

The Effect of transcranial Direct Current Stimulation on the Cognitive Flexibility and Memory Span in Patients suffering from Temporal Lobe Epilepsy

Authors

Shahin Azmoodeh¹, Ismaeil Soleimani^{2*}, Ali Issazadegan³

1. Ph.D. Student in Psychology, Department of Psychology, Faculty of Literature and Humanities, Urmia University, Urmia, Iran.

2. Associate Professor in Psychology, Department of Psychology, Faculty of Literature and Humanities, Urmia University, Urmia, Iran. (Corresponding Author)

3. Professor in Psychology, Department of Psychology, Faculty of Literature and Humanities, Urmia University, Urmia, Iran.

Abstract

Receive Date:
02/02/2020

Accept Date:
01/07/2020

Introduction: Epilepsy is a neurological and chronic disorder that affects the central nervous system. This disorder has negative effects on cognitive abilities. The purpose of the current study was to evaluate the effectiveness of transcranial direct current stimulation on cognitive flexibility and memory span in patients suffering from epilepsy in the temporal lobe.

Method: The present study had a semi-experimental design with pre and post-tests, and was performed on experimental and control groups. The statistical sample included 30 epileptic patients who had referred to private medical centers in Urmia for treatment. Cognitive abilities were measured via Cognitive Flexibility questionnaire and Wechsler Numerical Memory Scale. After the pretest, 15 subjects were randomly assigned to the experimental group and 15 subjects were placed in the control group. Patients in the experimental group received direct transcranial electrical stimulation for 10 sessions with an intensity of 1.5 mA for 20 minutes. Anode electrode was placed in the F3 region and cathode electrode in F4. Then posttest was conducted for both groups and data were analyzed by multivariate covariance analysis.

Results: The results of the analysis showed that there is a significant difference between the two groups in terms of cognitive flexibility and memory expansion; This means that the direct transcranial electrical stimulation intervention method has improved the mean score of cognitive flexibility as well as memory expanse in patients.

Discussion and conclusion: The results showed that direct transcranial electrical stimulation can be an effective intervention to improve cognitive flexibility and working memory in people with epilepsy; And physicians and psychologists working in this field can use this method along with other interventions to solve patients' cognitive problems.

Keywords

Cognitive flexibility, Direct transcranial electrical stimulation, Memory span, Epilepsy.

Corresponding Author's E-mail

soleymany.psy@gmail.com

This article is extracted from the Ph.D. dissertation of the first author.

اثر بخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر انعطاف‌پذیری شناختی و فراخنای حافظه بیماران مبتلا به اختلال صرع لوب گیجگاهی

نویسندگان

شهین آزموده^۱، اسماعیل سلیمانی^{۲*}، علی عیسی‌زادگان^۳

۱. دانشجوی دکتری روانشناسی، گروه روانشناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲. دانشیار، گروه روانشناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (نویسنده مسئول)

۳. استاد، گروه روانشناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

مقدمه: صرع یک بیماری نورولوژیکی و مزمن می‌باشد که دستگاه عصبی مرکزی را درگیر می‌کند. این اختلال تأثیرات منفی بر توانایی‌های شناختی دارد. هدف از این مطالعه، بررسی اثر بخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر انعطاف‌پذیری شناختی و فراخنای حافظه بیماران مبتلا به اختلال صرع لوب گیجگاهی می‌باشد.

روش: مطالعه حاضر دارای طرح نیمه‌آزمایشی با پیش‌آزمون - پس‌آزمون بوده و بر روی دو گروه آزمایشی و کنترل اجرا شد. نمونه آماری شامل ۳۰ نفر از بیماران صرعی بود که برای درمان به مراکز درمانی خصوصی شهرستان ارومیه مراجعه کرده بودند. توانمندی‌های شناختی با استفاده از پرسشنامه انعطاف‌پذیری شناختی و مقیاس حافظه‌ی عددی و کسلر سنجیده شدند. پس از انجام پیش‌آزمون، ۱۵ نفر به صورت تصادفی در گروه آزمایش و ۱۵ نفر در گروه کنترل قرار گرفتند. بیماران در گروه آزمایشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای را به مدت ۱۰ جلسه با شدت ۱/۵ میلی‌آمپر و به مدت ۲۰ دقیقه دریافت کردند. الکتروود آند در ناحیه‌ی اف ۳ و الکتروود کاتد در اف ۴ قرار گرفت. سپس پس‌آزمون برای هر دو گروه اجرا شد و نتایج با استفاده از تحلیل کوواریانس چندمتغیره مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج: نتایج حاصل از تحلیل نشان داد که بین دو گروه از نظر انعطاف‌پذیری شناختی و فراخنای حافظه تفاوت معنی‌داری وجود دارد؛ بدین معنی که روش مداخله‌ی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای موجب ارتقای میانگین نمره‌ی انعطاف‌پذیری شناختی و نیز فراخنای حافظه در بیماران شده است.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای می‌تواند، مداخله‌ای موثر در راستای بهبود انعطاف‌پذیری شناختی و حافظه‌ی فعال در افراد مبتلا به اختلال صرع باشد؛ و پزشکان و روان‌شناسان فعال در این حوزه می‌توانند در کنار سایر مداخلات جهت حل مشکلات شناختی بیماران، از این روش نیز بهره‌گیرند.

کلیدواژه‌ها

انعطاف‌پذیری شناختی، تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای، حافظه، صرع.

نشانی پست

الکترونیکی

نویسنده مسئول

soleymany.psy@gmail.com

این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول است.

مقدمه

سرع^۱ یکی از رایجترین اختلالات نورولوژیکی می‌باشد؛ که بیش از ۶۰ میلیون نفر (۱ درصد کل جمعیت جهان) را در سراسر جهان تحت تاثیر قرار داده است [۱]. شاخص‌ترین ویژگی اختلال سرع تشنج‌ها می‌باشند؛ اما همین ویژگی تعریف این اختلال را همواره با مشکل مواجه کرده‌است؛ زیرا، تشنج‌ها مختص این بیماری نبوده و می‌توانند به سبب تب یا برخی داروهای دیگر نیز ایجاد شوند [۲]. تشنج به معنای فعالیت غیر طبیعی و بیش از حد و یا همزمان نوروها در مغز می‌باشد [۳]. براساس تعریف قدیمی تشنج سرعی به دلیل افزایش در تحریک‌پذیری و کاهش در بازداری است [۴]. تشنج‌ها در هر بخشی از زندگی ممکن است شروع شوند، برخی از افراد در بخشی از زندگی و برخی در تمام طول زندگی با این بیماری درگیرند. به طور متوسط مدت بیماری حدود ۱۳ سال تقریب زده شده‌است [۵]. بولینگ^۲ و همکاران [۶] در یک مقاله‌ی مروری عنوان کردند که این اختلال ممکن است در هر سنی رخ دهد؛ اما بیشتر افراد کم درآمد دچار این بیماری می‌شوند؛ به طوریکه شیوع در کشورهای فقیر ۱۰ برابر کشورهای پیشرفته می‌باشد. نرخ شیوع در نواحی مختلف آفریقا از ۴۹ تا ۲۱۵ نفر در هر ۱۰۰۰۰۰ متغیر می‌باشد. این محققان در بررسی پیشینه‌ها به این نتیجه رسیدند؛ که میزان شیوع در نواحی شهری در حدود ۰/۶ درصد می‌باشد. در آسیا، اروپا و آمریکای شمالی نیز حدود ۰/۸ درصد گزارش شده است. میزان شیوع در ایران نسبت به کشورهای مشابه بالاتر است و تا سال ۱۳۸۹ حدود ۵ درصد برآورد شده بود. گفته می‌شود، حدود ۵۰ میلیون نفر در کل دنیا از این بیماری رنج می‌برند [۷]. در مجموع آمارهای ارائه شده متفاوتند؛ بطوریکه، از ۰/۵ تا ۳ درصد متغیر هستند [۸]. در سبب‌شناسی این اختلال می‌توان گفت، اگر مسائلی مانند اختلالات متابولیکی، عفونت‌ها، ضربه‌های مغزی، آنوکسیا، مسمومیت‌ها، تومور، سکت، و موارد دیگر به موقع درمان شوند منجر به سرع نمی‌شوند؛ اما در صورت شدید بودن بیماری و یا درمان نادرست یا عدم درمان به سرع می‌انجامد [۵]. هر بخشی از سر که به هر دلیلی دارای بافت معیوب و ناهنجار باشد مستعد سرع است.

از اختلالات متابولیکی نیز می‌توان هیپوکلسمی^۴ را مطرح کرد. از آنجایی که کلسیم برای آزادسازی عصبی و انقباض ماهیچه‌ای مورد نیاز است، کمبود کلسیم موجب کاهش تحریک‌پذیری عصبی می‌شود؛ ولی علی‌رغم کاهش تحریک‌پذیری موجبات سرع را نیز فراهم می‌کند [۹]. وزانی^۵ و همکاران، [۱۰] نیز مطرح کرده‌اند که حداقل ۴۰ درصد همه‌ی سرع‌ها دارای علل ساختاری یا متابولیکی هستند. در کودک تازه متولد شده، بیماری انگلی توکسوپلازما؛ در کودک خردسال؛ ویروس هرپس و در افراد بزرگسال بیماری جنون گاوی^۶ می‌تواند موجب بروز تشنج سرعی شود [۱۱]. در بین انواع مختلف تومور مغزی نیز، سرع در ۷۰ تا ۸۰ درصد افرادی که مبتلا به تومور گلیونورونال^۷ هستند، دیده می‌شود [۱۲]. در بیماران سرعی علاوه بر وقوع تشنج، علائم دیگری مانند حالت رویاگونه، حس بیگانگی، انقباض ماهیچه‌های بدن، درد اپی‌گاستر، تنگی نفس، خفگی، دلمشغولی، سردرد، سرگیجه، عطسه، خمیازه و استفراغ نیز دیده می‌شود [۱۳]. علاوه بر مسائل جسمانی حاصل از این اختلال برخی مسائل شناختی [۱۴] و روانشناختی [۱۵] نیز این بیماران را درگیر می‌کند. مسائلی از قبیل نقص در حافظه، ناتوانی یادگیری، مشکلات رفتاری و روابط اجتماعی ضعیف در این اشخاص مشهود است. شیوع مشکلات حافظه در بیماران سرعی حدود ۲۰ تا ۵۰ درصد گزارش شده است، یعنی حدود نصف بیماران مشکلات حافظه را در زندگی روزمره گزارش می‌کنند [۱۶]. تشنج‌های حاصل از سرع موجب تغییرات مورفولوژیکی و کارکردی در مغز، شناخت و روان می‌شود و گاهی علی‌رغم قطع تشنجات، مشکلات روانشناختی تداوم دارند [۱۷]. در یک مطالعه‌ی مروری هرمن و سیدنبرگ^۸، [۱۸] چهار مورد از شش مطالعه‌ی بررسی شده وجود نقایص شناختی را در هنگام شروع سرع تایید کردند. مطالعه‌ی دیگری ادعان داشت که شروع نقایص شناختی ده ماه بعد از شروع تشنج‌ها می‌باشد [۱۹]. تامپسون و کورکوران^۹، [۲۰] با مطالعه‌ی ۷۰۰ نفر بیمار سرعی، عنوان کردند ۵۴ درصد از این افراد نقایصی را در حافظه نشان می‌دهند. مطالعه‌ی گالاسی^{۱۰} [۲۱] نیز حاکی از این مورد بود. پوندز و هندریکز^{۱۱}، [۲۲] نیز نشان دادند که در افراد

¹ Epilepsy² seizure³ Boling⁴ hypocalcemia⁵ Vezzani⁶ Creutzfeldt-Jakob disease⁷ glioneuronal tumor⁸ Herman & Seidenberg⁹ Thompson & Corcoran¹⁰ Gallassi¹¹ Ponds & Hendriks

جلسات به مدت ۲۰ دقیقه و شدت ۲ میلی آمپر و به مدت ۱۰ روز پشت سر هم اجرا شد. نتایج نشان داد که یک ماه بعد از درمان نیز توجه و حافظه‌ی فعال به طور معنی‌داری بهبود یافته است. دل فلیس^۶ و همکاران [۳۵] در مطالعه‌ی خود تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم-نوسانی^۷ را بر روی ۱۲ بیمار دارای صرع لوب تمپورال به مدت ۳۰ دقیقه و با شدت (۰/۷۵ Hz ؛ ۰/۷۵ μV -۲۵۰) بکار گرفتند. نتایج نشان داد که تحریک آندی موجب بهبود حافظه‌ی بینایی-فضایی و حافظه‌ی اخباری می‌شود. راف^۸ و همکاران [۳۶] تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای را در قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی^۹ اعمال کردند. در این مطالعه تفاوت بین تکالیف متجانس (عملکرد فضایی نیمکره‌ی راست و عملکرد کلامی نیمکره‌ی چپ) و تکالیف نامتجانس (عملکرد فضایی نیمکره‌ی چپ و عملکرد کلامی نیمکره‌ی راست) و گروه گواه از نظر حافظه‌ی فعال مورد مطالعه قرار گرفت. ۷۱ بزرگسال سالم با ۱ میلی‌آمپر جریان الکتریکی از ناحیه راست و چپ قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی در طی سه جلسه تحریک شدند، البته لازم به ذکر است که در ابتدا یک جلسه نیز برای تعیین خط پایه و یک جلسه نیز برای پیگیری در نظر گرفته شد. نتایج نشان‌دهنده‌ی افزایش منحنی یادگیری در حافظه‌ی فعال بود. کاپون^{۱۰} و همکاران [۳۷] اثر بخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر بازتوانی شناختی را به صورت مطالعه‌ی مروری مورد بررسی قرار دادند. بررسی مطالعات نشان داد که این روش بر شناخت اثرگذار است. مواردی که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای باعث بهبود و ارتقای آنها می‌شود؛ شامل تصمیم‌گیری، انعطاف‌پذیری شناختی، و حافظه‌ی فعال است. نجاتی و همکاران [۳۸] گزارش کردند که تحریک آندی قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی چپ باعث بهبود عملکرد اجرایی در افراد بیش‌فعالی و نقص توجه^{۱۱} می‌شود. در این مطالعه شدت تحریک ۱ میلی‌آمپر، به مدت ۱۵ دقیقه و فاصله‌ی بین جلسات ۷۲ ساعت بود. تحریک توام ناحیه‌ی قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی و قشر

دارای صرع، مشکلات تمرکز و توجه، نقص در عملکرد اجرایی^۱ و حافظه دیده می‌شود. صرع گیجگاهی با ناهنجاری‌های ساختاری خاصی همراه است که ساختار لیمبیک همچون لوب فرونتال را درگیر می‌کند، از آنجایی که فرآیندهای شناختی مانند کارکردهای اجرایی، حافظه‌ی فعال، تصمیم‌گیری، انعطاف‌پذیری شناختی و توجه مربوط به این بخش می‌باشد، بنابراین وجود نقایص شناختی در بیماران صرعی محتمل است [۲۳]. انعطاف‌پذیری شناختی قابلیت بشر برای مواجهه با موقعیتهای جدید و غیرمنتظره در محیط است [۲۴]. در افراد مبتلا به صرع گیجگاهی که همزمان افسردگی هم دارند این قابلیت پایین‌تر است [۲۵]. با توجه به تحقیقات انجام شده وجود نقایص شناختی در این بیماران امری بدیهی است و تاثیراتی جدی بر زندگی آنها می‌گذارد [۲۶]. در راستای حل مشکلات این افراد درمانهایی مانند رفتار درمانی دیالکتیکی [۲۷]؛ رفتار درمانی شناختی [۲۸ و ۲۹] درمان مبتنی بر پذیرش و تعهد [۳۰] شناخت درمانی مبتنی بر ذهن‌آگاهی^۲ [۳۱] توسط روانشناسان به کار گرفته شده‌اند. در پژوهش حاضر اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای^۳ مورد استفاده قرار گرفته است.

روش تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای، روشی غیرتهاجمی و قابل اعتماد است که قشر مغز را هدف قرار داده و تحریک‌پذیری قشر را تعدیل می‌کند [۳۲]. این روش اساساً با الکتروشوک درمانی^۴ متفاوت می‌باشد؛ چرا که الکتروشوک درمانی با ایجاد تشنجاتی به دنبال درمان است؛ اما تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای عملکرد مغز را به واسطه‌ی جریانی متناوب تعدیل کرده و تغییراتی را که در مغز ایجاد می‌کند، بدون ایجاد تشنج می‌باشد. جریانی که دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای ایجاد می‌کند مابین ۰/۲۵ تا ۲ میلی‌آمپر می‌باشد؛ که در مقایسه با الکتروشوک درمانی (۸۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌آمپر) بسیار اندک است [۳۳]. احمدی کارویژه، معتمدی، ارزانی، و روشن، [۳۴] تحریک الکتریکی مغز از روی جمجمه بصورت کانونی^۵ را در بیماران صرع مقاوم به درمان لوب پیشانی-جانبی بکار گرفتند و الکتروود کاتد را در ناحیه‌ی مستعد صرع قرار دادند.

¹ Executive function

² mindfulness-based cognitive therapy

³ transcranial direct current stimulation

⁴ Electroconvulsive therapy (ECT)

⁵ High-Definition transcranial Direct Current Stimulation (HD-tDCS)

⁶ Del Felice

⁷ Oscillatory transcranial Direct Current Stimulation-OtDCS

⁸ Ruf

⁹ Dorsolateral prefrontal cortex

¹⁰ Cappon

¹¹ Attention deficit hyperactivity disorder

پیش حدقه ای^۱ باعث انعطاف شناختی کودک شد.

دپائولو^۲ و همکاران، [۳۹] با استفاده از تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجه‌ای ناحیه‌ی قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی چپ را با هدف ارتقای عملکرد شناختی تحریک کردند. شدت تحریک ۲ میلی‌آمپر بود. در این پژوهش ارتقای انعطاف‌پذیری شناختی و حافظه‌ی فعال معنی‌دار بود. ترومبو^۳ و همکاران [۴۰] افزایش عملکرد حافظه‌ی فعال را با کمک دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجه‌ای مورد مطالعه قراردادند. آزمودنی‌ها تحریک ۲ میلی‌آمپر را در نیمه‌ی راست قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی دریافت کردند، نتایج نشان داد که ارائه‌ی همزمان تکالیف ارتقادهنده‌ی حافظه و تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجه‌ای به صورت همزمان، ارتقای شناختی را به همراه دارد. لیو^۴ و همکاران، [۴۱] تاثیر تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجه‌ای را بر حافظه‌ی فعال و خلق بیماران مبتلا به صرع گیجگاهی مورد بررسی قراردادند. تحریک آندی با شدت ۲ میلی‌آمپر، به مدت ۲۰ دقیقه و در ۵ جلسه به ناحیه‌ی قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی اعمال شد. در نهایت مقایسه‌ی گروه کنترل با گروه آزمایش نشان دهنده‌ی ارتقای خلق در گروه آزمایش بود؛ اما در حافظه‌ی فعال تغییری مشاهده نشد. جو^۵ و همکاران، [۴۲] ارتقای حافظه‌ی فعال را در بیماران سکته‌ی مغزی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که تحریک آندی قشر پیش‌پیشانی چپ با ارتقای حافظه‌ی فعال در این بیماران همراه بود. بیستاد^۶ و همکاران، [۴۳] تاثیر تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجه‌ای را بر حافظه‌ی کلامی بیماران آلزایمری مورد بررسی قرار دادند، این محققان با استفاده از شدت ۲ میلی‌آمپر به مدت ۳۰ دقیقه و در ۶ جلسه اثبات کردند که گروه تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجه‌ای در مقایسه با گروه کنترل بهبودی معناداری را در اختلالات حافظه نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج پژوهشهای انجام شده این اختلال به سبب آسیب زدن به شناخت، نحوه‌ی تفکر، یادگیری، یادآوری، و بیان عواطف را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. تشنج‌ها بخش قابل مشاهده‌ی هستند اما آسیبهایی که به روح و روان و شناخت این افراد وارد می‌شوند، اغلب نادیده گرفته می‌شوند. بعبارت دیگر خانواده‌ها و خود بیماران از بس درگیر مشکلات جسمانی‌اند که از این بخش حیاتی غافل می‌شوند. بنابراین این روش مداخله می‌تواند به حل برخی از مشکلات

این بیماران کمک کند. از آنجایی که در این تکنیک جریان الکتریکی استفاده می‌شود یکسری پیش‌دآوری‌ها در مورد اثرات سوء این روش بر روی تشنج وجود دارد، به دلیل وجود این پیش‌زمینه‌ی ذهنی محققان زیادی از کاربرد این روش بر روی بیماران صرعی ابا دارند و این باعث خلاء پژوهشی در این حوزه شده است. اما مطالعه‌ی مروری سان-ژوان و همکاران، [۴۴] نشان‌دهنده‌ی اثرات مثبت این روش بر روی کاهش تشنجات این بیماران می‌باشد. در کل، بررسی پیشینه‌های داخلی و خارجی نشان می‌دهد که این روش بندرت در مورد بیماران صرعی بکار گرفته شده است؛ و تحقیقات انجام گرفته شده در این حوزه انگشت شمارند. برای حصول نتایج روشن‌تر و شفاف‌سازی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجه‌ای بر این بیماران بهتر است، کاربرد این روش بر روی عملکردهای شناختی و سایر متغیرها با پروتکل‌های متفاوت که مورد تاییدند و هیچ‌گونه خطری برای بیمار ندارند، انجام گیرد تا از بین آنها بهترین و اثرگذارترین پروتکل‌ها گزینش شوند. اهمیت دیگر این مطالعه از این حیث است که در مطالعات پیشین به مشکلات کارکردی لوب فرونتال در بیماران دارای صرع لوب گیجگاهی کمتر پرداخته شده است، در حالیکه این بیماران دارای مشکلات عدیده‌ای در این زمینه هستند [۲۶]. در این پژوهش فرض بر این است که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجه‌ای می‌تواند افزایش‌دهنده‌ی انعطاف‌پذیری شناختی و فراخوانی حافظه در بیماران مبتلا به اختلال صرع لوب گیجگاهی باشد.

روش

نوع پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌آزمایشی و با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل است. در این پژوهش تحریک مستقیم فراجمجه‌ای قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی به عنوان متغیر مستقل و انعطاف‌پذیری شناختی و فراخوانی حافظه به عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شده‌اند.

آزمودنی

الف) جامعه آماری: در این پژوهش جامعه آماری شامل بیماران مبتلا به اختلال صرع است که به مراکز درمانی شهرستان ارومیه در بازه زمانی فروردین تا اردیبهشت ۱۳۹۸ مراجعه کرده بودند.

¹ OrbitoFrontal Cortex (OFC)

² de Paula

³ Trumbo

⁴ Liu

⁵ Jo

⁶ Bystad

می‌گیرد که این نمره گذاری در سؤالات (۲، ۴، ۷، ۹، ۱۱، ۱۷) به صورت معکوس می‌باشد. حداکثر نمره ۱۴۰ و حداقل نمره ۲۰ می‌باشد. مؤلفه‌های آن شامل: عامل ادراک گزینه‌های مختلف (گویه‌های شماره ۳، ۵، ۶، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۱۹، ۲۰)، عامل ادراک کنترل‌پذیری (گویه‌های شماره ۱، ۲، ۴، ۷، ۹، ۱۱، ۱۵، ۱۷) و عامل ادراک توجیه رفتار (گویه‌های شماره ۸ و ۱۰) می‌باشد. دنیس و وندروال [۴۶] در پژوهشی نشان دادند که این پرسشنامه از ساختار عاملی، روایی همگرا و روایی همزمان مناسبی برخوردار است. این پژوهشگران نشان دادند که دو عامل ادراک گزینه‌های مختلف و ادراک توجیه رفتار یک معنی دارند و عامل کنترل بعنوان خرده مقیاس دوم در نظر گرفته شد. روایی همگرایی آن با مقیاس انعطاف‌پذیری شناختی مارتین و رابین ۰/۷۵ بوده است. این پژوهشگران پایایی به روش آلفای کرونباخ را برای کل مقیاس، ادراک کنترل‌پذیری و ادراک گزینه‌های مختلف به ترتیب ۰/۹۱، ۰/۹۱ و ۰/۸۴ و با روش بازآزمایی به ترتیب ۰/۸۱، ۰/۷۵، ۰/۷۷ و به دست آوردند. در ایران، ضریب اعتبار بازآزمایی کل مقیاس را ۰/۷۱ و خرده‌مقیاس‌های ادراک کنترل‌پذیری، ادراک گزینه‌های مختلف و ادراک توجیه رفتار را به ترتیب ۰/۵۵، ۰/۷۲ و ۰/۵۷ گزارش کرده‌اند. در این مطالعه پایایی کل مقیاس ۰/۹۰ و برای خرده مقیاس‌ها به ترتیب ۰/۸۷، ۰/۸۹ و ۰/۵۵ گزارش شده است [۴۷]. در پژوهش حاضر، اعتبار این ابزار اندازه‌گیری با روش ضریب آلفای کرونباخ، ۰/۷۲ به دست آمد.

۲) مقیاس حافظه‌ی عددی وکسلر (فراخنای ارقام): فراخنای ارقام یک آزمون حافظه‌ی کوتاه مدت به شمار می‌رود. آزمودنی باید اطلاعات شنیداری را به ترتیب مناسب به یاد بیاورد و تکرار کند. عملکرد درست مستلزم یک فرآیند دومرحله‌ای است. نخست، اطلاعات باید به دقت دریافت شوند که مستلزم توجه و رمزگردانی است. کسانی که به آسانی دچار حواسپرتی می‌شوند، در این مرحله مشکل دارند. دوم، آزمودنی باید اطلاعات را به درستی به یاد بیاورد، ترتیب و توالی آن را در نظر بگیرد و آنها را بیان کند. کسانی هم که احتمالاً نمی‌توانند اطلاعات را به درستی دریافت کنند، ممکن است در این مرحله دچار اشکال شوند؛ زیرا نمی‌توانند رد حافظه را به اندازه‌ی کافی در ذهن خود نگهداری کنند [۴۸]. در این آزمون، فهرستهایی از ۳ تا ۹ رقم به طور شفاهی ارائه می‌شوند و آزمودنی باید آنها را از حفظ بازگو کند. در بخش دوم این آزمون، آزمودنی باید ارقامی را که می‌شنود (۲ تا ۸ رقم) به طور معکوس بازگو کند [۴۹]. گاهی هنگامی که آزمودنی می‌خواهد رقم فعلی را بیان کند، رقم قبلی را

ب) نمونه پژوهش: در مطالعه حاضر نمونه شامل ۳۰ بیمار مبتلا به اختلال صرع بود که از جامعه آماری به صورت دسترس انتخاب شدند. افراد گزینش شده واجد ملاکهای ورود به طرح پژوهشی بودند و برای گردآوری اطلاعات ابتدا یک پیش‌آزمون توسط آزمون انعطاف‌پذیری شناختی و مقیاس حافظه‌ی عددی وکسلر (فراخنای ارقام) انجام شد و شرکت کنندگان به صورت تصادفی ساده در دو گروه آزمایش و کنترل گمارده شدند. ملاکهای ورود شامل تکمیل فرم رضایت آگاهانه، ابتلا به صرع گیجگاهی که با توجه به پرونده پزشکی مشخص شد، محدوده‌ی سنی ۱۵ تا ۵۰ سال، حداقل میزان تحصیلات سیکل، باردار نبودن، نبودن در دوره‌ی عادت ماهیانه، دوش گرفتن قبل از مداخله تا انتقال جریان الکتریکی به علت چرب بودن موها تحت تاثیر نگیرد، نداشتن پروتز در ناحیه‌ی جمجمه، نداشتن باتری در قلب، داشتن هوش نرمال، عدم ابتلا به اختلال سوء مصرف مواد و الکل، عدم دریافت درمان‌های روانشناختی در یکسال گذشته، و عدم ابتلا به بیماری‌های پزشکی دیگر بود. ملاکهای خروج نیز شامل عدم همکاری در طول مداخله و پژوهش، منصرف شدن از ادامه‌ی کار، باردار شدن در طول پروسه‌ی درمان، هر گونه حساسیت به دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای، آغاز دریافت مداخلات و داروهای روانشناختی بود. با توجه به اینکه در تحقیقات آزمایشی حداقل نمونه بایستی ۱۵ نفر باشد [۴۵]، و با نظر به دشواری دسترسی به جامعه‌ی آماری در هر گروه ۱۵ نفر گنجانده شد. یک هفته بعد از پیش‌آزمون، مداخله‌ی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای برای گروه آزمایشی اعمال گردید و بعد از یک هفته دوباره پس‌آزمون برای هر دو گروه به عمل آمد. به دلیل دشوار و پرهزینه بودن روند مطالعه و با نظر گرفتن شرایط سخت بیماران دوره‌ی پیگیری انجام نشد. در نهایت اطلاعات مربوط ۳۰ نفر (هر گروه ۱۵ نفر) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

ابزارهای پژوهش

۱) پرسشنامه‌ی انعطاف‌پذیری شناختی^۱: پرسشنامه‌ی انعطاف‌پذیری شناختی که توسط دنیس و وندروال^۲ [۴۶] ساخته شده است، یک ابزار خودگزارشی کوتاه ۲۰ سؤالی است و برای سنجش نوعی از انعطاف‌پذیری شناختی که در موقعیت فرد برای چالش و جایگزینی افکار ناکارآمد با افکار کارآمد لازم است، به کار می‌رود. شیوه‌ی نمره گذاری آن براساس یک مقیاس ۷ درجه‌ای لیکرتی می‌باشد که به گویه‌ی بسیار مخالفم عدد ۱ و به گویه‌ی بسیار موافقم عدد ۷ تعلق

¹ cognitive flexibility inventory

² Dennis & Vander Wal

۲۰/۱۰ الکتروند آند در ناحیه‌ی F3 نیمکره‌ی چپ و الکتروند کاتد در ناحیه‌ی F4 نیمکره‌ی راست قرار داده شد. در گروه کنترل نیز الکتروندها در محل‌های ذکر شده قرار گرفتند اما هیچ گونه تحریکی اعمال نشد. دلیل انتخاب این ناحیه این مسئله است که قشر پیش پیشانی پشتی جانبی ناحیه‌ی درگیر در انعطاف پذیری شناختی و حافظه‌ی فعال می‌باشد [۵۱]. محققان معتقدند یکی از دلایل نقایص عملکرد حافظه‌ی فعال، انعطاف پذیری شناختی و در کل عملکردهای اجرایی انتشار تشنج از نواحی گیجگاهی به پیشانی می‌باشد [۵۲]. لازم به ذکر است که تحریک آندی لحاظ شده در این پژوهش در ناحیه‌ی ذکر شده بوده و بیماران شرکت کننده از صرع لوب گیجگاهی در رنج اند، بنابراین؛ هیچ تحریکی در ناحیه‌ی دچار صرع اعمال نشده است.

شیوه تحلیل داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل اطلاعات در این پژوهش از محاسبه شاخص‌های آمار توصیفی، مانند میانگین و انحراف معیار برای ارائه اطلاعات توصیفی پژوهش استفاده شد و برای آزمون فرضیه‌های پژوهشی از آزمون تحلیل کوواریانس چند متغیره استفاده شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نسخه ۲۳ نرم افزار اس پی اس اس استفاده گردید.

نتایج

میانگین و انحراف معیار در مطالعه‌ی حاضر، میانگین سن شرکت‌کنندگان ۳۶/۱۶ با انحراف معیار ۸/۷ بود. افراد در محدوده‌ی سنی ۱۵-۵۰ بودند، ۱۶ نفر (۵۳/۳ درصد) مرد و ۱۴ نفر (۴۶/۷ درصد) نیز زن بودند. از بین ۳۰ نفر ۱۴ نفر متاهل بودند و ۲۵ نفر تحصیلات دانشگاهی داشتند. بعد از بررسی جمعیت شناختی گام بعدی تحلیل داده‌های به دست آمده با استفاده از آمار توصیفی بود. نتایج این تحلیل در جدول شماره ۱ آمده است.

در پژوهش حاضر، در راستای کنترل اثر پیش آزمون بر پس آزمون از آزمون تحلیل کوواریانس استفاده شد. برای انجام این آزمون بایستی یکسری پیش فرض‌ها رعایت شوند. اول اینکه مقیاس اندازه گیری متغیرها بایستی نسبی یا فاصله‌ای باشد و دارای توزیع نرمال باشند. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد، نتایج گویای نرمال بودن توزیع داده‌ها بود چرا که معنی‌داری بزرگتر از ۰/۰۵ بود. همچنین برای بررسی فرض همگنی ماتریس‌های واریانس-کوواریانس از آزمون باکس استفاده شد.

فراموش می‌کند. بازگویی ارقام وارونه پیچیده‌تر است و آزمودنی معمولاً باید اطلاعات را برای مدت بیشتری در حافظه نگه‌دارد و همچنین، پیش از بیان مجدد، باید ترتیب آنها را تغییر دهد. به این ترتیب، عملکرد خوب در ارقام وارونه احتمالاً توانایی شخص را در انعطاف‌پذیری، تمرکز و شکیبایی در برابر فشار روانی منعکس می‌سازد. همچنین، نمره‌ی بالا در تکرار ارقام وارونه ممکن است به توانایی ساختن، نگهداری و واریسی تصویرهای ذهنی دیداری که از محرک‌های شنیداری ساخته شده است، مربوط باشد. راهنمای^۱ WAIS-III و WMS-III^۲ بیانگر این مطلب است که همسانی درونی برای نمره‌های خرده مقیاس اولیه دارای دامنه‌ی ۰/۷۴ تا ۰/۹۳ در مورد همه‌ی گروه‌های سنی است. ضرایب اعتبار بازآزمایی در فاصله‌های زمانی ۴ تا ۶ هفته، برای فراخوانی ارقام تا ۰/۸۸ بود [۴۸]. در ایران میزان پایایی این آزمون با روش آلفای کرونباخ ۰/۷۴ و با روش دو نیمه کردن ۰/۷۵ به دست آمد [۵۰]. میزان اعتبار این پرسشنامه با ضریب آلفای کرونباخ، در پژوهش حاضر ۰/۸۰۱ بود.

شیوه انجام پژوهش

از آنجایی که مطالعه‌ی حاضر از نوع مداخله‌ای می‌باشد، اصول اخلاقی انجمن روانشناسی آمریکا و سازمان نظام روانشناسی و مشاوره ایران در آن رعایت شده است. آزمودنی‌ها فرم رضایت آگاهانه را تکمیل کردند و در مورد اهداف پژوهش آگاهی‌های لازم را دریافت نمودند. همچنین جهت انجام این پژوهش ابتدا کد اخلاق (IR.UMSU.REC.1398.140) از دانشگاه علوم پزشکی ارومیه دریافت گردید. کد کارآزمایی بالینی پژوهش حاضر نیز (IRCT20190803044417N1) می‌باشد. بعد از انجام این مراحل، در مرحله‌ی بعدی با مراجعه به مراکز درمانی خصوصی شهرستان ارومیه به انتخاب نمونه‌های مورد نظر براساس ملاک‌های ورود اقدام شد. قبل از اینکه آزمودنی‌ها به وسیله‌ی پرسشنامه‌ی انعطاف‌پذیری شناختی و مقیاس حافظه‌ی عددی وکسلر (فراخوانی ارقام) مورد پیش‌آزمون قرار بگیرند، اطلاعات لازم در مورد اهداف پژوهش، آزمون‌ها و چگونگی پاسخدهی، به آنها داده شد. در مرحله مداخله برای گروه آزمایش از دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای استفاده شد. مداخله تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر ناحیه قشر پیش پیشانی پشتی جانبی چپ با شدت ۱/۵ میلی‌آمپر به مدت ۲۰ دقیقه و در ۱۰ جلسه برای گروه آزمایشی اعمال شد. ۵ جلسه‌ی اول به صورت متوالی و ۵ جلسه‌ی بعدی یک روز در میان بود. با توجه به سیستم

¹ Wechsler Memory Scale.III

² Wechsler Adult Intelligence Scale.III

رگرسیون، برای انجام تحلیل کواریانس برقرار است. پیش فرض مهم بعدی مرتبط با برابری واریانس‌ها می‌باشد. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌کنید، از آزمون لوین برای بررسی این مورد استفاده شده است. نتایج این آزمون نشان دهنده‌ی غیر معنی‌دار بودن سه مولفه در سطح ۰/۰۵ است. دو مولفه نیز در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار هستند، اما به دلیل برابری تعداد گروه‌های مورد مقایسه می‌توان نتایج را تفسیر کرد و از آزمون پارامتریک استفاده نمود.

نتایج نشان داد که آماره‌های مربوط به این آزمون معنی‌دار نیست ($P=0/563$ و $F=6/98$ و $BOX=51/38$) و در نتیجه پیش‌فرض تفاوت بین واریانس‌ها برقرار است. برای بررسی همگنی شیب رگرسیون، تعامل متغیر مستقل با متغیرهای همپراش، مورد بررسی، قرار گرفتند. نتایج نشان داد سطوح معنی‌داری (Sig)، تعامل متغیر مستقل (گروه)، با متغیرهای همپراش، از ۰/۰۵ بیشتر است و معنی‌دار نیست. بنابراین با اطمینان، می‌توان گفت شرط همگنی شیب

جدول ۱. شاخص‌های توصیفی انعطاف‌پذیری شناختی در گروه‌های آزمایش و گروه کنترل

گروه کنترل		گروه تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای		متغیر	پیش‌آزمون - پس‌آزمون
SD	M	SD	M		
۳/۵۴	۳۲/۱۳	۳/۵۲	۳۲/۴۰	ادراک گزینه‌های مختلف	پیش‌آزمون
۳/۹۵	۲۶/۹۳	۴/۹۸	۲۶/۶۰	ادراک کنترل‌پذیری	
۲/۰۲	۶/۶۰	۱/۶۴	۷/۸۶	ادراک توجیه رفتار	
۱/۱۲	۷/۱۶	۱/۰۶	۸/۱۳	فراخنای حافظه مستقیم	پس‌آزمون
۰/۹۷	۵/۶۶	۰/۹۴	۵/۸۰	فراخنای حافظه معکوس	
۳/۰۳	۳۰/۹۳	۳/۶۷	۴۶/۷۳	ادراک گزینه‌های مختلف	
۳/۱۵	۲۶/۱۳	۱۶/۵۳	۴۳/۱۳	ادراک کنترل‌پذیری	پس‌آزمون
۱/۴۳	۶/۷۳	۱/۳۲	۱۰/۲۰	ادراک توجیه رفتار	
۰/۷۰۳	۸/۰۶	۰/۹۶	۱۱/۷۳	فراخنای حافظه مستقیم	
۰/۸۴۵	۶/۰۰	۱/۰۴	۸/۶۶	فراخنای حافظه معکوس	

جدول ۲. آزمون لوین جهت بررسی همگنی واریانس گروه‌ها در متغیرهای مورد مطالعه

متغیر	F	Df1	Df2	سطح معنی‌داری
ادراک گزینه‌های مختلف	۰/۰۶۱	۱	۲۸	۰/۸۰۷
ادراک کنترل‌پذیری	۴/۵۰۲	۱	۲۸	۰/۰۴۳
ادراک توجیه رفتار	۶/۷۵۴	۱	۲۸	۰/۰۱۵
فراخنای حافظه مستقیم	۱/۱۵۶	۱	۲۸	۰/۲۹۱
فراخنای حافظه معکوس	۰/۱۸۰	۱	۲۸	۰/۶۷۵

جدول ۳. نتایج شاخص‌های اعتباری آزمون معنی‌داری تحلیل کواریانس چندمتغیری بر روی متغیرهای مورد مطالعه

منبع	آزمون	مقدار	F	درجه آزادی	dfe	سطح معنی‌داری	Eta
گروه	اثر پیلائی	۰/۹۸۰	۱۸۸/۴۹۷	۵	۱۹	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۰
	لامبدای ویلکز	۰/۰۲۰	۱۸۸/۴۹۷	۵	۱۹	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۰
	اثر هتلینگ	۴۹/۶۰۴	۱۸۸/۴۹۷	۵	۱۹	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۰
	بزرگترین ریشه‌ی خطا	۴۹/۶۰۴	۱۸۸/۴۹۷	۵	۱۹	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۰

اطلاعات مهمی است. ستون اتا اندازه اثر را نشان می‌دهد و با استناد به مقیاس کوهن ($0/2 =$ اندازه اثر کوچک، $0/5 =$ اندازه اثر متوسط و $0/8 =$ اندازه اثر بزرگ) مورد بررسی قرار می‌گیرند [۵۳]. مقیاس اتا نشان می‌دهد که چه میزان از واریانس مولفه‌ها توسط روش مداخله‌ای تبیین می‌شود. با بررسی این ستون جدول مشخص می‌شود که ۸۹ درصد ادراک گزینه‌های مختلف، ۳۹ درصد ادراک کنترل‌پذیری، ۷۰ درصد ادراک توجیه رفتار، ۸۳ درصد فراخنای حافظه مستقیم و ۷۲ درصد فراخنای حافظه معکوس توسط تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای تبیین می‌شود.

بررسی سطوح معنی‌داری تمامی آزمون‌ها در جدول ۳ نشان می‌دهد که می‌توان از تحلیل کواریانس چندمتغیری استفاده نمود، بدین معنی که حداقل در یکی از متغیرهای وابسته در بین گروه‌های آزمایش و کنترل تفاوت معنی‌دار وجود دارد.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که در مولفه‌های ادراک گزینه‌های مختلف ($F=197/936$)، ادراک کنترل‌پذیری ($F=15/209$)، ادراک توجیه رفتار ($F=54/287$)، فراخنای حافظه مستقیم ($F=112/755$)، فراخنای حافظه معکوس ($F=59/071$) بین گروه‌های آزمایش و کنترل در سطح ۰/۰۱ تفاوت معنی‌داری وجود دارد. ستون آخر جدول نیز حاوی

جدول ۴. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس چند متغیری بر روی متغیرهای مورد مطالعه

منبع	متغیر	SS	df	MS	F	سطح معنی‌داری	Partial Eta squared
گروه	ادراک گزینه‌های مختلف	۱۲۲۶/۰۱۴	۱	۱۲۲۶/۰۱۴	۱۹۷/۹۳۶	۰/۰۰۰۱	۰/۸۹۶
	ادراک کنترل‌پذیری	۱۹۱۸/۴۹۶	۱	۱۹۱۸/۴۹۶	۱۵/۲۰۹	۰/۰۰۱	۰/۳۹۸
	ادراک توجیه رفتار	۴۶/۴۰۰	۱	۴۶/۴۰۰	۵۴/۲۸۷	۰/۰۰۰۱	۰/۷۰۲
	فراخوانی حافظه مستقیم	۸۳/۷۲۷	۱	۸۳/۷۲۷	۱۱۲/۷۵۵	۰/۰۰۰۱	۰/۸۳۱
	فراخوانی حافظه معکوس	۴۱/۴۳۴	۱	۴۱/۴۳۴	۵۹/۰۷۱	۰/۰۰۰۱	۰/۷۲۰
خطا	ادراک گزینه‌های مختلف	۱۴۲/۴۶۲	۲۳	۶/۱۹۴			
	ادراک کنترل‌پذیری	۲۹۰/۱۳۶۰	۲۳	۱۲۶/۱۴۶			
	ادراک توجیه رفتار	۱۹/۶۵۹	۲۳	۰/۸۵۵			
	فراخوانی حافظه مستقیم	۱۷/۰۷۹	۲۳	۰/۷۴۳			
	فراخوانی حافظه معکوس	۱۶/۱۳۳	۲۳	۰/۷۰۱			

بحث و نتیجه‌گیری

تکنیکی غیرتهاجمی و تعدیل‌گر می‌تواند کاهنده‌ی تغییرات وابسته به قطبیت دوسویه در مناطق زیرقشری باشد. همچنین این روش بسته به محل تحریک می‌تواند موجب تحریک یا بازداری شده و جریان سطح پتانسیل غشا و نیز سرعت شلیک عصبی نورون هدف را مدیریت می‌کند [۳۲]. در مورد نحوه‌ی تاثیر الکتروکاتد و آند بر غشای سلول، گفته می‌شود تحریک آندی پتانسیل استراحت غشا را به پتانسیل عمل بدل می‌کند و تحریک کاتدی پتانسیل استراحت را تشدید کرده و هاپرپولاریزیشن رخ می‌دهد [۵۶].

ارتقای انعطاف‌پذیری شناختی نقش مهمی در بهزیستی شناختی و عاطفی دارد [۵۷]، بنابراین هر روشی که به ارتقای این قابلیت بینجامد می‌تواند مفید و کاربردی تلقی شود. لیت^۳ و همکاران [۵۸] تاثیر تحریک ناحیه‌ی پیش‌پیشانی را بر انعطاف‌پذیری شناختی مورد بررسی قرار دادند، این محققان یک بار آند را در سمت راست و کاتد را در سمت چپ قرار دادند، بار دیگر به صورت برعکس عمل کردند و یکبار نیز هیچ تحریکی انجام ندادند. نتایج نشان داد که تغییر جای آند و کاتد تاثیرات متفاوتی بر عملکرد فرد می‌گذارد. از موارد مهم تاثیرگذار بر انعطاف‌پذیری شناختی توجه می‌باشد و ناحیه‌ی قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی مغز در تکالیف مرتبط با توجه درگیر است [۵۸] عبارت دیگر این ناحیه مهم‌ترین ناحیه‌ی نورونی برای کارکردهای اجرایی مغز می‌باشد [۵۹]، بنابراین تحریک این ناحیه با تاثیرگذاری بر توجه می‌تواند به ارتقای حافظه [۶۰] و انعطاف‌پذیری شناختی که تحت عنوان جابجایی توجه نیز اطلاق می‌شود [۶۱] بینجامد. سوتنیکووا^۴ و همکاران [۶۲] در کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی انتشار اثر تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای اعمال شده بر ناحیه‌ی قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی چپ را حین انجام تکلیف، مورد مطالعه قرار دادند.

مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی مغز بر انعطاف‌پذیری شناختی و حافظه‌ی فعال بیماران مبتلا به اختلال صرع انجام گرفته است. یافته‌های این مطالعه نشان داد که مداخله‌ی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای در بهبود انعطاف‌پذیری شناختی موثر است. این نتایج با یافته‌های کاپون و همکاران، [۳۷]، نجاتی و همکاران [۳۸]، دپائولو و همکاران، [۳۹] همسو می‌باشد. این بدین معنی است که در این پژوهشها نیز این روش موجب ارتقای انعطاف‌پذیری شناختی شده است. یافته‌ی دیگر این پژوهش نشان دهنده‌ی اثربخشی این مداخله بر ارتقای فراخوانی حافظه‌ی مستقیم و معکوس و وجود تفاوت معنی‌دار بین گروه کنترل و آزمایش بود. این بخش از نتایج هم‌راستا با نتایج کارهای انجام شده توسط احمدی کارویژه، و همکاران، [۳۴]، دل‌فلیس و همکاران، [۳۵]، راف و همکاران [۳۶]، ترومبو و همکاران [۴۰]، لیو^۱ و همکاران، [۴۱]، جو و همکاران، [۴۲]، و بیستاد^۲ و همکاران، [۴۳] می‌باشد.

در جهت تبیین این یافته‌ها می‌توان به نحوه‌ی کارکرد این دستگاه و تاثیراتی که بر روی ساختار مغز می‌گذارد اشاره کرد. البته لازم به ذکر است که مکانیسم دقیق اثر تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر قشر مغز به طور کامل مشخص نیست اما پاره‌ای از مطالعات برخی کارکردهای احتمالی این مداخله را مورد بررسی قرار داده‌اند [۵۴]. فعالیت مغز براساس شلیک عصبی نورونهای مغز می‌باشد، بنابراین تعدیل، تسهیل و گاهی ایجاد اختلال در این فعالیت الکتریکی می‌تواند موجب تغییرات مغزی موقتی یا دائمی شود [۵۵]. این روش به واسطه‌ی بکارگیری جریانی ضعیف موجب نوروپلاستیسیته و تعدیل عملکرد قشر مغز می‌شود و بعنوان

¹ Liu

² Bystad

³ Leite

⁴ Sotnikova

استیل آسپاراتات^۹ و استریاتال گلوتامات^{۱۰} می‌باشد. شواهد نشان می‌دهد که نارسایی گلوتامات نقایصی را در انعطاف‌پذیری ایجاد می‌کند [۶۸]. همچنین این انتقال‌دهنده‌ی عصبی نقش مهمی را در یادگیری و حافظه ایفا می‌کند [۶۹]. لازم به ذکر است که اثر تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر ناحیه‌ی تحریک شده می‌تواند اثر کاهشی یا افزایشی بر روی انتقال‌دهنده‌ها داشته باشد مثلاً استگ^{۱۱} و همکاران، [۷۰] در مطالعه‌ی خود نشان داد که این روش موجب کاهش گاما آمینوبوتیریک اسید^{۱۲} می‌شود. مارسمن^{۱۳} و همکاران، [۷۱] نشان دادند که قوی بودن حافظه‌ی فعال به طور معنی‌داری با میزان پایین انتقال‌دهنده‌ی عصبی گابا در ارتباط است. نتایج پژوهش دیگری نیز نشان داد فعالیت بیش از حد گابا در قشر پیش‌پیشانی می‌تواند یکی از عوامل کلیدی نقص در سرعت پردازش، انعطاف‌پذیری شناختی در بیماران مبتلا به اسکیزوفرنی باشد [۷۲]. در کل می‌توان گفت تغییرات رخ داده در میزان انتقال‌دهنده‌های عصبی در اثر تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای می‌تواند در ارتقای انعطاف‌پذیری شناختی و حافظه‌ی فعال نقش بسزایی داشته باشد.

همانند اکثر پژوهش‌ها، این پژوهش نیز محدودیتهایی را در مسیر جمع‌آوری اطلاعات و کسب نتایج بهینه داشت. از جمله محدودیتهای این پژوهش استفاده از ابزار خودگزارشی و عدم انجام دوره‌ی پیگیری بود. بر همین اساس به درمانگران و پژوهشگران پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی دوره‌ی پیگیری را نیز داشته باشند تا اثرات بلندمدت این مداخله نیز مشخص شود. همچنین بهتر است محققان آتی، قبل و بعد از درمان، الکتروانسفالوگرافی^{۱۴} انجام دهند؛ تا تغییر امواج مغزی و افزایش یا کاهش فعالیت مشخص شود. این امر تصمیم‌گیری در مورد شدت جریان و اثرگذاری مداخله را آسانتر می‌کند. تصویر برداری مغزی نیز می‌تواند تکنیکی بسیار مفید و کاربردی در راستای مصور کردن تغییرات حاصل از مداخله باشد. با توجه به نتایج کسب شده در این

آنها عنوان کردند علاوه بر افزایش عملکرد در تکالیف، این مداخله فعالیت نورونی و اتصال بین نوروها را نیز افزایش می‌دهد و این قضیه محدود به قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی چپ نیست و به سایر نواحی مغز نیز منتشر می‌شود. نجاتی و همکاران [۳۸] نیز نشان دادند که تحریک ناحیه‌ی قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی به تنهایی موثر نیست و تحریک همزمان این ناحیه و قشر حدقه‌ای پیشانی^۱ موجب ارتقای انعطاف‌پذیری شناختی می‌شود.

در مورد تاثیر این روش بر انتقال‌دهنده‌های عصبی برخی پژوهش‌ها انجام شده است. مطالعات طیف‌نگاری با تشدید مغناطیسی^۲ و داروشناسی نقش تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای را در تنظیم سیستم انتقال‌دهنده‌های عصبی از جمله دوپامین، گلوتامات، گابا، سروتونین، و استیل‌کولین نشان داده‌اند [۶۳]. فوکای^۳ و همکاران، [۶۴] نشان دادند که بعد از تحریک ناحیه‌ی قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی ترشح دوپامین در جسم مخطط شکمی^۴ راست افزایش می‌یابد. این محققان برای بررسی تغییرات از دستگاه توموگرافی گسیل پوزیترون^۵ استفاده کردند. همچنین آنزیم کاتکول-اومیل ترانسفراز^۶ که تسهیل‌کننده‌ی آزادسازی دوپامین به فضای سیناپسی است با اثر تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای در ارتباط است [۶۵]. از آنجایی که دوپامین به عنوان یک انتقال‌دهنده‌ی کلیدی برای کنترل شناختی است و ارتباط نزدیک بین توجه و سیستم دوپامینرژیک شناخته شده است [۶۴]. بنابراین عملکردهای اجرایی مانند حافظه‌ی فعال، بازداری، انعطاف‌پذیری شناختی و کنترل تکانه که با سیستم دوپامینرژیک در ارتباطند [۶۶] می‌توانند با افزایش سطح دوپامین تحت تاثیر قرار گرفته و ارتقا یابند. مشاهدات هون بلانکرت^۷ و همکاران [۶۷] نشان داد که اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی اثرات تحریکی سریعی ایجاد می‌کند که موجب فعالیت پیش‌پیشانی و انتقال‌دهنده‌های استریاتال^۸ می‌شود اما این اثرات کوتاه‌مدت هستند اما تکرار جلسات موجب پایداری اثرات می‌شود که این پایداری به سبب افزایش سطح آن-

¹ orbitofrontal cortex

² magnetic resonance spectroscopy (MRS)

³ Fukai

⁴ ventral striatum

⁵ positron emission tomography

⁶ Catecholamine - 0 - methyl transferase

⁷ Hone-Blanchet

⁸ striatal transmissions

⁹ N-acetylaspartate

¹⁰ striatal glutamate

¹¹ Stagg

¹² gamma aminobutyric acid

¹³ Marsman

¹⁴ Electroencephalography

- 9- Han, P., Trinidad, B. J., & Shi, J. (2015). Hypocalcemia-induced seizure: demystifying the calcium paradox. *ASN Neuro*, 7(2), 1759091415578050.
- 10- Vezzani, A., Fujinami, R. S., White, H. S., Preux, P.-M., Blümcke, I., Sander, J. W., & Löscher, W. (2016). Infections, inflammation and epilepsy. *Acta Neuropathologica*, 131(2), 211-234.
- 11- Garcia, H. H., & Del Brutto, O. H. (2012). Infection and inflammation. In *Handbook of clinical neurology* (Vol. 108, pp. 601-620). Elsevier.
- 12- Englot, D. J., Chang, E. F., & Vecht, C. J. (2016). Epilepsy and brain tumors. In *Handbook of clinical neurology* (Vol. 134, pp. 267-285). Elsevier.
- 13- Hughes, J., Devinsky, O., Feldmann, E., & Bromfield, E. (1993). Premonitory symptoms in epilepsy. *Seizure*, 2(3), 201-203.
- 14- Holmes, G. L. (2015). Cognitive impairment in epilepsy: the role of network abnormalities. *Epileptic Disorders*, 17(2), 101-116.
- 15- Beletsky, V., & Mirsattari, S. M. (2012). Epilepsy, mental health disorder, or both? *Epilepsy Research and Treatment*.
- 16- Halgren, E., Stapleton, J., Domalski, P., Swartz, B. E., Delgado-Escueta, A. V., Walsh, G. O., ... Ropchan, J. (1991). Memory dysfunction in epilepsy patients as a derangement of normal physiology.
- 17- Van Rijckevorsel, K. (2006). Cognitive problems related to epilepsy syndromes, especially malignant epilepsies. *Seizure*, 15(4), 227-234.
- 18- Hermann, B., & Seidenberg, M. (2007). Epilepsy and cognition. *Epilepsy Currents*, 7(1), 1-6.
- 19- Hermann, B., Jones, J., Sheth, R., Dow, C., Koehn, M., & Seidenberg, M. (2006). Children with new-onset epilepsy: neuropsychological status and brain structure. *Brain*, 129(10), 2609-2619.
- 20- Thompson, P. J., & Corcoran, R. (1992). Everyday memory failures in people with epilepsy. *Epilepsia*, 33, S18-20.
- 21- Gallassi, R. (2006). Epileptic amnesic syndrome: an update and further considerations. *Epilepsia*, 47, 103-105.
- 22- Ponds, R. W. H. M., & Hendriks, M. (2006). Cognitive rehabilitation of memory problems in patients with epilepsy. *Seizure*, 15(4), 267-273.

پژوهش به پزشکان و روانشناسان پیشنهاد می‌شود؛ تا این روش مداخله را نیز در کنار سایر درمانها به عنوان درمانی مفید، کاربردی و مقرون بصره به منظور ارتقای مسائل شناختی بیماران صرعی بکارگیرند.

سپاسگزاری

مجریان این پژوهش بر خود وظیفه می‌دانند تا نهایت قدرانی و تشکر را از افراد شرکت کننده در این پژوهش به عمل آورند، چرا که بدون وجود آنها انجام این مطالعه غیرممکن بود. این مقاله برگرفته از رساله دکترای تخصصی رشته روانشناسی می‌باشد که با کسب کداخلاق از دانشگاه علوم پزشکی ارومیه انجام گرفته است، بدین وسیله از مساعدت اعضای هیئت داور و کارمندان این دانشگاه قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

- 1- Alexopoulos, A. V. (2013). Pharmacoresistant epilepsy: Definition and explanation. *Epileptology*, 1(1), 38-42.
- 2- Manford, M. (2017). Recent advances in epilepsy. *Journal of Neurology*, 264(8), 1811-1824.
- 3- Fisher, R. S., Boas, W. V. E., Blume, W., Elger, C., Genton, P., Lee, P., & Engel Jr, J. (2005). Epileptic seizures and epilepsy: definitions proposed by the International League Against Epilepsy (ILAE) and the International Bureau for Epilepsy (IBE). *Epilepsia*, 46(4), 470-472.
- 4- McCormick, D. A., & Contreras, D. (2001). On the cellular and network bases of epileptic seizures. *Annual Review of Physiology*, 63(1), 815-846.
- 5- Dekker, P. A., & Organization, W. H. (2002). *Epilepsy: A manual for medical and clinical officers in Africa*. Geneva: World Health Organization.
- 6- Boling, W., Means, M., & Fletcher, A. (2018). Quality of life and stigma in epilepsy, perspectives from selected regions of Asia and Sub-Saharan Africa. *Brain Sciences*, 8(4), 59.
- ۷- روشن‌نیا، سمیه، رضایی، فاطمه، قدم‌پور، عزت‌اله. (۱۳۹۷). اثربخشی درمان مبتنی بر تعهد و پذیرش بر تشنج و خودمدیریتی بیماران صرع مقاوم به درمان. *روانشناسی بالینی و شخصیت*. سال ۱۶، شماره ۲، صص ۲۹-۳۹.
- ۸- محمدپور، سمانه، شاهی، مرجان، تاجیک‌زاده، فخری. (۱۳۹۶). اثربخشی شناخت درمانی مبتنی بر ذهن‌آگاهی بر خودارزشیابی مرکزی، بهزیستی روان‌شناختی و امیدواری بیماران مبتلا به صرع. *روانشناسی بالینی و شخصیت*. سال ۱۵، شماره ۲، صص ۳۷-۵۰.

- States of America, 42(9), 687.
- 34- Karvigh, S. A., Motamedi, M., Arzani, M., & Roshan, J. H. N. (2017). HD-tDCS in refractory lateral frontal lobe epilepsy patients. *Seizure*, 47, 74–80.
- 35- Del Felice, A., Magalini, A., & Masiero, S. (2015). Slow-oscillatory transcranial direct current stimulation modulates memory in temporal lobe epilepsy by altering sleep spindle generators: a possible rehabilitation tool. *Brain Stimulation*, 8(3), 567–573.
- 36- Ruf, S. P., Fallgatter, A. J., & Plewnia, C. (2017). Augmentation of working memory training by transcranial direct current stimulation (tDCS). *Scientific Reports*, 7(1), 876.
- 37- Cappon, D., Jahanshahi, M., & Bisiacchi, P. (2016). Value and efficacy of transcranial direct current stimulation in the cognitive rehabilitation: a critical review since 2000. *Frontiers in Neuroscience*, 10, 157.
- 38- Nejati, V., Salehinejad, M. A., Nitsche, M. A., Najian, A., & Javadi, A.-H. (2017). Transcranial direct current stimulation improves executive dysfunctions in ADHD: implications for inhibitory control, interference control, working memory, and cognitive flexibility. *Journal of Attention Disorders*, 1087054717730611.
- 39- De Paula, J. J., Querino, E. H. G., e Silva, M. C. V., Malloy-Diniz, L. F., Miranda, D. M., & Romano-Silva, M. A. (2017). Changes in fluid IQ after dorsolateral prefrontal cortex stimulation by tDCS is independent of changes in executive functioning. *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation*, 10(2), 414.
- 40- Trumbo, M. C., Matzen, L. E., Coffman, B. A., Hunter, M. A., Jones, A. P., Robinson, C. S. H., & Clark, V. P. (2016). Enhanced working memory performance via transcranial direct current stimulation: The possibility of near and far transfer. *Neuropsychologia*, 93, 85–96.
- 41- Liu, A., Devinsky, O., Bryant, A., Jefferson, A., Friedman, D., Shafi, M., ... O'Connor, M. (2014). Efficacy of transcranial direct current stimulation on working memory and mood in patients with temporal lobe epilepsy (S43. 006). *AAN Enterprises*.
- 42- Jo, J. M., Kim, Y.-H., Ko, M.-H., Ohn, S. H., Joen, B., & Lee, K. H. (2009). Enhancing the working memory of stroke patients using tDCS. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 88(5), 404–409.
- 43- Bystad, M., Grønli, O., Rasmussen, I. D., Gundersen, N., Nordvang, L., Wang-Iversen, H., & Aslaksen, P. M. (2016). Transcranial direct
- 23- Ramos, F. O., Carreiro, L. R. R., Scorza, F. A., & Cysneiros, R. M. (2016). Impaired executive functions in experimental model of temporal lobe epilepsy. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 74(6), 470–477.
- 24- Canas, J., Quesada, J., Antolí, A., & Fajardo, I. (2003). Cognitive flexibility and adaptability to environmental changes in dynamic complex problem-solving tasks. *Ergonomics*, 46(5), 482–501.
- 25- Galioto, R., Tremont, G., Blum, A. S., LaFrance Jr, W. C., Crook, C. L., & Davis, J. D. (2016). Depressive symptoms contribute to executive deficits in temporal lobe epilepsy. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 29(2), 135–141.
- 26- Stretton, J., & Thompson, P. J. (2012). Frontal lobe function in temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Research*, 98(1), 1–13.
- 27- Blair, M., Ferreria, G., Gill, S., King, R., Hanna, J., Deluca, D., Smolewska, K. (2017). Dialectical Behavior Group Therapy is Feasible and Reduces Emotional Dysfunction in Multiple Sclerosis. *International Journal of Group Psychotherapy*, 67(4), 500–518.
- 28- Van den Akker, L. E., Beckerman, H., Collette, E. H., Eijssen, I. C. J. M., Dekker, J., & de Groot, V. (2016). Effectiveness of cognitive behavioral therapy for the treatment of fatigue in patients with multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Psychosomatic Research*, 90, 33–42.
- 29- Hind, D., Cotter, J., Thake, A., Bradburn, M., Cooper, C., Isaac, C., & House, A. (2014). Cognitive behavioural therapy for the treatment of depression in people with multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *BMC Psychiatry*, 14(1), 5.
- 30- Pakenham, K. I., Scott, T., & Uccelli, M. M. (2018). Evaluation of Acceptance and Commitment Therapy Training for Psychologists Working with People with Multiple Sclerosis. *International Journal of MS Care*, 20(1), 44–48.
- 31- Simpson, R., Booth, J., Lawrence, M., Byrne, S., Mair, F., & Mercer, S. (2014). Mindfulness based interventions in multiple sclerosis-a systematic review. *BMC Neurology*, 14(1), 15.
- 32- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *The Journal of Physiology*, 527(3), 633–639.
- 33- Terzuolo, C. A., & Bullock, T. H. (1956). Measurement of imposed voltage gradient adequate to modulate neuronal firing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United*

- 56- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2001). Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology*, 57(10), 1899-1901.
- 57- Schmid, T. (2005). Promoting health through creativity: an introduction. *Promoting Health through Creativity: For Professionals in Health, Arts and Education*.
- 58- Leite, J., Carvalho, S., Fregni, F., & Gonçalves, O. F. (2011). Task-specific effects of tDCS-induced cortical excitability changes on cognitive and motor sequence set shifting performance. *PLoS One*, 6(9), e24140.
- 59- Yuan, P., & Raz, N. (2014). Prefrontal cortex and executive functions in healthy adults: a meta-analysis of structural neuroimaging studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 42, 180-192.
- 60- Chun, M. M., & Turk-Browne, N. B. (2007). Interactions between attention and memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 17(2), 177-184.
- 61- Peng, A., Kirkham, N. Z., & Mareschal, D. (2018). Information processes of task-switching and modality-shifting across development. *PLoS One*, 13(6), e0198870.
- 62- Sotnikova, A., Soff, C., Tagliazucchi, E., Becker, K., & Siniatchkin, M. (2017). Transcranial direct current stimulation modulates neuronal networks in attention deficit hyperactivity disorder. *Brain Topography*, 30(5), 656-672.
- 63- Sarkis, R. A., Kaur, N., & Camprodon, J. A. (2014). Transcranial direct current stimulation (tDCS): modulation of executive function in health and disease. *Current Behavioral Neuroscience Reports*, 1(2), 74-85.
- 64- Fukai, M., Bunai, T., Hirosawa, T., Kikuchi, M., Ito, S., Minabe, Y., & Ouchi, Y. (2019). Endogenous dopamine release under transcranial direct-current stimulation governs enhanced attention: a study with positron emission tomography. *Translational Psychiatry*, 9(1), 115.
- 65- Plewnia, C., Zwissler, B., Längst, I., Maurer, B., Giel, K., & Krüger, R. (2013). Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on executive functions: influence of COMT Val/Met polymorphism. *Cortex*, 49(7), 1801-1807.
- 66- Christopher, L., Marras, C., Duff-Canning, S., Koshimori, Y., Chen, R., Boileau, I., Rusjan, P. (2013). Combined insular and striatal dopamine dysfunction are associated with executive deficits in Parkinson's disease with mild cognitive impairment. *Brain*, 137(2), 565-575.
- current stimulation as a memory enhancer in patients with Alzheimer's disease: a randomized, placebo-controlled trial. *Alzheimer's Research & Therapy*, 8(1), 13.
- 44- San-Juan, D., Morales-Quezada, L., Garduño, A. J. O., Alonso-Vanegas, M., González-Aragón, M. F., López, D. A. E., ... Fregni, F. (2015). Transcranial direct current stimulation in epilepsy. *Brain Stimulation*, 8(3), 455-464.
- ۴۵- دلاور، علی. (۱۳۸۹). روش تحقیق در روانشناسی و علوم تربیتی. تهران: ویرایش.
- 46- Dennis, J. P., & Vander Wal, J. S. (2010). The cognitive flexibility inventory: Instrument development and estimates of reliability and validity. *Cognitive Therapy and Research*, 34(3), 241-253.
- 47- Shareh, H., Farmani, A., & Soltani, E. (2014). Investigating the reliability and validity of the cognitive flexibility inventory (CFI-I) among Iranian university students. *PCP*, 2 (1) :43-50
- 48- Groth-Marnat, G. (2009). *Handbook of psychological assessment*. John Wiley & Sons.
- 49- Anastasi, A. (1980). *Psychological testing and privacy*. *Privacy: A Vanishing Value*, 348-358.
- ۵۰- ساعد، امید، روشن، رسول، مرادی، علیرضا. (۱۳۸۷). بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی مقیاس حافظه وکسلر نسخه سوم (WMS-III) در دانشجویان. *روانشناسی بالینی و شخصیت*. سال ۱، شماره ۳۱، صص ۵۷-۷۰.
- 51- Kaplan, J. T., Gimbel, S. I., & Harris, S. (2016). Neural correlates of maintaining one's political beliefs in the face of counterevidence. *Scientific Reports*, 6, 39589.
- 52- Elger, C. E., Helmstaedter, C., & Kurthen, M. (2004). Chronic epilepsy and cognition. *The Lancet Neurology*, 3(11), 663-672.
- 53- Sullivan, G. M., & Feinn, R. (2012). Using effect size—or why the P value is not enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279-282.
- 54- Arul-Anandam, A. P., & Loo, C. (2009). Transcranial direct current stimulation: a new tool for the treatment of depression? *Journal of Affective Disorders*, 117(3), 137-145.
- 55- Zhao, H., Qiao, L., Fan, D., Zhang, S., Turel, O., Li, Y., He, Q. (2017). Modulation of brain activity with noninvasive transcranial direct current stimulation (tDCS): clinical applications and safety concerns. *Frontiers in Psychology*, 8, 685.

- 67- Hone-Blanchet, A., Edden, R. A., & Fecteau, S. (2016). Online effects of transcranial direct current stimulation in real time on human prefrontal and striatal metabolites. *Biological Psychiatry*, 80(6), 432–438.
- 68- Jett, J. D., Bulin, S. E., Hatherall, L. C., McCartney, C. M., & Morilak, D. A. (2017). Deficits in cognitive flexibility induced by chronic unpredictable stress are associated with impaired glutamate neurotransmission in the rat medial prefrontal cortex. *Neuroscience*, 346, 284–297.
- 69- McEntee, W. J., & Crook, T. H. (1993). Glutamate: its role in learning, memory, and the aging brain. *Psychopharmacology*, 111(4), 391–401.
- 70- Stagg, C. J., Best, J. G., Stephenson, M. C., O'Shea, J., Wylezinska, M., Kincses, Z. T., Johansen-Berg, H. (2009). Polarity-sensitive modulation of cortical neurotransmitters by transcranial stimulation. *Journal of Neuroscience*, 29(16), 5202–5206.
- 71- Marsman, A., Mandl, R. C. W., Klomp, D. W. J., Cahn, W., Kahn, R. S., Luijten, P. R., ... Hilleke, E. (2017). Intelligence and brain efficiency: investigating the association between working memory performance, glutamate, and GABA. *Frontiers in Psychiatry*, 8, 154.
- 72- Enomoto, T., Maric, T. T., & Floresco, S. B. (2011). Reducing prefrontal gamma-aminobutyric acid activity induces cognitive, behavioral, and dopaminergic abnormalities that resemble schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 69(5), 432–441.