



The Effects of Brainwave Entrainment on Physiological Indices and Memory in Patients with Generalized Anxiety Disorder

Mansour Bayrami¹ , Touraj Hashemi Nosrat Abad² , Leyla Noshad³

1. Professor, Department of Psychology, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: dr.bayrami@yahoo.com

2. Professor, Department of Psychology, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: tourajhashemi@yahoo.com

3. Ph. D. Student, Department of Cognitive Neuroscience, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Iran. E-mail: leylanoshaddd@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received 29 January 2026
Received in revised form 19 April 2026
Accepted 22 June 2026
Published Online 23 September 2026

Keywords:
generalized anxiety disorder;
brainwave entrainment;
physiological indices.

ABSTRACT

Background: Generalized Anxiety Disorder (GAD) is associated with aberrant patterns of neural activity, which may lead to impairments in physiological indices and memory functioning. Brainwave entrainment has been proposed as a noninvasive intervention aimed at enhancing neural regulation and cognitive performance; however, empirical evidence regarding its effects on physiological parameters and memory in patients with GAD remains limited.

Aims: The present study aimed to examine the effects of brainwave entrainment on physiological indices and memory in patients diagnosed with Generalized Anxiety Disorder.

Methods: This study employed a quasi-experimental design with a pretest–posttest control group. The statistical population consisted of all patients with Generalized Anxiety Disorder who attended counseling centers and psychiatric clinics in the city of Tabriz in (2025–2026). A total of 60 patients with GAD were randomly assigned to an experimental group ($n = 30$) and a control group ($n = 30$). The Generalized Anxiety Disorder Questionnaire (GAD-7; Spitzer et al., 2006) was used for assessment. The experimental group received brainwave entrainment intervention using alpha-frequency (10 Hz) binaural beats for four weeks, five days per week, and 30 minutes per session, while the control group received no intervention. Assessments were conducted at pretest and posttest using the Qtech bioresonance device to measure physiological indices and the overall memory index, as well as the Corsi Block-Tapping Test to assess working memory. The collected data were analyzed using SPSS version 26, employing multivariate analysis of covariance (MANCOVA).

Results: The results of the multivariate analysis of covariance indicated that brainwave entrainment led to a statistically significant increase in the adrenal gland index and the overall memory index in the experimental group compared with the control group ($p < 0.05$). However, no statistically significant effect was observed on cerebral vascular resistance ($p > 0.05$). In addition, the results of univariate analysis of covariance revealed a significant difference between the two groups in working memory, such that approximately 10% of the variance in working memory was attributable to the intervention ($p < 0.05$).

Conclusion: The findings of the present study suggest that brainwave entrainment may serve as a noninvasive and complementary intervention for improving adrenal gland functioning and enhancing memory performance, particularly working memory, in patients with Generalized Anxiety Disorder. These results underscore the potential clinical applicability of brainwave entrainment in intervention programs focused on neural regulation and cognitive rehabilitation for individuals with anxiety disorders.

Citation: Bayrami, M., Hashemi Nosrat Abad, T., & Noshad, L. (2026). The effects of brainwave entrainment on physiological indices and memory in patients with generalized anxiety disorder. *Journal of Psychological Science*, 25(163), 1-14. [10.66224/jps.25.163.5](https://doi.org/10.66224/jps.25.163.5)

Journal of Psychological Science, Vol. 25, No. 163, 2026

© The Author(s). DOI: [10.66224/jps.25.163.5](https://doi.org/10.66224/jps.25.163.5)



✉ **Corresponding Author:** Mansour Bayrami. Professor, Department of Psychology, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

E-mail: dr.bayrami@yahoo.com, Tel: (+98)9143134470

Extended Abstract

Introduction

Generalized Anxiety Disorder (GAD) is one of the most prevalent mental disorders, characterized by excessive, persistent, and uncontrollable worry accompanied by somatic symptoms such as muscle tension, restlessness, fatigue, and sleep disturbances (American Psychiatric Association, 2022). Beyond its psychological burden, GAD is associated with substantial physiological and neurobiological consequences, including dysregulation of the hypothalamic–pituitary–adrenal (HPA) axis, alterations in cerebral vascular function, and impairments in cognitive processes, particularly memory (Ariño-Braña et al., 2025; Harandi et al., 2023). Chronic activation of the HPA axis in GAD results in sustained cortisol secretion, which has been linked to hippocampal damage, deficits in working and episodic memory, and increased cerebral vascular tone and resistance (George et al., 2025; Kline & Mega, 2020; Sousa et al., 2020; Yew et al., 2017). Accordingly, a maladaptive cycle involving chronic stress, adrenal dysfunction, elevated cerebrovascular resistance, and cognitive decline can be conceptualized in individuals with GAD (Rong et al., 2024).

Standard treatments for GAD include psychotherapy, particularly cognitive–behavioral therapy, and pharmacotherapy such as selective serotonin reuptake inhibitors (Newman et al., 2024). Despite their effectiveness, there is a growing need for complementary, noninvasive, and low-risk interventions capable of simultaneously targeting the neural, physiological, and cognitive dimensions of this disorder. In this context, brainwave entrainment has emerged as a novel noninvasive neuromodulatory approach (Hodhodi et al., 2024). One of the most common forms of brainwave entrainment involves binaural beats, which are generated by presenting two slightly different auditory frequencies to each ear, leading to a frequency-following response that guides brain activity toward a target frequency band, such as alpha rhythms (Attokaren et al., 2023).

Accumulating evidence suggests that alpha-band brainwave entrainment, which is associated with a

state of relaxed alertness and inward-focused attention, may contribute to reductions in anxiety, improvements in sleep quality, decreases in cortisol levels, and enhancements in cognitive functions, particularly working memory (Bayrami & Dadashi, 2025; Jirakitayakorn & Wongsawat, 2017; Grassini et al., 2022; Kraus & Porubánová, 2015; Abeln et al., 2014). Nevertheless, most prior studies have focused either on psychological outcomes or on isolated physiological measures, with relatively few investigations examining both biological and cognitive markers concurrently. Moreover, the integration of complementary diagnostic technologies such as bioresonance—an electromagnetic frequency-based, noninvasive method—may offer a more comprehensive assessment of functional states across endocrine, neural, and vascular systems (Karakos et al., 2019; Zayed et al., 2022). Therefore, the present study sought to investigate whether brainwave entrainment exerts measurable effects on physiological indices and memory performance in individuals with Generalized Anxiety Disorder.

Method

This study employed a quasi-experimental pretest–posttest design with a control group. The study population consisted of individuals diagnosed with Generalized Anxiety Disorder (GAD) who attended counseling centers and psychiatric clinics in Tabriz during (2025–2026). A total of 60 eligible participants were selected through purposive sampling and randomly assigned to an experimental group ($n = 30$) and a control group ($n = 30$). Inclusion criteria included a clinical diagnosis of GAD by a psychologist or psychiatrist and a score above 10 on the Generalized Anxiety Disorder Questionnaire (GAD-7; Spitzer et al., 2006), while exclusion criteria comprised neurological disorders, use of anxiolytic or sedative medications, presence of a cardiac pacemaker or non-removable metallic implants, and intolerance to the intervention. Research instruments included the GAD-7, the Corsi Block-Tapping Test for assessing visuospatial working memory, and the Qtech Analyzer (10th generation) bioresonance device for evaluating physiological indices. The intervention consisted of brainwave entrainment

through exposure to 10-Hz alpha binaural beats generated using Gnaural software, administered to the experimental group for four consecutive weeks (five sessions per week, 30 minutes per session) in a controlled and quiet environment, while the control group received no intervention. Assessments were conducted at pretest and posttest, and the collected data were analyzed using SPSS version 26 through multivariate analysis of covariance (MANCOVA).

Results

Descriptive findings indicated that among the 60 participants in the study (30 in the experimental group and 30 in the control group), the mean age of the total sample was 34.5 years ($SD = 6.2$), with an age range of 25 to 50 years; moreover, 63.3% of the participants were female and 36.7% were male. Descriptive statistics showed an increase in the adrenal gland

index, overall memory index, and working memory scores, along with a decrease in vascular resistance scores at the posttest stage. To examine group differences in the set of physiological variables while controlling for covariates, multivariate analysis of covariance (MANCOVA) was conducted, and one-way analysis of covariance (ANCOVA) was used to assess group differences in working memory. Assumption testing confirmed normal data distribution and homogeneity of variance–covariance matrices. The results of the multivariate analysis were significant based on Wilks' lambda ($p < 0.001$), and subsequent between-subjects effects revealed that, after controlling for pretest scores, there were statistically significant differences between the experimental and control groups in the adrenal gland index and overall memory index ($p < 0.001$).

Table 1. Univariate ANCOVA Results for the Effects of Alpha-Band Brainwave Entrainment on Physiological and Memory Indices

Source of Variation	Dependent Variable	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value	Effect Size (η^2)
Group	Adrenal Gland Index	1.82	1	1.82	23.28	< .001	0.83
Group	Cerebral Vascular Resistance	0.01	1	0.01	2.75	.103	0.05
Group	Overall Memory Index	0.50	1	0.50	140.04	< .001	0.71

As shown in Table 1, after controlling for the effect of the pretest, a statistically significant difference was observed between the experimental and control groups in posttest scores for the adrenal gland index

and the overall memory index ($p < 0.001$). However, no statistically significant difference was found between the experimental and control groups in posttest scores for vascular resistance ($p = 0.103$)

Table 2. Univariate ANCOVA Results for the Effect of Brainwave Entrainment on Working Memory

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value	Partial Eta Squared (η^2)
Group	2.49	1	2.49	6.85	.010	0.10

As shown in Table 2, the results indicate that after controlling for covariates, there was a statistically significant difference between the experimental and control groups in working memory performance ($F = 6.85$, $p = .010$). This p-value is below the conventional alpha level of .05, indicating a significant group effect. Moreover, the partial eta squared value ($\eta^2 = 0.10$) represents a moderate effect size, suggesting that approximately 10% of the variance in working memory scores can be attributed to the intervention, namely exposure to binaural beats–based brainwave entrainment.

Conclusion

The present study aimed to investigate the effects of brainwave entrainment on the adrenal gland index, memory performance (including overall memory and working memory), and cerebral vascular resistance in individuals with Generalized Anxiety Disorder (GAD), adopting an integrative approach that bridges cognitive neuroscience and bioresonance-based physiological assessment. The first major finding indicated that alpha-band binaural beat entrainment led to a significant improvement in the adrenal gland index in the experimental group. This finding is

consistent with previous studies highlighting the stress-buffering and anxiety-reducing effects of binaural beats (Bassiano et al., 2024; Colton et al., 2021) as well as research emphasizing the role of HPA-axis regulation in alleviating psychiatric symptoms (George et al., 2025; Ariño-Braña et al., 2025). Nevertheless, inconsistent findings reported by Hart-Pomerantz et al. (2025) suggest that physiological responses to neuromodulation are not always uniform. From a neurobiological and biophysical perspective, alpha-wave induction may reduce amygdala hyperactivity and restore homeostatic balance in stress-sensitive organs such as the adrenal gland, a change that can be detected as an improved adrenal index through bioresonance assessment (Karakos et al., 2019).

The second finding demonstrated that brainwave entrainment significantly enhanced memory performance, particularly working memory, accounting for approximately 10% of the variance in working memory scores. This result is in line with studies by Hodhodi et al. (2024) and Kraus and Porubanová (2015), which reported improvements in working memory capacity following binaural beat stimulation. In contrast, He et al. (2025) argued that alpha-wave modulation does not necessarily produce stable cognitive changes in all individuals. The observed memory enhancement may be explained by the inhibitory role of alpha oscillations in reducing cognitive noise and suppressing worry-related rumination, thereby freeing cognitive resources and optimizing the efficiency of frontoparietal networks involved in working memory processing (Rong et al., 2024; Jirakitayakorn & Wongsawat, 2017; White-Schwoch et al., 2022).

The third finding indicated that the intervention did not produce a significant effect on cerebral vascular resistance. This result is consistent with evidence suggesting that vascular resistance reflects long-term structural and hemodynamic properties that are relatively insensitive to short-term neuromodulatory interventions (Harandi et al., 2023; Yu et al., 2017). The absence of significant change may be attributed to the relative autonomy of cerebrovascular autoregulatory mechanisms, which likely require prolonged or physically based interventions to

undergo measurable modification. Considering the study limitations, including the lack of concurrent cortisol assessment and follow-up evaluation, future research is encouraged to employ longer intervention protocols, multimodal assessment strategies, and combined treatment approaches such as integrating binaural beats with cognitive-behavioral therapy. From a clinical perspective, given its safety, noninvasiveness, cost-effectiveness, and accessibility, brainwave entrainment may be recommended as a complementary intervention alongside standard treatments to improve working memory and stress regulation in patients with Generalized Anxiety Disorder.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: In the present study, ethical principles were fully observed, including informing participants about the objectives of the research, obtaining informed consent for participation, ensuring the confidentiality of participants' information, and maintaining privacy and anonymity. The study was approved by the Biomedical Ethics Committee of the University of Tabriz under the ethical approval code IR.TABRIZU.REC.1404.184.

Funding: This study was conducted as a PhD thesis with no financial support.

Authors' contribution: The present article is derived from the third author's doctoral dissertation, conducted under the supervision of the first author and with advisory support from the second author, who served as the dissertation advisor.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest for this study.

Acknowledgments: The authors are grateful to all participants who took part in this research and contributed to its completion



تأثیر همگام‌سازی امواج مغزی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و حافظه در بیماران مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر

منصور بیرامی^۱، تورج هاشمی نصرت آباد^۲، لیلا نوشاد^۳

۱. استاد، گروه روان‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، ایران. رایانامه: dr.bayrami@yahoo.com

۲. استاد، گروه روان‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، ایران. رایانامه: tourajhashemi@yahoo.com

۳. دانشجوی دکتری، گروه علوم اعصاب شناختی، دانشگاه تبریز، ایران. رایانامه: leylanoshaddd@gmail.com

چکیده

مشخصات مقاله

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۰۹

بازنگری: ۱۴۰۵/۰۱/۳۰

پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱

انتشار برخط: ۱۴۰۵/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:

اختلال اضطراب فراگیر،
همگام‌سازی امواج مغزی،
شاخص‌های فیزیولوژیک.

زمینه: اختلال اضطراب فراگیر با الگوهای ناهنجار فعالیت عصبی همراه است که می‌تواند منجر به اختلال در شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد حافظه شود. همگام‌سازی امواج مغزی به عنوان یک مداخله غیرتهاجمی، با هدف بهبود تنظیم عصبی و کارکردهای شناختی مطرح شده است؛ با این حال، شواهد تجربی درباره تأثیر آن بر شاخص‌های فیزیولوژیک و حافظه در بیماران مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر محدود است.

هدف: پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر همگام‌سازی امواج مغزی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و حافظه و در بیماران مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر انجام شد.

روش: این مطالعه نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه گواه انجام شد. جامعه آماری شامل تمامی افراد مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر مراجعه‌کننده به مراکز مشاوره و کلینیک‌های روان‌پزشکی شهر تبریز در سال ۱۴۰۴ بود که ۶۰ بیمار مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش (۳۰ نفر) و گواه (۳۰ نفر) قرار گرفتند. در این پژوهش از پرسشنامه اضطراب فراگیر (اسپیتر و همکاران، ۲۰۰۶) استفاده شد. گروه آزمایش به مدت چهار هفته، هر هفته پنج روز و هر روز ۳۰ دقیقه تحت مداخله همگام‌سازی امواج مغزی با ضربان‌های دوگوشی آلفا (۱۰ هرتز) قرار گرفتند. گروه گواه مداخله‌ای دریافت نکرد. ارزیابی‌ها با استفاده از دستگاه بیورزونانس Qtech (برای سنجش شاخص‌های فیزیولوژیک و شاخص حافظه) و آزمون بلوک‌های کرسی (برای حافظه کاری) در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد. داده‌های گردآوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS26 و با استفاده از آزمون کوواریانس چندمتغیره مورد تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره نشان داد که همگام‌سازی امواج مغزی موجب افزایش معنادار شاخص غده آدرنال و شاخص حافظه در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل شد ($P < 0.05$)، اما تأثیر معناداری بر مقاومت عروقی مغز مشاهده نشد ($P > 0.05$). همچنین نتایج تحلیل کوواریانس یک راه نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین دو گروه در متغیر حافظه کاری بود، به گونه‌ای که حدود ۱۰ درصد از تغییرات حافظه کاری توسط مداخله قابل تبیین است ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری: یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که همگام‌سازی امواج مغزی می‌تواند به عنوان یک مداخله غیرتهاجمی و مکمل، در بهبود عملکرد غده آدرنال و ارتقای کارکردهای حافظه، به‌ویژه حافظه کاری، در بیماران مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر مورد استفاده قرار گیرد. این نتایج بر قابلیت کاربرد بالینی همگام‌سازی امواج مغزی در برنامه‌های مداخله‌ای مبتنی بر تنظیم عصبی و توان‌بخشی شناختی بیماران مبتلا به اختلالات اضطرابی تأکید دارد.

استناد: بیرامی، منصور؛ هاشمی نصرت آباد، تورج؛ و نوشاد، لیلا (۱۴۰۵). تأثیر همگام‌سازی امواج مغزی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و حافظه در بیماران مبتلا به

اختلال اضطراب فراگیر. *مجله علوم روانشناختی*، دوره ۲۵، شماره ۱، ۱۶۳-۱۴.

مجله علوم روانشناختی، دوره ۲۵، شماره ۱، ۱۴۰۵. DOI: 10.66224/jps.25.163.5



© نویسنده گان.

✉ نویسنده مسئول: منصور بیرامی. استاد، گروه روان‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، ایران. رایانامه: dr.bayrami@yahoo.com

تلفن: ۰۹۱۴۳۱۳۴۴۷۰

مقدمه

اختلال اضطراب فراگیر یکی از شایع‌ترین اختلالات روانی است که با نگرانی افراطی، غیرقابل کنترل و مداوم درباره طیف وسیعی از موضوعات روزمره، به مدت حداقل شش ماه مشخص می‌شود و با علائم جسمانی مانند تنش عضلانی، بی‌قراری، خستگی و اختلال خواب همراه است (انجمن روانپزشکی آمریکا، ۲۰۲۲). این اختلال نه تنها بار سنگینی بر سلامت روانی افراد تحمیل می‌کند، بلکه با طیف وسیعی از عوارض فیزیولوژیک و نورویولوژیک نیز مرتبط است که از جمله می‌توان به اختلال در عملکرد محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال^۳، تغییرات عروقی مغز و نقص در کارکردهای شناختی به‌ویژه حافظه اشاره کرد (آرینو-برانا و همکاران، ۲۰۲۵؛ هرنندی و همکاران، ۲۰۲۳).

غده آدرنال به‌عنوان جزء پایانی محور HPA، نقش محوری در پاسخ به استرس از طریق ترشح هورمون‌هایی مانند کورتیزول ایفا می‌کند (مبی‌یدزنیوی و قولو، ۲۰۲۴). فعال‌سازی مزمن این محور در GAD می‌تواند منجر به ترشح مداوم کورتیزول شود که با عوارض متعددی از جمله افزایش فشارخون، اختلالات متابولیک، سرکوب سیستم ایمنی و آسیب به ساختارهای مغزی مانند هیپوکامپ همراه است (گنورگ و همکاران، ۲۰۲۵). افزایش سطح کورتیزول به‌طور خاص برای نوروهای هیپوکامپ که نقشی کلیدی در تشکیل حافظه جدید دارند، سمی بوده و می‌تواند منجر به آتروفی این ناحیه و اختلال در حافظه، به‌ویژه حافظه اپیزودیک و کاری شود (کلین و مگا، ۲۰۲۰). از سوی دیگر، کورتیزول با افزایش حساسیت عروق به کاتکولامین‌ها و ایجاد اختلال در عملکرد اندوتلیال، می‌تواند باعث افزایش تون عروقی و در نتیجه افزایش مقاومت عروقی مغز شود (سوسا و همکاران، ۲۰۲۰). مقاومت عروقی مغز یک پارامتر فیزیولوژیک کلیدی است که میزان مقاومت عروق خونی در برابر جریان خون را نشان می‌دهد. افزایش غیرطبیعی آن می‌تواند جریان خون مغزی را کاهش داده و فرد را مستعد ایسکمی خفیف مزمن، آسیب به ماده سفید و خاکستری مغز و در نهایت اختلالات شناختی و زوال عقل عروقی کند (یو و همکاران، ۲۰۱۷)؛ بنابراین، در GAD یک چرخه معیوب بین استرس مزمن، اختلال

عملکرد آدرنال، افزایش مقاومت عروقی مغز و نقص حافظه قابل تصور است (رانگ و همکاران، ۲۰۲۴).

درمان‌های رایج GAD شامل روان‌درمانی (به‌ویژه درمان شناختی-رفتاری (۴) و دارودرمانی (مانند مهارکننده‌های بازجذب سروتونین (۵) است (نیومن و همکاران، ۲۰۲۴). با این حال، نیاز به توسعه مداخلات غیرتهاجمی، غیردارویی و کم‌عارضه که بتوانند همزمان بر ابعاد مختلف این اختلال تأثیر بگذارند، احساس می‌شود. یکی از این روش‌های نوین، همگام‌سازی امواج مغزی^۶ است (هادهودی و همکاران، ۲۰۲۴). این تکنیک به فرآیندی اشاره دارد که در آن فعالیت الکتریکی ریتمیک مغز با استفاده از تحریکات خارجی (مانند صدا، نور یا میدان الکترومغناطیسی) هماهنگ می‌شود. ضربان‌های دوگوشی شکل رایجی از تحریک شنوایی هستند که هنگام ارائه دو فرکانس صوتی کمی متفاوت به هر گوش ایجاد می‌شوند (آتوکارن و همکاران، ۲۰۲۳). مغز تفاوت این دو فرکانس را به عنوان یک ضربان سوم پردازش می‌کند که می‌تواند امواج مغزی را به سمت فرکانس هدف (مانند باند آلفا) سوق دهد. این پدیده که پاسخ فرکانسی پیرو نامیده می‌شود، امکان القای حالت‌های مغزی مطلوب مانند آرامش و کاهش برانگیختگی را فراهم می‌آورد (هارت-پومرانت و همکاران، ۲۰۲۵؛ وایت-اسکوچ و همکاران، ۲۰۲۲).

شواهد اولیه نشان می‌دهد که همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا (۱۳-۸ هرتز) که با حالت آرامش هوشیار و توجه درونی مرتبط است، می‌تواند در کاهش علائم اضطراب مؤثر باشد (بیرامی و داداشی، ۱۴۰۴)؛ جیراکیا یا کورن و وونگساوات، ۲۰۱۷). مکانیسم احتمالی این اثر، تعدیل فعالیت مدارهای لیمبیک، به‌ویژه کاهش فعالیت بیش‌ازحد آمیگدال و تقویت عملکرد مهارکننده قشر پیش‌پیشانی است (هی و همکاران، ۲۰۲۵). علاوه بر این، مطالعاتی حاکی از تأثیر مثبت ضربان‌های دوگوشی آلفا و تتا بر بهبود کیفیت خواب، کاهش سطح کورتیزول و بهبود عملکردهای شناختی مانند توجه و حافظه کاری هستند (گراسینی و همکاران، ۲۰۲۲؛ کراوس و پوروبانووا، ۲۰۱۵؛ ابلن و همکاران، ۲۰۱۴). برای مثال، کراوس و پوروبانووا (۲۰۱۵) نشان دادند که ضربان‌های دوگوشی می‌توانند ظرفیت حافظه کاری را افزایش دهند. همچنین، کلایتون و همکاران (۲۰۲۱)

4. Cognitive-Behavioral Therapy (CBT)

5. Selective Serotonin Reuptake Inhibitors (SSRIs)

6. Brainwave Synchronization

1. Generalized Anxiety Disorder (GAD)

2. American Psychiatric Association (APA)

3. Hypothalamic-Pituitary-Adrenal (HPA)

خروج شامل وجود باتری قلبی، فلزات غیرقابل جداسدن در بدن (به‌ویژه در دست، به دلیل استفاده از دستگاه بیورزونانس) و همچنین بروز هرگونه احساس ناخوشایند یا عدم تحمل مداخله در طول جلسات بود.

(ب) ابزار

پرسشنامه اختلال اضطراب فراگیر (GAD):^۱ برای سنجش شدت علائم اضطراب از مقیاس کوتاه اختلال اضطراب فراگیر استفاده شد که توسط اسپیتزر و همکاران در سال ۲۰۰۶ تدوین شده است. این ابزار تک‌عاملی و فاقد خرده‌مقیاس، از ۷ گویه اصلی و یک سؤال اضافی (جهت سنجش میزان تداخل علائم در کارکردهای فردی، اجتماعی و شغلی) تشکیل شده است. پاسخ‌دهی به سؤالات بر اساس یک مقیاس رتبه‌ای نوع لیکرت چهاردرجه‌ای شامل گزینه‌های «هیچ‌وقت» (نمره صفر)، «چند روز» (نمره ۱)، «بیش از نیمی از روزها» (نمره ۲) و «تقریباً هر روز» (نمره ۳) صورت می‌گیرد؛ بر این اساس، دامنه نمرات کل مقیاس بین صفر تا ۲۱ متغیر است. در نسخه اصلی ضریب آلفای کرونباخ ۰/۹۲ و ضریب بازآزمایی به فاصله دو هفته ۰/۸۳ بدست آمد (اسپیتزر و همکاران، ۲۰۰۶). بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی نسخه فارسی این ابزار در ایران توسط نائینیان و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که این مقیاس از روایی همگرایی مطلوبی (از طریق همبستگی معنادار با پرسشنامه اضطراب اسپیلبرگر، فرم کوتاه سلامت عمومی و سیاهه نشانه‌های بالینی SCL-90) و روایی تشخیصی مناسبی (با نقطه برش ۱۰ جهت تفکیک افراد مبتلا از غیرمبتلا) برخوردار است؛ همچنین پایایی آن با روش همسانی درونی (آلفای کرونباخ برابر با ۰/۸۵) و روش بازآزمایی پس از دو هفته (۰/۴۸) تأیید شده است. در پژوهش حاضر نیز، پایایی این ابزار با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ برابر با ۰/۸۲ به دست آمد.

آزمون بلوک‌های کرسی (CBT):^۲ آزمون بلوک‌های تپنده کرسی در اوایل دهه ۱۹۷۰ طراحی شد (کرسی، ۱۹۷۲). این آزمون بر اساس آزمون فراخنای ارقام ساخته شده است، با این تفاوت که به‌جای فرم کلامی، حافظه کاری دیداری-فضایی را ارزیابی می‌کند. در فرایند اجرای آزمون، آزمودنی ۹ بلوک را بر روی صفحه رایانه مشاهده می‌کند که تعدادی از آن‌ها با توالی مشخصی روشن می‌شوند و از وی خواسته می‌شود توالی روشن شدن بلوک‌ها را به همان ترتیب بازتولید کند. آزمون از توالی

گزارش کردند که این تکنیک می‌تواند پاسخ‌های استرس قلبی-عروقی را تعدیل نماید.

با وجود این شواهد امیدوارکننده، اکثر پژوهش‌های پیشین بر شاخص‌های روان‌شناختی یا فیزیولوژیک کلی متمرکز بوده‌اند و پژوهشی که به‌طور همزمان تأثیر این مداخله را بر نشانگرهای زیستی و شناختی مرتبط با GAD بررسی کند، اندک است. افزون بر این، بسیاری از مطالعات از روش‌های سنتی مانند آزمایش خون یا پرسشنامه استفاده کرده‌اند. استفاده از فناوری‌های نوین تشخیصی مکمل مانند بیورزونانس به عنوان یک روش غیرتهاجمی، سریع و مبتنی بر فرکانس‌های الکترومغناطیسی بدن می‌تواند مسیری نو در بررسی علائم فیزیولوژیکی مبتلایان به GAD و تغییرات ناشی از مداخلات ترسیم کند. این فناوری با تحلیل فرکانس‌های ساطع شده از بدن، اطلاعاتی درباره وضعیت عملکردی اندام‌ها از جمله سیستم درون‌ریز، عصبی و عروقی ارائه می‌دهد (کاراکوس و همکاران، ۲۰۱۹؛ زائد و همکاران، ۲۰۲۲)؛ بنابراین، پژوهش حاضر در صدد پاسخگویی به این سؤال است که آیا همگام‌سازی امواج مغزی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و حافظه در افراد مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر تأثیر دارد؟

روش

(الف) طرح پژوهش و شرکت‌کنندگان

این مطالعه از نوع نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون همراه با گروه گواه بود. جامعه آماری شامل تمامی افراد مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر مراجعه‌کننده به مراکز مشاوره و کلینیک‌های روان‌پزشکی شهر تبریز در سال ۱۴۰۴ بود. ۶۰ نفر از این افراد که معیارهای ورود را داشتند، به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه ۳۰ نفری آزمایش و گواه گمارده شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل تشخیص اختلال اضطراب فراگیر توسط روانشناس یا روانپزشک و کسب نمره بالاتر از ۱۰ در پرسشنامه اضطراب فراگیر اسپیتزر و همکاران (۲۰۰۶) بود. همچنین شرکت‌کنندگان نباید سابقه یا ابتلا به بیماری‌های نورولوژیک داشته و در زمان انجام پژوهش از داروهای آرام‌بخش یا ضد اضطراب استفاده می‌کردند. ارزیابی این معیارها از طریق مصاحبه بالینی، بررسی پرونده درمانی و تکمیل پرسشنامه اضطراب فراگیر انجام شد. معیارهای

^۱. Generalized Anxiety Disorder Questionnaire

^۲. Corsi Block-Tapping Test

USB از باتری یا برق لپ‌تاپ تغذیه می‌کند. پژوهش‌ها حساسیت این روش را با همبستگی تست‌های آزمایشگاهی رنگ‌سنجی مستقیم، در بررسی کمبودهای عناصر کمیاب بدن ۸۴٪ به‌دست آورده‌اند (زاید و همکاران، ۲۰۲۲).

همگام‌سازی امواج مغزی^۲: مداخله شامل گوش دادن به ضربان‌های دوگوشی آلفا با فرکانس ۱۰ هرتز از طریق هدفون استریو بود که با نرم‌افزار Gnural تولید شد. بر اساس پروتکل باسینو و همکاران (۲۰۲۴) فرکانس پایه ۲۱۰ هرتز و فرکانس آفست ۲۲۰ هرتز تنظیم شد تا اختلاف فرکانس ۱۰ هرتز ایجاد شود.

(ج) روش اجرا

در مرحله نخست اجرای پژوهش، داوطلبان بر اساس معیارهای ورود و خروج مورد غربالگری قرار گرفتند و شدت علائم آن‌ها با استفاده از مقیاس اختلال اضطراب فراگیر ارزیابی شد. پس از احراز شرایط، نمونه‌های واجد صلاحیت به روش تصادفی در دو گروه آزمایش و گواه گمارده شدند. پیش از آغاز مداخله، به منظور ثبت خط پایه ارزیابی‌ها (پیش‌آزمون)، متغیرهای وابسته پژوهش در هر دو گروه از طریق آزمون بلوک‌های تپنده کرسی (جهت سنجش حافظه کاری دیداری-فضایی) و اسکن با دستگاه بیورزونانس (جهت ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیک) اندازه‌گیری گردید. در مرحله مداخله، گروه آزمایش بر اساس پروتکل همگام‌سازی امواج مغزی لو اسکورانس و همکاران (۲۰۰۱) تحت آموزش قرار گرفت. این مداخله شامل ارائه ضربان‌های دگوشی^۳ در محدوده فرکانس آلفا بود که به مدت چهار هفته متوالی (پنج جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۳۰ دقیقه) در یک محیط فیزیکی آرام و کنترل‌شده، از طریق هدفون‌های استریو به آزمودنی‌های گروه آزمایش ارائه گردید. طی این مدت، گروه گواه هیچ‌گونه مداخله پژوهشی دریافت نکرد. بلافاصله پس از اتمام دوره چهار هفته‌ای، تمامی ارزیابی‌های مرحله پیش‌آزمون به عنوان پس‌آزمون برای هر دو گروه مجدداً تکرار شد. در نهایت، داده‌های گردآوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۲۶) و با بهره‌گیری از روش‌های آمار استنباطی (تحلیل کوواریانس چندمتغیره) مورد تحلیل قرار گرفت.

دو بلوکی آغاز شده و به تدریج با افزایش تعداد بلوک‌ها در هر کوشش تا حداکثر ۹ بلوک ادامه می‌یابد. در صورت بروز دو خطای متوالی در یک سطح، آزمون خاتمه یافته و طولانی‌ترین توالی به‌درستی یادآوری‌شده به‌عنوان نمره آزمودنی ثبت می‌شود. میانگین عملکرد افراد سالم در این آزمون حدود ۵ بلوک گزارش شده است. از نظر ویژگی‌های روان‌سنجی، کراسی (۱۹۷۲) پایایی آزمون را به روش آزمون-بازآزمون ۰/۷۳ گزارش کرده‌اند. همچنین شواهد روایی سازه آزمون از طریق همبستگی معنادار با سایر آزمون‌های حافظه کاری دیداری-فضایی و تمایز آن از آزمون‌های حافظه کلامی تأیید شده است. روایی همگرا آزمون با ابزارهایی نظیر آزمون فراخنای ارقام معکوس و تکالیف فضایی گزارش شده و روایی افتراقی آن نیز با همبستگی پایین با شاخص‌های هوش کلامی مورد حمایت قرار گرفته است. علاوه بر این، روایی ملاکی آزمون در تمایز بین افراد سالم و بیماران مبتلا به آسیب‌های لوب آهیانه و پیشانی گزارش شده است.

دستگاه بیورزونانس Qtech Analyzer نسل ۱۰: فناوری‌های بیورزونانس مغناطیسی روش‌های غیرتهاجمی و غیر متعارفی هستند که با تسهیل ارزیابی سلامت به روشی آسان و هزینه کم، مکمل روش‌های کلاسیک هستند (بادو و همکاران، ۲۰۲۱). بیورزونانس یا کوانتوم آنالایزر یکی از شاخه‌های علم پزشکی است که با بیوفیزیک و مبانی فیزیک کوانتوم مدرن مرتبط است. در اصل، بیورزونانس یک روش جامع برای تشخیص و درمان است. تمام سلول‌ها دارای فرکانس مغناطیسی هستند. ادعا می‌شود که دستگاه‌های بیورزونانس قادرند طول موج‌های انرژی حاصل از سلول‌های بدن را بخوانند و فرکانس این طول موج‌ها اطلاعاتی درباره سلامت بدن ارائه دهد. در این دستگاه، سیگنال‌های الکترومغناطیسی ساطع شده توسط بدن انسان (بازتابی از حالت طبیعی یا آسیب شناختی آن) توسط یک حسگر الکترونیکی جمع‌آوری و تقویت شده و توسط یک ریزپردازنده پردازش می‌شود. سپس داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط نرم افزار با طیف تشدید مغناطیس کوانتومی بر اساس اصول تجزیه سریال فوریه مقایسه می‌شود (زوآو و همکاران، ۲۰۱۹). دستگاه بیورزونانس مغناطیسی Qtech نسل ۱۰ با طراحی مرکز درمانی Qtech Analyzer آلمان و مونتاژ چین ساخته شده است. مدت زمان اسکن ۶۰ ثانیه بوده و از طریق کابل

3. Binaural Beats

1. QTech Analyzer Bio-Resonance Device (10th Generation)

2. Brainwave Synchronization

یافته‌ها

یافته‌های توصیفی مربوط به اطلاعات جمعیت‌شناختی و بالینی نشان داد که از مجموع ۶۰ شرکت‌کننده در این پژوهش (۳۰ نفر گروه آزمایش و ۳۰ نفر گروه گواه)، میانگین و انحراف معیار سنی کل نمونه برابر با $2/6 \pm$ ۳۴/۵ سال (با دامنه سنی ۲۵ تا ۵۰ سال) بود. از نظر ترکیب جنسیتی که در

شیوع اختلال اضطراب فراگیر حائز اهمیت است، ۶۳/۳ درصد نمونه‌ها (۳۸ نفر) را زنان و ۳۶/۷ درصد (۲۲ نفر) را مردان تشکیل دادند. یافته‌های توصیفی ارائه شده در جدول ۱، نشان‌دهنده افزایش نمره شاخص غده آدرنال، کاهش نمره مقاومت عروقی، افزایش نمرات شاخص حافظه و حافظه کاری در مرحله پس‌آزمون می‌باشد.

جدول ۱. شاخص‌های مرکزی و پراکندگی متغیرهای وابسته در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیر	پیش‌آزمون					پس‌آزمون				
	میانگین	انحراف معیار	کجی	کشدگی	میانگین	انحراف معیار	کجی	کشدگی	میانگین	انحراف معیار
شاخص آدرنال	۲/۰۸۱	۰/۱۳۹	-۰/۱۰۷	۰/۲۳۹	۲/۰۷۱	۰/۱۳۵	-۰/۲۶۶	۰/۳۴۶	۲/۴۹۰	۰/۱۶۷
مقاومت عروقی	۱/۲۱۳	۰/۳۳۲	-۰/۰۷۹	۰/۱۰۱	۱/۱۲۰	۰/۲۹۵	۰/۱۳۲	۰/۵۰۹	۱/۱۵۱	۰/۳۴۱
شاخص حافظه	۰/۳۶۹	۰/۰۶۶	-۰/۱۰۲	۰/۲۲۵	۰/۳۴۳	۰/۷۱۶	-۰/۲۲۵	-۰/۰۰۴	۰/۵۷۴	۰/۰۷۳
حافظه کاری	۵/۳۱۶	۰/۹۶۰	۰/۶۱۵	۰/۰۱۲	۵/۰۸۳	۰/۸۲۰	۰/۲۱۵	۰/۴۳۶	۵/۹۰۰	۰/۸۵۵

به‌منظور بررسی تفاوت گروه‌ها در مجموعه متغیرهای وابسته مرتبط با بیورزونانس با کنترل اثر متغیرهای هم‌پراش، از تحلیل کوواریانس چندمتغیره و به‌منظور بررسی تفاوت گروه‌ها در متغیر وابسته حافظه کاری با کنترل اثر متغیر هم‌پراش، از تحلیل کوواریانس یک‌راهه استفاده شد. قبل از اجرای آزمون، پیش‌فرض‌های آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون شاپیرو ویلکز نشان داد که داده‌ها دارای توزیع نرمال می‌باشد ($p > 0/05$). همچنین نتایج آزمون M باکس ($F=0/67$, $p=0/66$) نیز نشان داد که

پیش‌فرض همگنی ماتریس‌های واریانس کوواریانس محقق شده‌است. آزمون معناداری تحلیل واریانس چندمتغیره نیز حاکی از این است که F محاسبه شده ($138/67$) برای شاخص Wilks' lambda با نسبت ۰/۱۱ در سطح $P < 0/001$ معنادار است. باتوجه به معنادار بودن آزمون تحلیل واریانس، از آزمون اثرات بین‌آزمودنی تحلیل کوواریانس استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ نشان‌دهنده شده‌است.

جدول ۲. نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیره اثربخشی همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا بر متغیرهای وابسته

منبع تغییر	متغیر وابسته	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری	حجم اثر
شاخص غده آدرنال		۱/۸۲	۱	۱/۸۲	۲۸۲/۲۳	۰/۰۰۰۱	۰/۸۳
گروه	مقاومت عروقی	۰/۰۱	۱	۰/۰۱	۲/۷۵	۰/۱۰۳	۰/۰۵
	شاخص حافظه	۰/۵۰	۱	۰/۵۰	۱۴۰/۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۷۱

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود پس از حذف اثر پیش‌آزمون، تفاوت معنی‌داری بین نمرات پس‌آزمون گروه آزمایش و گروه کنترل در دو متغیر شاخص غده آدرنال و شاخص حافظه وجود دارد ($p > 0/001$).

ولی تفاوت معنی‌داری بین نمرات پس‌آزمون گروه آزمایش و گروه گواه در متغیر مقاومت عروقی وجود ندارد ($p=0/103$).

جدول ۳. نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیره اثربخشی همگام‌سازی امواج مغزی بر حافظه کاری

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری	مجدورات
۲/۴۹	۱	۲/۴۹	۶/۸۵	۰/۰۱	۰/۱۰

مطابق با جدول ۳، نتایج حاصل از این آزمون نشان داد که پس از کنترل اثر متغیرهای هم‌پوشان، تفاوت معناداری بین گروه آزمایش و گواه وجود دارد، به‌طوری‌که مقدار F برابر با $6/85$ و سطح معنی‌داری (p) برابر با $0/01$ به‌دست آمد؛ این مقدار کمتر از سطح آلفای $0/05$ بوده و نشان‌دهنده معناداری آماری تفاوت بین گروه‌هاست. همچنین، مقدار مجذور اتا (η^2) برابر با $0/10$ محاسبه شد که بیانگر اندازه اثر متوسط مداخله است؛ به این معنا که حدود ۱۰ درصد از تغییرات نمرات حافظه کاری توسط نوع مداخله (استفاده از ضربان‌های دوگوشی) قابل تبیین است.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر همگام‌سازی امواج مغزی بر شاخص غده آدرنال، عملکرد حافظه (شامل شاخص کلی حافظه و حافظه کاری) و مقاومت عروقی مغز در افراد مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر انجام شد. رویکرد یکپارچه این مطالعه، پلی بین علوم اعصاب شناختی و سنجش‌های فیزیولوژیک مبتنی بر فناوری بیورزونانس ایجاد کرد تا درکی عمیق‌تر از پتانسیل یک مداخله عصبی غیرتهاجمی بر ابعاد زیستی-روانی این اختلال فراهم آورد.

نخستین یافته پژوهش نشان داد که همگام‌سازی امواج مغزی با استفاده از ضربان‌های دگوشی، موجب بهبود معنادار شاخص غده آدرنال در گروه آزمایش نسبت به گروه گواه شده است. این یافته با نتایج مطالعات باسیانو و همکاران (۲۰۲۴) مبنی بر اثربخشی ضربان‌های دوگوشی بر کاهش اضطراب، کلتون و همکاران (۲۰۲۱) در زمینه نقش ضربان‌های دوگوشی به عنوان یک تکنیک بافرکننده استرس و همچنین مطالعات جرج و همکاران (۲۰۲۵) و آرینو-برانا و همکاران (۲۰۲۵) پیرامون ارتباط تنظیم محور HPA با کاهش علائم روان‌پزشکی همسو است. با این حال، در زمینه مطالعات ناهمسو، بررسی هارت-پومرانتز و همکاران (۲۰۲۵) نشان می‌دهد که مداخلات تحریک عصبی همیشه منجر به تغییرات فیزیولوژیک قطعی در تمام شاخص‌های استرس حاد نمی‌شوند و پاسخ‌های فیزیولوژیک گاهی متناقض عمل می‌کنند. در تبیین این یافته می‌توان به مکانیسم مهار محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال اشاره کرد. اختلال اضطراب فراگیر با بیش‌فعالی آمیگدال و ارسال سیگنال‌های تهدید مزمن به محور HPA همراه است که فشار مخربی بر غده آدرنال وارد می‌کند (امپدیزیوی و قولو،

۲۰۲۴؛ کلاین و مگا، ۲۰۲۰). القای امواج آلفا از طریق ضربان‌های دگوشی، وضعیت آرامش فیزیولوژیک را تسهیل کرده و با افزایش مهار قشر پیش‌پیشانی بر آمیگدال، بار استرس وارد بر غده آدرنال را کاهش می‌دهد (گراسینی و همکاران، ۲۰۲۲). از سوی دیگر می‌توان استدلال کرد که فناوری بیورزونانس بازتاب‌دهنده فرکانس‌های الکترومغناطیسی و وضعیت تعادل همئوستاتیک سلولی است (کاراکوس و همکاران، ۲۰۱۹). از آنجا که ضربان‌های دگوشی یک روش انعطاف‌پذیر برای تحریک غیرتهاجمی ریتم‌های مغزی هستند (آتوکارن و همکاران، ۲۰۲۳؛ بیرامی و داداشی، ۲۰۲۵)، ایجاد همگام‌سازی در شبکه‌های عصبی توانسته است به صورت پایین‌به‌بالا، تنش فرکانسی در اندام‌های هدف (مانند آدرنال) را که تحت تأثیر استرس مزمن بوده‌اند، تعدیل کند و این بازگشت به تعادل، توسط دستگاه بیورزونانس به عنوان بهبود شاخص آدرنال ثبت شده است. دومین یافته پژوهش حاکی از آن بود که همگام‌سازی امواج مغزی موجب ارتقای معنادار عملکرد حافظه (شاخص کلی و حافظه کاری) شده است؛ به گونه‌ای که حدود ۱۰ درصد از تغییرات حافظه کاری توسط این مداخله تبیین شد. این نتیجه با پژوهش‌های هودهودی و همکاران (۲۰۲۴) و کراوس و پوروبانوا (۲۰۰۵) که نشان دادند ضربان‌های دگوشی ظرفیت حافظه کاری را بهبود می‌بخشد، کاملاً همسو است. از نظر مطالعات ناهمسو، اگرچه شواهد مستقیمی مبنی بر اثر منفی این مداخله بر حافظه وجود ندارد، اما هی و همکاران (۲۰۲۵) در بررسی‌های خود اشاره می‌کنند که تغییرات امواج آلفا لزوماً در تمام افراد منجر به تغییرات عصبی-شناختی پایدار نمی‌شود و ممکن است بیشتر بازتاب‌دهنده یک آرامش گذرا باشد تا ارتقای ساختاری ظرفیت پردازش. در تبیین این یافته می‌توان به فرضیه کاهش «نویز شناختی» و نقش مهاری امواج آلفا اشاره کرد. استرس مزمن و نگرانی‌های مداوم در GAD، ظرفیت سیستم حافظه کاری را اشغال کرده و منجر به نقص شناختی می‌شوند (روننگ و همکاران، ۲۰۲۴). افزایش قدرت امواج آلفا به عنوان یک مکانیسم مهاری عمل می‌کند که پردازش اطلاعات نامربوط و نشخوار فکری را سرکوب کرده و منابع شناختی را برای رمزگذاری بهتر اطلاعات آزاد می‌سازد (هی و همکاران، ۲۰۲۵)؛ بنابراین می‌توان گفت که آزمون بلوک‌های کرسی نیازمند یکپارچگی اطلاعات دیداری-فضایی در شبکه‌های پیشانی-آهیانه‌ای است. گوش دادن منظم به ضربان‌های دگوشی آلفا، فرکانس‌های میانی پیشانی و تتا را

که در کنترل اجرایی نقش دارند، تنظیم می‌کند (جیراکی‌تاکورن و ونگساوت، ۲۰۱۷؛ وایت-شواج و همکاران، ۲۰۲۲). این مداخله با ایجاد همگام‌سازی عصبی، کارایی شبکه‌های درگیر در حافظه را بهینه‌سازی کرده و با برداشتن بار شناختی ناشی از اضطراب، به بیمار اجازه داده تا از حداکثر ظرفیت واقعی حافظه کاری خود در آزمون پس‌آزمون استفاده کند.

سومین یافته نشان داد که مداخله انجام‌شده تأثیر معناداری بر شاخص مقاومت عروقی مغز نداشته است. این یافته با مطالعات هارندی و همکاران (۲۰۲۳) که پیچیدگی پاسخ‌های همودینامیک مغزی در GAD را نشان می‌دهند و همچنین با مبانی پژوهش یو و همکاران (۲۰۱۷) که مقاومت عروقی را یک پارامتر مرتبط با تغییرات ساختاری درازمدت می‌دانند، همسو تلقی می‌شود. در نقطه مقابل و از منظر مطالعات ناهمسو، برخی پژوهش‌ها انتظار دارند که مداخلات کاهنده استرس (مانند روان‌درمانی‌ها) بتوانند به سرعت علائم جسمانی و جریان خون را بهبود بخشند (نیومن و همکاران، ۲۰۲۲)، اما عدم تغییر مقاومت عروقی در این پژوهش این فرض را به چالش می‌کشد. برای تبیین نظری این عدم معناداری، باید به استقلال نسبی سیستم‌های خودتنظیمی عروق مغز توجه کرد. مقاومت عروقی پارامتری است که تحت حاکمیت مکانیسم‌های میوژنیک و متابولیک بسیار پیچیده‌ای قرار دارد و با تغییرات ساختاری ماده سفید و خاکستری مغز مرتبط است (یو و همکاران، ۲۰۱۷). تغییرات کلی در الگوی نوسانی امواج مغزی در یک دوره کوتاه‌مدت یک‌ماهه، لزوماً معادل تغییر در تقاضای متابولیک پایه مغز نیست که بتواند پارامترهای کلان همودینامیک را جابجا کند. از سوی دیگر مقاومت عروقی اندازه‌گیری شده توسط دستگاه‌های بیوالکتریک و بیورزونانس، بازتابی از وضعیت فیزیکی و بیومکانیکی عروق است (بادائو و همکاران، ۲۰۲۱). مداخله حاضر ماهیتی الکتروفیزیولوژیک (تنظیم امواج) داشته است. اثرات این مداخله ابتدا در سطوح شبکه‌ای قشر مغز (بهبود حافظه) و سطوح هورمونی (آدرنال) ظاهر می‌شود. تغییرات ماندگار در سیستم‌های باثباتی مانند مقاومت عروق، مستلزم بازطراحی عروقی است که احتمالاً نیازمند مداخلاتی با ماهیت فیزیکی (مانند ورزش) یا دوره‌های درمانی بسیار طولانی‌مدت‌تر است.

در نهایت، این پژوهش با محدودیت‌هایی مواجه بود. عدم امکان سنجش همزمان سطح خونی کورتیزول برای تطبیق با شاخص آدرنال بیورزونانس

و همچنین فقدان دوره پیگیری برای بررسی ماندگاری اثرات، از جمله این محدودیت‌هاست. بر اساس یافته‌ها و محدودیت‌های پژوهش حاضر، در بعد پژوهشی و با توجه به بهبود معنادار شاخص‌های آدرنال و حافظه در کنار عدم تغییر مقاومت عروقی، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، اثربخشی پروتکل همگام‌سازی امواج مغزی در دوره‌های مداخله طولانی‌تر (نظیر ۸ تا ۱۲ هفته) مورد ارزیابی قرار گیرد؛ همچنین بهره‌گیری از ابزارهای سنجش چندوجهی، مانند ترکیب فناوری بیورزونانس با سنجش‌های بیوشیمیایی هورمون‌ها و تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی، برای ردیابی دقیق‌تر تغییرات فیزیولوژیک و عروقی توصیه می‌گردد. افزون بر این، طراحی پژوهش‌هایی با هدف بررسی اثربخشی رویکردهای ترکیبی، از جمله ادغام درمان‌های استاندارد اختلال اضطراب فراگیر (مانند درمان شناختی-رفتاری) با مداخله ضربان‌های دگوشی، جهت ارزیابی میزان هم‌افزایی این روش‌ها بر متغیرهای فیزیولوژیک و شناختی حائز اهمیت است. در نهایت و در بعد کاربردی، با عنایت به ویژگی‌های بارز این مداخله اعم از ایمنی بالا، غیرتهاجمی بودن، صرفه اقتصادی و دسترسی آسان، به متخصصان بالینی در کلینیک‌های روان‌شناختی و روان‌پزشکی پیشنهاد می‌شود از پروتکل استماع ضربان‌های دگوشی به عنوان یک رویکرد درمان مکمل در کنار دارودرمانی یا روان‌درمانی بهره‌گیرند؛ اقدامی که می‌تواند به‌طور خاص در مسیر کاهش نقایص حافظه کاری و تنظیم سطوح استرس فیزیکی در بیماران مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر بسیار سودمند و راهگشا واقع شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش: در پژوهش حاضر ملاحظات اخلاقی مانند اطلاع از اهداف پژوهش، رضایت آگاهانه مشارکت در پژوهش، محرمانه ماندن اطلاعات شرکت‌کنندگان و حفظ رازداری رعایت شد. این پژوهش توسط کمیته اخلاق زیست‌پزشکی دانشگاه تبریز با کد اخلاق IR.TABRIZU.REC.1404.184 مورد تأیید قرار گرفت.

حامی مالی: این پژوهش در قالب رساله دکتری و بدون حمایت مالی می‌باشد.

نقش هر یک از نویسندگان: این مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده سوم است که تحت راهنمایی نویسنده اول و با مشاوره استاد راهنمای نویسنده دوم انجام شده است.

تضاد منافع: نویسندگان همچنین اعلام می‌دارند که در نتایج این پژوهش هیچ گونه تضاد منافی وجود ندارد.

References

Abeln, V., Kleinert, J., Strüder, H. K., & Schneider, S. (2014). Brainwave entrainment for better sleep and post-sleep state of young elite soccer players – A pilot study. *European Journal of Sport Science*, 14(5), 393–402.

<https://doi.org/10.1080/17461391.2013.819384>

American Psychiatric Association. (2022). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed., text rev.).

<https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425787>

Ariño-Braña, P., Zareba, M. R., Ibanez Montolio, M., Visser, M., & Picó-Pérez, M. (2025). Influence of the HPA axis on anxiety-related processes: An RDoC overview considering their neural correlates. *Current psychiatry reports*, 1-19. DOI: 10.1007/s11920-025-01633-5

Attokaren, M. K., Jeong, N., Blanpain, L., Paulson, A. L., Garza, K. M., Borron, B., ... & Singer, A. C. (2023). BrainWAVE: A flexible method for noninvasive stimulation of brain rhythms across species. *ENeuro*, 10(2). doi: 10.1523/ENEURO.0257-22.2022

Badau, D., Badau, A., Trambitas, C., Trambitas-Miron, D., Moraru, R., Stan, A. A., ... & Moraru, L. (2021). Differences between active and semi-active students regarding the parameters of body composition using bioimpedance and magnetic bioresonance technologies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15), 7906.

Baseanu, I. C. C., Roman, N. A., Minzatanu, D., Manaila, A., Tuchel, V. I., Basalic, E. B., & Miclaus, R. S. (2024). The Efficiency of Binaural Beats on Anxiety and Depression—A Systematic Review. *Applied Sciences*, 14(13), 5675.

Bayrami M, dadashi S. (2025). Brainwave Entrainment Using Binaural Beats: A Narrative Review of Neural Mechanisms and Clinical Applications. *Shefaye Khatam*; 13 (4):125-133 <http://shefayekhatam.ir/article-1-2602-fa.html> (in persian).

تشکر و قدردانی: نویسندگان این پژوهش از کلیه شرکت کنندگان این پژوهش قدردانی می‌کنند.

منابع

بیرامی منصور، داداشی سیامک (۱۴۰۴). همگام‌سازی امواج مغزی با ضربان‌های

دو گوش: مروری روایتی بر مبانی عصبی و کاربردهای بالینی. *مجله علوم*

اعصاب شفای خاتم؛ ۱۳ (۴) ۱۲۵-۱۳۳.

<http://shefayekhatam.ir/article-1-2602-fa.html>

نائینیان، محمدرضا؛ شعیری، محمدرضا؛ شریفی، معصومه و هادیان، مهری

(۱۳۹۰). بررسی پایایی و اعتبار مقیاس کوتاه اختلال اضطراب فراگیر.

روانشناسی بالینی و شخصیت، ۳(۴)، ۴۱-۵۰

https://cpap.shahed.ac.ir/article_2647.html

- George, M. Y., Abdel Mageed, S. S., Mansour, D. E., & Fawzi, S. F. (2025). The cortisol axis and psychiatric disorders: an updated review. *Pharmacological Reports*, 1-27. <https://doi.org/10.1007/s43440-025-00782-x>
- Grassini, S., Segurini, G. V., & Koivisto, M. (2022). Watching nature videos promotes physiological restoration: evidence from the modulation of alpha waves in electroencephalography. *Frontiers in Psychology*, 13, 871143. doi: [10.3389/fpsyg.2022.871143](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.871143)
- Harandi, A. A., Kimia, N., Medghalchi, A., Sharifipour, E., Pakdaman, H., Siavoshi, F., ... & hossein Hosseini, M. (2023). Cerebral hemodynamic response to generalized anxiety disorder. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 333, 111654. DOI: [10.1016/j.pscychresns.2023.111654](https://doi.org/10.1016/j.pscychresns.2023.111654)
- Hart-Pomerantz, H., Roe, E., & Brunye, T. T. (2025). Effects of transcranial electrical stimulation on physiological responses to acute stress: A systematic review. *Journal of Cognitive Enhancement*, 9, 108–124. <https://doi.org/10.1007/s41465-024-00315-z>
- He, M., Yang, J., Fu, Y., Zhan, R., Luo, R., Shi, Z., ... & Wang, T. (2025). Delineating the Role of Alpha Waves in Exercise-induced Neural Changes through Resting-state EEG. *Journal of visualized experiments: JoVE*, (225). <https://doi.org/10.3791/68737>
- Hodhodi, Z., Pyvastegar, M., Abharian, P. H., Bidjari, A. F., & Ahadi, B. (2024). The effect of brainwave synchronization using binaural beats on improving working memory and reducing the severity of symptoms in women with obsessive-compulsive disorder. *Basic and Clinical Neuroscience*, 15(2), 233. DOI: [10.32598/bcn.2022.4233.1](https://doi.org/10.32598/bcn.2022.4233.1)
- Jirakitayakorn, N., & Wongsawat, Y. (2017). Brain responses to a 6-Hz binaural beat: Effects on general theta rhythm and frontal midline theta activity. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 365. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00365>
- Karakos, P., Grigorios, T., Theodoros, K., & Theodoros, L. (2019). The effectiveness of bioresonance method on human health. *The Open Epidemiology Journal*, 8(1), 1-5.
- Kelton, K., Weaver, T. L., Willoughby, L., Kaufman, D., & Santowski, A. (2021). The Efficacy of Binaural Beats as a Stress-buffering Technique. *Alternative Therapies in Health & Medicine*, 27(4), 30-35.
- Kline, S. A., & Mega, M. S. (2020). Stress-induced neurodegeneration: The potential for coping as neuroprotective therapy. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias®*, 35, 1533317520960873. doi: [10.1177/1533317520960873](https://doi.org/10.1177/1533317520960873)
- Kraus, J., & Porubanová, M. (2015). The effect of binaural beats on working memory capacity. *Studia Psychologica*, 57(2), 135–145. <https://doi.org/10.21909/sp.2015.02.685>
- Mbiydzennyuy, N. E., & Qulu, L. A. (2024). Stress, hypothalamic-pituitary-adrenal axis, hypothalamic-pituitary-gonadal axis, and aggression. *Metabolic brain disease*, 39(8), 1613-1636. DOI: [10.1007/s11011-024-01393-w](https://doi.org/10.1007/s11011-024-01393-w)
- Naeinian, M. R., Shaeiri, M. R., Sharif, M., & Hadian, M. (2011). To study reliability and validity for a brief measure for assessing Generalized Anxiety Disorder (GAD-7). *Clinical psychology and personality*, 9(1), 41-50. https://cpap.shahed.ac.ir/article_2647.html (in persian).
- Newman, M. G., Basterfield, C., Erickson, T. M., Caulley, E., Przeworski, A., & Llera, S. J. (2022). Psychotherapeutic treatments for generalized anxiety disorder: Cognitive and behavioral therapies, enhancement strategies, and emerging efforts. *Expert review of neurotherapeutics*, 22(9), 751-770. doi: [10.1080/14737175.2022.2125800](https://doi.org/10.1080/14737175.2022.2125800)
- Rong, J., Wang, Y., Liu, N., Shen, L., Ma, Q., Wang, M., & Han, B. (2024). Chronic stress induces insulin resistance and enhances cognitive impairment in AD. *Brain Research Bulletin*, 217, 111083. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2024.111083>

- Sousa, J. C., Santana, A. C. F., & Magalhães, G. J. P. (2020). Resveratrol in Alzheimer's disease: a review of pathophysiology and therapeutic potential. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 78*(08), 501-511. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20200030>
- Spitzer, R. L., Kroenke, K., Williams, J. B., & Löwe, B. (2006). A brief measure for assessing generalized anxiety disorder: the GAD-7. *Archives of internal medicine*, 166(10), 1092-1097. DOI: [10.1001/archinte.166.10.1092](https://doi.org/10.1001/archinte.166.10.1092)
- White-Schwoch, T., Anderson, S., Krizman, J., Bonacina, S., Nicol, T., Bradlow, A. R., & Kraus, N. (2022). Multiple cases of auditory neuropathy illuminate the importance of subcortical neural synchrony for speech-in-noise recognition and the frequency-following response. *Ear and hearing*, 43(2), 605-619.
- Yew, B., Nation, D. A., & Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. (2017). Cerebrovascular resistance: effects on cognitive decline, cortical atrophy, and progression to dementia. *Brain*, 140(7), 1987-2001. doi: [10.1093/brain/awx112](https://doi.org/10.1093/brain/awx112)
- Zayed, K. M. E. S., Ibrahim, M. A., Farid, M. N., El-Shourbagy, O. E. S. O., & Tarkan, R. S. (2022). Zinc Levels Assay in Children with Autism Spectrum Disorder by Quantum Magnetic Resonance Analyzer and Direct Colorimetry. *Europe PMC*.
- Zoawe, B. G., Mpiana, P. T., Appolinaire, N. B., Jean-Marie, P. A., Colette, M. A., & Virima, M. (2019). evaluation of the clinical efficiency of an antisickling polyherbal formula drepanoalpha in a sickle cell disease patient in gbado-lite city (Democratic Republic of the Congo) by Quantum Magnetic Resonance Analyzer. *Britain International of Exact Sciences (BioEx) Journal*, 1(1), 36-48. <https://doi.org/10.33258/bioex.v1i1.26>