی و tDCS در این مرحله مشاهده نشد. این نتیجه نشان می‌دهد که اگرچه tDCS در کوتاه‌مدت اثر قوی‌تری دارد، اما ذهن‌آگاهی نیز در بلندمدت می‌تواند به سطحی مشابه از کاهش بار شناختی منجر شود. این الگو با تفاوت‌های مکانیسمی دو مداخله قابل تبیین است. tDCS از طریق تعدیل مستقیم فعالیت عصبی عمل می‌کند و بنابراین اثرات آن ممکن است سریع‌تر ظاهر شود، در حالی که ذهن‌آگاهی مبتنی بر یادگیری مهارت‌های شناختی و توجه‌ای است که به مرور زمان درونی‌سازی می‌شوند و اثرات پایدارتری ایجاد می‌کنند (Stuart-Edwards et al., 2023).

کرد. بر اساس نظریه‌های کنترل توجه، ذهن‌آگاهی موجب افزایش آگاهی لحظه‌ای و کاهش سرگردانی ذهن می‌شود و در نتیجه، منابع شناختی محدود حافظه کاری به‌طور کارآمدتری به پردازش تکلیف اختصاص می‌یابند (Posner & Snyder, 2024). یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج مطالعات پیشین همسو است که نشان داده‌اند آموزش ذهن‌آگاهی می‌تواند تداخل حافظه کاری را کاهش داده و کارایی پردازش شناختی را افزایش دهد (Greenberg et al., 2018; Li et al., 2018; et al., 2019). همچنین، شواهد حاصل از پژوهش‌های جدید نشان می‌دهد که حتی مداخلات کوتاه‌مدت ذهن‌آگاهی نیز قادرند بار شناختی ادراک‌شده را در موقعیت‌های یادگیری پیچیده کاهش دهند (Takhdat et al., 2024).

از منظر سازوکار، ذهن‌آگاهی با تقویت توجه پایدار و مشاهده غیرفصاحتی افکار، از درگیری بیش‌ازحد شناختی با محرک‌های نامربوط جلوگیری می‌کند و به این ترتیب، بار برونزاد را کاهش می‌دهد. این فرآیند به یادگیرندگان کمک می‌کند تا با پیچیدگی ذاتی محتوا بهتر سازگار شوند و تلاش شناختی خود را به سمت بار مطلوب و یادگیری معنادار هدایت کنند (Sweller, 2024). افزون بر این، مطالعات نشان داده‌اند که ذهن‌آگاهی با بهبود حافظه تصریحی و انعطاف‌پذیری شناختی همراه است، که این عوامل می‌توانند به کاهش فشار شناختی در تکالیف دانشگاهی منجر شوند (Shemesh et al., 2023). بنابراین، کاهش بار شناختی مشاهده‌شده در گروه ذهن‌آگاهی را می‌توان حاصل تعامل هم‌زمان عوامل توجه‌ای، شناختی و هیجانی دانست.

در خصوص مداخله تحریک الکتریکی مستقیم از روی مجموعه، نتایج نشان داد که این روش نه‌تنها در مقایسه با گروه کنترل، بلکه در مرحله پس‌آزمون نسبت به آموزش ذهن‌آگاهی نیز کاهش بیشتری در بار شناختی ایجاد کرده است. این یافته با شواهد علوم اعصاب شناختی همسو است که نشان می‌دهند tDCS با افزایش تحریک‌پذیری قشر پیش‌پیشانی، کارایی

مؤثرتر برای دانشجویان رشته‌های فنی و پرتقاضا منجر شود، به‌ویژه در شرایطی که بار شناختی بالا یکی از چالش‌های اصلی یادگیری محسوب می‌شود.

با وجود نتایج معنادار و کاربردی پژوهش حاضر، برخی محدودیت‌ها باید در تفسیر یافته‌ها مدنظر قرار گیرند. نخست، حجم نمونه نسبتاً محدود و تمرکز بر دانشجویان یک واحد دانشگاهی خاص، تعمیم‌پذیری نتایج به سایر رشته‌ها، دانشگاه‌ها و گروه‌های سنی را محدود می‌کند. دوم، دوره پیگیری دوماهه امکان بررسی اثرات بسیار بلندمدت مداخلات را فراهم نمی‌سازد. سوم، کنترل کامل متغیرهای مداخله‌گر نظیر سطح استرس تحصیلی، کیفیت خواب و تفاوت‌های فردی در انگیزش ممکن نبود و این عوامل می‌توانند بر بار شناختی تأثیرگذار باشند.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با نمونه‌های بزرگ‌تر و متنوع‌تر و در رشته‌های تحصیلی مختلف انجام شوند تا امکان تعمیم نتایج افزایش یابد. همچنین، بررسی اثرات ترکیبی آموزش ذهن‌آگاهی و tDCS می‌تواند به درک عمیق‌تری از تعامل این دو مداخله منجر شود. استفاده از دوره‌های پیگیری طولانی‌تر و بهره‌گیری از شاخص‌های عصب‌روان‌شناختی یا تصویربرداری مغزی نیز می‌تواند به تبیین دقیق‌تر سازوکارهای کاهش بار شناختی کمک کند. یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که هر دو مداخله ذهن‌آگاهی و تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه می‌توانند به‌عنوان راهبردهای مؤثر در کاهش بار شناختی دانشجویان مورد استفاده قرار گیرند. پیشنهاد می‌شود دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی، آموزش‌های ذهن‌آگاهی را در قالب کارگاه‌های مهارت‌های شناختی و توجه در برنامه‌های دانشجویی بگنجانند و در عین حال، امکان استفاده پژوهش‌محور و کنترل‌شده از مداخلات نورومدولاتوری را برای دانشجویان با فشار شناختی بالا فراهم کنند. ادغام این رویکردها

پژوهش‌های پیشین نیز نشان داده‌اند که تمرین‌های ذهن‌آگاهی، هرچند ممکن است در ابتدا اثرات تدریجی داشته باشند، اما در بلندمدت با بهبود پایدار توجه، تنظیم هیجانی و عملکرد تحصیلی همراهاند (Popescu, Wang, 2025). از سوی دیگر، شواهدی وجود دارد که اثرات tDCS، اگرچه می‌توانند تا مدتی پس از مداخله باقی بمانند، اما برای حفظ و تعمیم آن‌ها ممکن است به جلسات تقویتی یا ترکیب با مداخلات شناختی نیاز باشد (Xie et al., 2024). این یافته‌ها از نتیجه پژوهش حاضر حمایت می‌کنند که نشان داد در پیگیری دوماهه، مزیت اولیه tDCS نسبت به ذهن‌آگاهی کاهش یافته و هر دو مداخله به سطح مشابهی از اثربخشی رسیده‌اند.

نتایج این پژوهش همچنین در چارچوب دیدگاه‌های نوین آموزش و علوم اعصاب قابل تفسیر است که بر تعامل عوامل شناختی، عصبی و محیطی در یادگیری تأکید دارند. برخی پژوهشگران معتقدند که مدیریت بار شناختی نیازمند رویکردهای چندسطحی است که هم به طراحی آموزشی و هم به ظرفیت‌های شناختی و عصبی یادگیرندگان توجه داشته باشد (Gkintoni et al., 2025). یافته‌های حاضر نشان می‌دهد که هم مداخلات روان‌شناختی مانند ذهن‌آگاهی و هم مداخلات نورومدولاتوری مانند tDCS می‌توانند به‌عنوان ابزارهای مکمل در این چارچوب مورد استفاده قرار گیرند.

در مجموع، نتایج پژوهش حاضر با ادبیات موجود همسو بوده و نشان می‌دهد که کاهش بار شناختی دانشجویان نه تنها از طریق اصلاح محتوای آموزشی، بلکه از طریق مداخلات هدفمند بر کارکردهای شناختی و عصبی نیز امکان‌پذیر است. این یافته‌ها اهمیت نگاه تلفیقی به یادگیری را برجسته می‌کند؛ نگاهی که در آن، ذهن‌آگاهی به‌عنوان ابزاری برای تقویت خودتنظیمی و پایداری شناختی و tDCS به‌عنوان ابزاری برای تسهیل فوری پردازش عصبی در نظر گرفته می‌شود. چنین رویکردی می‌تواند به طراحی مداخلات آموزشی

- Educational psychology review*, 36(1), 7.
<https://doi.org/10.1007/s10648-023-09841-2>
- Figeys, M., Loucks, T. M., Leung, A. W., & Kim, E. S. (2023). Transcranial direct current stimulation over the right dorsolateral prefrontal cortex increases oxyhemoglobin concentration and cognitive performance dependent on cognitive load. *Behavioural Brain Research*, 443, 114343.
<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2023.114343>
- Gkintoni, E., Antonopoulou, H., Sortwell, A., & Halkiopoulou, C. (2025). Challenging Cognitive Load Theory: The Role of Educational Neuroscience and Artificial Intelligence in Redefining Learning Efficacy. *Brain Sciences*, 15(2), 203.
<https://doi.org/10.3390/brainsci15020203>
- Greenberg, J., Romero, V. L., Elkin-Frankston, S., Bezdek, M. A., Schumacher, E. H., & Lazar, S. W. (2019). Reduced interference in working memory following mindfulness training is associated with increases in hippocampal volume. *Brain Imaging and Behavior*, 13(2), 366-376.
<https://doi.org/10.1007/s11682-018-9858-4>
- Gutierrez, G., Lunskey, I. O., Van Heer, S., Szulewski, A., & Chaplin, T. (2023). Cognitive load theory in action: e-learning modules improve performance in simulation-based education. A pilot study. *Canadian Journal of Emergency Medicine*, 25(11), 893-901. <https://doi.org/10.1007/s43678-023-00586-z>
- Li, Y., Liu, F., Zhang, Q., Liu, X., & Wei, P. (2018). The effect of mindfulness training on proactive and reactive cognitive control. *Frontiers in psychology*, 9, 1002.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01002>
- Lv, Y., Wu, S., Nitsche, M. A., Yue, T., Zschorlich, V. R., & Qi, F. (2024). A meta-analysis of the effects of transcranial direct current stimulation combined with cognitive training on working memory in healthy older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 16, 1454755.
<https://doi.org/10.3389/fnagi.2024.1454755>
- Mokmin, N. A. M., Hanjun, S., Jing, C., & Qi, S. (2024). Impact of an AR-based learning approach on the learning achievement, motivation, and cognitive load of students on a design course. *Journal of Computers in Education*, 11(2), 557-574.
<https://doi.org/10.1007/s40692-023-00270-2>
- Popescu, C. D. (2025). The role of mindfulness in developing students' emotional intelligence. *Journal of Romanian Literary Studies*(40), 713-720.
- Posner, M. I., & Snyder, C. R. (2024). Attention and cognitive control. In *Information Processing and Cognition* (pp. 55-85). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781032722450-4>
- Sharifian Motlaq, A., & Mohammadi, T. (2025). The effectiveness of mindfulness training on psychological capital and emotional regulation in gifted students. *Journal of Psychology Growth*, 14(1), 94-85.
http://frooyesh.ir/browse.php?a_id=4708&sid=1&slc_lang=fa
- Shemesh, L., Mendelsohn, A., Panitz, D. Y., & Berkovich-Ohana, A. (2023). Enhanced declarative memory in long-term mindfulness practitioners. *Psychological Research*, 87(1), 294-307. <https://doi.org/10.1007/s00426-022-01642-6>
- Stuart-Edwards, A., MacDonald, A., & Ansari, M. A. (2023). Twenty years of research on mindfulness at work: A structured literature review. *Journal of Business Research*, 169, 114285.
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.114285>

می‌تواند به ارتقای کیفیت یادگیری، کاهش فرسودگی ذهنی و بهبود عملکرد تحصیلی در محیط‌های آموزشی پرتقاضا کمک نماید.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازن اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازن و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

این مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول و دارای کد کمیته اخلاق به

شناسه IR.IAU.TNB.REC.۱۴۰۳.۲۷۵ از دانشگاه آزاد اسلامی-واحد تهران

شمال است.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش یاری رساندند تشکر و

قدردانی می‌گردد.

References

- Aghaziarati, A., Fard, F. R., Rahimi, H., & Parsakia, K. (2023). Investigating the Effect of Electrical Stimulation (tDCS) of the Prefrontal Cortex of the Brain on the Improvement of Behavioral and Neurological Symptoms of Children with Specific Learning Disabilities. *Health Nexus*, 1(2), 44-50.
<https://doi.org/10.61838/kman.hn.1.2.6>
- Evans, P., Vansteenkiste, M., Parker, P., Kingsford-Smith, A., & Zhou, S. (2024). Cognitive load theory and its relationships with motivation: A self-determination theory perspective.

- Sweller, J. (2024). Cognitive load theory and individual differences. *Learning and Individual Differences, 110*, 102423. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2024.102423>
- Takhdad, K., Rebahi, H., Rooney, D. M., Ait Babram, M., Benali, A., Touzani, S., & El Adib, A. R. (2024). The impact of brief mindfulness meditation on anxiety, cognitive load, and teamwork in emergency simulation training: a randomized controlled trial. *Nurse Education Today, 132*, 106005. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2023.106005>
- Usman, J. S., Wong, T. W. L., & Ng, S. S. M. (2024). Effects of transcranial direct current stimulation on dual-task performance in older and young adults: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics Plus, 1*(4), 100047. <https://doi.org/10.1016/j.aggp.2024.100047>
- Wang, X. (2025). Exploring the impact of mindfulness, subjective well-being, and music engagement on academic performance of students in higher educational institutions. *Humanities and Social Sciences Communications, 12*(1), 1-14. <https://doi.org/10.63313/SSH.2003>
- Xie, L., Hu, P., Guo, Z., Chen, M., Wang, X., Du, X., & Liu, S. (2024). Immediate and long-term efficacy of transcranial direct current stimulation (tCDS) in obsessive-compulsive disorder, posttraumatic stress disorder and anxiety disorders: a systematic review and meta-analysis. *Translational psychiatry, 14*(1), 343. <https://doi.org/10.1038/s41398-024-03053-0>