



Research paper

Effectiveness of Brainwave Entrainment in Alpha Band on Working Memory, Anti-Saccade and Anxiety Level of Anxious Participants

Leila Mehdizadeh Fanid¹; Mansour Bayrami²; Hassan Sabouri Moghaddam³;
Touraj Hashemi⁴; Siamak Dadashi⁵*

Abstract

The aim of this study was to determine the effect of Brainwave Entrainment in alpha band on working memory, anti-saccade and anxiety level of anxious participants. The present study is a quasi-experimental project of pre-test-post-test with control group. In this regard, after screening 250 university students, 30 anxious participants were selected by Beck anxiety inventory and randomly divided into one experimental group and one control group (15 groups each). All participants were assessed in the pre-test and post-test stages by the Corsi Blocks Tapping test, Antisaccade Task and Beck Anxiety inventory. Participants in the experimental groups received 10 Hz binaural beats for 30 minutes for 5 days a week in a period of one month. Data were analyzed using multivariate analysis of covariance. The findings showed that 10 Hz binaural beats (alpha bands) significantly improved participant's working memory, increased antisaccade and decreased anxiety level. Therefore, brainwave entrainment in the alpha band is recommended as a non-invasive intervention method to reduce the level of anxiety and improve cognitive functions.

Keywords: Anxiety, antisaccade, brainwave entrainment, working memory

¹ Assistant professor, Department of cognitive neuroscience, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

² Professor, Department of psychology, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

³ Associate professor, Department of cognitive neuroscience, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

⁴ Professor, Department of psychology, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

⁵ Corresponding Autho: Ph.D student of cognitive neuroscience, Department of cognitive neuroscience, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran siamakdadashi94@gmail.com

تأثیر همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا بر حافظه فعال، آنتی‌ساکاد و سطح اضطراب شرکت‌کنندگان اضطرابی

لیلا مهدیزاده فانید^۱، منصور بیرامی^۲، حسن صبوری مقدم^۳، تورج هاشمی^۴، سیامک داداشی^{۵*}

چکیده

هدف از این پژوهش تعیین اثربخشی همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا بر حافظه فعال، آنتی‌ساکاد (بازداری حرکات چشم) و سطح اضطراب شرکت‌کنندگان اضطرابی بود. طرح پژوهش حاضر از نوع نیمه آزمایشی پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل بود. در این راستا، پس از غربالگری ۲۵۰ دانشجوی، تعداد ۳۰ دانشجوی اضطرابی توسط پرسشنامه اضطراب بک انتخاب شده و به طور تصادفی در دو گروه آزمایش و کنترل گمارده شدند (هر گروه ۱۵ نفر). همه شرکت‌کنندگان در پیش‌آزمون و پس‌آزمون توسط آزمون بلوک‌های تپنده کرسی، تکلیف آنتی‌ساکاد و پرسشنامه اضطراب بک ارزیابی شدند. شرکت‌کنندگان گروه آزمایش، ضربان‌های دوگوشی ۱۰ هرتز را به مدت ۳۰ دقیقه، ۵ روز در هفته طی مدت یک ماه دریافت کردند. داده‌ها با استفاده از تحلیل کوواریانس چندمتغیره تحلیل شد. نتایج نشان داد که ضربان‌های دو گوشی ۱۰ هرتز (باند آلفا) به طور معنی داری حافظه فعال را بهبود بخشیده، آنتی‌ساکاد را افزایش داده و موجب کاهش سطح اضطراب شد. بنابراین، همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا به عنوان روش مداخله ای غیر تهاجمی جهت کاهش اضطراب و بهبود کارکردهای شناختی توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: اضطراب، آنتی‌ساکاد، حافظه فعال، همگام‌سازی امواج مغزی

^۱ استادیار، گروه علوم اعصاب شناختی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۲ استاد، گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۳ دانشیار، گروه علوم اعصاب شناختی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۴ استاد، گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۵ نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری علوم اعصاب شناختی، گروه علوم اعصاب شناختی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

siamakdadashi94@gmail.com

اضطراب و ترس پاسخ‌های طبیعی به تهدیدهای بالقوه یا واقعی هستند. آنها ممکن است مکرر، بیش‌ازحد و طولانی شوند، عملکرد طبیعی را مختل کرده و منجر به اضطراب پاتولوژیک شوند (کاسکینن و هواتا^۱، ۲۰۲۳). تجربه ذهنی پریشانی همراه با اختلالات خواب، تمرکز، عملکرد اجتماعی و یا شغلی از علائم رایج در بسیاری از اختلالات اضطرابی است. افراد اضطرابی اغلب با شکایت از سلامت جسمی ضعیف به عنوان نگرانی اصلی خود مراجعه می‌کنند (ادواز^۲ و همکاران، ۲۰۱۹). شیوع اضطراب در طول همه‌گیری کووید-۱۹ افزایش یافته است؛ بطوری‌که، تقریباً ۲۵٪ از بزرگسالان علائم اضطراب را گزارش کرده‌اند (زوهانی و سیمون^۳، ۲۰۲۲). علت اضطراب ممکن است شامل استرس، وضعیت جسمانی مانند دیابت یا سایر بیماری‌های همراه مانند افسردگی، ژنتیکی، بستگان درجه یک مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر (۲۵٪)، عوامل محیطی مانند سوء استفاده از کودکان و سوء مصرف مواد باشد. از دیدگاه عصب‌شناختی به نظر می‌رسد که سیستم‌های نورآدرنرژیک، سروتونرژیک و سایر انتقال‌دهنده‌های عصبی در پاسخ بدن به اضطراب و استرس نقش دارند. سیستم سروتونین و سیستم نورآدرنرژیک مسیرهای رایجی هستند که در اضطراب دخالت دارند. بسیاری بر این باورند که کاهش فعالیت سیستم سروتونین و افزایش فعالیت سیستم نورآدرنرژیک مسئول ایجاد و تحول اضطراب است (منیر^۴ و همکاران، ۲۰۱۹).

تصور می‌شود که گسترش قابل توجه قشر پیش‌پیشانی^۵ زمینه‌ساز تجربه پیچیده اضطراب و ظرفیت مشارکت در استراتژی‌های سطح بالا برای تنظیم پاسخ‌های مرتبط با اضطراب در انسان است. درحالی‌که این قابلیت‌های مبتنی بر قشر پیش‌پیشانی شانس ارگانیزم را برای موفقیت تطبیقی در محیط افزایش می‌دهند؛ درعین‌حال بستر پیچیده‌تری را برای ظهور پردازش‌های مختل‌شده فراهم می‌کنند (کنوود^۶ و همکاران، ۲۰۲۲). دراین راستا نشان داده شده است که اضطراب، عملکردهای شناختی مرتبط با قشر پیش‌پیشانی از جمله حافظه فعال را مختل می‌کند (لوکاسیک^۷ و همکاران، ۲۰۱۹).

نظریه کنترل توجه^۸ (ACT) فرض می‌کند که نقایص کنترل توجه نقش اصلی را در تحول اضطراب ایفا می‌کند. کنترل توجه به عنوان توانایی تمرکز انعطاف‌پذیر و تغییر توجه بر اساس اهداف فعلی در نظر گرفته می‌شود و تصریح می‌کند که دو سیستم توجه وجود دارد: سیستم‌های توجهی که توجه انتخابی را هدایت می‌کنند (یک سیستم محرک از پایین به بالا) و یک سیستم هدایت‌شده از بالا به پایین مشابه مجری مرکزی در حافظه کاری. به این ترتیب، هنگامی که یک تهدید وجود دارد، محرک‌های تهدید کننده توجه را به خود جلب می‌کند و این سازگاری است. با این حال، هر چه فرد اضطراب حالت یا ویژگی بیشتری را تجربه کند، اطلاعات مبهم به احتمال زیاد به شیوه‌ای تهدیدآمیز تفسیر می‌شود و در نتیجه توجه را به خود جلب

1. Koskinen & Hovatta
2. Adwas
3. Szuhany & Simon
4. Munir
5. prefrontal cortex
6. Kenwood
7. Lukasik
8. attentional control theory

می‌کند(شی^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). کنترل توجه جزء اصلی حافظه فعال است که برای نگهداری هدفمند و دستکاری اطلاعات در حافظه فعال مفید است. حافظه فعال ممکن است ارتباط بین اضطراب و عملکرد شناختی را تعدیل کند. همچنین، اضطراب می‌تواند عملکرد حافظه فعال را مختل کند(بیلو و درکشن^۲، ۲۰۲۰).

یکی از کارکردهای اصلی که به عنوان جزء فرعی سیستم اجرایی بالا به پایین در ACT شناسایی شده، بازداری می‌باشد. بازداری شامل جلوگیری از توزیع منابع توجه به محرک‌های بی‌ربط با تکلیف است(شی و همکاران، ۲۰۱۹). بازداری در خدمت هدف فرد عمل می‌کند تا محتوای موجود در حافظه فعال را محدود به هدف کند. تغییر در کارایی بازداری یک عامل تعیین کننده اساسی برای تفاوت های مشاهده شده در تکالیف حافظه فعال است. آیدمون^۳ و همکاران(۲۰۱۹) معتقدند که بازداری شامل چندین موقعیت است که می‌توان آنها را به دو رویکرد کلی تقسیم کرد: رویکردهای یک‌بعدی و چندبعدی. اولی پیشنهاد می‌کند که بازداری یک فرآیند منحصربه‌فرد است، در حالی که دومی آن را متشکل از چندین فرآیند می‌داند. رویکرد چند بعدی فرآیندهای بازداری متفاوتهای را شناسایی می‌کند: (الف) یک فرآیند بازداری که با سرکوب فعال‌سازی ایجاد شده توسط محرک‌های نامربوط محیطی، یعنی مقاومت در برابر تداخل حواس پرت کننده و مهار توجه، در سطح ادراکی عمل می‌کند. (ب) یک فرآیند بازداری اختصاص داده شده به سرکوب اطلاعات نامربوط از حافظه فعال که با فعالیت فعلی تداخل دارد، یعنی مقاومت در برابر تداخل فعال و بازداری شناختی و (ج) یک فرآیند بازداری که امکان سرکوب پاسخ‌های پرقدرت و نامناسب برای زمینه و اهداف فعلی را فراهم می‌کند، یعنی مهار پاسخ‌های غالب و بازداری پاسخ. توانایی‌های بازداری سالم تضمین می‌کند که رفتارها با نیت و انگیزه‌های فرد سازگار است اما پاسخ‌های نامربوط یا نامناسب را سرکوب می‌کند. در زمینه بازداری، دو مکتب فکری وجود دارد: دیدگاه پیمانهای^۴ و دیدگاه شبکه^۵. به‌طور ویژه، دیدگاه پیمانهای پیشنهاد می‌کند که شکنج پیشانی تحتانی راست^۶ (rIFG) یک منطقه اختصاصی برای بازداری رفتاری است. دیدگاه پیمانهای بازداری را به یک عملکرد شناختی گسسته کاهش می‌دهد که در آن شکنج پیشانی تحتانی راست، افکنش‌هایی را به هسته ساب تالامیک می‌فرستد تا فرآیندهای حرکتی را مهار کند. با این حال، شکنج پیشانی تحتانی راست عمدتاً با توانایی حفظ اطلاعات مربوط به تکلیف بر اساس شروع پاسخ و همچنین بازداری پاسخ تعریف می‌شود. در مقابل، دیدگاه شبکه پیشنهاد می‌کند که درست مانند سایر عملکردهای اجرایی، بازداری توسط نواحی عمومی مغز مانند قشر پیشانی با تقاضای چندگانه^۷ (MD) پشتیبانی می‌شود که در انواع تکالیف شناختی فعال می‌شود و شامل rIFG می‌شود(کنگ^۸ و همکاران، ۲۰۲۲). شواهدی وجود دارد که اضطراب با بازداری پاسخ ضعیف نیز ارتباط دارد(وی^۹ و همکاران، ۲۰۲۲). پژوهش‌های تصویربرداری عصبی نشان می‌دهند که اضطراب با بکارگیری مکانیسم‌های پیش‌پیشانی مورد نیاز برای کنترل توجه تداخل

1. Shi
2. Beloe & Derakshan
3. Aydmune
4. modular perspective
5. network
6. right inferior frontal gyrus
7. multiple-demand
8. Kang
9. Wei

۱۰..... تأثیر همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا برحافظه فعال، آنتی‌ساکاد...

می‌کند(شی^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). شواهدی از این اثر معمولاً با استفاده از پارادایم تکلیف آنتی‌ساکاد^۲ (بازداری حرکات چشم) مشاهده شده‌است. پارادایم تکلیف آنتی‌ساکاد(بازداری حرکات چشم) از شرکت‌کننده می‌خواهد که حرکات چشم (ساکادها) را به سمت یا به دور از محرکی که ناگهان ارائه می‌شود، برگردانند(پلومکا^۳ و همکاران، ۲۰۲۰).

مطالعات تصویربرداری عصبی کارکردی نواحی درگیر در تکلیف آنتی‌ساکاد را نشان داده‌اند که شامل میدان‌های بینایی مکمل^۴(SEF)، میدان‌های بینایی پیشانی^۵ (FEF)، ناحیه پستی- جانبی پیش‌پیشانی^۶ (DLPFC)، قشر سینگولیت قدامی^۷ (ACC)، نواحی قشر آهیانه‌ای^۸(به‌عنوان مثال، شیار ایتراپاریتال^۹) و برجستگی‌های فوقانی^{۱۰}(SC) می‌باشند(والدالر^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۲؛ فرناندز-رویز^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۰). تصور می‌شود که فعال‌سازی بیشتر این نواحی در عملکرد آنتی‌ساکاد با کنترل توجه مورد نیاز برای عملکرد هدفمند آنتی‌ساکاد مرتبط است. تبیین‌های شناختی آنتی‌ساکاد بیانگر این است که همبسته های عصبی مشترکی بین آنتی‌ساکاد، کنترل اجرایی رفتار و حافظه فعال وجود دارد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که DLPFC نقش حیاتی در عملکرد آنتی‌ساکاد(والدالر و همکاران، ۲۰۲۲)، حافظه فعال(بالدرستون و همکاران، ۲۰۲۰) و کنترل توجه(آیزنک و همکاران، ۲۰۲۳) دارد. به‌طورکلی، تکلیف آنتی‌ساکاد برای بررسی بازداری توجه مطرح شده است (والدالر و همکاران، ۲۰۲۲) که یک فرایند کلیدی کنترل توجه است و از لحاظ نظری پیش‌بینی می‌شود که سطح بالای اضطراب صفت آنرا مختل می‌کند(تاد^{۱۳} و همکاران، ۲۰۲۲).

بدکارکردی‌های شناختی را می‌توان توسط روش‌های نوین علوم اعصاب بهبود بخشید. یکی از این روش‌ها، همگام‌سازی امواج مغزی می‌باشد. همگام‌سازی امواج مغزی به معنای استفاده از محرک‌های ریتمیک برای ایجاد پاسخی هم‌راستا با فرکانس محرک‌ها در امواج مغزی است(یاداوا^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۱). یکی از روش‌های مطمئن و رایج برای همگام‌سازی امواج مغزی، استفاده از ضربان‌های دوگوشی^{۱۵} (باینورال بیتز) می‌باشد(اینچندو و همکاران، ۲۰۲۳). در این روش که یک اتفاق ادراک شنیداری است، دو صوت سینوسی به‌طورمجزا به دوگوش ارائه می‌شوند به‌نحوی که فرکانس صدای ارائه‌شده به هرگوش اندکی متفاوت با گوش دیگر است و این تفاوت برابر میزان فرکانس تحریکی موردنظر است (باسیو و بانرجی^{۱۶}، ۲۰۲۳). مبنای ادراکی ضربان‌های دوگوشی، تداخل دو موج صوتی نیست، بلکه نتیجه فعالیت عصبی ترکیبی آنها است که در مسیر

1. Shi
2. antisaccade
3. Plomecka
4. supplementary eye fields
5. frontal eye fields
6. dorsolateral Prefrontal Cortex
7. anterior cingulate cortex
8. Parietal cortex
9. intraparietal sulcus
10. superior colliculus
11. Waldthaler
12. Fernandez-Ruiz
13. Todd
14. Yadav
15. binaural Beats
16. Basu & Banerjee

شنوایی ایجاد می‌شود. مجتمع زيتونی فوقانی^۱ (SOC)، اولین مکان مسیر شنوایی برای دریافت ورودی از هر دو گوش و یک ساختار مهم برای ادغام صدا، به عنوان ساختار عصبی آناتومیک اصلی درگیر در درک ضربان‌های دو گوش شناخته شده است (اینجندو همکاران، ۲۰۲۳).

فعالیت باند آلفا را می‌توان به عنوان نشانه عصبی مهار عوامل حواس پرت‌کننده تفسیر کرد. توان آلفا به‌طور نسبی در نیمکره مقابل ورودی بصری غیرمرتبط افزایش می‌یابد و به عنوان تعدیل آلفای منفی حواس پرت‌کننده‌ها نامگذاری شده است (ژائو^۲ و همکاران، ۲۰۲۳). پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهند با توجه به اینکه موج آلفا در بسیاری از پردازش‌های شناختی از جمله حافظه فعال نقش دارد (ویاندا و راس^۳، ۲۰۱۹)، بنابراین، ضربان‌های دوگوشی در باند فرکانسی آلفا می‌تواند اثرات درمانی داشته، بر سیستم اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک تأثیر گذاشته (لونگ^۴ و همکاران، ۲۰۲۲)، و با تأثیر بر مغز منجر به بهبود کارکردهای شناختی و روان‌شناختی شود. برای مثال، اولچوکوه^۵ و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که گوش دادن به ضربان‌های دوگوشی ۱۰ هرتز (آلفا) منجر به کاهش نمرات درد و اضطراب در بیماران تحت عمل سیستم اسکوپبی تشخیصی و برداشتن استنت حالب می‌گردد. منزلت اوغلو^۶ و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان دادند که ضربان‌های دوگوشی ۱۰ هرتز منجر به کاهش سطح اضطراب دندانپزشکی می‌شود. پارودی^۷ و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از تکنیک ضربان‌های دوگوشی نشان دادند که این روش می‌تواند منجر به کاهش اضطراب زنان قبل از عمل سزارین شود. کوپر^۸ (۲۰۲۱) نشان داد وقتی شرکت‌کنندگان در معرض یک عامل استرس‌زا قرار می‌گیرند و پس‌از آن در معرض ضربان‌های صوتی دوگوشی قرار می‌گیرند، سطح هدایت پوست و ضربان قلب به سطح معینی کاهش می‌یابد که به لحاظ فیزیولوژیکی نشان‌دهنده افزایش میزان آرامش است.

باتوجه به مبانی نظری و پیشینه پژوهشی ذکر شده، ضربان‌های دو گوش در باند آلفا می‌تواند منجر به کاهش سطح اضطراب شده و همچنین با فیلتر اطلاعات نامناسب، عملکردهای شناختی را بهبود بخشد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا بر حافظه فعال، آنتی‌ساکاد و سطح اضطراب شرکت‌کنندگان اضطرابی انجام گرفت. در این پژوهش، فرضیه‌های زیر مورد بررسی قرار گرفت:

- همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا بر افزایش حافظه فعال شرکت‌کنندگان اضطرابی تأثیر دارد.

- همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا بر افزایش آنتی‌ساکاد (بازداری حرکات چشم) شرکت‌کنندگان اضطرابی تأثیر دارد.

- همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا بر کاهش اضطراب شرکت‌کنندگان اضطرابی تأثیر دارد.

1. superior olivary complex
2. Zhao
3. Wianda & Ross
4. Loong, Ling, Tai, Kueh
5. Ölçücü
6. Menziletoglu
7. Parodi
8. Cooper

روش پژوهش

پژوهش حاضر نیمه‌آزمایشی و از نوع پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل و جامعه آماری شامل کلیه دانشجویان دانشگاه تبریز بود. در پژوهش حاضر متغیر مستقل ضربان‌های دوگوشی در باند آلفا و متغیرهای وابسته حافظه فعال، آنتی‌ساکاد و سطح اضطراب بود. در این راستا، پس از سرند کردن ۲۵۰ نفر توسط پرسشنامه اضطراب بک، تعداد ۳۰ نفر از دانشجویان به روش نمونه‌گیری در دسترس و با نمره ۱۶ و بالاتر (اضطراب متوسط و بالاتر) انتخاب شده و به‌طور تصادفی در دو گروه ۱۵ نفره آزمایش و کنترل گمارده شدند. ابتدا شرکت‌کنندگان هر دو گروه در مرحله پیش‌آزمون توسط تکلیف آنتی‌ساکاد و آزمون بلوک‌های تپنده کرسی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نمره پرسشنامه اضطراب بک نیز به عنوان نمره شرکت‌کنندگان در پیش‌آزمون ثبت شد. سپس شرکت‌کنندگان گروه آزمایش به مدت ۳۰ دقیقه، ۵ بار در هفته، به مدت چهار هفته (مطابق با برنامه مداخله‌ای لسکورانس^۱ و همکاران، ۲۰۰۱) ضربان‌های دوگوشی ۱۰ هرتز را از طریق هدفون دریافت کردند. سپس شرکت‌کنندگان هر دو گروه در مرحله پس‌آزمون، مجدداً توسط ابزارهای مرحله پیش‌آزمون مورد ارزیابی قرار گرفتند. ملاک‌های ورود به پژوهش شامل کسب نمره ۱۶ و بالاتر در پرسشنامه اضطراب بک، نداشتن سابقه بیماری‌های قلبی و عدم ابتلا به اختلالات روان‌پزشکی دیگر بود. ملاک‌های خروج از پژوهش شامل هرگونه مشکل شنوایی، احساس تپش قلب و هرگونه احساس ناخوشایند و سرگیجه حین مداخله بود. قبل از اجرای ابزارهای پژوهش، فرم رضایت آگاهانه تأیید شده توسط کمیته اخلاق زیست‌پزشکی دانشگاه تبریز در اختیار شرکت‌کنندگان قرار گرفته، بر محرمانه بودن اطلاعات تأکید شده و فرایند پژوهش برای آنان توضیح داده شد. برای انجام تجزیه و تحلیل آماری از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره (MANCOVA) توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ استفاده شد.

ابزار

پرسشنامه اضطراب بک (BAI)^۲ - پرسشنامه سنجش اضطراب بک برای سنجش میزان اضطراب طراحی شده است و شامل ۲۱ گویه است که در برابر هر گویه، چهار گزینه جهت پاسخ وجود دارد. هر گویه بیانگر یکی از علائم اضطراب است که معمولاً افرادی که از نظر بالینی مضطرب هستند یا کسانی که در وضعیت اضطراب‌انگیز قرار می‌گیرند، تجربه می‌کنند (بک و استیر^۳، ۱۹۹۰). شرکت‌کنندگان میزان رنجش خود از علائم اضطراب را در هفته گذشته در ستون مقابل آن علامت می‌زنند. نحوه امتیازدهی به صورت، اصلاً امتیاز صفر، خفیف امتیاز یک، متوسط دو و شدید امتیاز سه می‌باشد. بنابراین، دامنه نمرات اضطراب از صفر تا ۶۳ می‌باشد. اگر نمره بدست آمده در دامنه صفر تا ۷ باشد شرکت‌کننده هیچ اضطرابی ندارد، اگر بین ۱۵-۸ باشد اضطراب خفیف، اگر بین ۲۵-۱۶ باشد اضطراب متوسط و اگر بین ۶۳-۲۶ باشد، بیانگر اضطراب شدید است (بک و همکاران، ۱۹۸۸). پایایی این پرسشنامه به روش آلفای کرونباخ، ۰/۹۲، پایایی آن با روش بازآزمایی با فاصله یک هفته ۰/۷۵ و

1. Le Scouranec
2. Beck Anxiety Inventory
3. Beck & Steer

همبستگی ماده های آن به طور متغیر از ۰/۳۰ تا ۰/۷۶ گزارش شده است (بک و همکاران، ۱۹۸۸). همچنین این آزمون در جمعیت ایرانی دارای روایی ارزیاب‌ها (۳=۰/۷۲) و پایایی آزمون - باز آزمون ۰/۸۳ و آلفای کرونباخ ۰/۹۲ گزارش شده است (کاوایی و موسوی، ۱۳۸۷). پایایی این پرسشنامه به روش آلفای کرونباخ در پژوهش حاضر ۰/۸۹ به دست آمد.

تکلیف آنتی ساکاد^۱ - تکلیف آنتی ساکاد بیش از هر تکلیف دیگری بر روی عملکرد بازداری بارگذاری می شود. در طول هر کوشش آنتی ساکاد، ابتدا یک نقطه ثابت در وسط صفحه کامپیوتر ارائه می شود. سپس یک نشانه بصری در یک طرف صفحه نمایش (به عنوان مثال، سمت چپ) به مدت ۲۲۵ میلی ثانیه ارائه می شود، سپس یک محرک هدف در طرف مقابل (به عنوان مثال، سمت راست) قبل از اینکه توسط هاشورزنی های متقاطع خاکستری پوشانده شود، به مدت ۱۵۰ میلی ثانیه ارائه می شود. نشانه بصری یک مربع سیاه است و محرک هدف یک فلش در داخل یک مربع است. تکلیف شرکت کننده، نشان دادن جهت فلش با پاسخ فشار دادن یک دکمه است. با توجه به این که فلش قبل از پوشانده شدن فقط ۱۵۰ میلی ثانیه ظاهر می شود، شرکت کنندگان باید واکنش بازتابی نگاه کردن به نشانه اولیه (یک مربع سیاه کوچک) را مهار می کردند، زیرا انجام این کار، تشخیص درست جهت فلش را دشوار می کند. نشانه ها و اهداف هر دو در فاصله ۸/۶۴ سانتی متر (در طرفین مقابل) ارائه می شوند و شرکت کنندگان باید در فاصله ۴۵/۷۲ سانتی متر از مانیتور کامپیوتر قرار گیرند (میاک^۲ و همکاران، ۲۰۰۰). نمره دقت (از صفز تا یک است به صورت ۶ رقم اعشار به درصد تبدیل می شود) که از درصد پاسخ های صحیح تقسیم بر ۱۰۰ محاسبه می شود، تا شش رقم اعشار به عنوان شاخص بازداری به عنوان خروجی آزمون ارائه می شود. پایایی این تکلیف با روش آزمون - باز آزمون در شاخص های مختلف، از ۰/۵۰ تا ۰/۸۰ گزارش شده است (پلومکا^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). در پژوهش حاضر پایایی این آزمون به روش آزمون - باز آزمون ۰/۸۶ به دست آمد.

آزمون ضربه زدن بلوک های کرسی^۴ - آزمون ضربه زدن بلوک های کرسی توسط کرسی طراحی و مورد استفاده قرار گرفت (کرسی^۵، ۱۹۷۲). این آزمون بر مبنای آزمون فراخنای ارقام طراحی شده است ولی به جای فرم کلامی موجود در آزمون فراخنای ارقام در این آزمون نیازمند استفاده از حافظه فعال دیداری-فضایی است. در حالت کلی فراخنای مستقیم آزمون کرسی نیازمند پشتیبانی لوح دیداری - فضایی بوده و هیچ نیازی به حلقه واج شناختی نیست و هنگامی که توالی موارد بازیابی بیش از سه یا چهار آیت می شود منابع مجری مرکزی مورد استفاده قرار می گیرد. اجرای آزمون کرسی بدین گونه است که شرکت کننده در صفحه کامپیوتر ۹ بلوک را می بیند که در هر کوشش چندتا از این بلوک ها با توالی خاص روشن می شود. تکلیف شرکت کننده این است که توالی روشن شدن بلوک ها را به یاد بسپارد و بعد از اتمام روشن شدن بلوک ها شرکت کننده با کلیک کردن روی بلوک ها توالی را تکرار کند. این آزمون ابتدا از ۲ بلوک آغاز شده و کم کم به تعداد بلوک های روشن در هر کوشش افزوده می شود. این آزمون تا ۹ بلوک ادامه پیدا می کند و در صورت دوبار اشتباه در یک توالی آزمون به پایان می رسد و طولانی ترین توالی یادآوری شده توسط شرکت کننده ثبت می شود و به طور کلی میانگین یادآوری برای شرکت کنندگان بهنجار ۵ بلوک

1. antisaccade task
2. Miyake
3. Plomecka
4. Corsi block-tapping test
5. Corsi

۱۴..... تأثیر همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا برحافظه فعال، آنتی‌ساکاد...

می‌باشد (آرس و مک‌مولن^۱، ۲۰۲۱). والکر^۲ و همکاران (۲۰۱۰) پایایی این آزمون را به‌روش آزمون - بازآزمون ۰/۷۳ بدست آوردند. در پژوهش حاضر، پایایی این آزمون به روش آزمون - بازآزمون، ۰/۸۱ به‌دست آمد.

همگام‌سازی امواج مغزی به روش ضربان‌های دوگوشی - محرک صوتی مطابق با پروتکل استفاده‌شده توسط کوپر^۳ (۲۰۲۱) برای ساخت ضربان‌های دوگوشی در باند آلفا برای درمان اضطراب ساخته‌شد. بدین‌منظور توسط نرم‌افزار Gnaural فرکانس پایه ۴۰۰ هرتز و فرکانس آفست ۴۱۰ هرتز انتخاب‌شده و فرکانس ۱۰ هرتز تولید شد. فرمت فایل خروجی با فرمت WAV و به مدت ۳۰ دقیقه می‌باشد که توسط هدفون دوگوشی به شرکت‌کنندگان ارائه شد.

روش اجرا

پس از انجام مراحل پیش‌آزمون توسط ابزارهای ارزیابی، جهت انجام مداخله، شرکت‌کنندگان طی مدت یک‌ماه و به‌مدت پنج‌روز در هفته در آزمایشگاه علوم اعصاب‌شناختی دانشگاه تبریز حضور یافته و فایل صوتی تولیدشده در باند آلفا به‌مدت ۳۰ دقیقه توسط تبلت ویندوزی فوجیتسو مدل Q616 اجرا و بوسیله هدفون Sparkle مدل b570c به شرکت‌کنندگان ارائه شد. باتوجه به وجود تفاوت‌های فردی در آستانه شنیداری، از شرکت‌کنندگان خواسته شد که میزان بلندی مناسب صدا را که برایشان به خوبی قابل شنیدن بوده و در عین حال آزاردهنده نباشد، انتخاب کنند. سپس از شرکت‌کنندگان خواسته شد درحالی‌که در صندلی در حالت آرمیده نشست‌اند، چشمان خود را بسته و به صوت گوش کنند. یک‌روز پس از اتمام آخرین جلسه مداخله، مرحله پس‌آزمون اجرا گردید. باتوجه به اینکه ضربان‌های دوگوشی پس از اجرا می‌تواند تا چندساعت اثر موقت داشته باشند، این وقفه یک روزه از این بابت ایجاد شد که اثر موقت ضربان‌های دوگوشی روی اجرای تکالیف شناختی، تأثیرگذار نباشد.

یافته‌ها

در پژوهش حاضر تعداد ۳۰ دانشجوی شرکت داشتند که شامل ۱۴ مرد و ۱۶ زن بود. میانگین سنی مردان ۲۱/۷۱ با انحراف استاندارد ۱/۴۳ و میانگین سنی زنان ۲۱/۵۶ با انحراف استاندارد ۱/۴۱ بود. یافته‌های توصیفی ارائه شده در جدول ۱، نشان‌دهنده افزایش نمرات حافظه فعال و آنتی‌ساکاد و کاهش نمرات اضطراب گروه آزمایش در مرحله پس‌آزمون می‌باشد.

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

پس آزمون		پیش آزمون		متغیرها
کنترل	آزمایش	کنترل	آزمایش	
میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین
انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار

1. Arce & McMullen
2. Walker
3. Cooper

حافظه فعال	۴/۸۳	۰/۵۵	۴/۷۶	۰/۷۰	۶	۰/۵۹	۵/۰۶	۰/۶۵
آنتی ساکاد	۰/۷۷	۰/۰۳	۰/۷۸	۰/۰۳	۰/۸۲	۰/۰۳	۰/۷۸	۰/۰۳
اضطراب	۳۲/۹۳	۵/۵۲	۳۴/۳۳	۵/۸۳	۳۰/۲۰	۳/۸۵	۳۳/۵۳	۵/۵۷

قبل از اجرای آزمون MANCOVA، پیش فرض‌های آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون کولموگروف - اسمیرنوف نشان داد که داده‌ها دارای توزیع نرمال می‌باشد ($p < ۰/۰۵$). مطابق جدول ۲ نتایج آزمون لون نیز نشان داد که مفروضه همگنی واریانس‌ها رعایت شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون لون

متغیرها	F	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	سطح معنی داری
حافظه فعال	۰/۰۸۰	۱	۲۸	۰/۷۷۹
آنتی ساکاد	۰/۷۰۸	۱	۲۸	۰/۴۰۷
اضطراب	۳/۲۹۳	۱	۲۸	۰/۰۸۰

همچنین نتایج آزمون M باکس نیز مطابق جدول ۳ نشان داد که پیش فرض همگنی ماتریس‌های واریانس - کوواریانس محقق شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون M-Box برای بررسی همگنی ماتریس‌های واریانس-کواریانس

متغیرهای وابسته	M باکس	F	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	سطح معنی داری
متغیرهای وابسته	۶/۴۵	۰/۹۵	۶	۵۶۸۰/۳۰	۰/۴۵

مطابق با جدول ۴ نتایج آزمون کورویت بارتلت نیز نشان داد که بین متغیرهای وابسته همبستگی متعارف وجود دارد.

جدول ۴. نتایج آزمون کورویت بارتلت

متغیرهای وابسته	نسبت درست‌نمایی	مجذور خی تقریبی	درجه آزادی	سطح معنی داری
متغیرهای وابسته	۰/۰۰۰	۲۳۹/۶۲	۵	۰/۰۰۱

آزمون معناداری تحلیل واریانس چندمتغیره نیز حاکی از این است که شاخص Wilks' lambda با نسبت ۴۰/۰۵ در سطح $P > ۰۰۰۱$ معنادار است. باتوجه به معنادار بودن آزمون تحلیل واریانس، از آزمون اثرات بین‌آزمودنی تحلیل کوواریانس استفاده شد که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود پس از حذف اثر پیش‌آزمون، تفاوت معنی‌داری بین نمرات پس‌آزمون گروه آزمایش و گروه کنترل در هر سه متغیر وابسته وجود دارد ($p < ۰/۰۵$). بعلاوه، مجذور اتا نشان می‌دهد که همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا ۴۶ درصد از واریانس حافظه فعال، ۵۸ درصد از واریانس آنتی ساکاد (بازداری حرکات چشم) و ۱۶ درصد از واریانس اضطراب را تبیین می‌کند.

۱۶..... تأثیر همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا بر حافظه فعال، آنتی‌ساکاد...

جدول ۵. نتایج تحلیل کوواریانس اثربخشی همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا بر متغیرهای پژوهش

منبع تغییرات	متغیر وابسته	مجموع مجذورات	درجات آزادی	F	سطح معناداری	مجذور اتا
گروه	حافظه فعال	۵/۹۰	۱	۲۱/۸۵	۰/۰۰۱	۰/۴۶
	آنتی ساکاد	۰/۰۱	۱	۳۴/۶۱	۰/۰۰۱	۰/۵۸
	اضطراب	۳۳/۹۷	۱	۴/۸۸	۰/۰۳	۰/۱۶
خطا	حافظه فعال	۶/۷۵	۲۵			
	آنتی ساکاد	۰/۰۰۸	۲۵			
	اضطراب	۱۷۳/۸۳	۲۵			
کل	حافظه فعال	۹۳۶	۳۰			
	آنتی ساکاد	۱۹/۵۰	۳۰			
	اضطراب	۳۱۱۹۲	۳۰			

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف مقایسه تأثیر همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا بر حافظه فعال، حرکات چشمی آنتی‌ساکاد و سطح اضطراب شرکت‌کنندگان اضطرابی انجام گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا می‌تواند باعث بهبود ظرفیت حافظه فعال، بهبود عملکرد آنتی‌ساکاد و کاهش سطح اضطراب دانشجویان اضطرابی شود. یافته‌های پژوهش حاضر با یافته‌های اولچوکو و همکاران (۲۰۲۱)، منزلت‌اوغلو و همکاران (۲۰۲۱)، کوپر و همکاران (۲۰۲۱) و پارودی و همکاران (۲۰۲۱) همسو می‌باشد.

در پژوهش حاضر، همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا منجر به بهبود حافظه فعال شد. در تبیین این یافته می‌توان گفت با توجه به این که موج آلفا نقش مهمی در پردازش حافظه فعال دارد (ویاندا و راس، ۲۰۱۹) بنابراین، نوسانات آلفا برای نگهداری حافظه فعال و فیلتر کردن عوامل حواس‌پرت‌کننده اهمیت بالایی دارد. همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا با القاء موج آلفا به مغز باعث افزایش این موج در مغز شده و عملکرد حافظه فعال را بهبود می‌بخشد. از سوی دیگر، اضطراب موجب مختل شدن حافظه فعال می‌شود (لوکاسیک و همکاران، ۲۰۱۹). بنابراین، افزایش موج آلفا و در نتیجه ایجاد حس آرامش و کاهش اضطراب نیز می‌تواند موجب افزایش عملکرد شرکت‌کنندگان در تکلیف حافظه فعال شود. همچنین، لازمه ورود اطلاعات به حافظه فعال، توجه کردن است و توجه نیز با بازداری اطلاعات نامربوط میسر می‌شود. بنابراین، موج آلفا بعنوان یک موج مهار می‌تواند با مهار اطلاعات نامرتب باعث توجه بهتر شده و در نتیجه ورود اطلاعات به حافظه فعال را تسهیل کند.

ازسوی دیگر، همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا منجر به بهبود عملکرد آنتی‌ساکاد (بازداری حرکات چشم) شد. سرکوب ورودی‌های حواس پرت کننده دیداری - فضایی توسط فعالیت موج آلفا هدایت می‌شود (ژائو و همکاران، ۲۰۲۳). از طرفی، اضطراب منجر به مختل شدن عملکرد شرکت‌کنندگان در تکلیف آنتی‌ساکاد می‌شود (تاد و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین، همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا، به‌طور مستقیم با افزایش موج آلفا در مغز، می‌تواند عملکرد شرکت‌کنندگان را در تکلیف آنتی‌ساکاد (بازداری حرکات چشم) بهبود بخشد و به‌طور غیر مستقیم از طریق کاهش اضطراب منجر به بهبود عملکرد شرکت‌کنندگان در این تکلیف می‌شود. همچنین، افراد اضطرابی معمولاً یک وضعیت گوش بزنگی دارند که باعث می‌شود به برخی محرک‌ها به‌طور سریع واکنش نشان دهند. در تکلیف آنتی‌ساکاد نیز، شرکت‌کنندگان در حالی که باید محرک اول را نادیده بگیرند تا بتوانند محرک دوم را ببینند، شرکت‌کنندگان اضطرابی نمی‌توانند محرک اول را نادیده بگیرند و در نتیجه نمی‌توانند به محرک دوم به درستی پاسخ دهند. با توجه به اینکه موج آلفا یک موج مهاری بوده و در مهار و سرکوب محرک‌های مزاحم نقش دارد، همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا می‌تواند با افزایش توانایی مهار و بازداری نسبت به محرک‌های مزاحم، باعث بهبود عملکرد آنتی‌ساکاد شود.

از طرفی، همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا منجر به کاهش اضطراب در شرکت‌کنندگان اضطرابی شد. فرضیه اصلی این است که مغز انسان امواج خود را مطابق با محرک‌های حسی بیرونی تغییر می‌دهد تا فعالیت عصبی را با محرک‌های ضربان‌های دو گوشه همگام کند (اینجندو همکاران، ۲۰۲۳). اعمال ضربان‌های صوتی دوگوشی پس از یک محرک اضطراب‌آور، سطح هدایت پوست و ضربان قلب را کاهش می‌دهد (کوپر، ۲۰۲۱). این افزایش آرامش و کاهش اضطراب می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت موج آلفا در مغز باشد. همچنین ضربان‌های دوگوشی ممکن است بر سیستم اعصاب خودمختار تأثیر بگذارد، به نحوی که فعالیت پاراسمپاتیک را افزایش داده و کاهش فعالیت سمپاتیک را تسهیل می‌کند (لونگ و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین ضربان‌های دوگوشی در باند آلفا با کاهش فعالیت سیستم اعصاب سمپاتیک، می‌تواند علائمی همچون تپش قلب، تنفس سریع و اسپاسم عضلانی را کاهش داده و باعث احساس آرامش در فرد شده و در نتیجه باعث کاهش علائم اضطراب شود.

نتیجه‌گیری می‌شود که همگام‌سازی امواج مغزی توسط ضربان‌های دوگوشی در باند آلفا، منجر به کاهش سطح اضطراب دانشجویان اضطرابی می‌شود. با توجه به این که اضطراب می‌تواند عملکردهای شناختی را مختل کند، کاهش اضطراب منجر به بهبود عملکرد شناختی شرکت‌کنندگان نیز می‌شود. ازسوی دیگر، موج آلفا به‌عنوان یک موج مهاری، اطلاعات و پردازش‌های اضافی و نامتناسب مغز را فیلتر کرده و منجر به بهبود عملکرد حافظه فعال و حرکات آنتی‌ساکاد چشم می‌شود. زیرا، برای وارد شدن اطلاعات از حافظه حسی به حافظه فعال، در گام اول بایستی به اطلاعات توجه شود و لازمه توجه نیز، بازداری اطلاعات نامرتب است. این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از ضربان‌های دو گوشه در باند آلفا هم با کاهش سطح اضطراب و هم با کمک به پردازش شناختی، می‌تواند به‌عنوان یک روش مداخلاتی ایمن و کم‌هزینه منجر به بهبود عملکرد دانشجویان اضطرابی شود.

۱۸ تأثیر همگام‌سازی امواج مغزی در باند آلفا برحافظه فعال، آنتی‌ساکاد...

از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به عدم امکان انتخاب نمونه‌های بالینی اشاره کرد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، مداخلات همگام‌سازی امواج مغزی بر روی نمونه‌های بالینی اضطراب اجرا شود. همچنین پیشنهاد می‌شود روش مداخلاتی ضربان‌های دوگوشی به‌عنوان یکی از روش‌های مداخلاتی در مراکز مشاوره دانشگاه‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری به کد اخلاق IR.TABRIZU.REC.1401.061 کمیته اخلاق زیست‌پزشکی دانشگاه تبریز می‌باشد. بدین وسیله از کلیه شرکت‌کنندگان این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- Adwas, A. A., Jbireal, J. M., & Azab, A. E. (2019). Anxiety: Insights into signs, symptoms, etiology, pathophysiology, and treatment. *East African Scholars Journal of Medical Sciences*, 2(10), 580-591. <https://doi.org/10.36349/EASMS.2019.v02i10.006>
- Arce, T., & McMullen, K. (2021). The Corsi Block-Tapping Test: Evaluating methodological practices with an eye towards modern digital frameworks. *Computers in Human Behavior Reports*, 4, 100099. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2021.100099>
- Aydmune, Y., Introzzi, I., & Lipina, S. (2019). Inhibitory processes training for school-age children: Transfer effects. *Developmental Neuropsychology*, 44(7), 513-542. <https://doi.org/10.1080/87565641.2019.1677667>
- Balderston, N. L., Flook, E., Hsiung, A., Liu, J., Thongarong, A., Stahl, S., ... & Grillon, C. (2020). Patients with anxiety disorders rely on bilateral dIPFC activation during verbal working memory. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 15(12), 1288-1298. <https://doi.org/10.1093/scan/nsaa146>
- Basu, S., & Banerjee, B. (2023). Potential of binaural beats intervention for improving memory and attention: insights from meta-analysis and systematic review. *Psychological Research*, 87(4), 951-963. <https://doi.org/10.1007/s00426-022-01706-7>
- Beck, A. T., Epstein, N., Brown, G., & Steer, R. A. (1988). An inventory for measuring clinical anxiety: psychometric properties. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 56(6), 893. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-006X.56.6.893>
- Beloe, P., & Derakshan, N. (2020). Adaptive working memory training can reduce anxiety and depression vulnerability in adolescents. *Developmental Science*, 23(4), e12831. <https://doi.org/10.1111/desc.12831>
- Cooper, K. (2021). *The Relaxing Effect of Binaural Beats*. Doctoral dissertation, Webster Vienna Private University, Austria.
- Eysenck, M. W., Moser, J. S., Derakshan, N., Hepsomali, P., & Allen, P. (2023). A neurocognitive account of attentional control theory: how does trait anxiety affect the brain's attentional networks?. *Cognition and Emotion*, 37(2), 220-237. <https://doi.org/10.1080/02699931.2022.2159936>
- Fernandez-Ruiz, J., Hakvoort Schwerdtfeger, R. M., Alahyane, N., Brien, D. C., Coe, B. C., & Munoz, D. P. (2020). Dorsolateral prefrontal cortex hyperactivity during inhibitory control in children with ADHD in the antisaccade task. *Brain Imaging and Behavior*, 14, 2450-2463. <https://doi.org/10.1007/s11682-019-00196-3>

- Hao, S., Shi, W., Liu, W., Chen, Q. Y., & Zhuo, M. (2023). Multiple modulatory roles of serotonin in chronic pain and injury-related anxiety. *Frontiers in Synaptic Neuroscience*, *15*, 1122381. <https://doi.org/10.3389/fnsyn.2023.1122381>
- Kang, W., Hernández, S. P., Rahman, M. S., Voigt, K., & Malvaso, A. (2022). Inhibitory control development: a network neuroscience perspective. *Frontiers in Psychology*, *13*, 651547. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.651547>
- Kenwood, M. M., Kalin, N. H., & Barbas, H. (2022). The prefrontal cortex, pathological anxiety, and anxiety disorders. *Neuropsychopharmacology*, *47*(1), 260-275. <https://doi.org/10.1038/s41386-021-01109-z>
- Koskinen, M. K., & Hovatta, I. (2023). Genetic insights into the neurobiology of anxiety. *Trends in Neurosciences*, *46*(4), 318-331. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2023.01.007>
- Le Scouranec, R. P., Poirier, R. M., Owens, J. E., & Gauthier, J. (2001). Use of binaural beat tapes for treatment of anxiety: a pilot study of tape preference and outcomes. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, *7*(1), 58. PMID: 11191043
- Loong, L. J., Ling, K. K., Tai, E. L. M., Kueh, Y. C., Kuan, G., & Hussein, A. (2022). The Effect of Binaural Beat Audio on Operative Pain and Anxiety in Cataract Surgery under Topical Anaesthesia: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(16), 10194. <https://doi.org/10.3390/ijerph191610194>
- Lukasik, K. M., Waris, O., Soveri, A., Lehtonen, M., & Laine, M. (2019). The relationship of anxiety and stress with working memory performance in a large non-depressed sample. *Frontiers in Psychology*, *10*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00004>
- Menziletoglu, D., Guler, A. Y., Cayir, T., & Isik, B. K. (2021). Binaural beats or 432 Hz music? which method is more effective for reducing preoperative dental anxiety?. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, *26*(1), e97. <https://doi.org/10.4317/medoral.24051>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, *41*(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Munir, S., Gondal, A.Z., & Takov, V., (2019). Generalized anxiety disorder. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441870>
- Ölçücü, M. T., Yılmaz, K., Karamık, K., Okuducu, Y., Özsoy, Ç., Aktaş, Y., ... & Ateş, M. (2021). Effects of listening to binaural beats on anxiety levels and pain scores in male patients undergoing cystoscopy and ureteral stent removal: A randomized placebo-controlled trial. *Journal of Endourology*, *35*(1), 54-61. <https://doi.org/10.1089/end.2020.0353>
- Ölçücü, M. T., Yılmaz, K., Karamık, K., Okuducu, Y., Özsoy, Ç., Aktaş, Y., ... & Ateş, M. (2021). Effects of listening to binaural beats on anxiety levels and pain scores in male patients undergoing cystoscopy and ureteral stent removal: a randomized placebo-controlled trial. *Journal of Endourology*, *35*(1), 54-61. <https://doi.org/10.1089/end.2020.0353>
- Parodi, A., Fodde, P., Pellecchia, T., Puntoni, M., Fracchia, E., & Mazzella, M. (2021). A randomized controlled study examining a novel binaural beat technique for treatment of preoperative anxiety in a group of women undergoing elective caesarean section. *Journal of Psychosomatic Obstetrics & Gynecology*, *42*(2), 147-151. <https://doi.org/10.1080/0167482X.2020.1751607>
- Płomecka, M. B., Barańczuk-Turska, Z., Pfeiffer, C., & Langer, N. (2020). Aging effects and test-retest reliability of inhibitory control for saccadic eye movements. *Eneuro*, *7*(5). <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0459-19.2020>

- Shi, R., Sharpe, L., & Abbott, M. (2019). A meta-analysis of the relationship between anxiety and attentional control. *Clinical psychology review*, 72, 101754. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2019.101754>
- Szuhany, K. L., & Simon, N. M. (2022). Anxiety disorders: A review. *Jama*, 328(24), 2431-2445. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.22744>
- Todd, J., Notebaert, L., & Clarke, P. J. (2022). The association between self-report and behavioural measure of attentional control: Evidence of no relationship between ACS scores and antisaccade performance. *Personality and Individual Differences*, 184, 111168. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2021.111168>
- Waldthaler, J., Vinding, M. C., Eriksson, A., Svenningsson, P., & Lundqvist, D. (2022). Neural correlates of impaired response inhibition in the antisaccade task in Parkinson's disease. *Behavioural Brain Research*, 422, 113763. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2022.113763>
- Waldthaler, J., Vinding, M. C., Eriksson, A., Svenningsson, P., & Lundqvist, D. (2022). Neural correlates of impaired response inhibition in the antisaccade task in Parkinson's disease. *Behavioural Brain Research*, 422, 113763. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2022.113763>
- Wei, H., Oei, T. P., & Zhou, R. (2022). Test anxiety impairs inhibitory control processes in a performance evaluation threat situation: Evidence from ERP. *Biological Psychology*, 168, 108241. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2021.108241>
- Wianda, E., & Ross, B. (2019). The roles of alpha oscillation in working memory retention. *Brain and Behavior*, 9(4), e01263. <https://doi.org/10.1002/brb3.1263>
- Yadav, Ghazal Suhani, Francisco José Cidral-Filho, and Ranjani B. Iyer. "Using mindfulness meditation and brainwave entrainment to improve teenage mental wellbeing." *Frontiers in Psychology* 12 (2021): 742892. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.742892>
- Zhao, C., Kong, Y., Li, D., Huang, J., Kong, L., Li, X., ... & Song, Y. (2023). Suppression of distracting inputs by visual-spatial cues is driven by anticipatory alpha activity. *PLoS Biology*, 21(3), e3002014. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002014>



This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0 license) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی