Shenakht Journal of Psychology and Psychiatry
Vol. 6/ No. 3/ 2019
Page: 1-14

Comparison of the Effectiveness of Different transcranial direct current stimulation Protocols (tDCS) with Cognitive Exercises in Improving Response Inhibition in Normal Individuals

Milad Amini Masouleh[1], Samira Ghazanfariyan Pour[2], Mansour Beirami[3]

1-MSc in Cognitive Science, Department of psychology, Faculty of Education & Psychology. Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran (Corresponding Author). ORCID: 0000-0002-7282-4370
E-mail: milad.amini.ma@gmail.com
2-PhD candidate in psychology, Department of psychology, Faculty of Education & Psychology, Tabriz University, Tabriz, Iran. ORCID: 0000-0002-3473-1974
3-professor of psychology, Department of psychology , Faculty of Education & Psychology. Tabriz University, Tabriz, Iran. ORCID: 0000-0002-5015-2585

Received: 23/01/2019 **Accepted:** 10/06/2019

Abstract

Introduction: Studies have shown that the anodal tDCS is able to increase the effectiveness of cognitive rehabilitation. On the other hand, results of recent studies have shown that unihemispheric concurrent dual-site a-tDCS could increase the corticospinal excitability.

Aim: The present study compares the effectiveness of unihemispheric concurrent dual-site a-tDCS and conventional tDCS, during cognitive exercises in improving the response inhibition of normal individuals.

Method: 21 subjects were randomly assigned into two experimental groups as well as a control group. First group received Anodal tDCS over the left DLPFC and M1, the second group received Anodal tDCS over the left DLPFC and Control group received sham a-tDCS. Transcranial direct current stimulation (tDCS) at 0.3 mAh was applied directly for 30 minutes in 4 sessions. All subjects, after interventions in each session, performed the stop signal task. In Fifth session, In order to follow up the effectiveness of interventions, 24 hours after the interventions, subjects were re-evaluated.

Results: The results of repeated measurements analysis revealed that compared with conventional tDCS and control group, unihemispheric concurrent dual-site a-tDCS group had larger improvement in improving the response inhibition of normal individuals (*P*.05).

Conclusion: The results show that unihemispheric concurrent dual-site a-tDCS could enhance the effectiveness of cognitive exercises by increasing cortical excitability

Keywords: TDCS, Cognitive exercises, Response inhibition

How to cite this article : Amini Masouleh M, Ghazanfariyan Pour S, Beirami M. Comparison of the Effectiveness of Different transcranial direct current stimulation Protocols (tDCS) with Cognitive Exercises in Improving Response Inhibition in Normal Individuals. Shenakht Journal of Psychology and Psychiatry. 2019; 6 (3): 1-14 .URL: http://shenakht.muk.ac.ir/article-1-603-fa.pdf

Copyright © 2018 the Author (s). Published by Kurdistan University of Medical Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBY-NC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal.

مجله روانشناسی و روان پزشکی شناخت
سال ششم، شماره ۳، ۱۳۹۸
صفحات: ۱۴-۱

مقایسه ی اثربخشی پروتکل‌های مختلف تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه ای (TDCS) به همراه تمرینات شناختی در ارتقای بازداری پاسخ افراد عادی

میلاد امینی ماسوله[۱]، سمیرا غضنفریان[۲]، منصور بیرامی[۳]

۱.کارشناسی ارشد علوم شناختی ، گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی ، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز ، ایران (مولف مسئول). ایمیل: milad.amini.ma@gmail.com
۲. کاندیدای روانشناسی ، گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی ، دانشگاه تبریز، تبریز ، ایران.
۳. استاد تمام روانشناسی، گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی ، دانشگاه تبریز، تبریز ، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۰۳ **تاریخ پذیرش مقاله:** ۱۳۹۸/۰۳/۲۰

چکیده

مقدمه: پژوهش‌ها نشان دادند اعمال تحریک الکتر یکی مستقیم فرا جمجمه ای آنودال سبب افزایش اثربخشی توانبخشی شناختی می گردد. از طرف دیگر نتایج پژوهش‌های اخیر نشان داد اعمال تحریک به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره ای می تواند تحریک پذیری قشری- نخاعی را افزایش دهد.

هدف: پژوهش حاضر به مقایسه ی اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه ای دو موضعی همزمان یک نیمکره ای و تحریک به روش مرسوم همراه تمرینات شناختی بر بهبود بازداری پاسخ افراد عادی پرداخته.

روش: ۲۱ آزمودنی به صورت تصادفی در دو گروه آزمایشی و کنترل شامل گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه ای نواحی قشر حرکتی اولیه و قشر خلفی‌جانبی پیش‌پیشانی و گروه تحریک ناحیه ی قشر خلفی‌جانبی پیش‌پیشانی چپ و گروه کنترل تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه ای تصنعی قرار گرفتند. تحریکِ مستقیم ۰/۳ میلی آمپری، به مدت ۳۰ دقیقه در ۴ جلسه اعمال و پس از اعمال تحریک ، تکلیف استاپ سیگنال اجرا شد. جلسه ی پنجم ۲۴ ساعت پس از تحریک، ارزیابی مجدد انجام شد.

یافته‌ها: تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر نشان داد، اعمال تحریک جریان مستقیم الکتریکی فرا جمجمه‌ای آنودال دو موضعی همزمان یک نیمکره ای به همراه اجرای تمرینات شناختی، تفاوت معناداری در مقایسه با روش تحریکی مرسوم و گروه کنترل در اجرای تکلیف بازداری پاسخ دارد (P=۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه ای آنودال دو موضعی همزمان یک نیمکره ای از طریق افزایش تحریک پذیری قشری، اثربخشی تمرینات شناختی را افزایش داد.

کلیدواژه‌ها: تحریک جریان مستقیم الکتریکی فرا جمجمه‌ای ، تمرینات شناختی، بازداری پاسخ

تمامی حقوق نشر براي دانشگاه علوم پزشکی کردستان محفوظ است.

مقدمه

کارکردهای شناختی مجموعه توانایی‌هایی را در برمی‌گیرد که ارتباط مستقیمی با فهم و ادراک وقایع زندگی روزمره و قابلیت تصمیم‌گیری و انطباق‌پذیری مناسب در شرایط گوناگون محیطی دارد (گورلیک و بولر[۱]، ۲۰۰۸). از جمله انواع مختلف کارکردهای شناختی می‌توان کارکردهای اجرایی را ذکر نمود که اشاره به مجموعه عملکردهایی دارد که مرتبط با فعالیت قشر پیش پیشانی[۲] می‌باشند که توانایی پایش و تعدیل رفتار در حال وقوع را در موقعیت‌های شناختی، هیجانی و اجتماعی گوناگون فراهم می‌سازد. (لزاک و دویچ[۳]، ۲۰۰۴). این مفهوم می‌تواند طیف وسیعی از کارکردهای عالی شناختی و فراشناختی همچون برنامه ریزی[۴]، سیالیت[۵]، کنترل توجهی[۶] سازماندهی[۷]، حافظه‌ی فعال[۸]، بازداری پاسخ[۹]، آغازگری تکلیف و انعطاف‌پذیری شناختی[۱۰] را در بربگیرد (اندرسون[۱۱]، ۲۰۰۲).

از این میان، بازداری پاسخ اشاره به توانایی اداره و جهت بخشیدن به توجه، در محیطی همراه با محرک حسی با چشم پوشی از اطلاعات نامرتبط و حفظ توجه بر محرک یا آیتم مربوطه، دارد (گوته، پونتی فکس، هیلمن و مک آلوی[۱۲]،۲۰۱۳). گلدمن-راکیک، تیری، گلووینسکی، گلدمن- راکیک و کریستن (۱۹۹۴)، بازداری را به عنوان « توانایی رد نمودن[۱۳] و خودداری از یک قصد و تمایل خودکارانه» تعریف نموده‌اند.

مطالعات پیرامون بازداری پاسخ در بین پژوهشگران به طور روزافزونی افزایش داشته است و پژوهش‌های بسیاری در دهه‌ی گذشته نشان داده‌اند که این کارکرد، با افزایش فعالیت در نواحی پشتی- میانی کورتکس پری فرونتال[۱۴]، کورتکس پری فرونتال جانبی[۱۵]، کورتکس پاریتال[۱۶]، اینسولار[۱۷] و پرکانئوس دو طرفه و شیار آنگولار چپ[۱۸] و شیار گیجگاهی میانی راست[۱۹]، مرتبط بوده است (گلدشتاین و ناگلیری، ۲۰۱۳).

در سال‌های اخیر، تکنیک‌های غیرتهاجمی تحریک مغزی مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است که می‌توانند منجر به تعدیل در تحریک‌پذیری و فعالیت کورتکسی و در نتیجه، ایجاد تغییرات در کارکردهای شناختی و رفتاری گردند (فوئل[۲۰]، ۲۰۱۴؛ کوو، پائولوس و نیچه[۲۱]، ۲۰۱۴؛ زیمان[۲۲]، پائولوس، نیچه و همکاران، ۲۰۰۷). تحریک جریان مستقیم الکتریکی فرا جمجمه‌ای (tDCS)[۲۳] از جمله ی چنین تکنیک هایی است. از حدود ۵۰ سال پیش نشان داده شده است که به کارگیری جریان های مستقیم زیر آستانه‌ای و نسبتاً ضعیف بر روی کورتکس حیوانات می‌تواند منجر به ایجاد تغییراتی قطبی در فعالیت کورتکسی و همچنین تحریک پذیری آن گردد که می‌تواند چندین ساعت پس از مداخله به طول بیانجامد (نیچه، لیبتانز، آنتال و همکاران[۲۴]، ۲۰۰۳؛ بیندمن،

[1]- Gorelick & Bowler
[2]- prefrontal cortex
[3]- Lezak & Deutsch
[4]- planning
[5]- fluency
[6] -Attentional control
[7]- planning
[8]- working memory
[9] - responses
[10]- cognitive flexibility
[11]- Anderson
[12]- Gothe, Pontifex, Hillman, McAuley

[13] - reject
[14] - dorsomedial prefrontal cortex
[15] - lateral prefrontal cortex
[16] - parietal cortex
[17] - insular cortex
[18] - left angular gyrus
[19] - right middle temporal gyrus
[20]- Flöel
[21]- Kuo, Paulus & Nitsche
[22]- Ziemann
[23]- Transcranial direct current stimulation
[24]- Liebetanz, Antal & et al

لیپولد و ردفیرن[1]، ۱۹۶۴). مطالعات مربوط به نمونه‌های انسانی نیز نتایج فوق را مورد تائید قرار داده است (نیچه و پائولوس، ۲۰۰۲و۲۰۰۱). کلید درک چگونگی کارکرد تکنولوژی‌های تحریک مغزی، فهم ساختار مدارگونه ی مغز است که در کارکردهای بهنجار و نابهنجار مغز نقش اساسی ایفا می‌کند. در نتیجه‌ی تحریک عصبی به‌وسیله‌ی تحریک مغزی، آبشاری از وقایع مولکولی روی می‌دهد که منجر به تغییرات عصبی درازمدتی به‌خصوص در سطح سیناپسی می‌گردد که می‌توانند تا چند ساعت، روز و یا مدت طولانی‌تری نسبت به طول تحریک وارد شده، دوام آورند (رتی و چانگ[2]، ۲۰۱۵).

جئون و هان (۲۰۱۲) طی پژوهشی، با استفاده از تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای را بر روی ناحیه‌ی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی چپ را تحریک نمودند. نتایج به دست آمده حاکی از بهبود معنادار عملکرد بازداری پاسخ در تکلیف استروپ بود. به نظر می‌رسد که این ناحیه در کارکردهای مربوط به بازداری پاسخ نقش عمده‌ای ایفا نماید.

پارک و همکاران (۲۰۱۳) نیز، تأثیر اعمال هم‌زمان تمرینات کامپیوتری شناختی و اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال با شدت جریان ۲ میلی‌آمپر و به مدت ۲۰ دقیقه بر روی ناحیه‌ی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی را در مقایسه با گروه کنترل با اعمال تحریک ساختگی، بر عملکرد پیوسته‌ی شنیداری[3] و عملکرد پیوسته دیداری[4] بیماران دچار سکته‌ی مغزی مورد بررسی بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها ۱۷ جلسه‌ی توان‌بخشی به صورت ۵ مرتبه در هفته نشان داد که اعمال چنین پروتکلی می‌تواند تأثیر معناداری در بهبود عملکرد بیماران در مقایسه با گروه کنترل داشته باشد.

از طرف دیگر، پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند، هنگامی که تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای همراه با روش‌های تمرینی استاندارد و یا پروتکل‌های توان‌بخشی به کار می‌رود؛ اثربخشی آن‌ها به میزان قابل توجهی در توانایی بازداری پاسخ افرایش می‌یابد. پژوهش‌های انجام شده در جمعیت‌های بهنجار با به‌کارگیری هم‌زمان تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای و توان‌بخشی شناختی در یک جلسه، حاکی از این بوده است که استفاده از چنین پروتکلی می‌تواند عملکرد افراد در کارکردهای شناختی همچون حافظه‌ی کاری، یادگیری را به مدت کوتاهی افزایش دهد (فوئل، ساتورپ، کول و همکاران[5]، ۲۰۱۲؛ جوادی و والش، ۲۰۱۲؛ زال، سندمن، ثورن، جنک و هرمان[6]، ۲۰۱۱؛ اون، پارک، یوو و همکاران[7]، ۲۰۰۸؛ فرگنی، بوجیو، نیچه و همکاران[8]، ۲۰۰۵).

در همین زمینه، دیتیه و همکاران (۲۰۱۲)، به بررسی اثربخشی اعمال هم‌زمان تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای و توان‌بخشی شناختی مبتنی بر تکالیف کامپیوتری بر توانایی بازداری پاسخ در افراد عادی پرداختند. نتایج پژوهش آنان پس از ۴ جلسه توان‌بخشی با استفاده از تکلیف کامپیوتری استاپ سیگنال و اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای بر روی ناحیه‌ی شکنج پیشین قدامی (IFG) راست[9] با شدت یک و نیم میلی‌آمپر و به مدت ۱۵ دقیقه نشان داد که این پروتکل

[1]- Bindman, Lippold & Redfearn
7- Reti & Chang
[3]- auditory continuous performance
[4] -visual continuous performance

[5]- Suttorp, Kohl & et al
[6]- Zaehle, Sandmann, Thorne, Jäncke & Herrmann
[7]- Ohn, Park, Yoo & et al
[8] -Fregni, Boggio, Nitsche & et al
[9] - right inferior frontal gyrus

اثربخشی بیشتر نسبت به گروه کنترل همراه با تحریک ساختگی داشت.

مارتین، لیو، آلونزو[1] و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی، به بررسی اثربخشی اعمال هم‌زمان تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای و تمرینات کامپیوتری شناختی بر کارکردهای اجرایی، حافظه‌ی فعال، سرعت پردازش، توجه و زمان واکنش افراد عادی پرداختند. اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای به صورت آنودال و با شدت جریان ۲ میلی آمپر به مدت ۳۰ دقیقه بر روی ناحیه‌ی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی اعمال شد. برای تمرینات کامپیوتری شناختی نیز از تکلیف n-back استفاده شد. پس از اعمال این پروتکل به مدت ۱۰ جلسه، گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی، نتایج بهتری را در تکالیف حافظه‌ی فعال و توجه تمرین نشده کسب نمودند. در دوره‌ی پیگیری پس از ۴ هفته، همچنان گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل در این تکالیف برتری داشت.

مطالعات اخیر تصویرسازی تشدید مغناطیسی کارکردی (fMRI) نشان داده است که تحریک آنودال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای موجب افزایش تحریک‌پذیری قشری-نخاعی[2] نواحی موضعی تحریک شده و مناطق دورتر می گردد که می تواند به دلیل تعاملات بین این نواحی باشد (لانگ، زیبنر، وارد و همکاران[3]، ۲۰۰۵). بنابراین محل قرارگیری الکترود می‌تواند اثری حیاتی در توزیع فضایی و مسیر جریان الکتریکی که ایجاد نماید که این دو با یکدیگر می‌توانند در اثربخشی تحریک، نقش تعیین‌کننده‌ای را ایفا نمایند.

در اغلب پژوهش‌هایی که در آن‌ها تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای مورد استفاده قرار گرفته است، از یک الکترود آنود و یک الکترود کاتود بر روی پوست سر، بسته به کارکرد مورد نظر، استفاده شده است؛ اما از مونتاژهای دیگر همچون یک الکترود آنود و دو الکترود کاتود و با دو الکترود آنود و دو الکترود آنود نیز مورد استفاده قرار گرفته است (اوتز، دیموا، اوپنلندر و کرکوف[4]، ۲۰۱۰).

واثقی، ذوقی و جابرزاده، (۲۰۱۵) در پژوهشی به مطالعه‌ی تأثیر تحریک هم‌زمان کورتکس حرکتی اولیه و نواحی کارکردی مرتبط در افراد بهنجار پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها حاکی از القای بیشتر پتانسیل‌های فراخوانده‌ی حرکتی (MEPs)[5] در روش اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه ای آنودال به صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای، نسبت به روش مرسوم بود که حداقل به مدت ۲۴ ساعت ادامه داشت.

در همین راستا، مطالعه‌ی اخیر کوکلتا، دامبورسکا، رومان، رکتور و برازدیل (۲۰۱۶) حاکی از وجود شواهدی دال بر نقش کارکردی مستقیم ناحیه‌ی حرکتی اولیه در فعالیت‌های مختلف شناختی، علاوه بر کارکردهایی که به‌طور کلاسیک از مدت‌ها پیش به این ناحیه نسبت داده می‌شد بود. علاوه بر این، ناحیه‌ی حرکتی اولیه در سرکوب پاسخ به صورت ارادی و همچنین آمادگی حرکتی به واسطه ی وجود مدارهای برنامه ریزی حرکتی، دخیل دانسته شده است (کن و کن، ۲۰۱۳).

بنابراین به نظر می‌رسد، اعمال هم‌زمان تحریک آنودال در ناحیه‌ی مربوطه و منطقه‌ی کارکردی مرتبط به دلیل

[1] - Martin, Liu, Alonzo
[2] - corticospinal
[3] -Lang, Siebner, Ward & et al
[4]- Utz, Dimova, Oppenländer & Kerkhoff
[5]- motor-evoked potentials

تعاملات شبکه‌ای موجود در کارکردهای پیچیده‌ی عصبی همچون بازداری پاسخ، می‌تواند نقش مهمی در توسعه تکنیک‌های ارتقای شناختی به دلیل وجود ساختارهای شبکه ای در مغز ایفا نماید.

با این وجود، با توجه به اینکه تاکنون تأثیر چنین مونتاژی بر بهبود کارکردهای اجرایی از جمله بازداری پاسخ مورد استفاده قرار نگرفته است پژوهش حاضر با هدف طرح این سؤال که آیا اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای به صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای همراه با پروتکل تمرینات شناختی اثربخشی بیشتری در بهبود بازداری پاسخ نسب به روش اعمال تحریکی مرسوم و گروه کنترل دارد و یا خیر.

روش

جامعه‌ی پژوهش حاضر شامل کلیه‌ی دانشجویان دانشگاه شهید مدنی آذربایجان واقع در شهر تبریز بوده که در نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۶-۱۳۹۵ مشغول به تحصیل بودند. از جامعه‌ی ذکر شده، نمونه‌ای به تعداد ۲۱ نفر (۱۱ مرد و ۱۰ زن) به روش نمونه‌گیری در دسترس در گستره‌ی سنی ۲۰ تا ۳۰ سال انتخاب شدند.

تمامی آزمودنی هایی که مورد ارزیابی قرار گرفتند دارای بینایی و شنوایی طبیعی بوده و فاقد هر گونه سابقه‌ی ضربه‌ی مغزی، اختلالات روان‌پزشکی، صرع و سوءمصرف الکل و یا مواد مخدر بوده‌اند. راست برتری تمامی نمونه‌ها با استفاده از پرسشنامه‌ی برتری طرفی ادینبرگ (اولدفیلد، ۱۹۷۱) مورد تائید قرار گرفت.

پس از انتخاب آزمودنی‌ها، به صورت تصادفی در یکی از گروه‌های پژوهشی زیر قرار گرفتند: الف-گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای با تحریک آنودال به شیوه‌ی مرسوم همراه با تمرینات شناختی ب- گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای همراه با تمرینات شناختی ج- گروه اعمال تحریک تصنعی همراه با تمرینات شناختی

روش انجام تحقیق حاضر از نوع نیمه آزمایشی بود که همراه با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل صورت پذیرفت. پس از اخذ مجوز کمیته‌ی اخلاق، جهت انجام پژوهش حاضر، ابتدا شرکت‌کنندگان در پژوهش مورد مصاحبه قرار گرفتند و نسبت به شرایط و طول مداخله و همچنین بی‌خطر بودن آن اطلاعات کافی ارائه شد. تمامی آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه‌ی شخصی جهت حضور در پژوهش را تکمیل نمودند و نسبت به رازداری و عدم افشای اطلاعات به آنان اطمینان خاطر کامل داده شد

آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در دو گروه آزمایشی شامل گروه نخست به صورت اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای بر روی نواحی قشر حرکتی اولیه (c3) و قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی (F3)و گروه دوم به صورت اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه ای بر روی ناحیه‌ی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی چپ و همچنین گروه کنترل همراه با اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای به صورت تصنعی تخصیص داده شدند. به منظور یافتن نقاط مورد نظر بر روی سر از سیستم بین‌المللی ۱۰-۲۰ استفاده شد. تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای با شدت جریان ۰/۳ میلی‌آمپر و به‌صورت مستقیم به مدت ۳۰ دقیقه در طی چهار جلسه اعمال گردید. الکترود کاتد در ناحیه‌ی سوپرااربیتال نیمکره‌ی مقابل (راست)(Fp2) کارگذاری شد. گروه کنترل نیز

تحریک را به مدت ۳۰ ثانیه بر روی ناحیه‌ی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی چپ دریافت نمودند و سپس دستگاه به صورت خودکار قطع شد. کلیه‌ی آزمودنی‌ها، پس از اعمال تحریک در هر جلسه، تکلیف استاپ سیگنال را اجرا نمودند. جلسه ی پنجم به منظور پیگیری اثربخشی مداخلات انجام شده، ۲۴ ساعت پس از پایان اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای، آزمودنی‌ها به طور مجدد مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت تحلیل داده های به دست آمده از نرم افزار SPSS نسخه‌ی ۱۷ استفاده شد.

ابزار

تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای (tDCS): در پژوهش حاضر، تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای با استفاده از دستگاه NEUROSTIM-2 ساخت شرکت مدینا طب گستر و از طریق دو پد ۱/۵ × ۲ سانتی‌متر (الکترود آند) و ۶× ۲ سانتی‌متر (الکترود کاتد) آغشته به محلول نمک به شدت جریان ۰/۳ میلی‌آمپر و به‌صورت مستقیم به مدت ۳۰ دقیقه اعمال گردید (واثقی، دوقی و جابر زاده، ۲۰۱۵).

تکلیف استاپ ایت[1]: جهت ارزیابی توانایی بازداری آزمودنی ها از تکلیف استاپ ایت (ورنبروگن، لوگان و استیونز[2]، ۲۰۰۸) استفاده شد. در این تکلیف از دو نماد دایره و مربع در هر مرتبه‌ی آزمون استفاده شده است. سایز محرک‌های دیداری برابر با ۱/۵ سانتی‌متر مربع است که به مدت ۱/۲۵۰ میلی‌ثانیه بر روی صفحه باقی می‌ماند. آزمودنی‌ها می‌بایست در سریع‌ترین زمان ممکن به‌وسیله‌ی کلیک چپ و راست ماوس کامپیوتر به محرک‌ها پاسخ دهند. بدین‌صورت که به محرک دایره با راست کلیک و به محرک مربع با چپ کلیک پاسخ دهند. در ۲۵ درصد آزمون‌ها، محرکی صوتی (۷۵۰ هرتز- ۷۵ میلی‌ثانیه) اندکی پس از محرک دیداری ارائه می‌گردد که هنگام شنیدن آن آزمودنی می‌بایست بلافاصله از پاسخ دادن خودداری نماید (استاپ سیگنال). زمان بین ارائه محرک و استاپ سیگنال در هر آزمون تنظیم شده است (تأخیر استاپ سیگنال (SSD)[3]). تکلیف با SSD ۲۵۰ میلی‌ثانیه آغاز می‌شود و به دنبال آن پس از پاسخ درست، SSD ۵۰ میلی‌ثانیه افزایش می‌یابد. پس از پاسخ نادرست SSD ۵۰ میلی‌ثانیه کاهش می‌یابد. تکلیف شامل ۲ مرحله است که مرحله‌ی نخست از ۳۲ آزمون تمرینی و مرحله‌ی دوم از ۱۹۲ آزمون شامل ۳ بلوک ۶۴ تایی با فاصله‌ی ۱۰ ثانیه استراحت میان بلوک‌ها تشکیل یافته است (ورنبروگن، لوگان و استیونز[4]، ۲۰۰۸). مراحل تمرینی برای این انجام می‌گردد تا آزمونگر نسبت به فهم آزمودنی‌ها از شرایط تکلیف اطمینان حاصل نماید. نقطه‌ی تمرکز (+) و محرک دیداری در وسط صفحه‌ی نمایشگر با رنگ سفید در زمینه‌ی سیاه ارائه می‌گردد.

پرسشنامه برتری جانبی ادینبرگ[5]: پرسشنامه برتری طرفی طرفی ادینبرگ برای نخستین بار توسط اولدفیلد (۱۹۷۱) طراحی گردید. دارای ۴ بخش است که برتری دستی، برتری پا، برتری گوش و برتری چشم را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. بخش برتری دستی این مقیاس ۱۰ ماده دارد که ترجیح دستی را در نوشتن، نقاشی کردن، پرتاب کردن، قیچی کردن، مسواک زدن، استفاده از چاقو، استفاده از قاشق، جارو کردن، روشن کردن کبریت،

[1] - STOP-IT
[2] - Verbruggen, Logan & Stevens
[3] - Stop Signal Delay(SSD)
[4] - Verbruggen, Logan & Stevens
[5] - Edinburgh Handedness Inventory

باز و بسته کردن درب قوطی مورد سنجش قرار می‌دهد. نتایج آزمون در دامنه‌ای از ۱۰۰+ تا ۱۰۰- قرار خواهد گرفت. بدین صورت که افراد چپ دست نمراتی را در طیف ۴۰- تا ۱۰۰-، آزمودنی های راست دست نمراتی در گستره‌ی ۱۰۰+ تا ۴۰+ و افراد دو سو برتر نمراتی در طیف ۴۰+ تا ۴۰- کسب خواهند نمود (اولدفیلد[1]، ۱۹۷۱). سه بخش دیگر این پرسشنامه هر کدام دارای ۴ سؤال می‌باشند.

یافته‌ها

اطلاعات دموگرافیک آزمودنی ها شامل میانگین و انحراف معیار شاخص‌های سن و جنسیت آزمودنی ها به تفکیک در جدول ۱ گزارش شده است.

میانگین و انحراف معیار نمرات به دست آمده توسط دو گروه آزمایشی و گروه کنترل در تکالیف استاپ سیگنال در جدول ۲ قابل مشاهده است.

جهت ارزیابی اثربخشی پروتکل‌های مختلف استفاده شده در پژوهش حاضر، از آزمون تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده شد. پیش از آزمون تحلیل واریانس، جهت رعایت پیش فرض آزمون‌های کرویت موچلی و لون انجام شد. نتایج آزمون لون حاکی از رعایت مفروضه‌ی یکسانی واریانس ها بود (P=۰/۰۵). آزمون موچلی نیز نشان داد که این مفروضه برای تمامی متغیرها رعایت شده است (P=۰/۰۵).

در جدول ۳ نتایج تحلیل واریانس درون گروهی با اندازه‌گیری‌های مکرر به جهت بررسی معنی‌داری تفاوت میانگین‌های گروه‌ها قابل مشاهده است. با توجه به آمارهای توصیفی فوق، نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر اصلی مربوط به تکالیف استاپ سیگنال و همچنین اثر تعاملی این تکالیف معنی‌دار است.

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، خلاصه‌ی تحلیل واریانس بیانگر آن است که اثر اصلی نمرات اکتسابی آزمودنی‌ها در تکلیف استاپ سیگنال معناداراست.

(Partial η2 = ۰/۸۱۳ و P<۰/۰۰۱ و F(۴ و ۷۲) = ۷۸/۰۶)

مقدار لامبدای ویلکز برابر با مقدار احتمال ۰/۰۱ است؛ بنابراین، با توجه به مجذورات به دست آمده، نمرات آزمودنی ها در تکلیف استاپ سیگنال در دو گروه آزمایشی و گروه کنترل تفاوت معناداری با یکدیگر دارند.

(Partial η2 = ۰/۸۲۰ وP<۰/۰۰۱ و F(۴ و ۷۲) = ۴۱/۰۹)

به منظور مقایسه میانگین گروه های پژوهشی از آزمون t مستقل استفاده شد. در جلسه‌ی نخست بین میانگین‌های دو گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای و گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به شیوه‌ی مرسوم (P<۰/۰۵ و df= ۱۲ و ۴۹ t=۲/) و دو گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی تفاوت معناداری مشاهده شد. (P< ۰/۰۵و df= ۱۲ و ۵۶ t=۲/).

در جلسه‌ی دوم، بین میانگین‌های دو گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به‌صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای و گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به شیوه‌ی مرسوم (p <۰/ ۰۱و df= ۱۲ و t=۳/۵۴) و دو

[1] - Oldfield

گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی تفاوت معناداری مشاهده شد (p < ۰/ ۰۱و df= ۱۲ و t=۴/۰۴).

در جلسه‌ی سوم، بین میانگین‌های دو گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای و گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به شیوه‌ی مرسوم (p < ۰/ ۰۰۱ و df= ۱۲ و t=۶/۱۳) و دو گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی تفاوت معناداری مشاهده شد (p < ۰/ ۰۰۱ و df= ۱۲ و t=۶/ ۵۱).

همچنین در جلسه‌ی چهارم، بین میانگین‌های دو گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای و گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به شیوه‌ی مرسوم (p < ۰/ ۰۰۱ و df= ۱۲ و t=۶/ ۱۸)، دو گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به شیوه‌ی مرسوم و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی (p<۰/۰۵ و df= ۱۲ و t=۲/۳۵) و دو گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به‌صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی تفاوت معناداری مشاهده شد (p < ۰/ ۰۰۱ و df= ۱۲ و t=۱۰/۰۶).

در جلسه‌ی پنجم (مرحله‌ی پیگیری)، بین میانگین‌های دو گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای و گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه ای آنودال به شیوه‌ی مرسوم (p<۰/۰۰۱ و df=۱۲ و t=۸/۲۰)، دو گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به شیوه‌ی مرسوم و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی (p<۰/۰۰۱ و df=۱۲ و t=۲/۱۹) و دو گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی تفاوت معناداری مشاهده شد (p<۰/ ۰۱ و df= ۱۲ و t=۱/ ۲۸).

جدول شماره‌ی ۱ اطلاعات دموگرافیک آزمودنی ها به تفکیک گروه ها

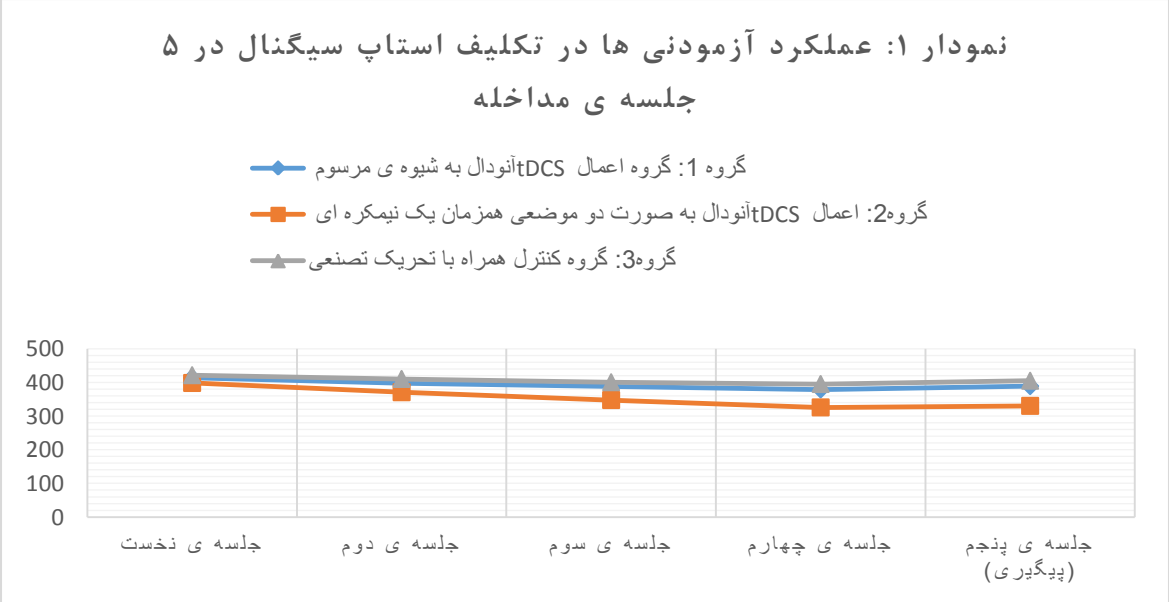
متغیرها	گروه ۱: اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه ای آنودال به شیوه ی مرسوم بر روی قشر خلفی‌جانبی پیش‌پیشانی	گروه ۲: گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه ای آنودال به صورت دو موضعی برو روی قشر هم‌زمان یک نیمکره‌ای خلفی‌جانبی پیش‌پیشانی و قشر حرکتی اولیه	گروه ۳: اعمال تحریک تصنعی
سن (سال)	۲۲/۴۳ (۱/۹۰)	۲۳/۱۴ (۳/۱۳)	۲۳/۸۶ (۳/۲۹)
زن /مرد (n)	۳/۴	۳/۴	۴/۳

جدول۲ میانگین و انحراف معیار نمرات در ۵ جلسه‌ی مداخله

متغیرها		جلسه نخست (n=21)			جلسه دوم (n=21)			جلسه سوم (n=21)			جلسه چهارم (n=21)			جلسه پنجم(پیگیری) (n=21)		
		گروه ۱ (n=۷)	گروه ۲ (n=۷)	گروه ۳ (n=۷)	گروه ۱ (n=۷)	گروه ۲ (n=۷)	گروه ۳ (n=۷)	گروه ۱ (n=۷)	گروه ۲ (n=۷)	گروه ۳ (n=۷)	گروه ۱ (n=۷)	گروه ۲ (n=۷)	گروه ۳ (n=۷)	گروه ۱ (n=۷)	گروه ۲ (n=۷)	گروه ۳ (n=۷)
تکلیف استاپ سیگنال	(SSRT) زمان واکنش استاپ سیگنال	٤١٤/٠١ (٧/٧٩)	٣٩٨/٦٧ (١٤/٢٩)	٤٢١/٨٦ (١٩/٢٢)	٣٩٨/٤٧ (٨/٦٧)	٣٧١/١٠ (١٨/٥٢)	٤١٠/٦٧ (١٨/١٣)	٣٨٨/١٨ (٧/٠١)	٣٤٧/٨٤ (١٥/٩٣)	٤٠٠/٨٨ (١٤/٣١)	٣٧٩/٣٧ (١٦/١٢)	٣٢٥/٩٧ (١٦/٢١)	٣٩٥/٥٨ (٨/٥١)	٣٨٩/٣١ (١٢/٤٠)	٣٣٠/٥٧ (١٤/٣٢)	٤٠٥/٣٦ (٥/١٤)

جدول ۳ نتایج آزمون تحلیل واریانس آمیخته برای تکلیف استاپ سیگنال

	عامل	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	sig	اندازه اثر
درون‌گروهی	تکلیف استاپ سیگنال	۲۵۸۹۷/۴۸	۴	۶۴۷۴/۳۷	۷۸/۰۶	۰/۰۰۱	۰/۸۱۳
	تکلیف استاپ سیگنال * گروه	۷۳۶۳/۴۹	۸	۹۲۰/۴۴	۱۱/۱۰	۰/۰۰۱	۰/۵۵۲
	خطا	۵۹۷۱/۸۱	۷۲	۸۲/۹۴			
بین گروهی	گروه	۵۱۳۴۷/۶۰	۲	۲۵۶۷۴/۸۰	۴۱/۰۹	۰/۰۰۱	۰/۸۲۰
	خطا	۱۱۲۴۵/۹۷	۱۸	۶۲۴/۷۷۶			
	لامبدای ویلکز (value=۰/۲۳۴)				۴/۰۱	۰/۰۱	۰/۵۱۶



نمودار ۱ میانگین‌های نمرات کسب‌شده در تکلیف استاپ سیگنال را در دو گروه آزمایشی و یک گروه کنترل در ۴ مرحله اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای و مرحله‌ی پیگیری در جلسه‌ی پنجم را به‌صورت یک نمودار خطی نمایش می‌دهد. این نمودار نشان می‌دهد که تعداد خطاها در تکلیف استاپ سیگنال در گروه‌های آزمایشی همراه با اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای یک‌روند کاهشی جلسات مداخله و همچنین در جلسه‌ی پیگیری داشته است که این افزایش در عملکرد در گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای به‌صورت برجسته‌تری بوده است.

بحث

پژوهش حاضر با هدف مقایسه‌ی پروتکل‌های اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای به صورت دو موضعی هم‌زمان تک نیمکره‌ای بر روی نواحی قشر حرکتی اولیه و قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی و روش مرسوم (تحریک قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی) به همراه تمرینات شناختی انجام گرفت.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که دو گروه های آزمایشی همراه با اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای به صورت دو موضعی هم‌زمان تک نیمکره‌ای بر روی نواحی قشر حرکتی اولیه و قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی و گروه اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه ای به صورت مرسوم نسبت به گروه کنترل عملکرد بهتری را در تکلیف استاپ سیگنال از خود نشان دادند. از طرف دیگر، گروه همراه با اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه ای به صورت دو موضعی هم‌زمان تک نیمکره‌ای نسبت به روش مرسوم عملکرد بهتری از خود نشان دادند که این بهبود در عملکرد در جلسه‌ی پنجم (مرحله‌ی پیگیری) همچنان قابل توجه و معنادار بود.

در درجه‌ی نخست پژوهش حاضر نشان داد، اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای به همراه انجام تمرینات شناختی، اثربخشی بیشتری نسبت به تمرینات شناختی به تنهایی دارد. این نتایج با یافته های جئون و هان،۲۰۱۲؛ پارک و همکاران،۲۰۱۳؛ دیتیه، جاکوبسون، والش و لاویدور، ۲۰۱۲؛ فردیکسون، ریچاردسون، بیکر و روردن،۲۰۰۱؛ لئو، د-لوکا، روسو و همکاران،۲۰۱۵؛ لیندنبرگ، رنگا، ژو، نیر و اشلاوگ، ۲۰۱۰؛ فوئل، ساتورپ، کول و همکاران، ۲۰۱۲؛ جوادی و والش، ۲۰۱۲؛ زال، سندمن، ثورن، جنک و هرمان، ۲۰۱۱؛ اون، پارک، یوو و همکاران، ۲۰۰۸ و فرگنی، بوجیو، نیچه و همکاران، ۲۰۰۵ همسو بود. به نظر می رسد، تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای می‌تواند با افزایش میزان تحریک‌پذیری کورتکسی در شبکه های مربوط به کارکردهای اجرایی در مغز، زمینه‌ی لازم برای پروتکل‌های مختلف توان‌بخشی و ارتقا شناختی را فراهم می‌سازد.

از طرف دیگر پژوهش حاضر نشان داد، تحریک آنودال هم‌زمان نواحی درگیر در یک نیمکره، می‌تواند منجر به افزایش اثربخشی پروتکل‌های توان‌بخشی شناختی، نسبت به اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای بر روی ناحیه‌ی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی، در عملکرد افراد در کارکردهای اجرایی می‌گردد. این یافته‌ها، با نتایج به دست آمده توسط واثقی و همکاران (۲۰۱۵) که نشان داد، تحریک هم‌زمان ناحیه‌ی کارکردی مرتبط در علاوه بر ناحیه‌ی مورد نظر، موجب افزایش القای پتانسیل

های فراخوانده‌ی حرکتی (MEPs)[1] در افراد بهنجار می‌گردد، همسو بود.

به نظر می‌رسد که ناحیه‌ی حرکتی اولیه در کارکردهای اجرایی از جمله بازداری پاسخ افراد نقش مهمی ایفا می‌نماید. شاید بتوان دلیل چنین امری را در تعاملات کارکردی و عصبی میان این نواحی و ناحیه‌ی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی دانست که در پژوهش اخیر کوکلتا و همکاران (۲۰۱۶)، مورد توجه قرار گرفت.

مطالعه‌ی دام و استریک و هی و همکاران (به نقل از واثقی و همکاران، ۲۰۱۵) نشان داد، کورتکس ناحیه‌ی پیش حرکتی به دو قسمت پشتی و شکمی تقسیم می‌شود که ناحیه‌ی پشتی آن خروجی‌اش را به ناحیه‌ی قشر حرکتی اولیه و طناب نخاعی می‌فرستد و ورودی‌هایی از ناحیه‌ی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی دریافت می‌کند. مدولاسیون مربوط به توجه در ناحیه‌ی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی و داده های مربوط به آمادگی حرکتی در ناحیه‌ی پشتی کورتکس پیش حرکتی توسط ناحیه‌ی قشر حرکتی اولیه دریافت می‌گردد. درنتیجه‌ی چنین ساختار کارکردی، به نظر می‌رسد که تحریک آنودال هم‌زمان ناحیه‌ی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی و قشر حرکتی اولیه می‌تواند، منجر به فعال‌سازی مسیر عصبی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی_ قشر پیش حرکتی_ ناحیه حرکتی اولیه گردد و تحریک پذیری این نواحی را افزایش دهد (واثقی و همکاران، ۲۰۱۵) به نظر می‌رسد با توجه به وجود چنین مسیرهایی بین این دو ناحیه، تحریک دو ناحیه به طور هم‌زمان سبب فعال‌سازی بیشتر و در نتیجه بهبود در کارکردهای مربوط به بازداری پاسخ گردد.

از طرف دیگر یافته های حاصل از مرحله‌ی پیگیری نیز حاکی از پایداری بهبود مشاهده شده در گروه همراه با مداخله ی ۲ موضعی هم‌زمان تک نیمکره‌ای، نسبت به گروه اعمال به شیوه‌ی مرسوم و گروه کنترل، ۲۴ ساعت پس از اتمام مداخله بود. این یافته با نتایج پژوهش واثقی و همکاران (۲۰۱۵) که حاکی از القای بیشتر پتانسیل‌های فراخوانده‌ی حرکتی (MEPs)[2] در روش اعمال تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آنودال به‌صورت دو موضعی هم‌زمان یک نیمکره‌ای، نسبت به روش مرسوم که حداقل به مدت ۲۴ ساعت ادامه داشت، همسو بود.

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد، استفاده از پروتکل تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای هم‌زمان ۲ موضعی تک نیمکره‌ای می‌تواند اثربخشی تمرینات شناختی را افزایش داده و بهبود عملکرد در تکالیف مربوط به بازداری پاسخ گردد بنابراین با توجه به اثربخشی پروتکل معرفی‌شده، پیشنهاد می‌گردد در جمعیت‌های بالینی همچون بیماران دچار بیش فعالی و اختلالات خوردن، بیماران دچار سکته‌ی مغزی و پارکینسون مورد کار آزمایی بالینی قرار گیرد. از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به تعداد کم آزمودنی‌ها در گروه‌های مورد مداخله اشاره نمود. پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی در ابعاد گسترده‌تر انجام گیرد و کارایی این پروتکل بر بهبود سایر عملکردهای شناختی مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

[1]- motor-evoked potentials

[2]- motor-evoked potentials

از شرکت مدینا طب گستر که دستگاه نورواستیم ۲ را در اختیار ما قرار دادند و در پژوهش حاضر ما را یاری رساندند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

References

Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. Child neuropsychology, 8(2), 71-82.

Bindman, LJ, Lippold O, & Redfearn J. (1964). The action of brief polarizing currents on the cerebral cortex of the rat (1) during current flow and (2) in the production of long-lasting after-effects. The Journal of physiology, 172(3), 369.

Bracy, OL. (1983). Computer based cognitive rehabilitation. Cognitive Rehabilitation, 1(1), 7-8, 18.

Ditye, T, Jacobson L, Walsh V, & Lavidor M. (2012). Modulating behavioral inhibition by tDCS combined with cognitive training. Experimental brain research, 219(3), 363-368.

Flöel, A, Suttorp W, Kohl O, Kürten J, Lohmann H, Breitenstein C, & Knecht S. (2012). Non-invasive brain stimulation improves object-location learning in the elderly. Neurobiology of aging, 33(8), 1682-1689.

Fregni, F, Boggio PS, Nitsche M, Bermpohl F, Antal A, Feredoes E, Paulus W. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. Experimental brain research, 166(1), 23-30.

Fridriksson, J, Richardson JD, Baker JM, & Rorden C. (2011). Transcranial direct current stimulation improves naming reaction time in fluent

potentiating poststroke computerized cognitive rehabilitation: Lessons learned from a case study. Applied Neuropsychology: Adult, 1-5.

Lezak, MD. (2004). Neuropsychological assessment: Oxford University Press, USA.

Lindenberg, R, Renga V, Zhu L, Nair D, & Schlaug G. (2010). Bihemispheric brain stimulation aphasia a double-blind, sham-controlled study. Stroke, 42(3), 819-821.

Goldman-Rakic, PS. (1995). Architecture of the prefrontal cortex and the central executive. Annals of the New York Academy of Sciences, 769(1), 71-84.

Gorelick, PB, & Bowler JV. (2008). Advances in vascular cognitive impairment 2007. Stroke, 39(2), 279-282.

Gothe, N, Pontifex MB, Hillman C, & McAuley E. (2013). The acute effects of yoga on executive function. Journal of physical activity and health, 10(4), 488-495.

Javadi, AH, & Walsh V. (2012). Transcranial direct current stimulation (tDCS) of the left dorsolateral prefrontal cortex modulates declarative memory. Brain stimulation, 5(3), 231-241.

Jeon, SY, & Han SJ. (2012). Improvement of the working memory and naming by transcranial direct current stimulation. Annals of rehabilitation medicine, 36(5), 585-595.

Kukleta, M, Damborská A, Roman R, Rektor IZ, & Brázdil M. (2016). The primary motor cortex is involved in the control of a non-motor cognitive action. Clinical Neurophysiology, 127(2), 1547-1550.

Kuo, MF,Paulus W, & Nitsche MA. (2014). Therapeutic effects of non-invasive brain stimulation with direct currents (tDCS) in neuropsychiatric diseases. Neuroimage, 85(6), 948-960.

Kwon, YH., & Kwon JW. (2013). Response inhibition induced in the stop-signal task by transcranial direct current stimulation of the pre-supplementary motor area and primary sensoriomotor cortex. Journal of physical therapy science, 25(9), 1083-1086.

Lang, N, Siebner HR, Ward NS, Lee L, Nitsche MA, Paulus W, Frackowiak RS. (2005). How does transcranial DC stimulation of the primary motor cortex alter regional neuronal activity in the human brain? European Journal of Neuroscience, 22(2), 495-504.

Leo, A, De Luca R, Russo M, Naro A, Bramanti P, & Calabrò RS. (2015). Role of tDCS in

facilitates motor recovery in chronic stroke patients. Neurology, 75(24), 2176-2184.

Martin, DM, Liu R, Alonzo A, Green M, Player MJ, Sachdev P, & Loo CK. (2013). Can transcranial direct current stimulation enhance outcomes from cognitive training? A randomized controlled trial in healthy participants. International Journal of Neuropsychopharmacology, 16(9), 1927-1936.

Naglieri JA, Goldstein S. (2014). Handbook of executive functioning. New York: Springer Science &Business Media Press, 29-44

Nitsche, M A, Liebetanz D, Antal A, Lang N, Tergau F, & Paulus W. (2003). Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation–technical, safety and functional aspects. Suppl Clin Neurophysiol, 56(3), 255-276.

Nitsche, M, & 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.

Nitsche, MA, & Fregni F. (2007). Transcranial Direct Current Stimulation-An Adjuvant Tool for the Treatment of Neuropsychiatric Diseases? Current Psychiatry Reviews, 3(3), 222-232.

Nitsche, MA, & Paulus W. (2001). Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. Neurology, 57(10), 1899-1901.

Ohn, SH, Park CI, Yoo WK, Ko MH, Choi KP, Kim GM, Kim YH. (2008). Time-dependent effect of transcranial direct current stimulation on the enhancement of working memory. Neuroreport, 19(1), 43-47.

Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. Neuropsychologia, 9(1), 97-113.

Park, S.-H., Koh, E.-J., Choi, H.-Y., & Ko, M.-H. (2013). A double-blind, sham-controlled, pilot study to assess the effects of the concomitant use of transcranial direct current stimulation with the computer assisted cognitive rehabilitation to the prefrontal cortex on cognitive functions in patients with stroke. Journal of Korean Neurosurgical Society, 54(6), 484-488.

Reti, I. M., & Chang, A. D. (2015). Introduction to brain stimulation. Brain Stimulation, Methodologies and Interventions, 3(5), 1-12.

Utz, K. S., Dimova, V., Oppenländer, K., & Kerkhoff, G. (2010). Electrified minds: transcranial direct current stimulation (tDCS) and galvanic vestibular stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology—a review of current data and future implications. Neuropsychologia, 48(10), 2789-2810.

Vaseghi, B., Zoghi, M., & Jaberzadeh, S. (2015). The effects of anodal-tDCS on corticospinal excitability enhancement and its after-effects: conventional vs. unihemispheric concurrent dual-site stimulation. Frontiers in Human Neuroscience, 9, 533.

Verbruggen, F., Logan, G. D., & Stevens, M. A. (2008). STOP-IT: Windows executable software for the stop-signal paradigm. Behavior research methods, 40(2), 479-483.

Zaehle, T., Sandmann, P., Thorne, J. D., Jäncke, L., & Herrmann, C. S. (2011). Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates working memory performance: combined behavioural and electrophysiological evidence. BMC neuroscience, 12(1), 1.

Ziemann, U., Paulus, W., Nitsche, M. A., Pascual-Leone, A., Byblow, W. D., Berardelli, A., Rothwell, J. C. (2008). Consensus: motor cortex plasticity protocols. Brain stimulation, 1(3), 164-182.

Zoltan, B. (2007). Vision, Perception, and Cognition: A Manual for the Evaluation and Treatment of the Adult with Acquired Brain Injury: Eurospan Group.