

ORIGINAL ARTICLE

The Effect of Inter-Aural and Isochronic Sounds on Brain wave Synchronization and Anxiety

Ahmed Alipour, Elnaz Jalili^{*2}, Mahdia Rahmanian³

1. Professor, Department of Psychology, Payam Noor University, Tehran, Iran.

2. M.A. in Psychology, Payam Noor University, South Tehran Branch, Iran.

3. Associate Professor, Department of Psychology, Payam Noor University, Tehran, Iran.

Correspondence:

Elnaz Jalili

Email:

aramesh.aram77@gmail.com

Received: 10/Oct/2023

Revised: 12/Jan/2024

Accepted: 08/Apr/2024

How to cite:

Alipour, A., Jalili, E., Rahmanian, M. (2024). The Effect of Inter-Aural and Isochronic Sounds on Brain wave Synchronization and Anxiety, *Journal of Neuropsychology*, 10 (37), 23-34.

(DOI: [10.30473/clpsy.2024.72005.1753](https://doi.org/10.30473/clpsy.2024.72005.1753))

ABSTRACT

This research investigated the effect of inter-aural and isochronic sounds on the synchronization of brain waves and anxiety. The semi-experimental research method was pre-test-post-test without a control group. The statistical population was the students with anxiety in the academic year 2021-2022. 30 people were randomly selected in two groups of inter-aural and isochronic sounds (15 people in each group). The research tools were Beck's anxiety questionnaire (1996) and brain wave recording using brain mapping. The first experimental group listened to interaural sounds and the second listened to isochronic sounds in 12 20-minute sessions. The data were analyzed by univariate and multivariate analysis of covariance using SPSS version 24 software. The findings showed that isochronic and interaural sound has a significant effect on the alpha wave at the F4 point ($P < 0.05$), but only interaural sound is effective on the anxiety variable ($P < 0.05$). The results indicate that inter-aural and isochronic sounds are useful interventions for synchronizing brain waves and inter-aural sounds to reduce students' anxiety; therefore, it is suggested to use these sounds in psychological treatment clinics.

KEYWORDS

interaural sound, isochronic sound, brain waves, anxiety.



Introduction

High levels of anxiety can lead to negative psychological, emotional, and physical outcomes, such as poor sleep, weakened immune function, and various psychological disorders. Individuals' responses to these impacts often manifest as stress and other mental health disturbances. The university period, due to exposure to a new academic environment and, in some cases, separation from family, is particularly stressful. Previous studies have shown that a significant proportion of students experience stress and anxiety. Overall, research indicates that electroencephalography (EEG) interventions can be effective in improving and treating a wide range of psychological disorders. However, a careful review of existing studies reveals that no comprehensive research has yet examined the effects of auditory stimuli on brain waves and anxiety. Therefore, this study aims to address the question of whether binaural and isochronic tones are effective in synchronizing brain waves and reducing anxiety.

METHODOLOGY

This study was a quasi-experimental design with a pretest-posttest format and no control group. The statistical population consisted of students experiencing anxiety at Payame Noor University, South Tehran, during the 2021–2022 academic year. Considering Delavar's (2012) recommendation that experimental studies include at least 15 participants per group, a total of 30 students were selected using convenience sampling and randomly assigned to two experimental groups—binaural beats ($n = 15$) and isochronic tones ($n = 15$). After obtaining the necessary research approvals, an orientation session was held for the students. The objectives of the study were explained, and informed consent was obtained. Anxiety questionnaires were distributed and collected, and from students with moderate to severe anxiety, baseline brain wave activity was recorded using EEG. Thirty participants were then randomly assigned to the two experimental groups. In the first group, participants listened to binaural beats, while the second group listened to isochronic tones. Both groups were instructed to listen to the 20-minute audio sessions three times per week for four weeks using headphones. The audio tracks included instrumental music to facilitate listening. After the intervention period, both groups completed the Beck Anxiety Inventory again as a posttest. During the initial EEG session, participants underwent four minutes of baseline recording—two minutes with eyes open and two minutes with eyes closed—without performing any tasks. Subsequently, participants engaged in brain wave synchronization exercises using the assigned binaural or isochronic tones through headphones. Each session lasted 20 minutes, with approximately one hour of rest between the two audio tracks. Following the sessions, EEG data were recorded and compared. The data were analyzed using univariate and multivariate analysis of covariance (ANCOVA) in SPSS version 24.

RESULT

Table 1: Results of Independent Samples t-test for Brain Waves and Anxiety

Variable	Group	Mean Difference	Standard Error	P
Brain Waves	interaural sound	-10/71	3/49	0/025
	isochronic sound	-12/32	4/47	0/046
anxiety	interaural sound	1/14	0/18	0/885
	isochronic sound	4/93	0/23	0/001

The results of Table 1 indicate that both isochronic tones and binaural beats had a significant effect on alpha waves at the F4 site ($p < 0.05$). However, regarding anxiety, only binaural beats produced a significant reduction ($p < 0.05$).

CONCLUSIONS

This study aimed to examine the effects of binaural and isochronic tones on brain wave synchronization and anxiety. The results showed that both isochronic and binaural tones had a significant effect on alpha waves at the F4 site, but only binaural beats led to a reduction in

anxiety. These findings are consistent with the results of Baghaei and Tabatabaei (2022), Kamranvand et al. (2022), Lin et al. (2021), and Garcia et al. (2020). The observed effects can be explained by neurophysiological mechanisms: stimulation of beta-frequency brain waves increases dopamine levels, while alpha and theta frequencies enhance serotonin. Theta-wave synchronization reduces dopamine neurotransmission, whereas the alpha/theta protocol increases beta-endorphin levels in the brain. Considering that beta-endorphin and serotonin play a key role in promoting relaxation and regulating anxiety, and dopamine is a critical factor in many anxiety disorders, this mechanism clarifies the effect. Therefore, the reduction in anxiety via brain wave synchronization can be attributed to changes in neurotransmitter levels. Binaural beats act as a distraction tool for anxious individuals, diverting attention away from triggers that may cause discomfort. They also help mitigate unwanted environmental stimuli, such as noise, which can induce stress and prevent relaxation, thereby contributing to anxiety reduction.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this manuscript.

Keywords

interaural sound, isochronic sound, brain waves, anxiety.



«مقاله پژوهشی»

تأثیر اصوات بین آئورال و ایزوکرونیک بر هماهنگ‌سازی امواج مغزی و اضطراب

احمد علی پور^۱، الناز جلیلی^{۲*}، مهدیه رحمانیان

چکیده

پژوهش حاضر پژوهش با هدف تأثیر اصوات بین آئورال و ایزوکرونیک بر هماهنگ‌سازی امواج مغزی و اضطراب انجام شد. روش پژوهش نیمه‌تجربی از نوع پیش‌آزمون-پس‌آزمون بدون گروه کنترل بود. جامعه آماری دانشجویان دارای اضطراب در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ بودند. تعداد ۳۰ نفر به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش اصوات بین آئورال و ایزوکرونیک (هر گروه ۱۵ نفر) قرار گرفتند. ابزار پژوهش پرسشنامه اضطراب بک (۱۹۹۶) و ثبت امواج مغزی با استفاده از نقشه برداری مغز بود. گروه آزمایش اول به اصوات بین آئورال و گروه آزمایش دوم به اصوات ایزوکرونیک در ۱۲ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای گوش فرا دادند. داده‌ها با آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیری و چندمتغیری و استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ تحلیل شدند. یافته‌ها نشان داد که صوت ایزوکرونیک و بین آئورال بر موج آلفا در نقطه F4 تأثیر معنی‌دار دارد ($P < 0.05$)، اما بر متغیر اضطراب تنها صوت بین آئورال اثربخش است ($P < 0.05$). نتایج حاکی از آن است که اصوات بین آئورال و ایزوکرونیک مداخله‌ای سودمند جهت هماهنگ‌سازی امواج مغزی و صوت بین آئورال برای کاهش اضطراب دانشجویان است؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود از این اصوات در کلینیک‌های درمان روانشناختی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی

صوت بین آئورال، صوت ایزوکرونیک، امواج مغزی، اضطراب

۱. استاد، گروه روانشناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۲. کارشناس ارشد روانشناسی، دانشگاه پیام نور، واحد تهران جنوب، ایران.
۳. دانشیار گروه روانشناسی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

نویسنده مسئول:

الناز جلیلی

رایانامه:

aramesh.aram77@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

استناد به این مقاله:

علی پور، احمد؛ جلیلی، الناز؛ و رحمانیان، مهدیه (۱۴۰۳). تأثیر اصوات بین آئورال و ایزوکرونیک بر هماهنگ‌سازی امواج مغزی و اضطراب، فصلنامه علمی عصب روان‌شناسی، ۱۰ (۳۷)، ۲۳-۳۴.

(DOI: [10.30473/clpsy.2024.72005.1753](https://doi.org/10.30473/clpsy.2024.72005.1753))



مقدمه

اختلال اضطرابی یکی از شایع‌ترین اختلالات روان‌پزشکی در بین افراد است. اضطراب^۱ نیز به عنوان یک مشکل روانشناختی، به عنوان پاسخ‌های مقدماتی یک ارگاناسم به زمینه‌هایی که ممکن است در آن یک رویداد تهدید کننده رخ دهند، تعریف می‌شود (ویلسمن^۲ و همکاران، ۲۰۲۴). اضطراب احساس ناخوشی، نگرانی یا تنش است که در پاسخ به شرایط تهدید کننده یا فشارزا ارائه می‌شود که منبع آن قابل شناسایی نبوده و با تغییرات جسمانی مانند تپش قلب، سردرد و تنگی نفس همراه است (ساگار^۳ و همکاران، ۲۰۲۲). اضطراب به صورت معمول جنبه آسیب شناختی ندارد و به عنوان پاسخی سازگارانه به بسیاری از موقعیت‌ها در نظر گرفته می‌شود و در شرایطی که با عملکرد فرد تداخل کند ناسازگارانه است (سیمارد^۴ و همکاران، ۲۰۲۲). اضطراب ناسازگارانه نیز در بهزیستی عمومی، مهارت‌های اجتماعی تحولی و زندگی اجتماعی افراد تداخل می‌کند و با مشکلات منفی متعددی در کارکردهای شناختی مرتبط است و تأثیرات ناخوشایندی بر افراد دارد (شارکیا^۵، ۲۰۲۴)؛ افراد مضطرب تنابویی از مشکل‌ها را در مقابله با هیجان‌هایشان ابراز می‌کنند که شامل درک معیوب هیجان، عکس‌العمل نادرست در برابر تجربه‌های هیجانی و مشکل در ارائه پاسخ مناسب نسبت به کنترل آن هیجان‌ها است. بنابراین اضطراب می‌تواند بر شکل‌گیری شخصیت، خودکارآمدی تأثیری سوء بگذارد (گومز^۶ و همکاران، ۲۰۲۴).

با توجه به اینکه سنجش کلامی ممکن است شامل سوگیری در ارائه اطلاعات بالینی و تشخیصی باشد، استفاده از ابزارهایی که عینیت بیشتری برای تشخیص دارند، مراجع دخالتي در ارائه اطلاعات نداشته و امکان توافق تشخیصی بین متخصصان وجود داشته باشد، توصیه می‌شود (شفیعی و نوروزی، ۱۳۹۹). تاکنون مطالعاتی منتشر شده که به تأثیر اضطراب بر بی‌نظمی امواج مغزی^۷ پرداخته است. در مطالعات دیگر بر روی بیماران دارای اختلالات اضطرابی انجام شده، ناهنجاری‌های متعددی در قشر پیشانی، نواحی پس سری و گیجگاهی مشخص شده است. این

ناهنجاری‌ها در امواج آلفا خصوصاً در قشر پیشانی بیشترین نمود را در اختلالات اضطرابی داشته است (هوانگ و چانگ^۸، ۲۰۲۳). در پژوهش‌های متعددی که در مورد رابطه اختلالات اضطرابی با بی‌نظمی امواج مغزی به ویژه بی‌نظمی امواج قشر پیشانی انجام شده، بی‌نظمی موج آلفا به طور گسترده‌ای به عنوان یک همبسته تفاوت‌های فردی در واکنش‌های هیجانی مورد مطالعه قرار گرفته است (مارهوفر^۹ و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین بر اساس پژوهش‌ها، مشخص شده که اضطراب بر امواج مغزی که منشا آنها پتانسیل الکتریکی مغز به خصوص کرکس مغز است، تأثیرگذار بوده است (هارویجن^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۶). در شرایط استرس‌زا، فشارخون افزایش پیدا کند، امواج مغزی دچار تغییراتی می‌گردند که در نهایت در فعالیت الکتریکی مغز نشان داده می‌شود. ولتاژ این نوروها بر حسب تعداد نوروها قابل اندازه‌گیری که در حال فعالیت هستند، کاهش یا افزایش می‌یابد (بقایی و طباطبایی، ۱۴۰۱). بر همین اساس، الکتروانسفالوگرافی^{۱۱} (EEG) ابزاری معروف و پر استفاده برای بررسی و سنجش نشانه‌های زیستی اضطراب و بسیاری از مشکلات روانشناختی از طریق طبقه‌بندی فعالیت‌های الکتریکی مغز در باندهای فرکانسی متفاوت شد (یان^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۳). EEG ثبت مجموعه‌ای از نوسانات الکتریکی چندگانه یا ریتم‌های سینوسی، در فرکانس‌های متفاوت است که می‌تواند برای بررسی توان در هر یک از باندهای آن، مورد تحلیل طیفی قرار گیرد (لی^{۱۳} و همکاران، ۲۰۲۴). EEG مغز، امواج با دامنه‌های مختلف شامل دلتا (کمتر از ۴ هرتز)، تتا (۴-۸ هرتز)، آلفا (۸-۱۳ هرتز) و بتا (بیشتر از ۱۳ هرتز) است که هر موج دارای دو ویژگی به نام دامنه و فرکانس (بسامد) است. بین دامنه موج آلفا و فعالیت قشر مغز رابطه معکوس وجود دارد (کلاستر^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۴). در حالت آرامش و هنگامی که مغز درگیر پردازش نمی‌باشد و چشمان فرد بسته است (اما خواب نیست)، میزان دامنه آلفا در بالاترین حد خود است، با باز شدن چشم‌ها و درگیر شدن مغز با داده‌های

8. Huang and Chang

9. Marhofer

10. Harrewijn

11. Electroencephalography

12. Yan

13. Lee

14. Klooster

1. anxiety

2. Wilmsen

3. Sagar

4. Simard

5. Sharkiya

6. Gomez

7. Brain Waves

روش پژوهش

این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی از نوع پیش‌آزمون‌پس‌آزمون بدون گروه کنترل بود. جامعه آماری دانشجویان دارای اضطراب دانشگاه پیام نور تهران جنوب در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ بودند. با توجه به آن که دلاور (۱۳۹۱) حجم نمونه برای پژوهش‌های آزمایشی را ۱۵ نفر در هر گروه پیشنهاد کرده‌اند؛ تعداد ۳۰ نفر به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش اصوات بین‌آئورال و ایزوکرونیک (هر گروه ۱۵ نفر) قرار گرفتند. ملاک‌های ورود شامل تشخیص اضطراب متوسط تا شدید بر حسب نمره برش (۱۶ و بالاتر) در پرسشنامه اضطراب بک، رضایت آگاهانه برای شرکت در پژوهش، عدم وجود اختلالات روانی و بیماری‌های خاص جسمی دیگر بر اساس مصاحبه بالینی و شنوایی نرمال از طریق هر دو گوش بود. ملاک‌های خروج از پژوهش نیز عدم تمایل به همکاری و شروع درمان‌های دیگر یا استفاده از داروهای ضد اضطراب بود.

ابزارهای پژوهش

پرسشنامه اضطراب^۵: پرسشنامه سنجش اضطراب بک، توسط دکتر بک (بنیان‌گذار شناخت درمانی) و همکاری‌اش در سال ۱۹۸۸ تدوین شد. این پرسشنامه برای سنجش میزان اضطراب طراحی شده است و شامل ۲۱ عبارت است که در برابر هر عبارت، چهار گزینه جهت پاسخ وجود دارد. هر عبارت بازتاب یکی از علایم اضطراب است که معمولاً افرادی که از نظر بالینی مضطرب هستند یا کسانی که در وضعیت اضطراب‌انگیز قرار می‌گیرند، تجربه می‌کنند. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که این پرسشنامه از پایایی بالایی برخوردار است، ضریب همسانی درونی آن ۰/۹۲، پایایی آن با روش بازآزمایی به فاصله یک هفته ۰/۷۵ و همبستگی سوالات آن از ۰/۳ تا ۰/۷۶ متغیر است (بک و همکاران، ۱۹۸۸). پرسشنامه اضطراب بک در پژوهش‌های و همکاران (۱۳۹۴) با روایی ۰/۷۲، پایایی ۰/۸۳ و همسانی درونی ۰/۹۲ قابل دفاع است.

ثبت امواج مغزی با استفاده از نقشه برداری

مغز^۶: در روش QEEG^۷ تعدادی الکتروود (معمولاً تعداد ۳۲

محیطی میزان دامنه آلفا کاهش می‌یابد (وی و جین^۱، ۲۰۲۴). هماهنگ‌سازی امواج مغزی به وسیله اصوات بین‌آئورال، منجر به کاهش معنادار اضطراب می‌شود (اورکی و همکاران، ۱۳۹۳). در این راستا نتایج مطالعات نشان‌دهنده اثربخشی اصوات بین‌آئورال بر امواج مغزی (سیفی‌علا و همکاران، ۲۰۱۸)، تأثیر صدای ضبط شده بین‌آئورال بر اضطراب بیماران (ویواتونگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۷)، اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر هماهنگی الگوی امواج مغزی (بقایی و طباطبایی، ۱۴۰۱)، اثربخشی الکتروانسفالوگرافی بر اضطراب (لین^۳ و همکاران، ۲۰۲۱؛ گارسیا^۴ و همکاران، ۲۰۲۰) بین‌باورهای مرتبط با استرس و امواج مغزی ارتباط معنادار وجود دارد (کامران‌وند و همکاران، ۱۴۰۱)، اثربخشی بیوفیدبک EEG بر امواج مغزی (موحدی، ۱۳۹۷) و اثربخشی آموزش نوروفیدبک بر علائم اضطراب، و فعالیت امواج مغزی دانشجویان دارای اختلال اضطراب اجتماعی (غیورکاظمی و همکاران، ۱۳۹۷) بود.

سطوح بالای اضطراب، منجر به پیامدهای روانشناختی، هیجانی و جسمانی منفی نظیر کم‌خوابی، ضعف سیستم ایمنی و اختلال‌های روانشناختی می‌شود. واکنش افراد به این آسیب‌ها به صورت استرس و انواع اختلال‌ها خودنمایی می‌کند. دوران دانشجویی به دلیل ورود به محیط جدید تحصیلی و گاهی دوری از خانواده، استرس‌زا می‌باشد. در این زمینه مطالعات انجام شده نشان می‌دهند بخش قابل ملاحظه‌ای از دانشجویان دچار استرس و اضطراب هستند (کرد و محمدی، ۱۳۹۸). در مجموع نتایج پژوهش‌های مختلف نشان از اثربخشی الکتروانسفالوگرافی در بهبود و درمان طیف وسیعی از اختلالات روانی دارد. با این حال با بررسی دقیق مطالعات انجام گرفته می‌توان دریافت که تا کنون پژوهشی به صورت جامع به بررسی تأثیر این اصوات بر امواج مغزی و اضطراب نپرداخته است. بنابراین این پژوهش به دنبال پاسخگویی به این سوال است که آیا اصوات بین‌آئورال و ایزوکرونیک بر هماهنگ‌سازی امواج مغزی و اضطراب اثربخش است؟

5. Anxiety questionnaire

6. Recording of brain waves using brain mapping

7. Quantitative Electro Encephalo Graphy

1. Wei, Jin

2. Wiwatwongwana

3. Lin

4. Garcia

مداخله

پروتکل مداخله برای گروه بین آنورال

پروتکل مداخله برای گروه بین آنورال تحت عنوان پروتکل آلفا-تتا است. تعداد جلسات این پروتکل سه جلسه در هفته و مدت زمان آن ۴ هفته بود و هماهنگ‌سازی امواج مغزی در این پروتکل در سه مرحله انجام می‌شود.

الف) مراحل هماهنگ‌سازی امواج مغزی در این پروتکل جلسه شروع استاندارد با ادامه مسطح است و در مرحله شروع از محدوده امواج آلفا فرکانس ۱۵ هرتز شروع شده است فرکانس پایه شروع در این فاز ۲۰۰ هرتز است زمان تداوم فاز دو دقیقه بوده که در این مدت زمان فرکانس پایه ۲۰۰ به شکل خطی به ۱۸۰ هرتز و همچنین فرکانس تحریکی بین آنورال ۱۵ هرتز امواج آلفا به شکل خطی به ۴ هرتز امواج تتا کاهش پیدا می‌کند مدت زمان این مرحله ۱۷ دقیقه است.

ب) مرحله میانی به شکل پلاتو در محدوده امواج تتا است که از یک فرکانس پایه ۱۸۰ هرتزی و یک فرکانس تحریکی بین آنورال ۴ هرتز در محدوده امواج تتا تشکیل شده است مدت زمان این مرحله ۱۷ دقیقه است.

ج) در مرحله پایانی از محدوده امواج تتا فرکانس ۴ هرتز همان جایی که مرحله میانی به اتمام رسیده است شروع می‌شود و با فرکانس ۱۵ هرتز در محدوده امواج آلفا به شکل خطی به پایان می‌رسد. فرکانس پایه آغاز شدن این مرحله ۱۸۰ بوده که به ۲۰۰ هرتز به شکل خطی افزایش پیدا می‌کند.

پروتکل مداخله برای گروه ایزوکرونیک

در این پروتکل مداخله از نوع فرکانس تحریکی ایزوکرونیک است و تحت عنوان آلفا-تتا شناخته می‌شود. تعداد جلسات این پروتکل سه جلسه در هفته و مدت زمان آن ۴ هفته بود. نحوه هماهنگ‌سازی امواج مغزی در این پروتکل در سه مرحله صورت می‌گیرد:

الف) مراحل هماهنگ‌سازی امواج مغزی در این پروتکل جلسه شروع استاندارد با ادامه مسطح است و در مرحله شروع از محدوده امواج آلفا فرکانس ۱۵ هرتز شروع شده است فرکانس پایه شروع در این فاز ۲۰۰ هرتز است زمان تداوم فاز دو دقیقه بوده که در این مدت زمان فرکانس پایه ۲۰۰ به شکل خطی به ۱۸۰ هرتز و

عدد) که بر روی یک کلاه با نظم و قاعده خاصی تثبیت شده اند، روی سر آزمودنی قرار گرفته و امواج مغزی را دریافت می‌کنند. برای ادامه کار، امواج مغزی را در حالات گوناگون چشم بسته، چشم باز و در حین انجام یک وظیفه شناختی به عنوان مثال خواندن، ثبت کرده، و بعد این امواج از طریق کامپیوتر، بر طبق فرکانس جداسازی شده و بر حسب شدت و میزان فعالیت در رنگ های گوناگون و در قالب سرهای رنگی که نقشه مغز نامیده می‌شوند نشان داده می‌شوند. برای داشتن عملکرد مطلوب، هر کدام از امواج در شخص با مقدار های طبیعی مقایسه می‌شود و بررسی می‌گردد کدام یک از امواج و در کدام ناحیه از سر فعالیت نامطلوب دارد. فعالیت مناسب امواج با رنگ سبز و فعالیت نامناسب آن‌ها با رنگ های بنفش و نیلی و آبی (فعالیت کمتر از حد طبیعی) و زرد و نارنجی و قرمز (فعالیت بیش از حد طبیعی) مشخص می‌گردد (رز و همکاران، ۲۰۱۲). این دستگاه مقیاس های دیگری جهت ارزیابی کیفیت عملکرد دارد که عبارتند از: توان نسبی^۱: نسبت موج های مختلف را اندازه گیری می‌کند. عدم‌تقارن^۲: اختلاف ولتاژ بین ناحیه های گوناگون را بررسی می‌کند. انسجام^۳: مشخص کننده که مقدار انرژی که مغز بین نواحی گوناگون به اشتراک گذاشته است. فاز^۴: سرعت حرکت سیگنال‌های الکتریکی در روی سر را مشخص می‌کند. در این پژوهش از دستگاه الکتروانسفالوگرافی ساخته شده توسط شرکت انت، استفاده شد که به عنوان یک دستگاه پزشکی، توسط جامعه اتحادیه اروپا تأیید و معرفی شده است و در دانشگاه پیام نور واحد تهران جنوب استفاده می‌شود.

اصوات هماهنگ کننده امواج مغزی بین آنورال:

در این پژوهش اصوات هماهنگ کننده امواج مغزی بین آنورال از طریق نرم‌افزار جی نائورال 1.0.20110606 آپدیت ۲۰۲۰ با فرکانس پایه ۱۸۰ هرتز و فرکانس تحریکی ۴ هرتز در محدوده تتای امواج مغزی ساخته شده است، استفاده شد.

اصوات هماهنگ کننده امواج مغزی

ایزوکرونیک: در این پژوهش اصوات هماهنگ کننده امواج مغزی بین آنورال از طریق نرم‌افزار جی نائورال 2020 با فرکانس پایه ۱۸۰ هرتز و فرکانس تحریکی ۴ هرتز در محدوده تتای امواج مغزی ساخته شده است، استفاده شد.

1. relative power

2. asymmetry

3. coherence

4. phase

کنند. روی این اصوات یک موسیقی بدون کلام اضافه شده بود که گوش دادن به اصوات را آسان‌تر می‌کرد بعد از اتمام دوره آزمایشی، هر دو گروه مجدداً به پرسشنامه اضطراب بک بعنوان پس آزمون پاسخ دادند. همچنین در ادامه شرکت‌کنندگان در جلسه ثبت الکتروآسفالوگرافی اول یک ثبت چشم باز سپس یک ثبت چشم بسته بدون انجام هیچ‌گونه تکلیفی به مدت چهار دقیقه برای دریافت داده‌های پایه و پیش‌آزمون صورت گرفت. سپس تمرینات هماهنگ‌سازی امواج مغزی به وسیله اصوات بین آئورال و ایزوکرونیک را که تنظیم شده بود، با هدفون و به صورت دو گوشی انجام دادند. مدت زمان هر یک از این اصوات ۲۰ دقیقه و زمان استراحت بین گوش دادن به دو موسیقی حدود یک ساعت در نظر گرفته شد. پس از اتمام جلسه وضعیت افراد تحت آزمایش توسط دستگاه EEG مقایسه شد. داده‌ها با آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیری و چندمتغیری و استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ تحلیل شدند.

یافته‌ها

یافته‌های جمعیت شناختی نشان داد میانگین و انحراف استاندارد سن شرکت‌کنندگان در پژوهش $28/2 \pm 3/21$ بود. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.

نتایج جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد متغیر اضطراب را نشان می‌دهد. بر این اساس می‌توان گفت پس از شنیدن صوت بین آئورال و ایزوکرونیک نمرات اضطراب کاهش یافته است.

جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای امواج مغزی و اضطراب

متغیرها	گروه‌ها	پیش آزمون		پس آزمون	
		میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
اضطراب	گروه بین آئورال	۲۵/۵۳	۶/۶۸	۲۰/۶۰	۶/۴۵
	گروه ایزوکرونیک	۲۵/۴۰	۶/۴۶	۲۴/۲۶	۶/۲۸

جدول ۲: میانگین و انحراف استاندارد امواج تتا، آلفا و بتا

متغیرها	مراحل آزمون	میانگین		انحراف استاندارد
		پیش‌آزمون	پس از صوت بین آئورال	
F ₃ تتا	پس از صوت ایزوکرونیک	۵۶/۹۳	۲۴/۳۱	۲۵/۲۳
	پیش‌آزمون	-۷/۰۲	۵۲/۷۴	۲۷/۱۷
F ₃ آلفا	پس از صوت بین آئورال	-۱۲/۳۱	۵۱/۶۱	۲۴/۳۱
	پس از صوت ایزوکرونیک	-۱۳/۳۲	۵۲/۲۰	۵۲/۷۴

همچنین فرکانس تحریکی بین آئورال ۱۵ هرتز امواج آلفا به شکل خطی به ۴ هرتز امواج تتا کاهش پیدا می‌کند مدت زمان این مرحله ۱۷ دقیقه است.

ب) مرحله میانی به شکل پلاتو در محدوده امواج تتا است که از یک فرکانس پایه ۱۸۰ هرتزی و یک فرکانس تحریکی بین آئورال ۴ هرتز در محدوده امواج تتا تشکیل شده است مدت زمان این مرحله ۱۷ دقیقه است.

ج) در مرحله پایانی از محدوده امواج تتا فرکانس ۴ هرتز همان جایی که مرحله میانی به اتمام رسیده است شروع می‌شود و با فرکانس ۱۵ هرتز در محدوده امواج آلفا به شکل خطی به پایان می‌رسد. فرکانس پایه آغاز شدن این مرحله ۱۸۰ بوده که به ۲۰۰ هرتز به شکل خطی افزایش پیدا می‌کند.

روند اجرای پژوهش

پس از دریافت مجوزهای لازم برای اجرای پژوهش، جلسه توجیهی برای دانشجویان برگزار گردید و با بیان اهداف پژوهش و جلب رضایت آگاهانه، پرسشنامه اضطراب توزیع و پس از پاسخدهی جمع‌آوری گردید و از بین دانشجویانی که میزان اضطراب متوسط و شدید داشتند، امواج مغزی به وسیله دستگاه EEG ثبت گردید و سپس ۳۰ نفر انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه ۱۵ نفری جایدهی شدند. در گروه آزمایش اول، ۱۵ نفر برای گوش دادن به اصوات بین آئورال و ۱۵ نفر در گروه آزمایش دوم برای گوش دادن اصوات ایزوکرونیک قرار گرفتند. هر دو گروه موظف بودند به مدت زمان ۴ هفته و هر هفته ۳ جلسه این اصوات ۲۰ دقیقه ای را با هدفون گوش

متغیرها	مراحل آزمون	میانگین	انحراف استاندارد
F ₃ بتا	پیش‌آزمون	۵/۹۲	۳۵/۶۱
	پس از صوت بین‌اُتورال	۹/۹۲	۳۹/۷۵
	پس از صوت ایزوکرونیک	۱۱/۳۳	۴۱/۲۹
F ₄ تتا	پیش‌آزمون	۸۲/۰۲	۲۰/۵۰
	پس از صوت بین‌اُتورال	۸۰/۰۰	۲۲/۳۸
	پس از صوت ایزوکرونیک	۷۹/۹۶	۱۹/۸۵
F ₄ آلفا	پیش‌آزمون	۳۴/۲۴	۵۲/۷۹
	پس از صوت بین‌اُتورال	۲۱/۹۲	۴۴/۹۳
	پس از صوت ایزوکرونیک	۲۳/۵۳	۵۳/۲۹
F ₄ بتا	پیش‌آزمون	۲۹/۸۵	۳۱/۴۱
	پس از صوت بین‌اُتورال	۳۰/۵۶	۳۷/۷۴
	پس از صوت ایزوکرونیک	۳۴/۵۴	۴۱/۹۱

اصل تقارن مرکب از آزمون کرویت موخلی استفاده گردید، با توجه به عدم معنی‌دار بودن آزمون کرویت موخلی ($p=0/۸۲۸$)، شاخص‌های F مربوط به اثر فرض کرویت گزارش شد.

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که گوش کردن به اصوات فقط روی موج آلفا در نقطه F₄ تأثیر معنادار ($P=0/۰۰۱$)، $9/۴۰$ ، $F_{(1,14)}=$ با توان بالای ۸۱٪ داشته است. به طوری که ۴۰٪ از واریانس آن را پوشش می‌دهد. اما اصوات هیچ تأثیر معناداری بر سایر امواج در نقاط F₃ و F₄ نداشته است. همچنین اصوات بر کاهش اضطراب تأثیر معنادار دارند ($P<0/۰۵$).

همان‌طور که نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد، تفاوت‌هایی بین امواج تتا، آلفا و بتا در نقاط F₃ و F₄ پس از شنیدن اصوات بین‌اُتورال و ایزوکرونیک مشاهده می‌شود. از آنجایی سطح معنی‌داری آزمون شاپیروویلیک بیشتر از ۰/۰۵ است؛ بنابراین داده‌های جمع‌آوری شده دارای توزیع نرمال است. برای بررسی همگنی واریانس متغیرهای پژوهش از آزمون لوین استفاده شد که یافته‌ها نشان داد آماره F آزمون لوین جهت بررسی همگنی واریانس خطاها در گروه‌های پژوهش برای در هر دو گروه آزمایش معنادار نیست؛ یعنی پیش‌فرض برابری واریانس خطا نیز رعایت شده است. برای برقراری

جدول ۳: نتایج آزمون درون‌گروهی بر امواج مغزی

متغیرها	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	معنی‌داری	مجذور اتا	توان
TF ₃	۶۱/۹۲	۱	۶۱/۹۲	۱/۵۸	۰/۲۳	۰/۱۰	۰/۲۲
TF ₄	۳۲/۰۳	۱	۳۲/۰۳	۰/۱۶۸	۰/۶۹	۰/۰۱	۰/۰۷
AF ₃	۲۹۷/۳۶	۱	۲۹۷/۳۶	۱/۶۰	۰/۲۸	۰/۱۰	۰/۲۲
AF ₄	۸۶۰/۹۲	۱	۸۶۰/۹۲	۹/۴۰	۰/۰۰۱	۰/۴۰	۰/۸۱
BF ₃	۲۱۹/۴۶	۱	۲۱۹/۴۶	۰/۴۵	۰/۵۱	۰/۰۳	۰/۱۰
BF ₄	۱۶۴/۸۸	۱	۱۶۴/۸۸	۱/۱۶	۰/۳۰	۰/۰۸	۰/۱۷
اضطراب	۸۱۵/۰۳	۱	۸۱۵/۰۳	۷/۲۲	۰/۰۰۱	۰/۶۰	۰/۵۲

جدول ۴: نتایج آزمون t مستقل برای متغیرهای امواج مغزی و اضطراب

متغیر	گروه	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	معنی‌داری
امواج مغزی	صوت ایزوکرونیک	- ۱۰/۷۱	۳/۴۹	۰/۰۲۵
	اصوات بین‌اُتورال	- ۱۲/۳۲	۴/۴۷	۰/۰۴۶
اضطراب	صوت ایزوکرونیک	۱/۱۴	۰/۱۸	۰/۸۸۵
	اصوات بین‌اُتورال	۴/۹۳	۰/۲۳	۰/۰۰۱

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که صوت ایزوکرونیک و بین آئورال بر موج آلفا در نقطه F4 تاثیر معنی‌دار دارد ($P < 0.05$)، اما بر متغیر اضطراب تنها صوت بین آئورال اثربخش است ($P < 0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف تعیین تاثیر اصوات بین آئورال و ایزوکرونیک بر هماهنگ‌سازی امواج مغزی و اضطراب انجام شد. نتایج نشان داد که اصوات ایزوکرونیک و بین آئورال بر موج آلفا در نقطه F4 تاثیر معنی‌دار دارد اما تنها صوت بین آئورال منجر به کاهش اضطراب می‌شود. این یافته با نتایج پژوهش بقایی و طباطبایی (۱۴۰۱)، کامران‌وند و همکاران (۱۴۰۱)، موحدی (۱۳۹۷)، غیورکاظمی و همکاران (۱۳۹۷)، لین و همکاران (۲۰۲۱)، گارسیا و همکاران (۲۰۲۰)، سیفی علا و همکاران (۲۰۱۸) و ویواتونگ و همکاران (۲۰۱۷) همسو بود.

در تبیین این یافته می‌توان گفت که تحریک امواج مغزی در فرکانس‌های بتا منجر به افزایش دوپامین و فرکانس‌های آلفا و تتا منجر به افزایش سروتونین در مغز می‌گردد. هماهنگ‌سازی امواج مغزی در فرکانس تتا منجر به کاهش حامل عصبی دوپامین در مغز می‌گردد. پروتکل آلفا/تتا منجر به افزایش حامل عصبی بتاندورفین در مغز می‌گردد و با در نظر گرفتن این نکته که حامل‌های عصبی بتاندورفین و سروتونین نقشی کلیدی در ایجاد حالت آرامش و کنترل اضطراب در فرد داشته و دوپامین به عنوان عامل کلیدی در اغلب اختلالات اضطرابی شناخته می‌شود، مکانیزم این اثر روشن می‌شود. از این‌رو کاهش حالت اضطراب به‌وسیله هماهنگ‌سازی امواج مغزی را می‌توان تحت تاثیر تغییرات میزان حامل‌های عصبی دانست (اورکی و همکاران، ۱۳۹۳). اصوات بین آئورال در واقع گوش کردن به اصوات بین آئورال به عنوان یک وسیله پرت‌کننده حواس افراد مضطرب از کانون‌هایی که توجه فرد بر روی آنها متمرکز شده است و می‌توانند باعث ایجاد ناراحتی بیمار شوند و همچنین یک عامل تاثیرگذار بر تحریکات ناخواسته محیطی، از جمله سروصدا که سبب القای استرس و جلوگیری از آرامش فرد می‌شود، عمل کرده است و باعث کاهش اضطراب می‌شود (غیورکاظمی و همکاران، ۱۳۹۷). اصوات بین آئورال می‌تواند هیجانات انسان را به طور مثبت تحت تاثیر قرار دهد و پیامدها و اثرات مداخلات درمانی را افزایش

می‌دهد. با شنیدن اصوات بین آئورال افراد دارای اضطراب احساس آرامش می‌کنند و در این حالت فعالیت‌های دستگاه عصبی بهتر و منظم‌تر می‌شود. همچنین باعث افزایش ثبت امواج آلفای مغز یا امواج استراحت فکری می‌شود و می‌تواند موقعیتی آرامبخش را فراهم کند. اصوات بین آئورال با فعال کردن نواحی مختلفی از مناطق زیرقشری مغز، به ویژه سیستم دوپامینرژیک در ناحیه مغز میانی باعث کاهش احساسات ناخوشایند می‌شود. در نهایت خروجی‌های شناختی رفتاری مطلوب را افزایش می‌دهد (گارسیا و همکاران، ۲۰۲۰).

همچنین باید خاطر نشان کرد که تحریک مغزی، فعالیت الکتریکی مغز، ترکیب، ترشح و فعالیت نوروتروفین‌ها را افزایش می‌دهد؛ که این امر خود به پیوستگی و اتصال سیناپسی بیشتری منتهی می‌شود. در واقع مکانیسم اثربخشی این روش بر این اساس است که مغز دائماً سازش پذیر است، و قابلیت بالایی برای یادگیری دارد و می‌تواند یاد بگیرد تا امواج خود را تغییر دهد. اگر فقط سرنخ‌هایی درباره این که چه چیزی باید تغییر کند در اختیارش قرار داده شود. تحریک درست و به موقع مغز می‌تواند باعث رشد و عدم تباهی مغز و سیناپس‌ها و حتی شکل‌گیری سیناپس‌های جدید و آغاز فعالیت بهنجار در آنها شود (بقایی و طباطبایی، ۱۴۰۱). بنابراین اصوات بین آئورال و ایزوکرونیک باعث سازماندهی مجدد در کل سیستم زیست الکتریکی شده و این امر به نوبه خود یک واکنش بهنجارسازی فراگیر، طبیعی و انعکاسی را در مغز پدید می‌آورد که منجر به هماهنگ‌سازی امواج مغزی می‌شود (سیفی علا و همکاران، ۲۰۱۸).

پژوهش حاضر دارای محدودیت‌هایی بود، از جمله اینکه این پژوهش بر روی دانشجویان دانشگاه پیام نور تهران جنوب انجام شد و بدون دوره پیگیری بود؛ پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده بر روی دیگر افراد و دوره‌های پیگیری چند ماهه وجود داشته باشد که مشخص شود آیا تغییرات مغزی بوجود آمده ماندگار هستند یا خیر. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش پیرامون تغییرات امواج مغزی و اضطراب که تحت تاثیر اصوات بین آئورال و ایزوکرونیک قرار گرفته است؛ می‌توان از اصوات بین آئورال و ایزوکرونیک به عنوان ابزاری کارا و به صورت هدفمند در درمان اضطراب و بهره برد. این مقاله بر گرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور، با کد اخلاق (IR.PNU.REC.1400.203) است.

منابع

- دانشجویان بر اساس دشواری‌های تنظیم هیجان و افکار خودآیند منفی. *دوماهنامه علمی-پژوهشی راهبردهای آموزش در علوم پزشکی*، ۱۲(۱): ۱۳۴-۱۳۰.
- کامران وند، مهنوش؛ دهقانی آرانی، فاطمه؛ رستمی، رضا؛ صادق نیت، خسرو؛ فراهانی، حجت‌الله. (۱۴۰۱). رابطه باورهای استرس و الگوی کمی امواج مغزی با ابعاد رشد پس از آسیب در افراد با سابقه ابتلاء و درمان بیماری کووید-۱۹. *پژوهش در سلامت روانشناختی*، ۱۵(۳): ۲۳-۱.
- موحدی، یزدان. (۱۳۹۷). اثربخشی بیوفیدبک EEG بر خلاقیت و امواج مغزی. *پرستار و پزشک در رزم*، ۶(۲۰): ۴۳-۳۶.
- وزیری، شهرام؛ لطفی کاشانی، فرح؛ زین العابدینی، نیلوفر؛ زین العابدینی، سیده نرگس. (۱۳۹۴). اثر بخشی نظم بخشی رفتار بر کاهش اضطراب زنان مبتلا به سرطان پستان. *فصلنامه علمی-پژوهشی روانشناسی سلامت*، ۴(۱۳): ۵۳-۶۲.
- Beck, A.T., Epstein, N., Brown, G., & Steer, R.A. (1988). An inventory for measuring clinical anxiety: psychometric properties. *J Consult Clin Psychol*, 56(1): 893-897.
- Gómez, I., Jiménez, C., Johnson, E., Cerón, S., Peral, P., Bellón, J., Motrico, E. (2024). Effectiveness of multiple health behavior change interventions in reducing symptoms of anxiety in the adult population: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Preventive Medicine*, 180(3): 107-118.
- Garcia, S., Nalven, M., Ault, A., Eskenazi, M. (2020). tDCS as a treatment for anxiety and related cognitive deficits. *International Journal of Psychophysiology*, 1(1): 158-172.
- Huang, H., Chang, S. (2023). Effects of virtual reality on creative performance and emotions: A study of brainwaves. *Computers in Human Behavior*, 146(11): 78-91.
- Harrewijn, A., Van der Molen, M. J. W., & Westenberg, P. M. (2016). Putative EEG measures of social anxiety: Comparing frontal alpha asymmetry and delta-beta crossfrequency correlation. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*,
- بقائی، مهتاب؛ طباطبائی، محمود. (۱۴۰۱). اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر الگوی امواج مغزی و فشارخون در بیماران مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر. *مجله علوم اعصاب شفای خاتم*، ۱۰(۳): ۳۶-۲۶.
- دلاور، علی. (۱۳۹۱). روش تحقیق در روان‌شناسی و علوم تربیتی. انتشارات ارسباران.
- شفیعی، رزا؛ نوروزی، سحر. (۱۳۹۹). مختصری بر تشخیص نشانه‌های اضطراب و افسردگی بر اساس امواج مغزی. *رویش روان‌شناسی*، ۹(۳): ۹۸-۹۳.
- غیور کاظمی، فاطمه؛ سپهری شاملو، زهره؛ مشهدی، علی؛ غنائی چمن آباد، علی؛ پاسالار، فروزان. (۱۳۹۷). درمان فراشناخت و آموزش نوروفیدبک بر علائم اضطراب، نظم جویی هیجان و فعالیت امواج مغزی دانشجویان دختر دارای اختلال اضطراب اجتماعی (تک‌آزمودنی). *عصب روان‌شناسی*، ۴(۱۲): ۷۷-۱۱.
- کرد، بهمن؛ محمدی، منیره. (۱۳۹۸). پیش‌بینی اضطراب 16(6), 1086-1098.
- Klooster, D., Voetter, H., Baeken, C., Arns, M. (2024). Evaluating Robustness of Brain Stimulation Biomarkers for Depression: A Systematic Review of Magnetic Resonance Imaging and Electroencephalography Studies. *Biological Psychiatry*, 95(6): 553-563.
- Lee, J., Song, M., Yoo, S., Jang, J., Lee, D., Jung, Y., Ahn, W., Choi, J. (2024). Multimodal-based machine learning approach to classify features of internet gaming disorder and alcohol use disorder: A sensor-level and source-level resting-state electroencephalography activity and neuropsychological study. *Comprehensive Psychiatry*, 130(4): 152-164.
- Lin, Y., Zhang, C., Wang, Y. (2021). A randomized controlled study of transcranial direct current stimulation in treatment of generalized anxiety disorder. *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation*, 12(2): 403-412.
- Marhofer, W., Opfermann, P., Zadrzil, M., Kimberger, O., Triffterer, L., Marhofer, D., Klug, W. (2020). Brainwave entrainment to minimise sedative drug

- doses in paediatric surgery: a randomised controlled trial. *British Journal of Anaesthesia*, 125(3): 330-335.
- Sharki, S. (2024). The Effectiveness of Music Therapy in Reducing Perioperative Pain and Anxiety: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Perioperative Care and Operating Room Management*, 34(3): 100-113
- Saggar, M., Bruno, J., Gaillard, C., Claudino, L., Ernst, M. (2022). Neural resources shift under Methylphenidate: A computational approach to examine anxiety-cognition interplay. *NeuroImage*, 264(1): 968-979.
- Simard, C., Plante, I., Duchesne, S., Chaffee, K. (2022). The mediating role of test anxiety in the evolution of motivation and achievement of students transitioning from elementary to high school. *Contemporary Educational Psychology*, 71(10): 211-226.
- Seifi Alaa, T., Ahmadi-Pajouha, M., Motie Nasrabadi, A. (2018). Cumulative effects of theta binaural beats on brain power and functional connectivity. *Biomedical Signal Processing and Control*, 42(4): 242-252.
- Willemsen, R., Versluis, A., Joëlle, J., Petrus, A., Silven, A., Chavannes, N., Dijke, A. (2024). Evaluation of completely online psychotherapy with app-support versus therapy as usual for clients with depression or anxiety disorder: A retrospective matched cohort study investigating the effectiveness, efficiency, client satisfaction, and costs. *International Journal of Medical Informatics*, 189(11): 548-561.
- Wei, H., Jin, Z. (2024). EEG correlates of trait test anxiety in the flanker task for adolescents. *Neuroscience Letters*, 826(15): 137-145.
- Wiwatwongwana, D., Vichitvejpaisal, P., Thaikruea, L., Klaphajone, J., Tantong, A., Wiwatwongwana, A. (2017). The effect of music with and without binaural beat audio on operative anxiety in patients undergoing cataract surgery: a randomized controlled trial. *Mscap Education*, 9(5): 222-231.
- Yan, R., Tuo, J., Liu, M., Zhang, F., Xu, Z. (2023). Microstate analysis of resting-state electroencephalography in anxiety and depression of epilepsy comorbidity. *Journal of the Neurological Sciences*, 455(12): 121-132.