Research Article

Industrial and Organizational Psychology Studies

Ind Organ Psychol Stud
Fall & Winter 2024, 11(2), 177-189
https://doi.org/10.22055/jiops.2025.48051.1441

Received: 27.04.2024
Accepted: 06.09.2024

Frontal Lobe EEG Patterns and Executive Functions: Practical Implications for Organizational Setting

Salehe Piryaei[1]*, Parisa Rahnamaye Lashkami[2]

1. Assistant Professor, Department of Psychology, Refah University College, Tehran, Iran
2. PhD Student of Cognitive Neuroscience, Institute for Conitive and Brain Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Citation: Piryaei, S., & Rahnamaye Lashkami, P. (2025). Frontal Lobe EEG Patterns and Executive Functioning: Practical Implications for Organizational Setting. *Industrial and Organizational Psychology Studies*, *11*(2), 177-189.

Abstract

Introduction

The present study aimed to identify electroencephalographic (EEG) patterns of brain function, focusing on multi-regional waves in the frontal lobe, and to examine their relationship with executive functions in an organizational context. Executive functions, particularly working memory and cognitive flexibility, play a crucial role in workplace performance and organizational behavior. Despite the growing interest in neuroscientific approaches to organizational research, there remains a gap in our understanding of how specific EEG patterns correlate with executive functions in professional settings. This study seeks to bridge this gap by investigating the neurophysiological underpinnings of executive tasks among employees in a private institution in Tehran, Iran.

Method

The statistical population comprised all employees of an institution in Tehran in 2022. From this population, 22 participants were selected using simple random sampling and evaluated after meeting the study's inclusion criteria. The assessment of research variables was conducted using the Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB) and Quantitative Electroencephalography (QEEG). QEEG data were recorded using a Mitsar-202 device and Win-EEG software, with subsequent analysis performed using Neuroguide software. To examine the relationship between

* **Corresponding Author:** Salehe Piryaei
Email: Piryaei@refah.ac.ir

Authors retain the copyright and full publishing rights.
Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This article is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

EEG waves and executive functions of working memory and cognitive flexibility, partial correlation analysis was employed with Bonferroni correction, controlling for age and gender ($p<0.0071$).

Results

Partial correlation coefficients revealed significant relationships between delta and beta waves in the frontal region and participants' performance on the Intra-Extra Dimensional Set Shift (IED) task, a measure of cognitive flexibility, from the CANTAB battery. Additionally, significant correlations were observed between these EEG waves and performance on the Spatial Working Memory (SWM) task, assessing working memory capacity. These findings highlight the neurophysiological dynamics of delta and beta waves in adult cognitive performance, particularly in executive function domains crucial for workplace effectiveness.

Discussion

The results of this study underscore the neurophysiological dynamics of delta and beta waves in adult cognitive performance, specifically about executive functions vital for workplace effectiveness. By emphasizing the role of neurophysiological prerequisites for executive functions in the work environment, this research carries significant implications for both theoretical advancement and practical applications. From a theoretical perspective, it contributes to the growing body of literature on the neural correlates of executive functions, providing insights into the specific roles of delta and beta waves in cognitive flexibility and working memory. Practically, these findings have potential applications in the development of more effective employee selection tools and competency development programs within organizations. Future research could explore how these neurophysiological patterns might predict job performance or be modulated through targeted interventions to enhance executive functions in the workplace. Additionally, longitudinal studies could investigate the stability of these EEG patterns and their relationship to executive functions over time, potentially informing organizational strategies for employee development and performance optimization.

Keywords: EEG patterns, Executive functions, Frontal Lobe

مقاله پژوهشی

مطالعات روان‌شناسی صنعتی و سازمانی

پاییز و زمستان ۱۴۰۳، ۱۱(۲)، ۱۸۹-۱۷۷
https://doi.org/10.22055/jiops.2025.48051.1441

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۰۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۱۶

الگوهای الکتروانسفالوگرافی لوب پیشانی مغز و کارکردهای اجرایی: مضامین کاربردی در زمینه سازمان

صالحه پیریایی[1]*، پریسا رهنمای لشکامی[2]

۱. استادیار گروه روان‌شناسی، دانشکده رفاه، تهران، ایران
۲. دانشجوی دکتری علوم اعصاب شناختی، پژوهشکده علوم شناختی و مغز دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

هدف پژوهش حاضر شناسایی الگوهای الکتروانسفالوگرافی عملکرد مغز با توجه به امواج نواحی چندگانه در ناحیه پیشانی مغز و بررسی رابطه آن با کارکردهای اجرایی افراد در زمینه سازمان بود. جامعه آماری این مطالعه شامل کلیه کارکنان یک موسسه خصوصی در شهر تهران در سال ۱۴۰۱ بود و از این جامعه آماری تعداد ۲۲ نفر به شیوه نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب و پس از بررسی ملاک‌های ورود پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفتند. سنجش متغیرهای پژوهش حاضر از طریق بتری تست‌های خودکار عصب‌روان‌شناختی کمبریج (CANTAB) و الکتروانسفالوگرافی کمی (QEEG) با دستگاه Mitsar-202 و نرم‌افزار Win-EEG ثبت و در نرم‌افزار Neuroguide مورد تحلیل قرار گرفت. تجزیه و تحلیل همبستگی تفکیکی با اِعمال تصحیح بونفرونی به منظور بررسی رابطه امواج و کارکردهای اجرایی حافظه فعال و انعطاف‌پذیری شناختی پس از کنترل عوامل سن و جنسیت ($p<0.0071$) انجام شد. نتایج حاصل از ضرایب همبستگی تفکیکی حاکی از وجود روابط معنی‌دار میان امواج دلتا و بتا در ناحیه پیشانی با عملکرد افراد در شاخص انعطاف‌پذیری شناختی (IED) و همچنین شاخص حافظه فعال (SWM) در آزمون CANTAB بود. یافته‌های این مطالعه به پویایی عصب‌شناختی امواج دلتا و بتا در عملکرد بزرگسالان اشاره دارد و به دلیل تاکید بر نقش پیش‌نیازهای عصب‌شناختی کارکردهای اجرایی در محیط کار مضامین پژوهشی و کاربردی در زمینه ساخت ابزارهای گزینش و همچنین توسعه شایستگی‌ها در سازمان خواهد داشت.

کلیدواژگان: الگوهای الکتروانسفالوگرافی، کارکردهای اجرایی، قشر پیشانی مغز

* **نویسنده مسئول:** صالحه پیریایی
رایانامه: Piryaei@refah.ac.ir

مقدمه

نظام‌های نوین سازمانی، منابع انسانی را مهم‌ترین دارایی یک سازمان به شمار می‌آورند و ارج نهادن به افراد را مؤثرترین گام در مسیر تحقق اهداف سازمان می‌دانند. منابع انسانی زمینه‌ساز هرگونه تغییر و بهبود در بخش‌های سازمان است و می‌توان آن را محور دستیابی به اهداف سازمان دانست. طی سال‌های اخیر گام‌های عمده‌ای در پژوهش‌های روانشناسی صنعتی/سازمانی در جهت درک رفتار انسان و فرایندهای تصمیم‌گیری و عملکرد در محیط کار برداشته‌شده است. با توجه به ماهیت میان‌رشته‌ای این حوزه، تأکید ویژه‌ای بر به‌کارگیری مبانی علوم اعصاب شناختی در پژوهش‌ها و نظریه‌های سازمانی صورت گرفته است (Ward et al., 2015). پس از وقوع انقلاب شناختی در دهه ۱۹۵۰ جریان رو به گسترشی در راستای درک فرایندهای ذهنی افراد که تبیین‌کننده رفتار آن‌ها در موقعیت‌ها است شکل گرفت (Hannah et al., 2013). رویکرد نظری و روش‌شناختی علوم اعصاب، کاربردهای گسترده‌ای در مطالعه مفاهیم مختلف رفتار سازمانی همچون رهبری (Ashkanas,2013)، تدوین استراتژی (Hodgkinson & Healey,2011)، آموزش و کارآموزی نیروی انسانی (De holan, 2014) و بازاریابی (Page & Reymond, 2006) داشته است. چنین پیشرفت‌هایی منجر به توسعه شاخه جدیدی از علوم اعصاب شناختی تحت عنوان علوم اعصاب شناختی سازمانی ((organizational cognitive neuroscience (OCN) شده است (Butler et al., 2015). علوم اعصاب شناختی سازمانی شاخه‌ای از حوزه علوم اعصاب شناختی اجتماعی (social cognitive neuroscience) است که به‌عنوان یک گرایش مجزا به بررسی فرایندهای شناختی اثرگذار در تصمیمات، رفتارها و تعاملات افراد با یکدیگر در زمینه سازمان و در پاسخ به الزامات و موقعیت‌های سازمانی می‌پردازد (Becker et al., 2015). باید توجه داشت کانون رابطه علوم اعصاب شناختی و رفتار سازمانی (در قالب علوم اعصاب شناختی سازمانی) تنها مبتنی بر کاربرد روش‌های ویژه‌ای همچون تصویرسازی مغزی نیست بلکه علوم اعصاب شناختی سازمانی را می‌توان روشی برای تفکر در خصوص فرایندهای حرفه‌ای دانست که تعامل بین ساختار مغز، سیستم پردازش شناختی و فرایندهای روانی-اجتماعی را در مشاغل ویژه با توجه به مبانی عصب-روانشناختی موردبررسی قرار می‌دهد (Lee et al., 2012). براین اساس می‌توان این حوزه پژوهشی را به‌عنوان زمینه‌ای برای درک بهتر رفتار افراد و بهبود سطح عملکرد حرفه‌ای در سازمان برشمرد.

پیشرفت‌های تکنولوژیکی و نظری در حوزه علوم اعصاب شناختی طی ۱۵۰ سال گذشته نقش مهمی در درک ما از چگونگی تنظیم، مدیریت، سازمان‌دهی، و رؤیایی با محیط در فرایندهای مغز و شناخت داشته است و محققان رفتار سازمانی از این یافته‌های تجربی و روش‌شناسی در تبیین پدیده‌های سازمانی بهره برده‌اند. یکی از مهم‌ترین کارکردهای شناختی در راستای تبیین عملکرد حرفه‌ای افراد کارکردهای اجرایی (executive functions) است. کارکردهای اجرایی فرایندهای سازمان‌دهی و تنظیمی زیربنای مهم تفکر، رفتار و هیجان هستند (Eslinger & Flaherty , 2018) و باید آن‌ها را در حوزه مجزایی از سایر توانایی‌های شناختی عمومی همچون هوش، زبان، حافظه و درک فضایی در نظر گرفت. Eslinger & Flaherty (2018) کارکردهای اجرایی به فرایندهای سطح بالایی که فرد را قادر به برنامه‌ریزی، طبقه‌بندی، ایجاد، حفظ و تداوم رفتار در مسیر رسیدن به اهداف و سازگاری با شرایط می‌سازد، اشاره دارد. ازنظر Naglieri & Goldestein (2013) کارکردهای اجرایی نمایانگر یک پدیده واحد و به معنای کارایی فرد در فرایند اکتساب دانش در راستای حل کردن مشکلات پیش رو در ۹ حیطه توجه، تنظیم هیجان، انعطاف‌پذیری (working memory)، کنترل مهاری (working memory)، آغاز انجام کار (task initiation)، سازمان‌دهی، برنامه‌ریزی، خودپایی و حافظه فعال (working memory) است. حافظه فعال یکی از کارکردهای اجرایی مهم مغز و مرکز نگهداری موقت و پردازش اطلاعات مورد نیاز برای انجام وظایف پیچیده شناختی مانند استدلال، یادگیری و تصمیم‌گیری است. این نوع حافظه به افراد اجازه

می‌دهد تا اطلاعات مربوط را در مدت زمان کوتاهی حفظ کرده و در وظایف فوری و دارای اولویت به کار ببرند. این ظرفیت، که محدود است، برای حفظ توجه و پردازش کارآمد اطلاعات ضروری است (Stavroulaki, Kazantzaki, Bitsios, Giakoumaki,., & Sidiropoulou, 2018). مدارهای عصبی مختلفی، به ویژه در قشر پیش‌پیشانی در این نوع حافظه درگیر هستند و امکان ذخیره‌سازی و پردازش کارآمد اطلاعات را فراهم می‌کند. این مکانیسم‌ها اجازه می‌دهند تا به تقاضاهای شناختی به صورت انعطاف‌پذیر پاسخ داده شود و تعاملاتی بین نمایش‌های یکپارچه در قشر پیش‌پیشانی و نمایش‌های حسی ساختار یافته تسهیل گردد (Buschman, 2021). انعطاف‌پذیری شناختی، کارکرد اجرایی مهم دیگری است و به توانایی تنظیم تفکر و رفتار فرد در پاسخ به تغییر اهداف، قوانین یا محرک‌های محیطی اشاره دارد. این نوع انعطاف‌پذیری شامل ظرفیت جابه‌جایی توجه، تغییر بین مفاهیم مختلف و تطبیق استراتژی‌ها با شرایط جدید است (Guler & Aydin, 2022). به عنوان جنبه‌ای حیاتی از عملکرد اجرایی، انعطاف‌پذیری شناختی به افراد این امکان را می‌دهد تا مشکلات جدید را حل کنند، اطلاعات جدید را یکپارچه سازند و راه‌حل‌های نوآورانه ابداع کنند. بررسی پیشینه پژوهشی بیانگر آن است که انعطاف‌پذیری مهمترین همبسته حافظه فعال است (Toba, Malkinson, Howells, Mackie, & Spagna, 2020)، زیرا حافظه فعال عامل بالقوه توانایی فرد در نشان دادن انعطاف‌پذیری شناختی در مواجهه با وظایفی که نیاز به سازگاری افکار یا رفتار دارند، اشاره دارد (Orzechowski, Gruszka, & Michalik, 2023). بسترهای عصبی مشترک این دو کارکرد اجرایی که اغلب شامل ارتباطات بین مناطق پیش‌پیشانی و آهیانه (parietal regions) مغز هستند، بیانگر ماهیت درهم‌تنیده این دو عملکرد است.

یافته‌های نوین علوم اعصاب شناختی در راستای ارزیابی شناختی (cognitive assessment)، تأکید قابل‌ملاحظه‌ای بر مطالعه فعالیت‌های مغزی از طریق الکتروانسفالوگرافی (electroencephalography) در حین انجام تسک‌های شناختی (Cognitive tasks) مرتبط با کار و فعالیت‌های روزمره داشته‌اند. تسک‌های شناختی نقش اساسی در پژوهش‌های عصب‌روان‌شناسی برای ارزیابی کارکردهای پیچیده اجرایی دارند. در میان این تسک‌ها، بتری تست‌های خودکار عصب‌روان‌شناختی کمبریج (Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB)) به دلیل چارچوب قدرتمند و ماژول‌های ارزیابی متنوع آن، ازجمله آزمون‌های تغییر مجموعه درون‌بعدی-برون‌بعدی (Intra-Extra Dimensional Set Shift (IED)) و همچنین حافظه فعال فضایی (Spatial working memory (SWM)) که به‌طور خاص انعطاف‌پذیری شناختی و حافظه فعال را اندازه‌گیری می‌کنند، موردتوجه قرارگرفته‌اند. در بزرگسالان جوان سالم، ارزیابی عملکرد اجرایی از طریق CANTAB بینش‌های ارزشمندی در مورد نحوه مدیریت تغییر حالت‌های ذهنی و استراتژی‌ها در پاسخ به محرک‌های متنوع توسط مغز فراهم می‌کند.

مغز انسان، ساختار واحدی است که تمامی عملکردهای بدن را هماهنگ و هر جنبه از بدن را کنترل می‌کند و از بیش از ۱۰۰ میلیارد نورون تشکیل‌شده است (Herculano-Houzel, 2009). ارتباط بین نورون‌ها از طریق سیگنال‌های الکتریکی رخ می‌دهد که منجر به تولید جریان الکتریکی می‌شود و متعاقباً الگوهای موجی به نام "سیگنال‌های مغزی (brain signals)" را ایجاد می‌کند. مطالعات اخیر از تکنیک الکتروانسفالوگرافی کمی (quantitative electroencephalography (QEEG)) به‌منظور شناسایی الگوهای فعال‌سازی سیگنال‌های مغزی مرتبط با وظایف مدیریتی استفاده کرده‌اند و بینش‌های ارزشمندی درباره فعالیت امواج مغزی مرتبط با عملکردهای شناختی مهم مانند تصمیم‌گیری و هدف‌گذاری ارائه کرده‌اند. Balconi et al. (2024) به ارزیابی امواج مغز مدیران و غیرمدیران در حین انجام وظایف پیچیده حل مسئله در شرایط فردی و گروهی با استفاده از EEG پرداختند و عملکرد دو گروه را مورد مقایسه قراردادند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که هر دو گروه، فعال‌سازی‌های خاصی در قشر پیش‌پیشانی مرتبط با تفکر خلاق داشتند، اما فعال‌سازی امواج آلفای بالاتری در قشر پیش‌پیشانی چپ گروه مدیریتی مشاهده شد. این

یافته‌ها نشان‌دهنده فعالیت خاص مناطق مغزی مرتبط با عملکرد نقش‌های سازمانی است. همچنین در مطالعات دیگری کوهرنس (coherence) باندهای EEG به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده عملکردهای اجرایی موردبررسی قرارگرفته است. Basharpoor et al. (2021) کوهرنس EEG در باندهای فرکانسی تتا، آلفا و بتا در مناطق پیشانی را مورد بررسی قراردادند و ارتباطات معناداری با عملکردهای اجرایی، به‌ویژه در نیمکره چپ، یافتند. این مطالعه بر الگوهای فعالیت مشترک در قشر پیشانی به‌عنوان نشانگر قابلیت‌های کنترل شناختی مؤثر در کارکردهای سازمانی تأکید می‌کند. به عبارتی، روش‌شناسی‌های به‌کاررفته در این مطالعات متشکل از رویکردهای تحلیلی متنوعی مانند تحلیل کوهرنس و طیف توان است که شناسایی همبستگی‌های بین فعالیت EEG و عملکرد شناختی را تسهیل می‌کند. بنابراین، سنجش کوهرنس و توان امواج مغزی در کشف پویایی‌های عصبی زیربنایی فرآیندهای تصمیم‌گیری، هدف‌گذاری و عملکرد اجرایی گسترده‌تر، به‌ویژه در نقش‌های حرفه‌ای، ابزاری ضروری است.

مطالعات متعدد تمرکز ویژه‌ای بر قشر پیش‌پیشانی و لوب آهیانه‌ای به دلیل نقش‌های حیاتی آن‌ها در کارکردهای اجرایی، حافظه کاری و پردازش حسی داشته‌اند (Zhao et al.,. 2017). تحقیقات نشان داده‌اند که بار شناختی وظایف در الگوهای نوسانی EEG به‌صورت روند افزایشی در فعالیت‌های تتا (۴-۸ هرتز) و آلفا (۸-۱۳ هرتز) در پاسخ به افزایش تقاضای شناختی در مدارهای پیش‌پیشانی و آهیانه‌ای قابل‌مشاهده است (Jensen & Tesche, 2002). این باندهای فرکانسی با فرآیندهای حافظه کاری و توجه ارتباط دارند و شواهد نشان می‌دهند که افزایش فعالیت تتا با تداوم حافظه مرتبط است، درحالی‌که نوسانات آلفا ممکن است با تعدیل وظیفه و فرآیندهای مهاری در ارتباط باشد (Tuladhar et al., 2007). در جدول ۱ خلاصه‌ای از فعالیت نواحی مختلف مغز با تأکید بر امواج با توجه به نقش آن در کارکردهای شناختی مؤثر در زمینه سازمان ارائه شده است.

جدول ۱. مروری بر مطالعات درزمینه عملکرد الکتروانسفالوگرافی نواحی مغز و امواج مرتبط در کارکردهای شناختی

ردیف	منبع	نواحی مغزی	امواج مغزی	نقش در کارکردهای شناختی
۱	Palva et al.(2011)	لوب پیشانی لوب آهیانه‌ای	تتا، آلفا، بتا و گاما	فعالیت امواج تتا در این ناحیه با حافظه فعال و تصمیم‌گیری مرتبط است. امواج آلفا در این نواحی با نگهداری اطلاعات و کنترل مهاری مرتبط هستند.
۲	Zhao et al.(2017)	لوب پیشانی، آهیانه‌ای و گیجگاهی	تتا، آلفا و گاما	امواج آلفا و گاما در تشخیص محرک و پردازش اطلاعات مرتبط با تصمیم‌گیری به‌ویژه در تسک‌های شناختی حافظه فعال درگیر هستند. افزایش امواج تتا با تلاش شناختی بیشتر که مرتبط با تصمیم‌گیری مؤثر است، رابطه دارد.
۳	Berger(2015)	نواحی مرکزی قشر پیشانی میانی	تتا و گاما	افزایش امواج تتا نشانه افزایش الزامات تکلیف (task demands) و پیچیدگی فعالیت است. امواج گاما در این نواحی به دسترسی فرد به منابع شناختی موردنیاز در فرایند تصمیم‌گیری کمک می‌کند.
۴	Jensen and Tesche (2002)	لوب پیشانی	تتا	نوسانات تتا برای نگهداری و بازیابی اطلاعات از حافظه فعال در تصمیم‌گیری‌ها ضروری است.
۵	Kawasaki et al (2010)	لوب پیشانی، گیجگاهی و آهیانه‌ای	آلفا و تتا	نوسانات امواج آلفا و تتا بیانگر پیوندهای پویای کارکردهای اجرایی در تصمیم‌گیری است. تتا با دستکاری و کنترل شناختی مرتبط است.
۶	Bonnefond and Jensen(2013)	لوب آهیانه‌ای و پس سری	آلفا و گاما	تعدیل و سرکوب امواج آلفا در این ناحیه به انسداد عوامل حواس‌پرتی و منحرف‌کننده کمک می‌کند. فعالیت امواج گاما در این ناحیه برای حفظ تمرکز در زمان انجام تکلیف مهم است.

مطالعات در زمینه بررسی نوسانات عصبی، مانند پژوهش Roslan et al. (2016)، به فعالیت‌های امواج دلتا و بتا در حین انجام وظایف حل‌مسئله پرداخته‌اند. این تحقیق افزایش‌های قابل‌توجهی در فعالیت دلتا در حین حل‌مسئله نسبت به حالت استراحت را نشان می‌دهد، درحالی‌که فعالیت بتا در ناحیه پیشانی بالاتر است. مطالعاتی مانند پژوهش Khan et al.(2021) و Matsuo et al. (2023) نیز بر فعالیت‌های قشر پیشانی در زمینه توجه پایدار و تمرکز اشاره دارند، که از طریق الکتروانسفالوگرافی (EEG) تحلیل‌شده‌اند. این تحقیقات، داده‌های ارزشمندی درخصوص فعالیت قشر پیشانی و ارتباط آن با تسک‌های شناختی فراهم می‌آورند. از سوی دیگر، کاوش‌های مبتنی بر EEG در حوزه برنامه‌ریزی شناختی و تصمیم‌گیری، (مانند Domic-Siede et al. (2021) و Domic-Siede et al. (2023)) بیانگر نقش نشانگرهای احتمالی EEG مانند فعالیت تتا در عملکردهای شناختی هستند.

ازسوی دیگر، یکی از مهم‌ترین چالش‌های تلفیق حوزه علوم اعصاب شناختی و مبانی مدیریت و رفتار سازمانی تعیین جهت جریان علیت فعالیت‌های مغز به‌عنوان پیشایند اثرگذار بر رفتارهای ویژه در زمینه سازمان است. هرچند دسترسی به یافته‌های پژوهشی گام مهمی در راستای افزایش بینش‌های جدید در زمینه خاستگاه‌های عصبی رفتارهای مدیریتی اثربخش است اما گسترش مبانی نظری علوم اعصاب شناختی سازمانی کار آسانی نیست. باید توجه داشت مدیریت، فرایندی چندبعدی و متشکل از رفتارهای گوناگونی است. رفتارهای بیانگر کارایی و اثربخشی مدیریت را می‌توان شامل کنترل، درک هیجانی، مهارت‌های استدلال، بینش و تفکر و مهارت‌های ارتباطی دانست. از سویی چنین کارکردهایی مربوط به نواحی متفاوتی در مغز است. براین اساس، هرگونه ارتباط نظری بین رفتار فرد شاغل و فعالیت مغز ابتدا باید به رفتار مدیریتی دقیق و مشخص مورد نظر تفکیک شود و سپس به تعیین کارکرد موردنظر پرداخت. با توجه به پیشینه مطالعاتی محدود در مبانی عصبی فرایندهای حرفه‌ای، هدف پژوهش حاضر شناسایی خاستگاه‌های عصبی مغز و ارتباط آن با کارکردهای اجرایی افراد به‌ویژه کارکردهای اصلی شامل حافظه فعال و انعطاف‌پذیری شناختی در سازمان است

روش

جامعه آماری، نمونه و روش نمونه‌گیری

طرح پژوهش حاضر از نوع توصیفی و همبستگی است. در این مطالعه فعالیت الکتروفیزیولوژیک عملکرد مغز با توجه به امواج نواحی چندگانه در ناحیه پیشانی مغز بررسی و ارائه می‌شود. در ادامه تجزیه و تحلیل همبستگی تفکیکی با هدف بررسی رابطه فعالیت نواحی مختلف امواج مغزی و کارکردهای شناختی صورت گرفت. جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه افراد شاغل در یکی از مؤسسات خصوصی شهر تهران در سال ۱۴۰۱ به تعداد ۸۰ نفر بود که از میان آن‌ها به شیوه تصادفی ساده تعداد ۲۲ نفر به‌عنوان نمونه پژوهش حاضر انتخاب شدند. در نمونه مطالعه حاضر ۱۴ نفر (۶۳/۶٪) مرد و تعداد ۸ نفر (۳۶/۴ درصد) زن بودند. کلیه اعضای نمونه این مطالعه دارای حداقل ۵ سال سابقه کار و قرارداد پیمانی با شرکت بودند. همچنین میانگین سنی اعضای نمونه ۳۴/۲۳ گزارش گردید.

ابزار پژوهش

الکتروآنسفالوگرافی کمی (QEEG): الکتروآنسفالوگرافی کمی یک ابزار کمک تشخیصی است که با استفاده

از ثبت امواج مغزی، میزان فعالیت الکتریکی مغز را در قسمت‌های مختلف مغزی می‌سنجد. در این پژوهش از ثبت ۱۹ کاناله استفاده شد و فعالیت مغز در ۱۹ نقطه مغزی محاسبه گردید. الکترودها بر اساس سیستم بین‌المللی ۲۰-۱۰ روی سر قرارگرفته شدند. امواج از طریق دستگاه Mitsar-202 و نرم‌افزار Win-EEG ثبت شد و برای تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از نرم‌افزار Neuroguide استفاده شد.

The Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB): مجموعه رایانه‌ای خودکار ارزیابی عصب روان‌شناختی کنتب توسط Robbins and Sahakian در اواسط دهه ۱۹۸۰ برگرفته از تست‌های شناختی طراحی‌شده و برای ارزیابی طیف گسترده‌ای از کارکردهای عصب‌روان‌شناختی مورداستفاده قرار می‌گیرد. از میان اجزای مختلف آن، آزمون تغییر مجموعه درون‌بعدی-برون‌بعدی (IED) و آزمون حافظه کاری فضایی (SWM) به دلیل نقش برجسته در بررسی کارکردهای اجرایی، مانند انعطاف‌پذیری شناختی و حافظه کاری، شناخته‌شده هستند. روایی و پایایی این ابزار در مطالعات متعدد به‌عنوان یک مجموعه جامع و گسترده ارزیابی عصب روان‌شناختی رایانه‌ای مورد تأیید قرارگرفته است (Robbins, 1994). همچنین پژوهش‌های صورت گرفته آزمون کنتب را به‌عنوان یک ابزار ارزیابی حساس نسبت به عملکرد و آسیب‌های ناحیه پیشانی مغز به‌ویژه در نمونه بزرگسالان سالم مورد تأیید قرار داده‌اند (Robbins et al.1994). Roque et al. (2011) برای ارزیابی جوانان برزیلی از آزمون کنتب استفاده کردند و روایی مطلوبی گزارش کردند.

یافته‌ها

در جدول ۲ اطلاعات جمعیت‌شناختی و یافته‌های توصیفی متغیرهای مطالعه شامل میانگین و انحراف استاندارد ارائه‌شده است.

Table 2. Demographic characteristics and descriptive statistics

Variables	Total
n	22
Age mean (SD)	34.23 (14.061)
Gender male (%)	14 (63.6)
Intra-Extra Dimensional Set Shift (IED) mean (SD)	0.0577 (0.761)
Spatial Working Memory (SWM) mean (SD)	-0.0268 (1.145)

مطابق با جدول ۱ میانگین افراد در آزمون IED تغییر مجموعه درون‌بعدی-برون‌بعدی (شاخص انعطاف‌پذیری شناختی) معادل ۰/۰۵۷۷ و در آزمون حافظه فعال فضایی SWM (شاخص حافظه فعال) ۰/۰۲۶۸- بود.

به‌منظور بررسی ارتباط بین توان مطلق (absolute power) امواج در ناحیه پیشانی با کارکردهای اجرایی افراد با کنترل جنسیت و سن از ضریب همبستگی تفکیکی (partial correlation coefficient) استفاده شد و به‌منظور اصلاح خطای اندازه‌گیری در مطالعه حاضر تصحیح بونفرونی (Bonferroni correction) صورت گرفت. براین اساس، سطح آماری با در نظرگرفتن تعداد ارزیابی‌های انجام‌شده (۷ نقطه در قشر پیشانی) (۰/۰۵/۷) معادل (p<۰/۰۰۷۱) برآورد گردید. در جدول ۳ ضرایب همبستگی تفکیکی بین نقاط نواحی پیشانی (Fp1, Fp2, F3, F4, Fz, F7, F8) با شاخص‌های یادگیری قوانین و تغییر توجه در آزمون IED و حافظه فعال فضایی در آزمون SWM ارائه‌شده است.

Table 3.The results of the partial correlation analysis between executive functions and EEG analysis in the frontal lobe

Brain region	Absolute power	IED	SWM
Fp1	Delta	**-0.617***	-0.531
	Theta	-0.244	-0.195
	Alpha	-0.032	0.348
	Beta	-0.001	0.029
Fp2	Delta	-0.571	-0.47
	Theta	-0.221	-0.174
	Alpha	-0.055	0.333
	Beta	-0.77	0.054
F3	Delta	-0.093	-0.403
	Theta	-0.085	-0.125
	Alpha	-0.045	0.358
	Beta	-0.432	-0.1
F4	Delta	-0.492	-0.257
	Theta	-0.087	-0.138
	Alpha	-0.089	0.338
	Beta	-0.342	-0.01
Fz	Delta	-0.19	-0.218
	Theta	-0.108	-0.12
	Alpha	-0.063	0.355
	Beta	**0.79***	**0.628***
F7	Delta	**-0.688***	-0.548
	Theta	-0.124	-0.213
	Alpha	-0.056	0.343
	Beta	-0.129	-0.072
F8	Delta	-0.325	0.052
	Theta	-0.055	-.068
	Alpha	-0.14	0.278
	Beta	-0.332	-0.34

IED: Intra-Extra Dimensional Set Shift, completed stage errors(standard score)
SWM: Spatial Working Memory, between errors (standard score)
*P_{Bon}<0.007

ضرایب همبستگی ارائه شده در جدول ۳ نشان می‌دهد که بین شاخص تغییرمجموعه درون‌بعدی-برون‌بعدی (IED) و توان مطلق موج دلتا در نقاط Fp1 (۰/۶۱۷-) و در F7 (۰/۶۸۸-) رابطه منفی و معنی‌دار وجود دارد. از سویی، رابطه انعطاف‌پذیری شناختی در این شاخص با توان مطلق موج بتا در Fz نیز معنی‌دار (۰/۷۹) است. همچنین بین شاخص حافظه فعال فضایی (SWM) با توان مطلق موج بتا در Fz نیز رابطه معنی‌دار (۰/۶۲۸) محاسبه گردید. مجموع این یافته‌ها بیانگر وجود رابطه معنی‌دار کارکردهایی اجرایی با توان مطلق امواج دلتا و بتا در ناحیه پیشانی است. به عبارتی، افزایش توان مطلق امواج دلتا و کاهش توان مطلق بتا در نقاط خاصی از ناحیه پیشانی با کاهش کارکردهای اجرایی (IED و SWM) بزرگسالان همراه است.

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف بررسی رابطه بین امواج مغزی قشر پیش‌پیشانی و عملکردهای اجرایی، به‌ویژه انعطاف‌پذیری شناختی و حافظه فعال، با استفاده از ارزیابی‌های EEG در کنار آزمون‌های عصب‌شناختی انجام شد. یافته‌های پژوهش حاضر نشان‌دهنده رابطه منفی و معناداری بین امواج دلتا و بتا در قشر پیش‌پیشانی در طی ارزیابی عملکردهای اجرایی خاص (حافظه فعال و انعطاف‌پذیری شناختی) بود.

این یافته‌ها با پژوهش‌های موجود که بیانگر نقش‌های متمایز امواج دلتا و بتا در پردازش شناختی و به‌ویژه تسک‌های عملکرد اجرایی است، همسو است (Gordon et al, 2018). از سویی مطالعات متعددی به نقش امواج آلفا در ناحیه پیشانی با عملکرد شناختی بزرگسالان اشاره کرده‌اند که ناهمسو با یافته‌های مطالعه حاضر است (Arabi, Kouhbanani, Haghighi, & Ghaleni, 2023). هرچند امواج دلتا در پردازش‌های عمیق‌تر و کمتر آگاهانه که اغلب در حالات هوشیاری پایین‌تر یا خواب عمیق دیده می‌شود، موثر است اما دیدگاه‌های اخیر نشان می‌دهد که امواج دلتا در فعالیت‌هایی که به جداسازی و نادیده‌گرفتن محرک‌های مزاحم و کمک به تمرکز شناختی نیاز دارند، نیز نقش دارد (Basharpoor, et al, 2021). در مقابل، امواج بتا به‌طور معمول با فرآیندهای فعال فکری از جمله تصمیم‌گیری و کنترل توجه مرتبط است، که نشان‌دهنده نقش آن‌ها در افزایش تعامل با محیط و وظایف حافظه فعال است (Wang et al, 2020). رابطه منفی مشاهده شده در مطالعه حاضر ممکن است بیانگر وجود دینامیک رقابتی بین این نوع امواج باشد به گونه‌ای که افزایش فعالیت موج دلتا در قشر پیش‌پیشانی ممکن است تعامل شناختی مورد نیاز در انجام وظایف اجرایی را کاهش داده و منجر به کاهش کارآیی فرد در اجرای وظایف شود. همچنین فعالیت بیشتر موج بتا به‌طور معمول تعامل شناختی و هماهنگی اجرای وظایف را تسهیل می‌کند و به عملکرد بهتر فرد کمک می‌کند. به باور (Roslan, Amin, Izhar, Saad & Sivapalan, 2016) تعادل امواج مغزی موضوع مهمی در در عملکرد بهینه کارکردهای اجرایی است. بنابراین یافته‌های مطالعه حاضر، دیدگاهی جزئی‌نگرانه از چگونگی تنظیم تعامل امواج دلتا-بتا در مسیر انعطاف‌پذیری شناختی و حافظه فعال ارائه می‌کند.

یافته‌های پژوهش حاضر تاکید مهمی برنقش قشر پیش‌پیشانی در عملکردهای اجرایی دارد. قشر پیش‌پیشانی مرکز پردازش‌های شناختی پیچیده است که به دستکاری فعال اطلاعات و تصمیم‌گیری نیاز دارد. مطالعات متعددی حاکی از کاربرد ارزیابی‌های EEG در این ناحیه در پیش‌بینی تفاوت‌های عملکردی مرتبط با اجرای وظایف عملکردهای اجرایی است (Khan, et al, 2021). شواهد پژوهشی (Domic-Siede, et, al, 2023) نیز همسو با نتایج این مطالعه بیانگر همبستگی امواج بتا با برنامه‌ریزی مبتنی بر هدف و سازمان‌دهی است، و بینش‌های بیشتری درباره بنیان‌های عصبی مرتبط با اجرای وظایف CANTABفراهم می‌آورد.

کاربرد تسک‌های CANTAB به‌عنوان شاخص عملکرد شناختی بزرگسالان دراین مطالعه، امکان ارزیابی ساختار یافته‌ای را از رابطه بین الگوهای موج EEG و دامنه‌های خاص عملکرد اجرایی فراهم آورد. تکلیف IED بر انعطاف‌پذیری شناختی تمرکز دارد که به مشاهده دقیق قابلیت تغییر مجموعه‌ای و کنترل توجه، که برای سازگاری با محیط‌های در حال تغییر حیاتی است، کمک می‌کند. در تبیین یافته‌های پژوهش حاضر در خصوص روابط تسک شناختی IED با امواج می‌توان به رابطه بین کاهش فعالیت بتا و الگوهای دلتا در طی چنین وظایفی اشاره کرد که ناشی از افزایش بار شناختی (cognitive load) در هنگام انتقال بین مجموعه قوانین مختلف یا تغییرات ذهنی است (Matsuo et, al, 2023). همچنین تسک SWM به طور همزمان توانایی نگهداری و جابه‌جایی مجموعه‌های اطلاعاتی در حافظه فعال را ارزیابی می‌کنند و براین اساس، نقش امواج بتا در حفظ تمرکز شناختی فعال ضروری است (Domic-Siede, et. al, 2019). بنابراین امواج دلتا و بتا از طریق این دو کارکرد شناختی به عملکرد موفقیت‌آمیز فرد بزرگسال در وظایف شغلی پیچیده و چندتکلیفی موثر خواهد بود.

یافته‌های پژوهش حاضر بیانگر وجود تعامل پیچیده بین امواج دلتا و بتا در قشر پیش‌پیشانی مغز در زمان انجام وظایفی که به انعطاف‌پذیری شناختی و حافظه فعال نیاز دارند، تأکید می‌کند و نشان می‌دهد که چگونه پویایی‌های عصبی دقیق می‌تواند بر عملکرد وظایف در ارزیابی‌های CANTAB تأثیرگذار باشد. این نتایج نشان می‌دهد که عملکرد بهینه اجرایی به واسطه فعالیت‌های دلتا-بتا تنظیم می‌شود. به‌عبارتی، فعالیت بیش از اندازه دلتا می‌تواند با جلوگیری از تعامل شناختی مرتبط با بتا، کارایی وظایف را کاهش دهد و عملکرد فرد را در تکالیفی که مستلزم انعطاف‌پذیری، توجه و تمرکز است، محدود کند.

پژوهش حاضر در نمونه افراد شاغل انجام گرفت اما به دلیل محدودیت‌های اجرایی پژوهشگر امکان سنجش عملکرد تکلیفی کارکنان با استفاده از مشاهده و آزمون‌های معتبر فراهم نشد. از سویی به دلیل محدودیت دسترسی به افراد نمونه که

داوطلبانه آماده همکاری با پژوهشگران و انجام نقشه مغزی باشند، امکان انتخاب افرادی با سطح تحصیلات، سابقه کاری و سطوح قراردادی متفاوت فراهم نشد. پیشنهاد می‌شود پژوهشگران آتی به منظور ارزیابی دقیق‌تر همبسته‌های عصب شناختی به بررسی پیامدهای دور (far outcomes) امواج مغز در عملکرد شغلی و شایستگی‌های حرفه‌ای به ویژه در سطح مدیران بپردازند. یافته‌های مطالعه حاضر مضامین کاربردی برای سازمان‌ها و فعالان پژوهشی در حزوه روانشناسی صنعتی/سازمانی نیز در مسیر ارزیابی و توسعه کارکنان به همراه دارد. با توجه به اهمیت کارکردهای اجرایی در پایه در عملکرد حرفه‌ای کارکنان پیشنهاد می‌شود ابزارهای ارزیابی عصب شناختی در سطح امواج مغزی (مانند نقشه مغزی) و در سطح شناختی (مانند CANTAB) به دلیل قدرت تشخیصی قوی و اجتناب از سوگیری و عواملی همچون خستگی و ... در مجموعه بسته-های گزینش در سازمان‌ها قرار گیرد. همچنین سازمان‌ها می‌توانند از طریق مداخلات تخصصی توانمندسازی شناختی (cognitive rehabilitation treatment (CRT)) به تقویت پیش‌نیازهای شایستگی‌های حرفه‌ای در سطح شناختی اقدام کنند. تحقیقات آینده می‌تواند به بررسی اثربخشی مداخلات شناختی، مانند نوروتراپی (neurothrapy) و یا آموزش شناختی (cognitive training)، برای تنظیم فعالیت‌های موج و افزایش عملکرد شناختی در طیف وسیعی از وظایف اجرایی مرتبط با فعالیت‌های تخصصی کارکنان به گسترش این دامنه تحقیقاتی بیفزایند.

تشکر و قدردانی

در پایان از تمامی شرکت‌کنندگان در این پژوهش قدردانی می‌شود.

تضاد منافع

هیچگونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

References

Arabi, S. M., Kouhbanani, S. S., Haghighi, V. V., & Ghaleni, M. A. (2023). Relationship between the executive function of children and the duration of physical activity with the mediating role of alpha, beta and theta brainwaves. *Current Psychology, 42*(25), 21239-21248.

Ashkanasy, N. M. (2013). Neuroscience and leadership: Take care not to throw the baby out with the bathwater. *Journal of Management Inquiry, 22*(3), 311-313. https://doi.org/10.1177/1056492613478519

Balconi, M., Vandelli, G., & Angioletti, L. (2024). Be creative to innovate! EEG correlates of group decision-making in managers. *Sustainability, 16*(5), 2175. https://doi.org/10.3390/su16052175

Basharpoor, S., Heidari, F., & Molavi, P. (2021). EEG coherence in theta, alpha, and beta bands in frontal regions and executive functions. Applied Neuropsychology: *Adult, 28*(3), 310-317. https://doi.org/10.1080/23279095.2019.1632860

Becker, W. J., Cropanzano, R., & Sanfey, A. G. (2011). Organizational neuroscience: Taking organizational theory inside the neural black box. *Journal of Management, 37*(4), 933-961.

Becker, W. J., Volk, S., & Ward, M. K. (2015). Leveraging neuroscience for smarter approaches to workplace intelligence. *Human Resource Management Review, 25*(1), 56-67. https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2014.09.008

Berger, B. (2015). *Brain oscillatory signatures of working memory control processes* [Doctoral dissertation].

Bonnefond, M., & Jensen, O. (2013). The role of gamma and alpha oscillations for blocking out distraction. *Communicative & Integrative Biology, 6*(1), e22702. https://doi.org/10.4161/cib.22702

Butler, M., O'Broin, H., Lee, N., & Senior, C. (2015). How organizational cognitive neuroscience can deepen understanding of managerial decision-making: A review of the recent literature and future directions. *International Journal of Management Reviews, 18*. https://doi.org/10.1111/ijmr.12071

De Holan, P. M. (2014). It's all in your head: Why we need neuroentrepreneurship. *Journal of Management Inquiry, 23*(1), 93-97.

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology, 64*, 135-168. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750

Domic-Siede, M., Irani, M., Valdés, J., Perrone-Bertolotti, M., & Ossandón, T. (2019). Frontal midline theta reflects cognitive control during planning. BioRxiv, 648758.

Domic-Siede, M., Irani, M., Valdés, J., Rodríguez, M., Follet, B., Perrone-Bertolotti, M., & Ossandón, T. (2023). A visuospatial planning task coupled with eye-tracker and electroencephalogram systems. *JoVE (Journal of Visualized Experiments), 193*, e64622. https://doi.org/10.3791/64622

Eslinger, P. J., & Flaherty, C. (2018). *Executive functions and behavior across the lifespan.* In The Wiley handbook on the aging mind and brain (pp. 253-269). Wiley.

Gordon, S., Todder, D., Deutsch, I., Garbi, D., Getter, N., & Meiran, N. (2018). Are resting state spectral power measures related to executive functions in healthy young adults? *Neuropsychologia, 108*, 61-72.

Guler, K., & Aydin, A. (2022). Comparing the working memory capacity with cognitive flexibility, cognitive emotion regulation, and learning styles of university students: A domain general view. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders Extra, 12*(3), 131-149. https://doi.org/10.1159/000526731

Hannah, S. T., Balthazard, P. A., Waldman, D. A., Jennings, P. L., & Thatcher, R. W. (2013). The psychological and neurological bases of leader self-complexity and effects on adaptive decision-making. *Journal of Applied Psychology, 98*(3), 393-411. https://doi.org/10.1037/a0032257

Herculano-Houzel, S. (2009). The human brain in numbers: A linearly scaled-up primate brain. *Frontiers in Human Neuroscience, 3*, 31. https://doi.org/10.3389/neuro.09.031.2009

Hodgkinson, G. P., & Healey, M. P. (2011). Psychological foundations of dynamic capabilities: Reflexion and reflection in strategic management. *Strategic Management Journal, 32*(13), 1500-1516.

Jensen, O., & Tesche, C. D. (2002). Frontal theta activity in humans increases with memory load in a working memory task. *European Journal of Neuroscience, 15*(8), 1395-1399. https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.2002.01975.x

Kawasaki, M., Kitajo, K., & Yamaguchi, Y. (2010). Dynamic links between theta executive functions and alpha storage buffers in auditory and visual working memory. *European Journal of Neuroscience, 31*(9), 1683-1689. https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2010.07217.x

Khan, S. M., Mir, S. R., & Husain, A. (2021). An evaluation of sustained attention with frontal electroencephalogram. *Advances in Human Biology, 11*(1), 56-62. https://doi.org/10.4103/AIHB.AIHB_5_20

Lee, N., Senior, C., & Butler, M. (2012). The domain of organizational cognitive neuroscience. *Journal of Management, 38*, 921-931. https://doi.org/10.1177/0149206312439471

Matsuo, M., Higuchi, T., Miyabara, H., Higashijima, M., Oshikawa, T., Nakamura, M., ... & Higashionna, T. (2023). Assessing attentional task-related electroencephalogram signal variations by using mobile

electroencephalogram technology: An experimental study. *Medicine, 102*(42), e35801. https://doi.org/10.1097/md.0000000000035801

Orzechowski, J., Gruszka, A., & Michalik, K. (2023). The impact of working memory on divergent thinking flexibility. *Thinking & Reasoning, 29*(4), 643-662. https://doi.org/10.1080/13546783.2022.2037340

Page, G., & Raymond, J. (2006). *Cognitive neuroscience, marketing and research.* In ESOMAR Congress, London.

Palva, S., Kulashekhar, S., Hämäläinen, M., & Palva, J. M. (2011). Localization of cortical phase and amplitude dynamics during visual working memory encoding and retention. *Journal of Neuroscience, 31*(13), 5013-5025. https://doi.org/10.1523/jneurosci.5592-10.2011

Robbins, T. W. (1994). *Cambridge neuropsychological test automated battery (CANTAB): Utility and validation.* In IEE colloquium on computer-aided tests of drug effectiveness.

Robbins, T. W., James, M., Owen, A. M., Sahakian, B. J., Lawrence, A. D., McInnes, L., & Rabbitt, P. M. (1998). A study of performance on tests from the CANTAB battery sensitive to frontal lobe dysfunction in a large sample of normal volunteers: Implications for theories of executive functioning and cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society, 4*(5), 474-490. https://doi.org/10.1017/s1355617798455073

Roque, D. T., Teixeira, R. A. A., Zachi, E. C., & Ventura, D. F. (2011). The use of the Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB) in neuropsychological assessment: Application in Brazilian research with control children and adults with neurological disorders. *Psychology & Neuroscience, 4*(2), 255-265. https://doi.org/10.3922/j.psns.2011.2.011

Roslan, N. S., Amin, H. U., Izhar, L. I., Saad, M. N. M., & Sivapalan, S. (2016). *Role of EEG delta and beta oscillations during problem solving tasks.* In 2016 6th International Conference on Intelligent and Advanced Systems (ICIAS) (pp. 1-4). IEEE.

Stavroulaki, V., Kazantzaki, E., Bitsios, P., Giakoumaki, S. G., & Sidiropoulou, K. (2018). Effects of working memory training on cognitive flexibility in both men and women participants. *Dialogues in Clinical Neuroscience & Mental Health, 1*(S3).

Toba, M. N., Malkinson, T. S., Howells, H., Mackie, M. A., & Spagna, A. (2020). Same or different? A multi-method review on the relationships between processes underlying executive control. *PsyArXiv.* https://doi.org/10.31234/osf.io/ck3mb

Tuladhar, A. M., ter Huurne, N., Schoffelen, J. M., Maris, E., Oostenveld, R., & Jensen, O. (2007). Parieto-occipital sources account for the increase in alpha activity with working memory load. *Human Brain Mapping, 28*(8), 785-792. https://doi.org/10.1002/hbm.20306

Wang, C., Zhu, M., Wang, X., Wang, X., Zhang, H., Deng, H., ... & Li, G. (2020). *Time-frequency analysis of electroencephalogram signals in a cognitive decision-making task.* In 2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC) (pp. 3469-3472). IEEE.

Zhao, X., Li, X., & Yao, L. (2017). Localized fluctuant oscillatory activity by working memory load: A simultaneous EEG-fMRI study. *Frontiers in Behavioral Neuroscience,* 11. https://doi.org/10.3389/fnbeh.2017.00215