Neuropsychology
Volume 8, Issue 1, Serial 28, Spring 2022

فصلنامه علمی عصب روان‌شناسی
دورهٔ هشتم، شمارهٔ ۱ (پیاپی ۲۸)، بهار ۱۴۰۱ (صفحات ۵۳-۴۱)

Original Research

مقالهٔ پژوهشی

مقایسهٔ اثربخشی پروتکل توانبخشی شناختی مبتنی بر تکالیف رایانه‌ای با و بدون تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) در بهبود حافظهٔ فعال بیماران دچار سکتهٔ مغزی

میلاد امینی ماسوله[۱]، غلامرضا چلبیانلو*[۲]، رضا عبدی[۳]
۱. کارشناسی ارشد روان‌شناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
۲. دانشیار روان‌شناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
۳. دانشیار روان‌شناسی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

دریافت: **۱۳۹۹/۱۱/۲۴** پذیرش: **۱۴۰۰/۰۳/۰۲**

Comparison of Cognitive Rehabilitation Efficacy based on Computer-Assisted Cognitive Rehabilitation with and without Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on Improving the Working Memory of Stroke Patients

Milad Amini Masouleh[1], Gholamreza Chalabianloo*[2], Reza Abdi[3]
1. M.A. of Psychology, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
2. Associate Professor of Psychology, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
3. Associate Professor of Psychology, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

Received: 2021/02/12 **Accepted: 2021/05/23**

10.30473/clpsy.2020.51573.1516

چکیده

مقدمه: نقص در حافظه فعال یکی از شکایات رایج در بیماران دچار سکته مغزی است. هدف مطالعه حاضر، بررسی تأثیر استفاده همزمان از تحریک دو موضعی یک نیمکره‌ای مستقیم فراجمجمه‌ای (a-tDCSUHCDS)، توانبخشی شناختی رایانه‌ای و تحریک تک موضعی (a-tDCS) در مقایسه با توانبخشی شناختی رایانه‌ای بدون tDCS بر روی حافظه فعال بیماران دچار سکته بود. روش: ۳۲ بیمار (شامل ۲۱ مرد و ۱۱ زن، با دامنه سنی ۴۰-۶۵ سال) سکته‌ای به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب و به صورت تصادفی در یکی از سه گروه آزمایشی و یک گروه تحریک کاذب قرار گرفتند. تمامی گروه‌ها تحت آموزش تکلیف N back قرار گرفتند، گروه a-tDCSUHCDS تحریک آنودال را بر روی DLPFC چپ و M1 دریافت کرده و گروه تک موضعی a-tDCS تحریک آنودال را بر روی DLPFC چپ در حین توانبخشی شناختی دریافت کردند. نتایج: تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر نشان داد که گروه a-tDCSUHCDS بهبودی بیشتری را در تکالیف حافظه فعال نشان داده اند. همچنین،پس از ۸ هفته پیگیری، گروه a-tDCSUHCDS بهبودی بیشتری را در تکالیف ذکر شده نشان داد. نتیجه‌گیری: این یافته‌ها نشان می‌دهند که استفاده همزمان از tDCS و توانبخشی شناختی رایانه‌ای به واسطه افزایش تحریک‌پذیری شبکه‌های قشری در نواحی مغزی که نقش مهمی در کارکردهای اجرایی دارند، باعث افزایش کارآمدی برنامه‌های توانبخشی شناختی در بیماران سکته‌ای می‌شود.

کلیدواژه‌ها: توانبخشی شناختی، تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای، حافظه فعال، سکته مغزی.

Abstract

Introduction: Working memory deficit is one of the most common complaints in post-stroke patients. The present study aimed to investigate the efficacy of the con-commitment use of unihemispheric concurrent dual-site a-tDCS (a-tDCSUHCDS), computer-assisted cognitive rehabilitation, and conventional (Single site) a-tDCS in comparison with computer-assisted cognitive rehabilitation without tDCS on the working memory in stroke patients. Method:32 participants (21 males and11 females; age range 40-65years) with subacute stroke were selected by purposeful sampling method & randomly assigned to three experimental conditions and a controlled group with sham stimulation. All groups completed sessions of the Dual N-back training task. A-tDCSUHCDS group received anodal tDCS over the left DLPFC and M1 and the conventional (Single site) a-tDCS group received anodal tDCS over the left DLPFC. Result: A repeated measures analysis of variance revealed that the a-tDCSUHCDS group had the larger improvement in working memory tasks after the intervention. Also, at the 8-weeks follow-up, the a-tDCSUHCDS group still had larger improvements in mentioned tasks. Conclusion: These results indicated that there may be potential for the concomitant use of a-tDCSUHCDS and computer-assisted cognitive rehabilitation by increasing the excitability of the cortical network of brain regions that play an important role in executive functions, to enhance the efficiency of the cognitive rehabilitation programs of the stroke patients.

Keywords: Cognitive Rehabilitation, Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS), Working Mmemory, Stroke.

* **نویسندهٔ مسئول:** غلامرضا چلبیانلو

***Corresponding Author:** Gholamreza Chalabianloo
Email: chalabianloo_f@yahoo.com

مقدمه

حافظه‌ی فعال، سیستمی برای حفظ، پایش و دستکاری اطلاعات در حافظه‌ی کوتاه مدت است که تعاملی میان ادراک، حافظه‌ی دراز مدت و عملکرد برقرار می‌کند که انسان را قادر به انجام رفتارهای معطوف به هدف می‌سازد (بدلی[1]، ۱۹۹۸). ایجاد اختلال و نقص در چنین کارکردهایی، از علائم رایج در بسیاری از اختلالات مغزی همچون بیماری‌های مرتبط با اضمحلال نورونی[2]، سکتهٔ مغزی و آسیب‌های مغزی است که مشکلات فراوانی را در کارکردهایی همچون تمرکز، حافظه و کارکردهای اجرایی مانند حل مسئله ایجاد می‌نماید (یو، یونگ، چانگ و یانگ[3]، ۲۰۱۵).

سکتهٔ مغزی[4]به دلیل عدم تامین منابع خونی لازم و یا وجود تغییراتی در میزان آن در مغز روی می‌دهد که می‌تواند سبب ایجاد وقفه در تأمین اکسیژن و مواد مغذی مورد نیاز در مغز گردد (سازمان بهداشت جهانی[5]، ۲۰۱۴). چنین تغییراتی می‌تواند منجر به آسیب به بافت مغزی[6] و در نتیجه باعث ایجاد نواقص گسترده‌ای در سیستم‌های شناختی، حسی، حرکتی و همچنین کاهش توانایی در اعمال خود مراقبتی[7] و مشارکت در فعالیت‌های اجتماعی گردد؛ به طوری که بیش از ۹۰ درصد افرادی که دچار سکتهٔ مغزی می‌شوند، نوعی از بدکارکردی را بسته به میزان آسیب دیدگی مغزی تجربه می‌کنند (میلر[8] و همکاران، ۲۰۱۰). سکته مغزی اغلب نواحی آهیانه‌ای، فرونتال و ساختارهای مربوط به ساقهٔ مغزی را درگیر می‌سازد که می‌توانند به صورت بدکارکردی در عملکرد زبانی، توجه، حافظه و کارکردهای اجرایی مشاهده گردد (فربر[9] و همکاران، ۲۰۲۰؛ کاسینو[10] و همکاران، ۲۰۲۰؛ کانر[11] و همکاران، ۲۰۰۴). مطالعات پیشین نشان داده‌اند، حدود ۲۵ تا ۴۰ درصد بیماران دچار سکتهٔ مغزی، تنها ۳ ماه پس از وقوع سکته، از نشانه‌های دمانس رنج می‌برند و این درصدها هنگامی که نشانه‌های نواقص شناختی خفیف نیز مد نظر قرار می‌گیرند، به ۵۰ تا ۷۵ درصد افزایش می‌یابند (یانگ[12] و همکاران، ۲۰۲۰؛ یون، چان و کیم، ۲۰۱۵).

روش‌های درمانی که به طور معمول برای بهبود چنین بدکارکردی‌هایی به کار می‌روند، عمدتاً دارویی و یا در مواردی با استفاده از جراحی می‌باشد. با این وجود، علیرغم اینکه روش‌های غیرتهاجمی‌تر و غیر دارویی همچون توانبخشی‌های شناختی در گذشته مهجور واقع شده بود، در دهه‌های اخیر، توجه روزافزونی را به خود جلب نموده است (جونز[13] و همکاران، ۲۰۲۰؛ دی روسا[14] و همکاران، ۲۰۱۹؛ تیفراتن[15] و همکاران، ۲۰۱۴؛ گرندی[16]؛ ۲۰۱۳). پژوهش‌ها نشان داده اند که استفاده از تکالیف شناختی کامپیوتری می‌تواند در بهبود حافظهٔ کاری بیماران دچار سکتهٔ مغزی مؤثر واقع گردد (درایسما[17] و همکاران، ۲۰۲۰؛ ویسی پیرکوهی[18] و همکاران، ۲۰۲۰؛ شوارکی[19] و همکاران، ۲۰۱۹؛ وستربرگ، زاکوباوس، هیرویکوسکی، ۲۰۰۷؛ حسن زاده، زارع، علیپور و شریف الحسنی، ۱۳۹۸؛ قربانیان، علیوندی وفا، فرهودی و نظری، ۱۳۹۸). این گونه تکالیف می‌توانند به گونه‌ای اختصاصی‌تر و متناسب با توانایی بیمار به راحتی تنظیم گردد و بازخورد فوری ارائه کنند.

از طرف دیگر، در سال‌های اخیر تکنیک‌های غیرتهاجمی تحریک مغزی مختلفی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که می‌توانند منجر به تعدیل در تحریک‌پذیری و فعالیت قشری و در نتیجه، ایجاد تغییرات در کارکردهای شناختی و رفتاری گردند (لی و مورتون[20]، ۲۰۲۰؛ جین[21] و همکاران، ۲۰۱۹؛ فوئل[22]، ۲۰۱۴؛ کوو، پائولوس و نیچه[23]، ۲۰۱۴؛ زیمان[24] و همکاران، ۲۰۰۸).

ناحیه DLPFC از مدتها پیش به عنوان منطقه‌ای حیاتی در کارکردهای مربوط به حافظهٔ فعال به شمار می‌رود (کورتیس و دی اسپورسیتو، ۲۰۰۳). نورون‌های موجود در DLPFC پریمات‌ها، با دو ویژگی از یکدیگر متمایز می‌گردند: ظرفیت آنها در فعالیت پایدار در طول دوره‌های همراه با تأخیر و در ارتباط با تکالیف فضایی، اختصاصی بودن

1. Baddeley
2. neurodegenerative
3. Yoo, Yong, Chung & Yang
4. stroke
5. World Health Organization
6. cerebral tissue
7. selfcare
8. Miller
9. Ferber
10. Cansino
11. Connor
12. Yang
13. Jones
14. Di Rosa
15. Tifratene
16. Grandy
17. Draaisma
18. Veisi-Pirkoohi
19. Svaerke
20. Li & Morton
21. Jin
22. Flöel
23. Kuo, Paulus &Nitsche
24. Ziemann

اهداف آنها. وجود چنین خصلت‌های دوگانه‌ای می‌تواند در اجرای تکالیف مرتبط با حافظه‌ی دیداری فضایی، نگاهداری هدف و یا کارکردهای مربوط به برنامه‌ریزی که تحت عنوان حافظه‌ی فعال از آنها یاد می‌شود، بسیار سودمند واقع گردد (بدلی، ۱۹۸۶؛ گلدمن- راکیک، ۱۹۹۵).

پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند، اعمال tDCS بر ناحیه‌ای DLPFC چپ می‌تواند منجر به بهبودی حافظهٔ فعال در افراد نرمال (مارتین و همکاران، ۲۰۱۴)، بیماران دچار سکتهٔ مغزی (پارک و همکاران، ۲۰۱۵) و بیماران دچار صدمهٔ مغزی شدید (TBI) (لسنیاک، پولانوسکا، سنیو و زلونکوسکا، ۲۰۱۴) گردد.

از طرف دیگر، پژوهش‌های انجام شده در جمعیت‌های بهنجار با به‌کارگیری همزمان tDCS و توانبخشی شناختی در یک جلسه، حاکی از این بوده است که استفاده از چنین پروتکلی می‌تواند عملکرد افراد در کارکردهای شناختی در لحظهٔ ارائهٔ تحریک[1] همچون حافظهٔ فعال، یادگیری و یادسپاری را به مدت کوتاهی افزایش دهد (دی روسا و همکاران، ۲۰۱۹؛ نیکولین[2] و همکاران، ۲۰۱۸؛ فوئل[3] و همکاران، ۲۰۱۲؛ جوادی و والش، ۲۰۱۲؛ زال[4] و همکاران، ۲۰۱۱؛ اون[5] و همکاران، ۲۰۰۸؛ فرگنی[6] و همکاران، ۲۰۰۵).

هیل[7] و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که تحریک دو موضعی فراجمجمه‌ای به ویژه در مناطق مؤثر بر کارکرد حافظه فعال، نقش معناداری در بهبود عملکرد داشته است. یافته‌های نینو، مکدونالد و لیم (۲۰۱۶) بر روی بیماران مبتلا به اسکیزوفرنی نشان داد، کاربرد همزمان tDCS و تکالیف توانبخشی شناختی می‌تواند منجر به بهبود حافظه فعال این بیماران گردد. یون، چان و کیم (۲۰۱۵) در یک پژوهش موردی، به مقایسهٔ ۳ نوع پروتکل تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای با و بدون توانبخشی شناختی به کمک تکالیف رایانه‌ای و استفاده از تمرینات توانبخشی مرسوم (از طریق گفتگو با بیمار و ارائهٔ راهکارهای مفید)، در یک بیمار دچار سکتهٔ مغزی پرداختند. نتایج پژوهش آنان حاکی از ایجاد بهبودی قابل توجه در آزمون یادگیری کلامی و حافظهٔ شنیداری در پروتکل اعمال تحریک آنودال نیمکرهٔ چپ به همراه تکالیف رایانه‌ای توانبخشی شناختی نسبت به پروتکل بدون توانبخشی شناختی و تمرینات توانبخشی مرسوم بود. مکانسیم زیربنایی این امر می‌تواند به این دلیل باشد که هر دو نیمکره از طریق مسیر ترنسکالوزال[8] با یکدیگر تعامل دارند؛ بنابراین، اثر تعدیلی tDCS بر روی نواحی قشری یک طرفه می‌تواند با چنین تعاملات بین نیمکره‌ای تقویت گردد و سبب ایجاد اثرات قدرتمندتری نسبت به روش یک موضعی گردد (سان وو[9] و همکاران، ۲۰۱۳). از طرف دیگر، پژوهش واثقی، ذوقی و جابرزاده (۲۰۱۵) نشان داد به کارگیری همزمان تحریک آنودال در ناحیهٔ مربوطه و منطقهٔ کارکردی مرتبط به صورت همزمان می‌تواند تأثیرات تحریکی اعمال شده را در مقایسه با تحریک یک موضعی، مؤثرتر و بادوام‌تر سازد. در همین رابطه، مطالعهٔ کوکلتا و همکاران (۲۰۱۶) حاکی از وجود شواهدی دال بر نقش کارکردی مستقیم ناحیهٔ حرکتی اولیه (M1) در فعالیت‌های شناختی بود.

بنابراین به نظر می‌رسد، اعمال همزمان تحریک آنودال در ناحیهٔ مربوطه و منطقهٔ کارکردی مرتبط می‌تواند نقش مهمی در توسعه تکنیک‌های توانبخشی در کارکردهای شناختی بیماران دچار سکتهٔ مغزی به دلیل وجود ساختارهای شبکهٔ در مغز ایفا نماید. بنابراین سؤال پژوهش حاضر این خواهد بود که آیا کاربرد همزمان tDCS به روش آنودال دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای و روش یک موضعی به همراه توانبخشی شناختی به کمک تکالیف کامپیوتری، در مقایسه با توانبخشی شناختی بدون اعمال tDCS، تفاوتی در بهبود حافظهٔ فعال بیماران دچار سکتهٔ مغزی خواهند داشت و یا خیر.

جامعهٔ آماری، نمونه و روش نمونه‌گیری

جامعهٔ پژوهش حاضر شامل تمامی بیماران دچار سکتهٔ مغزی می‌باشند که در سال ۱۳۹۵ به بیمارستان‌های شهر رشت در استان گیلان مراجعه نمودند. بیماری آزمودنی‌ها به وسیلهٔ سی‌تی‌اسکن ی و تشخیص پزشک مربوطه، مطابق با طبقه‌بندی بیماری‌های ICD-10 مورد تأیید قرار گرفته بود. وجود مشکل در کارکردهای اجرایی در آزمودنی‌ها محرز بوده و توسط پزشک مورد تأیید قرار گرفت. از جامعه فوق نمونه‌ای به تعداد ۴۰ نفر به روش نمونه‌گیری هدفمند براساس معیارهای شمول و استثنا انتخاب شد. ملاک‌های شمول و استثنا در

1. onlinecognitive functions
2. Nikolin
3. Suttorp, Kohl & et al
4. Zaehle,Sandmann,Thorne,Jäncke&Herrmann
5. Ohn, Park, Yoo& et al
6. Fregni, Boggio, Nitsche& et al
7. Hill
8. Transcallosal
9. Sunwoo,Kim,Chang& et al

پژوهش حاضر به شرح زیر بود:

ملاک‌های شمول: راست برتری، رده ی سنی ۴۰ تا ۶۵ سال، سپری شدن ۱ تا ۳ ماه از وقوع سکته (Subacute Stroke)، بینایی و شنوایی طبیعی، حداقل ۸ سال تحصیلات مقدماتی، اخذ حداقل نمرهٔ ۱۸ در آزمون MOCA.

ملاک‌های استثنا: داشتن سابقهٔ ضربهٔ مغزی، اختلالات روانپزشکی، صرع و سوء مصرف الکل و یا مواد مخدر.

۳ نفر از آزمودنی‌های گروه آزمایشی توانبخشی شناختی بدون اعمال tDCS در هفتهٔ نخست اجرا از شرکت در پژوهش خارج شدند که یک تن از آنها فوت نموده و ۲ نفر از ادامه ی شرکت امتناع ورزیدند. همچنین دو نفر از گروه آزمایشی اعمال توانبخشی شناختی همراه با tDCS به صورت تک موضعی از پژوهش خارج شدند که یکی از آنان در هفتهٔ سوم فوت نمود و آزمودنی دیگر در هفتهٔ نخست از ادامه شرکت در پژوهش انصراف داد. از گروه آزمایشی اعمال توانبخشی شناختی همراه با tDCS به صورت دو موضعی تک نیمکره‌ای ۲ نفر در هفته ی نخست از ادامه پروتکل انصراف دادند. از آزمودنی‌های گروه کنترل نیز، ۱ نفر در هفتهٔ دوم انصراف داد. در مجموع، ۳۲ بیمار (۱۱زن و ۲۱ مرد) در پژوهش حاضر شرکت نمودند.

ابزار

تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS)

در پژوهش حاضر، تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) با استفاده از دستگاه NEUROSTIM-2 و از طریق ۲ پد الکترود آند و الکترود کاتد آغشته به محلول نمک به شدت جریان ۰/۳ میلی‌آمپر و به صورت مستقیم به مدت ۳۰ دقیقه و در حین اجرای تکالیف شناختی کامپیوتری (آنلاین) اعمال گردید (واثقی، دوقی و جابرزاده، ۲۰۱۵). شیوهٔ قرارگیری الکترودها در گروه همراه با تحریک آنودال دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای به این صورت بود که ۲ الکترود آنود بر روی نواحی M1(c3) و LDLPFC(F3) بود و ۲ الکترود کاتد بر ناحیهٔ سوپرااربیتال نیمکرهٔ مقابل (راست) (Fp2) کارگذاری شد (واثقی، دوقی و جابرزاده، ۲۰۱۵). در گروه آزمایشی دیگر، تحریک از طریق یک الکترود آند بر ناحیه LDLPFC(F3) و ۱ الکترود کاتد در ناحیهٔ سوپرااربیتال نیمکرهٔ مقابل (راست) (Fp2) اعمال شد. گروه کنترل نیز تحریک را به مدت ۳۰ ثانیه دریافت نمودند و سپس دستگاه به صورت خودکار قطع شد.

آزمون ارزیابی شناختی مونترال[1] (MCOA)

برای بررسی وضعیت شناختی بیماران ازآزمون ارزیابی شناختی مونترال استفاده شد که به عنوان ابزاری مناسب جهت غربالگری برای اختلالات شناختی خفیف به شمار می‌رود. این آزمون با هدف برطرف کردن نواقص آزمون کوتاه وضعیت ذهنی[2] توسط نصرالدین و همکارانش ساخته شده است که حوزه‌های شناختی بیشتری را نسبت به آزمون یاد شده ارزیابی می نماید(نصرالدین[3] و همکاران، ۲۰۰۵). این آزمون ۸ کارکرد شناختی را که شامل حافظهٔ کوتاه مدت، مهارت‌های دیداری-فضایی کارکردهای اجرایی، تمرکز، حافظهٔ کاری، زبان و آگاهی نسبت به زمان و مکان‌های مختلف می‌باشد، مورد سنجش قرار می‌دهد. حداکثر نمره قابل اکتساب در این آزمون ۳۰ می‌باشد که نمرهٔ ۲۶ و یا بالاتر طبیعی محسوب می‌گردد. افرادی که کمتر از ۱۲ سال سابقهٔ تحصیل دارند، ۱ نمره به نمرهٔ کل آنها اضافه می‌گردد (نصرالدین و همکاران، ۲۰۰۵).

آزمون بلوک تپندهٔ کورسی[4]

برای ارزیابی حافظهٔ فعال دیداری فضایی آزمودنی‌ها از آزمون بلوک تپندهٔ کورسی استفاده شد. این آزمون در سال ۱۹۷۰توسط کورسی برای ارزیابی حافظهٔ فعال دیداری فضایی در بزرگسالان و کودکان ساخته شد (میلنر[5]، ۱۹۷۱). این آزمون شامل ۹ بلوک ۳*۳ سانتی‌متری مشابه می‌باشد که در هر مرتبه تعدادی از این بلوک‌ها در یک توالی خاص روشن می‌شود. تکلیف آزمودنی به یادسپردن توالی نشان داده شده، بعد از اتمام روشن شدن بلوک‌ها و نشان دادن توالی به صورت مجدد با کلیک کردن بر روی آنها می‌باشد. این آزمون ابتدا از ۲ بلوک آغاز شده و کم کم به تعداد بلوک‌های روشن در هر کوشش افزوده می‌شود. این آزمون تا ۹ بلوک ادامه پیدا می‌کند و در صورت دوبار اشتباه در یک توالی، آزمون به پایان می‌رسد و طولانی‌ترین توالی یاداوری شده توسط آزمودنی ثبت می‌شود و به طور کلی میانگین یادآوری برای افراد عادی ۵ بلوک می‌باشد (کسلز[6]، ۲۰۰۰).

نرم‌افزار توانبخشی حافظهٔ کاری Dual N back

تکلیف توانبخشی حافظهٔ فعال پژوهش حاضر، نسخهٔ

1. Montreal Cognitive Assessment Test ((MoCA)
2. Mini mental status examination (MMSE)
3. Nasreddine, Phillips, Bédirian& et al
4. Corsi block-tapping test
5. Milner
6. Kessels

فارسی تکلیف Dual N back بود که با استفاده از نرم‌افزار Brain Workshop اجرا گردید. این تکلیف از یک ماتریس ۳ در۳ تشکیل شده است که در آن مربعی آبی به مدت ۵۰۰ میلی ثانیه ظاهر می‌شود و همزمان با آن یکی از حروف الفبا به مدت ۵۰۰ میلی‌ثانیه و با فاصلهٔ ۲۵۰۰ میلی‌ثانیه، از طریق بلندگو بخش می‌گردد. تکلیف آزمودنی این است که هرگاه محرک دیداری با موقعیت قبلی نمایش داده شده مشابه بود، کلید A را فشار داده و هرگاه محرک صوتی ارائه شده با محرک صوتی قبلی مشابه بود کلید L را فشار دهد. هر بلوک تکلیف از ۲۰ آزمون تشکیل شده است و زمانی که آزمودنی در ۸۰ درصد آزمون‌ها پاسخ درست دهد، نرم‌افزار به صورت خودکار وارد مرحلهٔ دشوارتر می‌گردد. بدین صورت که آزمودنی می‌بایست محرک دیداری مشاهده شده و محرک صوتی را با ۲ و یا چند مرحلهٔ قبلی جور نماید. اگر که نرخ پاسخ صحیح آزمودنی‌ها زیر ۵۰ درصد باشد، دشواری تکلیف به مرحلهٔ قبلی کاهش می‌یابد.

آزمون گام‌به‌گام جمع‌بندی توالی شنیداری[1] (PASAT)

در پژوهش حاضر به منظور ارزیابی ظرفیت حافظهٔ فعال و میزان پردازش اطلاعات در آن از نسخهٔ ۶۱ آیتمی آزمون PASAT (گرونوال، ۱۹۷۷) به زبان فارسی استفاده شد که طی آن مجموعه‌ای ۶۱ تایی از ارقام ۱–تا ۹ به صورت تصادفی و با فاصلهٔ زمانی ۳ ثانیه برای آزمودنی ارائه گردید. تکلیف آزمودنی، محاسبهٔ مجموع دو عدد آخر توالی و بیان آن در سریع‌ترین زمان ممکن است. بدین صورت که از آزمودنی خواسته می‌شود که باشنیدن هر عدد آن را در حافظهٔ خود نگه داشته و با عدد بعدی که می‌شنود جمع نماید. نمرهٔ این آزمون بر حسب تعداد پاسخ‌های صحیح از ۱ تا ۶۰ تعیین می‌گردد.

آزمون فراخنای ارقام مستقیم و معکوس (خرده‌مقیاس آزمون حافظه وکسلر)

جهت ارزیابی حافظهٔ کلامی آزمودنی‌ها از خرده مقیاس‌های فراخنای ارقام مستقیم و معکوس ویرایش دوم تجدیدنظر شدهٔ آزمون حافظه وکسلر استفاده شد. در طی این خرده مقیاس، فهرستی از ۳ تا ۹ رقم به طور شفاهی ارائه می‌شوند و آزمودنی باید آنها را از حفظ به طور مجدد بازگو کند. در بخش معکوس این خرده مقیاس نیز، آزمودنی می‌بایست ارقامی را که می‌شنود (۲ تا ۸ رقم) به طورمعکوس مجدداً تکرار نماید.

روش اجرا

روش انجام تحقیق حاضر از نوع نیمه آزمایشی بود که همراه با طرح پیش آزمون و پس آزمون با گروه کنترل صورت پذیرفت. جهت انجام پژوهش حاضر، ابتدا شرکت‌کنندگان در پژوهش مورد مصاحبه قرارگرفتند و نسبت به شرایط و طول مداخله و همچنین بی‌خطر بودن آن اطلاعات کافی ارائه شد. از بین شرکت‌کنندگان، بیمارانی که توانایی لازم جهت برقراری ارتباط کلامی مناسب جهت ادامهٔ روند مداخله را دارا بودند انتخاب گردیدند. سپس از بین آنان، شرکت‌کنندگانی که نمرهٔ حد نصاب را در آزمون ارزیابی شناختی مونترال کسب نمایند، وارد مرحلهٔ مداخله شدند. کلیهٔ آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به گروه‌های آزمایشی و کنترل گمارش شدند. پیش از اعمال مداخله، کارکردهای مورد نظر به وسیلهٔ تکالیف کامپیوتری مربوطه مورد ارزیابی قرار گرفتند. گروه‌های آزمایشی شامل ۳ گروه اعمال توانبخشی شناختی همراه با tDCS به صورت دو موضعی تک نیمکره‌ای، گروه اعمال توانبخشی شناختی همراه با tDCS به صورت تک‌موضعی و گروه اعمال توانبخشی شناختی بدون tDCS بود که ۴ مرتبه در هفته و هر بار به مدت ۳۰ دقیقه و به مدت ۴ هفته، تمرینات توانبخشی شناختی به مدت ۳۰ دقیقه (هر یک از تکالیف به مدت ۱۵ دقیقه) و tDCS بر روی آنها اعمال شد. فاصلهٔ بین آزمودنی و صفحهٔ نمایش در حین اجرای تمامی تکالیف ۵۵ سانتی‌متر بود و برای اجرای آنها از یک دستگاه لپ‌تاپ ایسر مدلE1- 572G استفاده شد. پس از اتمام دورهٔ مداخله، آزمودنی‌ها به طور مجدد به وسیلهٔ ارزیابی‌های مورد نظر، مورد بررسی قرار گرفتند. هشت هفته پس از اتمام مداخله آزمودنی به طور مجدد به وسیلهٔ ابزارهای یادشده، برای تعیین میزان اثربخشی پروتکل‌های استفاده شده مورد ارزیابی قرار گرفتند.

میانگین و انحراف معیار نمرات بدست آمده توسط سه گروه آزمایشی و گروه کنترل در تکالیف مربوط به حافظهٔ فعال شامل تکلیف فراخنای ارقام، آزمون PASAT و تکلیف بلوک‌های تپندهٔ کورسی به تفکیک در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

1. Paced Auditory Serial Addition Test

جهت ارزیابی اثربخشی پروتکل‌های مختلف توانبخشی 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 مفروضهٔ یکسانی واریانس‌ها بود (P>0.05). آزمون موچلی نیز نشان داد که این مفروضه برای تمامی متغیرها رعایت شده است (P>0.05).

در جدول ۲ نتایج تحلیل واریانس درون گروهی با اندازه‌گیری‌های مکرر به جهت بررسی معنی‌داری تفاوت میانگین‌های گروه‌ها قابل مشاهده است. با توجه به آماره‌های توصیفی فوق، نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد، که اثر اصلی مربوط به تکالیف فراخنای ارقام مستقیم و معکوس و تکلیف PASAT و همچنین اثر تعاملی این تکالیف معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار نمرات در مراحل پیش آزمون، پس آزمون و پیگیری

متغیر	Pre Test (n=32)				Post Test (n=32)				Fpllpw Up (n=32)			
Taskmeasure	Group 1 (n=7)	Group 2 (n=8)	Group 3 (n=8)	Group 4 (n=9)	Group 1 (n=7)	Group 2 (n=8)	Group 3 (n=8)	Group 4 (n=9)	Group 1 (n=7)	Group 2 (n=8)	Group 3 (n=8)	Group 4 (n=9)
فراخنای ارقام مستقیم	4.00 (1.41)	4.50 (0.53)	4.00 (0.76)	3.78 (0.97)	4.57 (1.51)	6.00 (1.19)	6.38 (1.06)	4.22 (1.09)	4.14 (0.69)	5.38 (0.92)	6.38 (1.06)	4.00 (0.71)
فراخنای ارقام معکوس	3.71 (1.11)	3.00 (1.07)	3.38 (1.06)	3.22 (0.67)	4.43 (1.27)	4.75 (0.89)	5.88 (0.99)	3.56 (0.53)	3.86 (1.21)	4.25 (0.71)	5.50 (0.76)	3.67 (0.50)
PASAT	23.57 (4.31)	24.88 (4.52)	23.13 (3.64)	2.567 (4.06)	26.43 (3.95)	30.63 (4.93)	36.00 (3.16)	26.89 (2.67)	24.29 (4.23)	29.25 (4.30)	32.50 (3.42)	27.11 (4.31)
بلوک‌های کرسی	3.143 (0.47)	3.06 (0.62)	3.12 (0.58)	3.17 (0.50)	3.21 (0.27)	3.56 (0.62)	4.12 (0.64)	3.39 (0.42)	3.36 (0.47)	3.62 (0.92)	4.00 (0.84)	3.11 (0.48)

جدول ۲. نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر

منبع		مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	Sig.	مجذور اتا
درون گروهی	فراخنای معکوس	25.542	2	12.771	24.348	.000	.465
	فراخنای معکوس * گروه	15.648	6	2.608	4.972	.000	.348
بین گروهی	فراخنای معکوس * گروه	44.357	3	14.786	7.146	.001	.434
درون گروهی	فراخنای مستقیم	30.126	2	15.063	68.652	.000	.710
	فراخنای مستفیم * گروه	14.963	6	2.494	11.366	.000	.549
بین گروهی	فراخنای مستفیم * گروه	26.759	3	8.920	4.363	.012	.319
درون گروهی	پاسات	538.894	2	269.447	150.651	.000	.843
	پاسات* گروه	358.841	6	59.807	33.439	.000	.782
بین گروهی	پاسات* گروه	416.399	3	138.800	3.140	.041	.252
درون گروهی	بلوک کرسی	3.839	2	1.919	10.395	.000	.271
	بلوک کرسی * گروه	2.967	6	.495	2.678	.023	.223
بین گروهی	بلوک کرسی * گروه	4.347	3	1.449	2.065	.127	.181

همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، خلاصهٔ تحلیل واریانس بیانگرآن است که اثر اصلی نمرات اکتسابی آزمودنی‌ها در تکلیف فراخنای ارقام معکوس (partial η2 =0/465, P<0/001،F(1,56)=25/54) و تکلیف فراخنای ارقام مستقیم (partial η2 =0/710,،F(1,56)=68/65) P<0/001 معناداراست.

مقدار لامبدای ویلکز[1] برابر با مقدار احتمال ۰/۰۱ می‌باشد. بنابراین، با توجه به مجذور اتای به دست آمده، نمرات آزمودنی‌ها در تکلیف فراخنای ارقام معکوس (partial η2 =0/434, P<0/001،F(1,56)=7/15) و مستقیم (partial η2 =0/320, P<0/01،F(1,56)=4/36) در سه گروه آزمایشی وگروه کنترل تفاوت معناداری با یکدیگر دارند.

به منظور مقایسه میانگین گروه‌های مطالعه از آزمون t استفاده شد. نتایج آزمون t مستقل با مقایسهٔ میانگین نمرات تکلیف تکلیف فراخنای ارقام معکوس بین میانگین‌های دوگروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با

1. Wilks' lambda

اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای و گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری، (t=2/70df=13 p< 0/02)،گروه‌های توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت تک موضعی و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی (t=3/20df=15 p< 0/006) و گروه‌های توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی (t=4/11df=15 p< 0/001) در پس آزمون تفاوت معنادار مشاهده شد.

در مرحلهٔ پیگیری، بین میانگین‌های دو گروه توانبخشی شناختی بدون اعمال tDCS و گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای (t=4/75df=13 p< 0/001)، دو گروه توانبخشی شناختی بدون اعمال tDCS و گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت تک موضعی (t=2/90df=13 p< 0/01)، دو گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت تک موضعی و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی (t=3/48df=15 p< 0/003) و گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی (t=5/49df=15 p< 0/001)، تفاوت معناداری نشان داد.

به منظور مقایسه میانگین گروه‌های مطالعه از آزمون t استفاده شد. نتایج آزمون t مستقل با مقایسهٔ میانگین نمرات تکلیف تکلیف فراخنای ارقام مستقیم بین میانگین‌های دوگروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای و گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری(t=2/47df=13 p< 0/03)، میانگین‌های دوگروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای و گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت تک موضعی (t=-2/39df=14 p< 0/03)، گروه‌های توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت تک موضعی و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی (t=3/43df=15 p< 0/004) و گروه‌های توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی (t=6/13df=15 p< 0/001) در پس آزمون تفاوت معنادار مشاهده شد.

در مرحلهٔ پیگیری، بین میانگین‌های دو گروه توانبخشی شناختی بدون اعمال tDCS و گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای (t=3/19df=13 p< 0/007)، دوگروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای و توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت تک موضعی (t=3/42df=14 p< 0/004) و دو گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی (t=5/97df=15 p< 0/001) تفاوت معناداری نشان داد.

نتایج آزمون t وابسته با مقایسهٔ میانگین نمرات پیش‌آزمون با پس‌آزمون تکلیف فراخنای ارقام مستقیم در گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری (t=3/87 df=6 p< 0/008)، گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت تک موضعی (t=5/58 df=7 p< 0/001)، گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای (t=7/64 df=7 p< 0/001) تفاوت معناداری را نشان داد.

مقایسهٔ میانگین‌های نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون تکلیف فراخنای ارقام معکوس نیز با استفاده از آزمون t وابسته درگروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت تک‌موضعی (t=4/58 df=7 p< 0/003)، گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای (t=7/33 df=7 p< 0/001) تفاوت معناداری را نشان داد.

از طرف دیگر، تحلیل واریانس بیانگرآن است که اثر اصلی نمرات اکتسابی آزمودنی‌ها در تکلیف پاسات معناداراست (F(1,56)=150/65، partial η2 =0/843,

P<0/001. مقدار لامبدای ویلکز[1] برابر با مقدار احتمال ۰/۰۰۱ می‌باشد. بنابراین، با توجه به مجذور اتای به دست آمده، نمرات آزمودنی‌ها در تکلیف فراخنای ارقام در سه گروه آزمایشی گروه کنترل تفاوت معناداری با یکدیگر دارند (partial η2 =0/252, P<0/04،F(1,56)=3/14). به منظور مقایسه میانگین گروه‌ها از آزمون t استفاده شد. نتایج آزمون t مستقل با مقایسهٔ میانگین نمرات تکلیف تکلیف پاسات بین میانگین‌های دوگروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای و گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری (t=5/21df=13 p< 0/001)، میانگین‌های دوگروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای و گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت تک موضعی (t=-2/60df=14 p< 0/02)، و گروه‌های توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی (t=6/45df=15 p< 0/001) در پس آزمون تفاوت معنادار مشاهده شد.

در مرحلهٔ پیگیری، بین میانگین‌های دو گروه توانبخشی شناختی بدون اعمال tDCS و گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت تک موضعی (t=2/25df=13 p< 0/04) میانگین‌های دوگروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای و گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری (t=4/16df=13 p< 0/001) و دو گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای و گروه کنترل همراه با تحریک تصنعی (t=2/83df=15 p< 0/01) تفاوت معناداری نشان داد.

نتایج آزمون t وابسته با مقایسهٔ میانگین نمرات پیش‌آزمون با پس‌آزمون تکلیف پاسات در گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت تک موضعی (t=23/00 df=7 p< 0/001)، گروه توانبخشی شناختی با تکالیف کامپیوتری همراه با اعمال tDCS آنودال به صورت دو موضعی همزمان یک نیمکره‌ای (t=14/07 df=7 p< 0/001) نتایج معناداری نشان داد.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف مقایسهٔ پروتکل‌های توانبخشی شناختی مبتنی بر تکالیف کامپیوتری، با و بدون اعمال tDCS به صورت دو موضعی تک‌نیمکره‌ای بر روی نواحی M1 و DLPFC و روش مرسوم (تحریک DLPFC)، انجام گرفت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد، گروه توانبخشی شناختی همراه با اعمال tDCS به صورت دو موضعی نیمکره‌ای بر روی نواحی M1 و DLPFC، نسبت به گروه توانبخشی شناختی بدون اعمال tDCS، گروه توانبخشی شناختی همراه با اعمال tDCS بر روی ناحیهٔ DLPFC و گروه کنترل، عملکرد بهتری را در تکالیف پاسات، فراخنای ارقام معکوس را در مراحل پس آزمون و همچنین مرحلهٔ پیگیری از خود نشان دادند.

در درجهٔ نخست پژوهش حاضر نشان داد، اجرای همزمان توانبخشی شناختی مبتنی بر تکالیف کامپیوتری و اعمال tDCS به صورت آنلاین، اثربخشی بیشتری نسبت به اعمال CACR به تنهایی دارد. این نتایج با یافته‌های فوئل و همکاران، ۲۰۱۲؛ جوادی و والش، ۲۰۱۲؛ زال[2] و همکاران، ۲۰۱۱؛ اون[3] و همکاران، ۲۰۰۸؛ فرگنی[4] و همکاران، ۲۰۰۵، نینو، مکدونالد و لیم،۲۰۱۶ و یون، چان و کیم، ۲۰۱۵ همسو بود.

این یافته می‌تواند به دلیل وجود مکانیسم تقویت طولانی‌مدت (LTP) در مغز باشد که به موجب آن، ایجاد دورهٔ مختصری از فعالیت سیناپسی قوی، منجر به تقویت مداوم انتقال سیناپسی می‌گردد. این مدل به عنوان پذیرفته‌شده‌ترین الگو برای مکانیسم‌های زیربنایی یادگیری و حافظه در مغز مطرح شده است. به نظر می‌رسد که اعمال tDCS به همراه توانبخشی شناختی با استفاده از تکالیف کامپیوتری، از طریق مکانیسم LTP موجب بهبود اثربخشی پروتکل توانبخشی می‌گردد (اندروز و همکاران، ۲۰۱۱).

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 tDCS بر روی ناحیهٔ DLPFC، در عملکرد افراد در کارکردهای اجرایی می‌گردد. این یافته‌ها، با نتایج بدست آمده توسط واثقی و همکاران (۲۰۱۵) که نشان داد، تحریک

1. Wilks' lambda

2. Zaehle,Sandmann,Thorne,Jäncke&Herrmann
3. Ohn, Park, Yoo& et al
4. Fregni, Boggio, Nitsche& et al

همزمان ناحیهٔ کارکردی مرتبط در علاوه بر ناحیهٔ مورد نظر، موجب افزایش القای پتانسیل‌های فراخواندهٔ حرکتی (MEPs)[1] در افراد بهنجار می‌گردد، همسو بود.

به نظر می‌رسد که ناحیهٔ حرکتی اولیه در کارکردهای اجرایی افراد نقش مهمی ایفا می‌نماید. شاید بتوان دلیل چنین امری را در تعاملات کارکری و عصبی میان این نواحی و ناحیهٔ DLPFC دانست که در پژوهش اخیر کوکلتا و همکاران (۲۰۱۶)، مورد توجه قرار گرفت. در همین راستا، پژوهش لیاو و همکاران (۲۰۱۴) نیز حاکی از نقش شبکه‌های حرکتی در حافظهٔ کاری کلامی و غیرکلامی بود که در پژوهش حاضر نیز نشان داده شد. نقش ناحیهٔ حرکتی در کارکردهای شناختی همچون حافظهٔ کاری به خصوص در هنگامی پررنگ‌تر به نظر می‌رسد که نگهداری اطلاعات در ذهن از یک استراتژی حرکتی ناآشکار همچون گفتار درونی و یا طراحی ذهنی سود می‌برد (لیاو و همکاران، ۲۰۱۴). چنین یافته‌ای می‌تواند در سایر اختلالات کلینیکی همچون پارکینسون که موجب آسیب به نواحی حرکتی می‌گردد نیز قابل تعمیم باشد و استفاده از چنین پروتکل‌های توانبخشی در بهبود آسیب‌های شناختی ناشی از چنین اختلالاتی سودمند واقع گردد.

نتایج حاصل از مقایسهٔ نمرات کسب شده در تکلیف بلوک‌های تپندهٔ کورسی در پژوهش حاضر معنادار به دست نیامد. شاید دلیل احتمالی چنین یافته‌ای، درگیر ساختن حافظهٔ کاری فضایی در این تکلیف بود که شاید مربوط به نواحی و شبکه‌های مغزی دیگری باشند. مطالعهٔ دام و استریک و هی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد، کورتکس ناحیهٔ پیش حرکتی به دو قسمت پشتی و شکمی تقسیم می‌شود که ناحیهٔ پشتی آن خروجی‌اش را به ناحیهٔ M1 و طناب نخاعی می‌فرستد و ورودی‌هایی از ناحیهٔ DLPFC دریافت می‌کند. مدولاسیون مربوط به توجه در ناحیهٔ DLPFC و داده‌های مربوط به آمادگی حرکتی در ناحیهٔ پشتی کورتکس پیش حرکتی توسط ناحیهٔ M1 دریافت می‌گردد. در نتیجهٔ چنین ساختار کارکردی، به نظر می‌رسد که تحریک آنودال همزمان ناحیهٔ DLPFC و M1 می‌تواند، منجر به فعال‌سازی مسیر عصبی DLPFC به قشر پیش‌حرکتی و سپس قشر حرکتی گردد و تحریک‌پذیری این نواحی را افزایش دهد (واثقی و همکاران، ۲۰۱۵).

به نظر می‌رسد، استفاده از پروتکل tDCS همزمان ۲ موضعی تک‌نیمکره‌ای می‌تواند اثر بخشی تمرینات توانبخشی شناختی را افزایش داده و بهبود عملکرد بیماران دچار سکتهٔ مغزی را در کارکردهای اجرایی افزایش دهد. از طرف دیگر، ارتباط معناداری بین بدکارکردی‌های شناختی به ویژه حافظه فعال با نقایص حرکتی در مبتلایان به سکته‌های مغزی وجود دارد. به نظر می‌رسد بهبود در کارکردهای اجرایی و حافظه فعال مبتلایان می‌تواند به کاهش مشکلات حرکتی آنها نیز کمک کند.

در همین راستا، نتایج پژوهش حاضر می‌تواند در توانبخشی حرکتی و بهبود حرکتی از جمله مشکلات تعادلی مبتلایان به سکته، کاربرد داشته باشد. چرا که قشر پره فونتال مغز که به طور گسترده‌ای منشأ آناتومیکی کارکرد اجرایی شناخته می‌شود، با قشر حرکتی اولیه در ارتباط است و پیوندهای مستقیمی با ساختارهای زیرقشری مانند هسته کایودات، گلوبوس پالیدوس، تالاموس و مخچه دارد. علاوه بر این، مطالعات تصویربرداری رزونانس مغناطیسی عملکردی نشان داده است که اختلالات تعادل به طور قابل توجهی با آسیب به هر یک از این مناطق همراه است. بنابراین، ارتباط مستقل بین کارکردهای اجرایی به ویژه حافظه فعال و تعادل ممکن است با این واقعیت توضیح داده شود که حافظه فعال و تعادل، منشأ آناتومیکی مشترک و آسیب‌شناسی مرتبط با سکته مغزی به این مناطق، منجر به آسیب به عملکرد بهینه هر دو این کارکردها می‌شوند. از طرف دیگر، کارکردهای اجرایی و به ویژه حافظه فعال، نقش مهمی در فعالیت‌های جدید و هدفمند دارد. در نتیجه بروز سکته مغزی، بسیاری از فعالیت‌هایی که قبل از سکته به عنوان پاسخ‌های خودکار تلقی می‌شدند اما ممکن است پس از بروز سکته، برای فرد مبتلا به عنوان تکالیف جدید در نظر گرفته شوند.

برهمین اساس، پهلمن و همکاران (۲۰۱۱) عنوان نمودند که توانایی تعادلی بعد از سکته مغزی در افراد مبتلا، به صورت فعالیتی اتوماتیک نبوده و فرد مبتلا نیازمند یادگیری فرایند حفظ تعادل حرکتی می‌باشد. لذا در یادگیری مجدد حفظ تعادل پس از سکته مغزی، منابع کارکردهای اجرایی و حافظه فعال بیشتری مورد نیاز است تا بتواند کارکرد تعادلی را بهبود ببخشید، لذا توانبخشی حافظه فعال در مبتلایان به سکته‌های مغزی می‌تواند در کنار ارتقای فعالیت‌های شناختی آنها، به بهبود فعالیت‌های حرکتی و بازگشت سریع‌تر آنها به فعالیت‌های روزمره زندگی کمک شایانی نماید.

از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به حجم نمونهٔ

1. motor-evoked potentials

مورد مداخله در هر گروه اشاره کرد. با توجه به اینکه پژوهش حاضر در جمعیت بالینی بیماران دچار سکتهٔ مغزی انجام گرفت و تکالیف انجام شده توسط بیماران در مرحله به طور پیاپی صورت گرفت، پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی، تقدم و تاخر تکالیف‌ها تحت کنترل قرار گیرد تا در تعمیم‌پذیری نتایج اطمینان بیشتری حاصل گردد. همچنین به منظور بررسی بیشتر اثر بخشی این پروتکل، پیشنهاد می‌گردد که در سایر جمعیت‌های بالینی مورد بررسی و کارآزمایی قرار بگیرد.

منابع

حسن‌زاده پشنگ، س؛ زارع، ح؛ علیپور، ا؛ شریف الحسینی، م (۱۳۹۸). اثربخشی توانبخشی شناختی بر بهبود حافظه روزمره بیماران دچار سکته مغزی نوع ایسکمیک. فصلنامه عصب روان‌شناسی، سال ۵، ۳ (۱۸)، ۴۲-۲۷.

قربانیان، ا؛ علیوندی وفا، م؛ فرهودی، م؛ نظری، م ع (۱۳۹۸). اثربخشی مداخله توانبخشی شناختی رایانه محور بر بهبود حافظه فعال بیماران مبتلا به سکته مغزی در شهر تبریز. فصلنامه عصب روان‌شناسی، سال ۵، ۱ (۱۶)، ۱۷۸-۱۶۳.

Andrews, S. C., Hoy, K. E., Enticott, P. G., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2011). Improving working memory: the effect of combining cognitive activity and anodal transcranial direct current stimulation to the left dorsolateral prefrontal cortex. Brain stimulation, 4(2), 84-89.

Baddeley, A. (1986). Oxford psychology series, No. 11. Working memory: New York: Clarendon Press/Oxford University Press.

Baddeley, A. (1998). Recent developments in working memory. Current Opinion in Neurobiology, 8(2), 234-238.

Cansino,S., Torres-Trejo,F. , Estrada-Manilla,C., Pérez-Loyda M., Ramírez-Barajas L., Hernández-Ladrón-deGuevara M., Nava-Chaparro A. & Ruiz-Velasco,S.(2020). Predictors of Working Memory Maintenance and Decline in Older Adults. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, pre proof article.

Connor, B., Wing, A., Humphreys, G., Bracewell, R., & Harvey, D. (2002). Errorless learning using haptic guidance: research in cognitive rehabilitation following stroke. ICDVRAT 2004, 77-83.

Curtis, C. E., &D'Esposito, M. (2003). Persistent activity in the prefrontal cortex during working memory. Trends in cognitive sciences, 7(9), 415-423.

Di Rosa,E., Brigadoi,S.,Cutini,S., Tarantino,V.,Dell'Acqua,R.,Mapelli,D.,Braver,T. & Vallesi,A. (2019). Reward motivation and neurostimulation interact to improve working memory performance in healthy older adults: A simultaneous tDCS-fNIRS study. *NeuroImage*, 202 ,116062.

Draaisma,L.R., Wessel,M.J. & Hummel,F.C. (2020). Non-invasive brain stimulation to enhance cognitive rehabilitation after stroke. *Neuroscience Letters*,719,133678.

Ferbera,S. , Ruppela,J. & Danckert,J.(2020). Visual working memory deficits following right brain damage. *Brain and Cognition*,142, 105566.

Flöel, A. (2014). tDCS-enhanced motor and cognitive function in neurological diseases. Neuroimage, 85, 934-947.

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, P. S., 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.

GOLDMAN-RAKIC, P. S. (1995). Architecture of the prefrontal cortex and the central executive. Annals of the New York Academy of Sciences, 769(1), 71-84.

Grandy, J. K. (2013). Melatonin: Therapeutic Intervention in Mild Cognitive Impairment and Alzheimer Disease. Journal of Neurology & Neurophysiology, 2013.

Gronwall, D. (1977). Paced auditory serial-addition task: a measure of recovery from

concussion. Perceptual and motor skills, 44(2), 367-373.

Gronwall, D. (1977). Paced auditory serial-addition task: a measure of recovery from concussion. Perceptual and motor skills, 44(2), 367-373.

Hill,A.T., Rogasch,N.C., Fitzgerald,P.B. & Hoy,K.E. (2018). Effects of single versus dual-site High-Definition transcranial direct current stimulation (HD-tDCS) on cortical reactivity and working memory performance in healthy subjects. *Brain Stimulation*,11,1033-1043.

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

Jin,M. ZhangZ., Baia,Z. & Fong,K.N.K. (2019). Timing-dependent interaction effects of tDCS with mirror therapy on upper extremity motor recovery in patients with chronic stroke: A randomized controlled pilot study. *Journal of the Neurological Sciences*, 405,116436.

Jones,K.T., Johnson,E.L. & Berryhill, M.E.(2020). Frontoparietal theta-gamma interactions track working memory enhancement with training and tDCS. *Neuroimage*,211, 116615.

Kessels, R. P., Van Zandvoort, M. J., Postma, A., Kappelle, L. J., & De Haan, E. H. (2000). The Corsi block-tapping task: standardization and normative data. Applied neuropsychology, 7(4), 252-258.

Kukleta, M., Damborská, A., Roman, R., Rektor, I., &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, M.-F., Paulus, W., &Nitsche, M. A. (2014). Therapeutic effects of non-invasive brain stimulation with direct currents (tDCS) in neuropsychiatric diseases. Neuroimage, 85, 948-960.

Lesniak, M., Polanowska, K., Seniów, J., &Czlonkowska, A. (2014). Effects of repeated anodal tDCS coupled with cognitive training for patients with severe traumatic brain injury: a pilot randomized controlled trial. The Journal of head trauma rehabilitation, 29(3), E20-E29.

Lia, D. A., Kronemer, S. I., Yau, J. M., Desmond, J. E., & Marvel, C. L. (2014). Motor system contributions to verbal and non-verbal working memory. Frontiers in Human Neuroscience, 8, 753.

Li,X., & Morton,S.M. (2020). Effects of chronic antidepressant use on neurophysiological responses to tDCS post-stroke. *Neuroscience letters*, 717, 134723.

Martin, D. M., Liu, R., Alonzo, A., Green, M., & Loo, C. K. (2014). Use of transcranial direct current stimulation (tDCS) to enhance cognitive training: effect of timing of stimulation. Experimental brain research, 232(10), 3345-3351.

Miller, E. L., Murray, L., Richards, L., Zorowitz, R. D., Bakas, T., Clark, P.,... Nursing, A. H. A. C. o. C. (2010). Comprehensive overview of nursing and interdisciplinary rehabilitation care of the stroke patient a scientific statement from the American Heart Association. Stroke, 41(10), 2402-2448.

Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. British medical bulletin.

Mueller, S. (2010). The PEBL manual: programming and usage guide for the Psychology Experiment Building Language PEBL, Version 0.11: Raleigh, NC: Lulu Press. ISBN.

Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I.,...Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. Journal of the American Geriatrics Society, 53(4), 695-699.

Nikolin,S., Martin,D., Loo,C.K. & Boonstra,T.W. (2018). Effects of TDCS dosage on working memory in healthy participants. *Brain Stimulation*,,11,518-527.

Nienow, T. M., MacDonald 3rd, A., & Lim, K. O. (2016). TDCS produces incremental gain when combined with working

memory training in patients with schizophrenia: A proof of concept pilot study. Schizophrenia research, 172(1-3), 218.

Ohn, S. H., Park, C.-I., Yoo, W.-K., Ko, M.-H., Choi, K. P., Kim, G.-M.,... Kim, Y.-H. (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.

Organization, W. H. (2014). Health Topics: Stroke, Cerebrovascular Accident. Retrieved 02, 2014, 2014, from www.who.int/ topics/cerebrovascular_ accident/en/.

Pahlman,U., Gutierrez-Perez,C., Savborg, M., Knopp, E. & Tarkowski, E. (2011). Cognitive function and improvement of balance after stroke in elderly people: the Gothenburg cognitive stroke study in the elderly. *Disability Rehabilitation*, 33:1952–1962.

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.

Scale, W. D. W. A. I., & Edition, T. (1997). Administration and scoring manual. San Antonio, TX: Psychological Corporation.

Svaerke,K.W., Omkvist,K.V., Havsteen,I.B. & Christensen,H.K. (2019). Computer-Based Cognitive Rehabilitation in Patients with Visuospatial Neglect or Homonymous Hemianopia after Stroke. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 28, 104356.

Sunwoo, H., Kim, Y.-H., Chang, W. H., Noh, S., Kim, E.-J., &Ko, M.-H. (2013). Effects of dual transcranial direct current stimulation on post-stroke unilateral visuospatial neglect. Neuroscience letters, 554, 94-98.

Tifratene, K., Sakarovitch, C., Rouis, A., Pradier, C., & Robert, P. (2014). Mild cognitive impairment and anti-Alzheimer disease medications: A cross sectional study of the French National Alzheimer Databank (BNA). Journal of Alzheimer's disease, 38(3), 541-549.

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.

Veisi-Pirkoohi,S.,Hassani-Abharian,P., Kazemi, R. , Vaseghi,S., Zarrindast,M.R. & Nasehi,M. (2020). Efficacy of RehaCom cognitive rehabilitation software in activities of daily living, attention and response control in chronic stroke patients. *Journal of Clinical Neuroscience*,71,101-107.

Wechsler, D. (1997). Wechsler Adult Intelligence Scale–Third Edition and Wechsler Memory Scale–Third Edition technical manual. San Antonio, TX, thePsychological Corporation.

Westerberg, H., Jacobaeus, H., Hirvikoski, T., Clevberger, P., Östensson, M.-L., Bartfai, A., &Klingberg, T. (2007). Computerized working memory training after stroke–a pilot study. Brain Injury, 21(1), 21-29.

Yang, Y.M., Zhao,Z.M., Wang, W., Dong, F.M., Wang, P.P., Jia, Y.J., Han,N., Jia,Y.L.and Wang,J.H. (2020). Trends in cognitive function assessed by a battery of neuropsychological tests after mild acute ischemic stroke. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, in press.

Yoo, C., Yong, M.-h., Chung, J., & Yang, Y. (2015). Effect of computerized cognitive rehabilitation program on cognitive function and activities of living in stroke patients. Journal of physical therapy science, 27(8), 2487.

Yun, G. J., Chun, M. H., & Kim, B. R. (2015). The Effects of Transcranial Direct-Current Stimulation on Cognition in Stroke Patients. Journal of stroke,

17(3), 354.
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 .182.

COPYRIGHTS
© 2022 by the authors. Lisensee PNU, Tehran, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY4.0) (http:/creativecommons.org/licenses/by/4.0)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی