فصل‌نامه پژوهش‌های کاربردی روان‌شناختی
۱۳۹۹, ۱۱(۲), ۲۰۹-۲۲۴
مؤسسه روان‌شناسی و علوم تربیتی
دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی
دانشگاه تهران

Applied Psychological Research Quarterly
2020, 11(2), 209-224
Institute of Psychology and Educational Sciences
Faculty of Psychology and Educational Sciences
University of Tehran

(DOI): 10.22059/japr.2020.290235.643358

بررسی نقش نواحی آهیانه‌ی خُلفی در تفکر خلاق واگرا از طریق تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS)

The Role of Posterior Parietal Brain Regions in Creative Divergent Thinking by Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)

جمیل منصوری[*]
احمد شاهوروقی[**]
مصطفی رستمی[***]
محسن افتاده‌حال[****]

Jamil Mansouri
Ahmad Shahvaroghi
Mostafa Rostami
Mohsem Oftadeh-hal

چکیده

خلاقیت، به‌عنوان توانایی تولید ایده‌ای که هم اصیل و هم ارزشمند است، تعریف می‌شود. مطالعات شناختی و عصب‌شناختی به بررسی خلاقیت غیرکلامی و زیربناهای عصبی آن پرداخته‌اند. مطالعه‌ی حاضر، با هدف تعیین نقش ناحیه‌ی آهیانه‌ی خُلفی در تفکر خلاق غیرکلامی از طریق تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) انجام شده است. این پژوهش برحسب هدف کاربردی و برحسب روش گردآوری اطلاعات از نوع آزمایشی با پیش‌آزمون و پس‌آزمون به همراه گروه کنترل است. جامعه‌ی پژوهش حاضر را تمام دانشجویان در حال تحصیل دانشکده‌ی روان‌شناسی و علوم تربیتی دانشگاه تهران در سال تحصیلی ۹۹-۱۳۹۸ تشکیل می‌دهند. ۴۰ نفر از دانشجویان (۲۰ مرد و ۲۰ زن) از طریق نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و پس از کسب ملاک‌های پژوهش، به‌صورت تصادفی به دو گروه آزمایشی و کنترل گمارده شدند. ارزیابی اثرات مداخله از طریق پیش/پس‌آزمونِ پنج‌نقطه‌ای (FPT) سنجیده شد. با هدف تحلیل داده‌های پژوهش، از شاخص‌های آمار توصیفی فراوانی، درصد فراوانی، میانگین، انحراف استاندارد، واریانس، همبستگی پیرسون و شاخص آمار استنباطی تحلیل واریانس چندمتغیره استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد که تحریک چپ- کاتد/راست-آند ناحیه‌ی آهیانه‌ی خُلفی (نواحی P3-P4 براساس نظام بین‌المللی ۲۰-۱۰)، با بهبود عملکرد در نتایج درون‌گروهی و بین‌گروهی FPT گروه آزمایش، در مقایسه با گروه کنترل همراه بود. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند که ناحیه‌ی مغزی آهیانه‌ی خُلفی در تفکر خلاق غیرکلامی و ارتقای عملکرد آن در شرکت‌کنندگان نقش دارد.

واژه‌های کلیدی: خلاقیت، تفکر واگرا، تحریک مغزی، تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS)

Abstract

Creativity is defined as producing original and valuable ideas. Cognitive and neuroscience studies have investigated nonverbal and neural underpinnings of creativity through transcranial direct current stimulation (tDCS). In the current experiment the study included 40 students of faculty of psychology from the University of Tehran. Participants were randomly assigned to either experimental or sham groups by accessible sampling. Descriptive statistical analysis like frequency, frequency percentage, average, standard deviation, variance, Pierson correlation and inferential statistic like variance analysis of multiple variables were conducted. The results show that left cathode-right anodal tDCS stimulation of posterior parietal cortex (PPC; P3-P4 based on 10-20 international system) had a significant effect on within and between subject scores of FPT in the experimental group in comparison with the sham group. Findings of current study imply that PPC has a role in neural underpinnings and enhancement of creativity.

Keywords: Creativity, Divergent Thinking, Brain Stimulation, Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)

[*]**نویسنده مسئول:** کارشناسی ارشد روان‌شناسی عمومی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
[**]کارشناسی ارشد روان‌شناسی عمومی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
[***]کارشناسی ارشد روان‌شناسی عمومی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران
[****]دکتری علوم اعصاب شناختی، پژوهشکده علوم شناختی، مؤسسه آموزشی- تحقیقاتی صنایع دفاعی، تهران، ایران

Email: mansourijamil@ut.ac.ir

دریافت: ۹۸/۰۷/۱۳ **پذیرش:** ۹۸/۱۱/۳
Received: 4 Oct 2019 **Accepted:** 2 Feb 2020

مقدمه

گرچه تفکر خلاق[1] در گذشته نیز بررسی شده است؛ اما تنها در سال‌های اخیر به‌صورت منظم و کنترل شده مورد واکاوی و پژوهش قرار گرفته است. در کنار جنبه‌های زیبایی‌شناختی و نقش تفکر خلاق در حیات فرهنگی، خلاقیت[2] به‌عنوان توانایی تولید کاری که هم اصیل[3] (جدید، غیرمعمولی، نو و غیرمنتظره) است و هم ارزشمند[4] (کاربردی، خوب، سازگارانه و مناسب)، تعریف می‌شود (استرنبرگ، ۲۰۰۹؛ دیتریچ، ۲۰۰۴). نظریه‌های مختلف، خلاقیت را به‌صورت‌های متفاوت تعریف کرده‌اند. هنسی و آمابیل (۱۹۸۷)، معتقدند که خلاقیت پدیده‌ای اجتماعی است که از نیازها، مقتضیات جامعه و شرایط خانوادگی برمی‌خیزد. تورنس (۱۹۷۹) معتقد است، خلاقیت اثری شخصی است و به عواملی نظیر انگیزش، هیجان، عواطف، احساسات، تجربه‌ها و یادگیری‌های شخصی بستگی دارد. گیلفورد (۲۰۰۵) معتقد است، خلاقیت بُعدی فراشناختی دارد که با فرآیندهای شناختی عالی نظیر تفکر، هوش، تخیل و پردازش اطلاعات مرتبط است. همچنین استرنبرگ (۲۰۰۹) و میهالی (۱۹۹۶) معتقدند، خلاقیت پدیده‌ای چندمتغیری است که از عواملی نظیر جامعه، خانواده، شخصیت و توانایی‌های شخصیتی هم‌زمان تأثیر می‌پذیرد.

در سال‌های اخیر، علاقه محققان و تمرکز پژوهش‌ها به مشخص کردن زیربناهای عصبی خلاقیت معطوف شده است (به‌عنوان مثال: فینک و همکاران، ۲۰۰۹؛ زمیگراد، کولزاتو و هومل، ۲۰۱۵). در همین راستا، آبراهام و همکاران (۲۰۱۲)، به این نتیجه رسیدند که الگوهای فعالیت fMRI در انجام تکلیف کاربردهای غیرمعمول[5] (UUT) در تفکر خلاق واگرا[6]، و آزمون تداعی دور[7] (RAT) در تفکر خلاق همگرا[8] متفاوت‌اند. تفکر واگرا با فعالیت تشکیلات هیپوکامپ[9]، بادامه[10]، قشر پیش‌پیشانی میانی پشتی[11]، قشر پیش‌پیشانی میانی شکمی[12] و قشر سینگولار خُلفی[13] و با فعالیت بیشتر در نیمکره چپ در ارتباط است. در حالی که تفکر همگرا با نواحی قشر میانی خُلفی راست، قشر پیش‌پیشانی خُلفی جانبی[14] راست و قشر پیش‌پیشانی قطبی[15] راست مرتبط است. مطالعات اخیر نقش قشر آهیانه‌ی خُلفی[16] را در خلاقیت نشان داده‌اند (فینک و همکاران، ۲۰۰۹؛ شامای–

1. creative thinking
2. creativity
3. original
4. valuable
5. uncommon uses tasks
6. incongruent
7. Remote Association Task
8. congruent
9. hipocomouss
10. amigdala
11. dorsal middle prefrontal cortex
12. ventral middle prefrontsl cortex
13. posterior cingular cortex
14. dorso lateral prefrontal cortex
15. frontopolar prefrontal
16. posterior parietal

تسوری، آدلر، آهارون- پرتز، پری و مایسلس، ۲۰۱۱). در مجموع، تصویربرداری مغزی نواحی متمایزی را که با خلاقیت به‌طور کلی و یا تکالیف خلاقیت به‌صورت خاص ارتباط دارند، مشخص نکرده‌اند. این نکته می‌تواند به‌دلیل تفاوت رویکردهای نظری به خلاقیت و یا به‌دلیل مشکلات روش‌شناختی باشد که نتوانسته‌اند به‌شکلی همگون زیربناهای عصبی اصلی خلاقیت را مشخص کنند (دیتریچ و کانسو، ۲۰۱۰). از جمله روش‌هایی که می‌تواند در تعیین نواحی مرتبط با تفکر خلاق کمک‌کننده باشد، تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای[1] است (زمیگراد کولزاتو و هومل، ۲۰۱۵؛ روگیرو، لاوازا، ورگاری، پریوری و فروچی، ۲۰۱۸؛ کلومبو، بارتساقی، سیمونلی و آنتونیتی، ۲۰۱۵؛ میسلس و شامای- تسوری، ۲۰۱۵؛ واینبرگر، گرین و کریسیکو، ۲۰۱۷؛ گوئل، ایمونتیت، گوئل و شیندلر، ۲۰۱۵؛ گرین و همکاران، ۲۰۱۷).

تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS)، از جمله روش‌های غیرتهاجمی تحریک مغزی است که به‌نحوی موفقیت‌آمیز به‌عنوان ابزاری در بررسی و تعدیل فرآیندهای شناختی در جمعیت‌های بالینی و افراد سالم به‌کار گرفته شده است (پریوری و همکاران، ۲۰۰۷؛ زمیگراد کولزاتو و هومل، ۲۰۱۵). این روش، از اِعمال جریان مستقیم در نواحی خاص جمجمه استفاده می‌کند که به‌نظر می‌رسد باعث تغییر در پتانسیل غشایی نواحی عصبی زیربنایی شده و از این طریق به اثرگذاری بر سطح تحریک‌پذیری قشری براساس قطبیت الکترودها منجر می‌شود. تحریک آندی، باعث افزایش تحریک‌پذیری در ناحیه‌ی موردنظر و تحریک کاتدی به کاهش آن منجر می‌شود (نیچه و همکاران، ۲۰۰۸).

مطالعات مختلف، کاربرد و نقش تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) را در تعیین نقاط عصبی درگیر در خلاقیت و بهبود عملکرد آن نشان داده‌اند. سروتی و سچلاک (۲۰۰۹)، در مطالعه‌ای با استفاده از چینش الکترودی یک‌طرفه به این نتیجه رسیدند که تحریک آندی در ناحیه‌ی پیش‌پیشانی خلفی- جانبی چپ[2] (L-DLPFC، F3(A)/F4(C)[3])، عملکرد در تکلیف تداعی دور ترکیبی[4] (CRA) را در مقایسه با تحریک کاتدی یا ساختگی[5] در همان ناحیه و همچنین تحریک آندی در ناحیه‌ی پیش‌پیشانی خلفی- جانبی راست[6] (R-DLPFC)، ارتقا داد. زمیگراد، کولزاتو و هومل (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای درون‌گروهی، به بررسی نقش تحریک DLPFC چپ و راست با چینش الکترودی دوطرفه در تفکر واگرا و همگرا پرداختند. در این مطالعه، تحریک آندی DLPFC چپ و هم‌زمان تحریک کاتدی DLPFC راست، باعث افزایش معنادار در عملکرد تکلیف تداعی دور ترکیبی (CRA) شد. کریسیکو و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که تحریک کاتدی DLPFC چپ در مقایسه با تحریک کاتدی DLPFC راست یا ساختگی، باعث بهبود عملکرد در تکلیف استفاده نامعمول از

---

1. Transcranial Direct Current Stimulation
2. Left-Dorsolateral Prefrontal Cortex
۳. ناحیه‌ی F3 در سیستم بین المللی نامگذاری نواحی مغزی ۲۰-۱۰ معادل با ناحیه‌ی پیش‌پیشانی خلفی- جانبی نیمکره‌ی چپ و F4 معادل همین ناحیه در نیمکره‌ی راست است
4. Combined Remote Association task
5. sham stimulation
6. Right-Dorsolateral Prefrontal Cortex

وسایل (تفکر واگرا) شد. مایسیلس و شامای- تسوری (۲۰۱۵)، نشان دادند که تحریک دوطرفه‌ی شکنج پیشانی تحتانی[1] (IFG)، کاتد در سمت چپ و آند در سمت راست، در مقایسه با تحریک یک‌طرفه و چینش الکترودی معکوس تحریک ذکر شده قبلی، توانست عملکرد در تکلیف تفکر واگرا را بهبود بخشد. چای و اسنیدر (۲۰۱۲) گزارش کردند، گروهی که تحریک کاتدی در ناحیه لب گیجگاهی قدامی[2] (ATL) چپ و هم‌زمان تحریک آندی در لب گیجگاهی قدامی راست دریافت کرده بودند، در حل مسائل بینشی (تفکر واگرا) عملکرد بهتری داشتند. در مقابل، روگیرو و همکاران (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای با چینش الکترودی دوطرفه لب گیجگاهی قدامی چپ (آند) و راست (کاتد)، نشان دادند که لوب پیشانی قدامی (ATL) چپ و نه راست، در تفکر همگرا نقش دارد؛ اما تغییرات تحریک‌پذیری ناشی از تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) در هر دو قشر گیجگاهی چپ و راست، نتوانست باعث تغییر در تفکر واگرا شود.

با مرور مطالب گفته شده و مطالعات تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در زمینه‌ی خلاقیت، مشخص می‌شود که این مطالعات از تحریک دوقطبی و دوطرفه استفاده کرده‌اند. همچنین مطالعات انجام شده با توجه به مؤلفه‌های مختلف شناختی، کلامی و غیرکلامی درگیر در خلاقیت، نواحی مختلف مرتبطی را نیز هدف قرار داده‌اند؛ از جمله قشر پیش‌پیشانی خلفی- جانبی (DLPFC)، لب گیجگاهی قدامی (ATL)، شکنج پیشانی تحتانی (IFG) و قشر پیشانی جانبی چپ (L-LFC). در مطالعه‌ی حاضر، با هدف بررسی نقش تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در تعیین نقاط مغزی زیربنایی خلاقیت، از تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) با تحریک دوطرفه استفاده شده است. همچنین برای تعیین نقش ناحیه‌ی آهیانه‌ی خُلفی و بهینه‌سازی انواع برنامه‌ی تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) با خلاقیت، بر این فرضیه متمرکز شدیم که تحریک آندی قشر آهیانه‌ی خُلفی راست (ناحیه‌ی P4 سیستم ۲۰-۱۰[3]) و هم‌زمان تحریک کاتدی قشر آهیانه‌ی خُلفی چپ (ناحیه‌ی P3 سیستم ۲۰-۱۰)، باعث بهبود عملکرد افراد در ابزارهای سنجش خلاقیت خواهد شد. مبنای برنامه‌ی تحریک تعیین شده به‌صورت دوطرفه، فرضیه‌ی مطرح شده در رابطه با نقش بازدارندگی نیمکره‌ی چپ (زمیگراد، کولزاتو و هومل، ۲۰۱۵؛ روگیرو و همکاران، ۲۰۱۸؛ کلومبو و همکاران، ۲۰۱۵؛ میسلس و شامای- تسوری، ۲۰۱۵؛ وینبرگ، گرین و کریسیکو، ۲۰۱۷؛ گوئل و همکاران، ۲۰۱۵؛ گرین و همکاران، ۲۰۱۷) و نقش قشر آهیانه‌ی خُلفی (فینک و همکاران، ۲۰۱۰؛ شامای- تسورس، آدلر، آهارون- پرتز، پری و مایسلیس، ۲۰۱۱)، در خلاقیت و تفکر خلاق غیرکلامی است.

1. Inferior Frontal Gyrus
2. Anterior Temporal Lobe
۳. سیستم ۲۰-۱۰ از روش‌های کالبدشناختی برای نام‌گذاری نواحی مختلف مغزی است.

روش

جامعه‌ی آماری، نمونه و روش اجرای پژوهش

پژوهش حاضر با توجه به هدف، کاربردی و با توجه به روش گردآوری داده‌ها، از نوع آزمایشی با پیش‌آزمون و پس‌آزمون به همراه گروه کنترل است. جامعه‌ی پژوهش حاضر را تمامی دانشجویان در حال تحصیل دانشکده‌ی روان‌شناسی و علوم تربیتی دانشگاه تهران در سال تحصیلی ۹۹-۱۳۹۸ تشکیل می‌دهند. تعداد اعضای نمونه از طریق فرمول $Z_\beta = \frac{\mathrm{d}\ (n-1)\sqrt{\mathrm{n}}}{(\mathrm{n}-1)+1/21(Z\alpha-1/06)} - Z\alpha$ (کریک، ۱۹۹۵) با فرض α=۰/۰۵، d=۰/۵ و توان آزمون=۰/۸۸ محاسبه شد. پس از محاسبه، ۴۰ نفر (۲۰ مرد و ۲۰ زن در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد) از دانشجویان دانشکده‌ی روان‌شناسی و علوم تربیتی، با میانگین سنی ۵۲-۲۲ سال و انحراف استاندارد ۱/۵۳، با قبول درخواست شرکت در پژوهش و کسب ملاک‌های ورود، به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. سپس اعضای نمونه از طریق قرعه‌کشی به دو گروه آزمایشی (E1) و تحریک ساختگی (E2) گمارده شدند. ابتدا پیش‌آزمون (FPT) اجرا شد. سپس تحریک متناسب با هر گروه (فعال یا ساختگی) اعمال شد. مدت زمان تحریک ۲۰ دقیقه بود که با شدت جریان ۲ میلی‌آمپر و ۳۰ ثانیه جریان بالارونده و پایین‌رونده تنظیم شد (گول، ایمونتایت، گول و شندلر، ۲۰۱۵). گروه E1 پروتکل تحریک چپ- کاتد/راست- آند (CL-AR)، و گروه E2 همان پروتکل را با تحریک ساختگی در ناحیه‌های قشر آهیانه‌ی خلفی راست و چپ (P3-P4)، دریافت کرد. تحریک ساختگی به این صورت بود که پس از ۳۰ ثانیه جریان بالارونده، شدت جریان به‌صورت خودکار از طریق دستگاه قطع می‌شد، در حالی که مراجع نسبت به آن ناآگاه بود. در زمان دریافت تحریک، فعالیت یا آزمونی برای شرکت‌کنندگان اجرا نشد. پس از اتمام تحریک و استراحت پنج دقیقه‌ای، آزمون پنج‌نقطه‌ای[1] (FPT) دوباره اجرا شد. ملاک‌های ورود به پژوهش عبارت بود از: راست دست بودن، عدم دریافت تشخیص روان‌پزشکی خاص یا سابقه‌ی بستری‌شدن در بخش روان‌پزشکی، عدم ابتلا به صرع، عدم سابقه یا ابتلا به تشنج، عدم کاشت فلز در سر یا دیگر اندام‌های بدن، عدم بارداری، عدم سابقه دریافت تحریک الکترومغناطیس یا جریان الکتریکی مغزی و عدم ابتلا به بیماری‌های عصب‌شناختی خاص (دمانس، آلزایمر، پارکینسون و غیره).

داده‌ها به نرم‌افزار SPSS-۱۶/۰ منتقل و تحلیل شدند. در پژوهش حاضر از شاخص‌های آمار توصیفی فراوانی، فراوانی درصدی، میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد. برای مقایسه‌ی نتایج حاصل از دو گروه و استنباط آماری نیز، از تحلیل واریانس عاملی با اندازه‌گیری مکرر[2] استفاده شد. آزمون این فرضیه از طریق تحلیل واریانس عاملی با اندازه‌گیری مکرر (طرح یک بین- یک درون) صورت پذیرفت. اندازه‌گیری‌های مکرر عبارتند از: اندازه‌گیری‌ها روی یک متغیر مشخص برای هر مشاهده در چند وضعیت مختلف است. طرحی که به بررسی و تحلیل این اندازه‌گیری‌ها می‌پردازد را طرح‌های اندازه‌گیری مکرر می‌نامند. این طرح حالت

1. five-point test
2. ANOVA with repeated measure

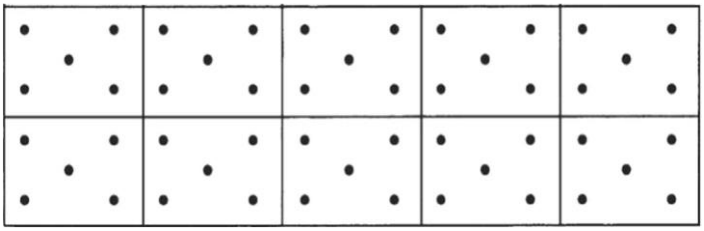
تعمیم‌یافته آزمون مقایسه‌ی زوجی می‌باشد، با این تفاوت که به‌جای مقایسه یک گروه در دو وضعیت، یک گروه در دو یا چند وضعیت مورد مقایسه قرار می‌گیرند. وقتی که اندازه‌گیری‌های یکسانی چندبار روی یک آزمودنی یا یک مورد انجام می‌گیرد، برای بررسی و مقایسه‌ی میانگین داده‌ها بین این چندبار اندازه‌گیری بایستی از آزمون تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده شود. بااین‌حال، اگر عامل بین گروهی نیز وجود داشته باشد، می‌توان با تعریف گروه (گروه مداخله و کنترل) در این پژوهش‌ها آزمودنی را مورد تحلیل قرار داد. با استفاده از این روش آماری، می‌توان فرضیه صفر را در مورد آثار عوامل بین‌گروهی و درون‌گروهی آزمون نمود. همچنین می‌توان اثر متقابل بین عوامل (چه درون- گروهی و چه بین- گروهی) یا به زبان ساده‌تر اثر متقابل دو یا چند متغیر مستقل را نیز مورد بررسی قرار داد. منظور از عامل بین- گروهی شامل گروه‌های مداخله و کنترل می‌شود و منظور از عامل درون- گروهی متغیرهای وابسته هستند.

ابزار سنجش

آزمون پنج‌نقطه (FPT): پنج‌نقطه، آزمونی معتبر و با روایی برای سیالی شکل[1] است (گوبل، فیشر، فرستل و مهدورن، ۲۰۰۹) که توسط ریگارد، ستراوس و ناپ (۱۹۸۲) طراحی شده است. استانداردسازی کاربرد فرآیند آزمون و دستورالعمل‌های واضح ارزیابی اجرای آن، سطح بالایی از عینیت را تضمین کرده است (توچا، آچنبرنر، کووترز و لانگ، ۲۰۱۲). توچا و همکاران (۲۰۱۲)، در بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی این آزمون به این نتیجه رسیدند که ضریب روایی واسطه‌ای آن مقدار بالایی را نشان می‌دهد. روایی آزمون- بازآزمون آن نیز ضریب همبستگی (r=۰/۶۵) بین دو مجموعه نمره‌ی طرح‌های جدید را نشان داد. با توجه به یافته‌های این محققان، نتایج آزمون- بازآزمون (r=۰/۷۷) مناسب بود. همچنین پایایی سازه‌ی آن برای طرح‌های جدید با سیالی کلمه و تکلیف سیالی معنایی بالا (r=۰/۵)، ارتباط بین تعداد طرح‌های جدید و حافظه کاری شکلی، حل‌مسئله و بازداری، متوسط (r=۰/۳) و اندازه‌ی سایر همبستگی‌ها کوچک یا قابل چشم‌پوشی بودند. حساسیت آزمون نیز با تمایز قائل شدن بین گروه سالم و افراد با بیماری پارکینسون در طرح‌های جدید بالا بود (d>۰/۸). در مقابل، اندازه‌ی اثر بین هر دو خطاهای تلاش و اجتناب‌های قانونی در آزمون پنج‌نقطه‌ای، کوچک (d<۰/۵) یا قابل چشم‌پوشی بود (d<۰/۲). مواد محرک این آزمون صفحه‌ای را دربرمی‌گیرد که ۴۰ مربع مشخص در هشت ردیف و پنج ستون دارد و هر مربع به‌صورت پنج‌نقطه قرینه، طراحی شده است. از شرکت‌کنندگان خواسته می‌شود در حد امکان هر تعداد شکل جدید مختلف را در پنج دقیقه از طریق وصل کردن دو یا تعداد بیشتری نقطه با خط راست، طراحی کنند. برای هر شرکت‌کننده توضیح داده می‌شود که از کشیدن شکل‌های تکراری یا خطهایی که نقاطی را به هم وصل نمی‌کنند، خودداری کند. در ابتدای شروع آزمون، دو نمونه به‌وسیله‌ی آزمون‌گر ارائه می‌شود. آزمون براساس دستورالعمل استاندارد طراحی شده توسط ریگارد، ستراوس و ناپ، ۱۹۸۲) اجرا می‌شود. نمره‌گذاری آن نیز شامل شمارش کل طرح‌های جدید و طرح‌های تکراری (خطهای درجازنی)

1. figural fluency

کشیده شده است. از آن‌جا که تعداد طرح‌های کشیده شده جدید شرکت‌کنندگان می‌تواند تعداد خطاهای درجازنی را تحت‌تأثیر قرار دهد، درصد خطاهای درجازنی (یعنی خطاهای درجازنی+کل اشکال جدی*۱۰۰) نیز محاسبه می‌شود. در آخر، آزمونگر نمره‌گذاری را انجام خواهد داد. ارتباط این آزمون و بررسی اعتبار سازه آن با انعطاف‌پذیری شناختی (راف، لایت و ایوانز، ۱۹۸۷)، تفکر خلاق واگرا (رونکو، ۱۹۹۱) و شناخت خلاقانه (فینک و همکاران، ۲۰۱۰) نشان داده شده است. همچنین درگیر بودن قشر آهیانه در رمزگذاری عصبی عملکردهای شناختی درگیر در این آزمون مانند توجه، سیالی و شناخت فضایی نشان داده شده است (کورتیوس، ۲۰۰۶؛ حسین و ناچو، ۲۰۰۷).



شکل ۱- آزمون پنج‌نقطه‌ای

تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS): دستگاه تحریک نورواستیم ۲[1] ساخت ایران، با قابلیت اعمال چهار نوع تحریک جریان مستقیم، جریان متناوب[2]، پارازیت تصادفی[3] و تحریک تک‌ها[4]، در دو حالت فعال و ساختگی مورد استفاده قرار گرفت. الکترودهای این دستگاه دارای مساحتی به اندازه‌ی ۳۵ سانتی‌متر مربع است که باید از طریق اسفنج‌های خیس شده در سرم آب‌نمک پوشیده شوند. دستگاه نورواستیم ۲ دارای ابزار سنجش مقاومت بین الکترود و پوست سر است که به‌صورت خودکار صورت می‌گیرد و در صورت مناسب بودن اتصال از طریق روشن شدن چراغ سبز، تحریک شروع می‌شود و پژوهشگر می‌تواند از اِعمال تحریک اطمینان حاصل کند. همچنین این دستگاه از قابلیت سنجش اتصال و مقاومت مناسب بین الکترود و پوست سر در طول تحریک برخوردار است و در صورت پایین آمدن آن، از طریق قرمز شدن چراغ یا به صدا درآمدن آن، پژوهشگر را باخبر می‌کند. پس از پایان تحریک، دستگاه به‌صورت خودکار قطع و خاموش می‌شود.

1. Neurostim2
2. alternative current
3. random noise
4. pulse stimulation

یافته‌ها

الف) توصیف جمعیت‌شناختی

مطالعه‌ی حاضر روی ۴۰ نفر از دانشجویان کارشناسی رشته‌ی روان‌شناسی دانشگاه تهران انجام شد. شرکت‌کنندگان به دو گروه مداخله و تحریک ساختگی به‌صورت تصادفی گماشته شدند. ۲۰ نفر به گروه مداخله و ۲۰ نفر به گروه تحریک ساختگی اختصاص پیدا کرد. شرکت‌کنندگان از نظر جنسیت نیز مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاکی از این بود که در هر گروه ۵۰ درصد شرکت‌کنندگان زن و ۵۰ درصد بقیه مرد بودند. همچنین میانگین سنی گروه نمونه ۵۲/۲۲ و انحراف استاندارد ۵۳/۱ بود.

ب) توصیف شاخص‌ها

ابتدا مفروضه نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو- ویلک مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد که در هر دو گروه مداخله و تحریک ساختگی، مؤلفه‌های پنج‌نقطه (FPT) دارای توزیع نرمال هستند و این مقدار برای هیچ‌کدام از مؤلفه‌ها معنادار نیست (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج نرمال‌بودن توزیع داده‌های مؤلفه‌های آزمون پنج‌نقطه (FPT) در دو گروه مداخله و کنترل، با استفاده از آزمون شاپیرو- ویلک

متغیر	زمان	مداخله			تحریک ساختگی		
		آماره	درجه‌ی آزادی	سطح معناداری	آماره	درجه‌ی آزادی	سطح معناداری
طرح‌های جدید	پیش‌آزمون	۰/۹۶	۲۰	۰/۵۹	۰/۹۶	۲۰	۰/۶۳
	پس‌آزمون	۰/۹۸	۲۰	۰/۹۴	۰/۹۲	۲۰	۰/۰۹
طرح‌های تکراری (خطا)	پیش‌آزمون	۰/۹۸	۲۰	۰/۸۸	۰/۹۷	۲۰	۰/۷۳
	پس‌آزمون	۰/۹۶	۲۰	۰/۶۰	۰/۹۷	۲۰	۰/۷۸

نتایج حاکی از این بود که میانگین مؤلفه‌ی طرح‌های جدید از پیش‌آزمون به پس‌آزمون، در گروه مداخله افزایش یافته؛ در حالی که چنین تغییری در گروه تحریک ساختگی مشاهده نمی‌شود. میانگین مؤلفه‌ی طرح‌های تکراری (خطا) نیز از پیش‌آزمون به پس‌آزمون در گروه مداخله کاهش یافته؛ اما در گروه تحریک ساختگی کاهش زیادی را شاهد نبودیم.

جدول ۲- آماره‌های توصیفی پنج‌نقطه (FPT) در گروه‌های مداخله و تحریک ساختگی

متغیر	زمان	مداخله		تحریک ساختگی		کل	
		میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	استاندارد
طرح‌های جدید	پیش‌آزمون	۲۳/۹۵	۷/۳۷	۲۴/۲۰	۷/۵۴	۲۴/۰۸	۷/۳۶
	پس‌آزمون	۲۵/۷۵	۶/۸۷	۲۴/۳۵	۶/۷۱	۲۵/۰۵	۶/۷۴
طرح‌های تکراری (خطا)	پیش‌آزمون	۵/۶۵	۲/۶۴	۵/۵۵	۲/۵۸	۵/۶۰	۲/۵۸
	پس‌آزمون	۴/۲۵	۲/۴۵	۵/۴۵	۲/۷۰	۴/۸۵	۲/۶۲

ج) آزمون فرضیه‌ها

آزمون فرضیه پژوهش از طریق تحلیل واریانس عاملی با اندازه‌گیری مکرر (طرح یک بین- یک درون) صورت گرفت. اندازه‌گیری‌های مکرر شامل اندازه‌گیری روی یک متغیر مشخص برای هر مشاهده در چند وضعیت مختلف است. طرحی که به بررسی و تحلیل این اندازه‌گیری‌ها می‌پردازد، طرح اندازه‌گیری مکرر می‌نامند.

همگنی واریانس با استفاده از آزمون همگنی واریانس لوین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از این بود که مفروضه‌ی همگنی واریانس برقرار است و این مقدار برای هیچ‌کدام از مؤلفه‌ها معنادار نیست (جدول ۳).

جدول ۳- آزمون همگنی واریانس (لوین) در مؤلفه‌های پنج‌نقطه (FPT)

متغیر	زمان	F	df1	df2	P
طرح‌های جدید	پیش‌آزمون	۰/۰۱	۱	۳۸	۰/۹۳
	پس‌آزمون	۰/۰۰۱	۱	۳۸	۰/۹۶
طرح‌های تکراری (خطا)	پیش‌آزمون	۰/۰۵	۱	۳۸	۰/۸۳
	پس‌آزمون	۰/۱۴	۱	۳۸	۰/۷۱

نتایج تحلیل واریانس چندمتغیری در بین دو گروه در مؤلفه‌های پنج‌نقطه (FPT)، نشان داد که اثر درون‌آزمودنی (زمان) (η^2=۰/۳۴، p=۰/۰۰۱، $F_{۲/۳۷}$=۶/۸۱)، با ارزش ۰/۶۶ و اثر متقابل زمان×گروه (η^2=۰/۲۷، p=۰/۰۰۱، $F_{۲/۳۷}$=۶/۸۱) با ارزش ۰/۷۳ معنادار است. به‌معنای دیگر، در طول زمان (از پیش‌آزمون به پس‌آزمون) میانگین‌ها تغییر داشته‌اند و با توجه به معناداری اثر متقابل گروه×زمان، این تفاوت در میانگین‌ها در یکی از گروه‌ها و حداقل در یکی از مؤلفه‌ها بیشتر رخ داده است.

پس از معناداری آزمون تحلیل واریانس چندمتغیری، نتایج آزمون تحلیل واریانس تک‌متغیری بررسی شد که نشان داد: اثر اصلی بین‌گروهی (مداخله و کنترل) در مؤلفه‌های طرح‌های جدید (η^2=۰/۰۰۱، p=۰/۸۰ و $F_{۱/۳۸}$=۰/۰۷) و طرح‌های تکراری (خطا) (η^2=۰/۰۱، p=۰/۴۸ و $F_{۱/۳۸}$=۰/۵۱)، معنادار نیست. اثر درون‌آزمودنی (زمان) هم در مؤلفه‌ی طرح‌های جدید (η^2=۰/۲۶، p=۰/۰۰۱ و $F_{۱/۳۸}$=۱۳/۴۱) و طرح‌های تکراری (خطا) (η^2=۰/۱۵، p=۰/۰۱ و $F_{۱/۳۸}$=۶/۶۵) و اثر متقابل گروه×زمان نیز در مؤلفه‌های طرح‌های جدید (η^2=۰/۲۰، p=۰/۰۰۱ و $F_{۱/۳۸}$=۹/۶۰) و طرح‌های تکراری (خطا) (η^2=۰/۱۲، p=۰/۰۳ و $F_{۱/۳۸}$=۴/۹۹) معنادار بود. به‌بیان دیگر، تفاوت پیش‌آزمون با پس‌آزمون در بین گروه‌ها متفاوت بود و این مؤلفه‌ها در گروه مداخله بیشتر از گروه تحریک ساختگی کاهش معنادار داشته‌اند.

جدول ۴- نتایج تحلیل واریانس تک‌متغیری با اندازه‌گیری مکرر در مؤلفه‌های پنج‌نقطه (FPT)

منبع اثر	متغیر	مجموع مجذورات	درجه‌ی آزادی	میانگین مجموع مجذورات	آماره	سطح معناداری	ضریب اتا
اثر بین‌گروهی	طرح‌های جدید	۳/۳۱	۱	۳/۳۱	۰/۰۷	۰/۸۰	۰/۰۰۱
	طرح‌های تکراری (خطا)	۳/۰۳	۱	۳/۰۳	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۰۱
خطای بین‌گروهی	طرح‌های جدید	۱۹۰۵/۲۹	۳۸	۵۰/۱۴			
	طرح‌های تکراری (خطا)	۲۲۳/۹۵	۳۸	۵/۸۹			
اثر درون‌آزمودنی	طرح‌های جدید	۱۹/۰۱	۱	۱۹/۰۱	۱۳/۴۱	۰/۰۰۱	۰/۲۶
	طرح‌های تکراری (خطا)	۱۱/۲۵	۱	۱۱/۲۵	۶/۶۵	۰/۰۱	۰/۱۵
اثر تعامل گروه×زمان	طرح‌های جدید	۱۳/۶۱	۱	۱۳/۶۱	۹/۶۰	۰/۰۰۱	۰/۲۰
	طرح‌های تکراری (خطا)	۸/۴۵	۱	۸/۴۵	۴/۹۹	۰/۰۳	۰/۱۲
خطای درون‌آزمودنی	طرح‌های جدید	۵۳/۸۸	۳۸	۱/۴۲			
	طرح‌های تکراری (خطا)	۶۴/۳۰	۳۸	۱/۶۹			

پس از معناداری اثر زمان و اثر متقابل، نتایج مقابله‌ها بررسی شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو مؤلفه‌ی طرح‌های جدید و طرح‌های تکراری (خطا)، تفاوت معناداری وجود دارد؛ به این معنا که میانگین این مؤلفه‌ها از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون تغییر یافته است. اثر متقابل گروه×زمان نیز در این مؤلفه‌ها از پیش‌آزمون به پس‌آزمون معنادار بود؛ به این معنا که گروه مداخله طی زمان، نسبت به گروه تحریک ساختگی تغییر بیشتری داشته است.

جدول ۵- نتایج آزمون مقایسه بین سه مرحله‌ی اندازه‌گیری در مؤلفه‌های پنج‌نقطه (FPT)

منبع اثر	متغیر	مقایسه	مجموع مجذورات	درجه‌ی آزادی	میانگین مجموع مجذورات	آماره	سطح معناداری	ضریب اتا
اثر درون‌آزمودنی	طرح‌های جدید	پیش‌آزمون با پس‌آزمون	۳۸/۰۲	۱	۳۸/۰۲	۱۳/۴۱	۰/۰۰۱	۰/۲۶
	طرح‌های تکراری (خطا)	پیش‌آزمون با پس‌آزمون	۲۲/۵۰	۱	۲۲/۵۰	۶/۶۵	۰/۰۱	۰/۱۵
اثر تعامل گروه×زمان	طرح‌های جدید	پیش‌آزمون با پس‌آزمون	۲۷/۲۳	۱	۲۷/۲۳	۹/۶۰	۰/۰۰۱	۰/۲۰
	طرح‌های تکراری (خطا)	پیش‌آزمون با پس‌آزمون	۱۶/۹۰	۱	۱۶/۹۰	۴/۹۹	۰/۰۳	۰/۱۲
خطای درون‌آزمودنی	طرح‌های جدید	پیش‌آزمون با پس‌آزمون	۱۰۷/۷۵	۳۸	۲/۸۴			
	طرح‌های تکراری (خطا)	پیش‌آزمون با پس‌آزمون	۱۲۸/۶۰	۳۸	۳/۳۸			

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر، بررسی نقش ناحیه‌ی مغزی آهیانه‌ی خُلفی در رمزگذاری کارکردهای شناختی مرتبط با خلاقیت غیرکلامی، از طریق تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) و دستکاری تعادل بین‌نیمکره‌ای است. براساس فرضیه پژوهش، تغییر تعادل فعالیت آهیانه‌ای بین دو نیمکره، بر تولید و خلق پاسخ‌های جدید در آزمون پنج‌نقطه‌ایِ سیالی شکلیِ مرتبط با تفکر خلاقِ واگرا (تولید ایده‌های بدیع و کاربردی) مؤثر است. با هدف آزمون فرضیه پژوهش، از ابزار تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) استفاده شد. یافته‌ها نشان داد که تحریک دوطرفه نواحی آهی‌های چپ و راست- به‌ترتیب از طریق الکترودهای کاتد و آند-، باعث ایجاد شکل‌های جدید و بدیعِ بیشتر در گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل در آزمون FPT شد. همچنین نتایج نشان داد که انجام تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای به‌مدت ۲۰ دقیقه و با شدت جریان ۲ میلی‌آمپر، اختلاف آماری معناداری بین نمرات میانگین دو گروه آزمایش و کنترل در آزمون پنج‌نقطه‌ای در پی‌داشت. این یافته نشان داد که کاهش تحریک‌پذیری و قدرت بازدارندگی نیمکره‌ی چپ در ناحیه‌ی آهیانه‌ی خُلفی و افزایش هم‌زمان تحریک‌پذیری آهیانه‌ی خُلفی راست (تحریک دوطرفه) از طریق تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS)، با عملکرد بهتر گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل در آزمون موردنظر همراه است. نتایج پژوهش حاضر با مطالعات دیگری که توان بازدارندگی نیمکره‌ی چپ بر نیمکره‌ی راست را از طریق تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای کاهش داده بودند، هم‌راستا است (چی و سنیدر، ۲۰۱۲؛ سروتی و سچلاگ، ۲۰۰۹؛ کریسیکو و همکاران، ۲۰۱۳؛ قنواتی، نجاتی و صالحی‌نژاد، ۲۰۱۸).

در تبیین یافته‌های پژوهش می‌توان گفت، خلاقیت به‌عنوان توانایی تولید پاسخ‌های بدیع (اصیل، نادر و غیرمنتظره) و کاربردی (مناسب و قابل استفاده در موقعیت موردنظر) تعریف می‌شود (استرنبرگ، ۲۰۰۹). مطالعات انجام شده در حوزه‌ی علوم اعصاب خلاقیت، بر نیاز به تعادل بین دو بخش از فرآیند خلاقانه در زیربناهای عصبی آن تأکید می‌کنند (مایسیلیس و شامای- تسوری، ۲۰۱۵). براساس پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه (چی و سنیدر، ۲۰۱۲؛ سروتی و سچلاگ، ۲۰۰۹؛ کریسیکو و همکاران، ۲۰۱۳؛ مایسیلیس و شامای- تسوری، ۲۰۱۵)، با افزایش سن، نیمکره‌ی چپ براساس رشد و تحول نقش بازدارندگی بر کارکردهای نیمکره‌ی راست ایفا می‌کند. نیمکره‌ی چپ به‌واسطه‌ی مدارهای عصبی که از طریق جسم پینه‌ای و دیگر شبکه‌های عصبی قشری با نیمکره راست دارد، باعث می‌شود بخش منطق و کلامی مغز در برخورد با مسائل و حل‌مسئله خلاقیت در اولویت قرار گیرد و از دادن پاسخ‌های واگرا جلوگیری کند. در مقابل، تمایل مغز به سمت پاسخ‌های همگرا بیشتر می‌شود و مغز یک پاسخ را برای مسئله خلاقیت ترجیح می‌دهد. بااین‌حال، زمانی که نقش بازدارندگی نیمکره‌ی چپ از طرق مختلف مانند آسیب به مغز یا تحریک مغزی کاهش می‌یابد، نیمکره‌ی راست این فرصت را پیدا می‌کند تا مدارهای عصبی بیشتری را درگیر کند و پاسخ‌های بیشتری برای مسئله‌ی موردنظر در خلاقیت فراهم آورد. نمونه‌ی چنین پدیده‌ای در افراد با آسیب مغزی گزارش شده است که پس از آسیب، دارای سطوح بالاتری از تفکر خلاق واگرا شده‌اند (دسوزا، وولی، برتوکس و همکاران، ۲۰۱۰؛

سززپانسکی و نایت، ۲۰۱۴؛ شامای- تسوری و همکاران، ۲۰۱۱). تحقیقات انجام شده در رابطه با تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (زمیگراد، کولزاتو و هومل، ۲۰۱۵؛ روگیرو و همکاران، ۲۰۱۸؛ کلومبو و همکاران، ۲۰۱۵؛ میسلس و شامای- تسوری، ۲۰۱۵؛ وینبرگ، گرین و کریسیکون، ۲۰۱۷؛ گوئل و همکاران، ۲۰۱۵؛ گرین و همکاران، ۲۰۱۷)، گزارش داده‌اند که با کاهش بازدارندگی نیمکره‌ی چپ از طریق تحریک کاتدی در نواحی مختلف مغزی مانند DLPFC، IFG و ATL و نواحی آهیانه‌ی خُلفی، تفکر خلاق واگرا افزایش می‌یابد. در مطالعه حاضر، افزایش خلاقیت می‌تواند از طریق رهایی از کنترل بازدارندگی نیمکره‌ی چپ باشد که به فعالیت افزایش‌یافته در نیمکره‌ی راست مغزی منجر می‌شود. یافته‌ها نیز با چنین تبیینی هم‌راستا است. با توجه به مطالب بیان شده، می‌توان توضیح داد که بهبود عملکرد شرکت‌کنندگان گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل در آزمون پنج‌نقطه‌ای (FPT) که با سیالی شکل و تفکر خلاقیت غیرکلامی واگرا مرتبط است، به‌دلیل کاهش توان بازدارندگی نیمکره‌ی چپ و به‌صورت هم‌زمان، افزایش تحریک‌پذیری و فعالیت نیمکره‌ی راست در ناحیه‌ی آهیانه‌ی خُلفی است. با این چینش الکترودی و برنامه تحریکی، عملکرد مغز در تولید شکل‌های جدید و بدیع در آزمون افزایش داشته که به‌صورت مستقیم نقش این نواحی را در کدگذاری خلاقیت واگرای غیرکلامی نشان می‌دهد.

از طرف دیگر، باید در نظر داشت که عملکرد موفقیت‌آمیز در آزمون‌های سیالی‌شکل مانند آزمون پنج‌نقطه‌ای (FPT) (ریگارد، ستراوس و ناپ، ۱۹۸۲) و آزمون آزمون سیالی‌شکلی راف[1] (RFFT) (راف، لایت و ایوانز، ۱۹۸۷)، بر دیگر توانایی‌های شناختی و نواحی مغزی درگیر در آن‌ها بستگی دارد (لی و همکاران، ۱۹۹۷). آزمون‌های سیالی‌شکل، از شرکت‌کنندگان می‌خواهند در حد امکان شکل‌های بدیعی تولید کنند که با انعطاف‌پذیری شناختی (راف، لایت و ایوانز، ۱۹۸۷)، تفکر واگرا (رانکو، ۱۹۹۱) و شناخت خلاقانه (فینک و همکاران، ۲۰۰۹؛ فورثمان، ویلکِن، دوبلر و هولینگ، ۲۰۱۶) در ارتباط است. علاوه‌براین، اجرای آزمون‌های سیالی‌شکل به عملکردهای شناختی دیگر مانند شناخت فضایی، توجه دیداری و توجه انتخابی نیز وابسته است. به‌عنوان مثال، در طول آزمون FPT، شرکت‌کنندگان باید تا حد امکان از طریق وصل کردن نقاط توسط خطوط بدون تکرار، شکل‌های بدیع و نو طراحی کنند. نواحی آهی‌ها، به‌ویژه نواحی آهیانه‌ی راست، در عملکردهای توجه دیداری، بازنمایی فضایی و کدگذاری بازنگرانه فضای دیداری نقش دارند (که به‌طور خاص در آزمون‌هایی مانند آزمون پنج‌نقطه (FPT) مهم هستند) و نقش حساسی در انتقال درون‌داد حسی به برون‌داد حرکتی و طرح نقشه عمل (بهرمان، جِنگ و شومشتاین ۲۰۰۴؛ کورتیوس، ۲۰۰۶؛ حسین و ناچو، ۲۰۰۷) بازی می‌کنند. به‌علاوه، نواحی آهی‌ها در آزمون‌های تفکر خلاقانه نقش دارند (زمیگراد، کولزاتو و هومل، ۲۰۱۵) و آسیب به این نواحی با عملکرد ضعیف در آزمون‌های سیالی مرتبط است (آبراهام و همکاران، ۲۰۱۲). برهمین‌اساس، یافته‌های پژوهش حاضر با آن دسته از مطالعاتی که پیشنهاد می‌کنند نواحی آهیانه‌ی خُلفی نیمکره‌ی راست در تفکر واگرا، شناخت خلاقانه و انعطاف‌پذیری شناختی (آبراهام و همکاران، ۲۰۱۲؛ آکار و

1. Ruff Figural Fluency Test

رانکو، ۲۰۱۷؛ رانکو، ۱۹۹۱) نقش دارد، هم‌راستا است. به‌همین دلیل، می‌توان در تبیین یافته‌های پژوهش چنین بیان کرد: یکی دیگر از راه‌های بهبود در تفکر خلاق واگرا در کنار فرضیه‌ی کاهش بازدارندگی نیمکره‌ی چپ به‌واسطه‌ی تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای، تقویت عملکردهای شناختی پایه‌ی تأثیرگذار در تفکر غیرکلامی شناخت خلاقانه مانند توجه و انعطاف‌پذیری شناختی است. به‌بیان دیگر، تحریک ناحیه‌ی آهیانه‌ی خُلفی راست از طریق الکترود آند، باعث افزایش تحریک‌پذیری ناحیه‌ی موردنظر شده، کارکردهای شناختی مرتبط با آن مانند توجه و انعطاف‌پذیری شناختی را نیز ارتقا داده و در نتیجه، تفکر خلاق هم بهبود یافته است.

در مجموع، مطالعه‌ی حاضر نتایج قابل‌اعتمادی فراهم آورده که تعیین‌کننده‌های زیربنایی عصبی شناخت و تفکر خلاقانه غیرکلامی از طریق تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای نواحی آهیانه‌ی خُلفی را مشخص می‌کند؛ اما به‌رغم نتایج قابل‌اعتماد این مطالعه محدودیت‌هایی دارد؛ از جمله وضوح فضایی پایین الکترودهای تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) که از محدودیت‌های ذاتی این روش است. ازاین‌رو، باید تحریک ناخواسته دیگر نواحی مجاور آهیانه‌ی خُلفی در نظر گرفته شود. به‌همین صورت، اثرات تسهیل‌کننده‌ای که توسط تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) ایجاد شده، امکان دارد کاملاً از طریق تحریک نواحی آهیانه‌ی خُلفی نبوده و ناشی از انتشار جریان الکتریکی به سایر نواحی مانند نواحی گیجگاهی یا حرکتی اولیه باشد. دیگر آن‌که مطالعه‌ی حاضر نواحی دیگری مانند قشر پیش‌پیشانی خلفی- جانبی (DLPFC)، لوب گیجگاهی قدامی (ATL) و شیار پیشانی داخلی (IFG) را هدف قرار نداده و به بررسی بیشتر تحریک این نواحی و اثرگذاری آن‌ها در آزمون پنج‌نقطه‌ای (FPT) نیاز است. در کنار محدودیت‌های گفته شده، این مطالعه بر اثرات بالقوه‌ی ارتقادهنده‌ی تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در بهبود سیالی‌شکلی، شناخت و تفکر خلاقانه تأکید دارد. نتایج پژوهش می‌تواند راهنمایی برای بهبود وضعیت افراد با آسیب‌های غیرکلامی سیالی‌شکل مانند ضربه مغزی، دمانس یا بیماری‌های روان‌پزشکی باشد و عملکرد افراد بدون آسیب شناختی خاص را، به‌ویژه در حوزه‌ی تعلیم و تربیت ارتقا دهد.

References

Abraham, A., Pieritz, K., Thybusch, K., Rutter, B., Kröger, S., Schweckendiek, J., Stark, R., Windmann, S. and Hermann, C., (2012). Creativity and the brain: uncovering the neural signature of conceptualexpansion. *Neuropsychologia*. *50(8),* 1906-1917.

Acar, S., & Runco, M. A. (2017). Latency predicts category switch in divergent thinking. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*. *11(1),* 43-49.

Behrmann, M., Geng, J. J., & Shomstein, S. (2004). Parietal cortex and attention. *Current Opinion in Neurobiology*. *14(2),* 212-217.

Cerruti, C., & Schlaug, G. (2009). Anodal transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex enhances complex verbal associative thought. *Journal of Cognitive Neuroscience*. *21(10),* 1980–1987.

Chi, R. P., & Snyder, A. W. (2012). Brain stimulation enables the solution of an inherently difficult problem. *Neuroscience Letters*. *515(2),* 121–124.

Chrysikou, E. G., Hamilton, R. H., Coslett, H. B., Datta, A., Bikson, M., & Thompson-Schill, S. L. (2013). Noninvasive transcranial direct current stimulation over the left prefrontal cortex facilitates cognitive flexibility in tool use. *Cognitive Neuroscience*. *4(2),* 81-89.

Colombo, B., Bartesaghi, N., Simonelli, L., & Antonietti, A. (2015). The combined effects of neurostimulation and priming on creative thinking. A preliminary tDCS study on dorsolateral prefrontal cortex. *Frontiers in Human Neuroscience*. *9,* 403-412.

Curtis, C. E. (2006). Prefrontal and parietal contributions to spatial working memory. *Neuroscience. 139(1),* 173-180.

De Souza, L. C., Volle, E., Bertoux, M., Czernecki, V., Funkiewiez, A., Allali, G., Leroy, B., Sarazin, M., Habert, M. O., Dubois, B., & Kas, A. (2010). Poor creativity in frontotemporal dementia: a window into the neural bases of the creative mind. *Neuropsychologia*. *48(13),* 3733-3742.

Dietrich, A. (2004). The cognitive neuroscience of creativity. *Psychonomic Bulletin & Review*. *11(6),* 1011-1026.

Dietrich, A., & Kanso, R. (2010). A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight. *Psychological Bulletin*. *136(5),* 822–848.

Fink, A., Grabner, R. H., Benedek, M., Reishofer, G., Hauswirth, V., Fally, M., Neuper, C., Ebner, F., & Neubauer, A. C. (2009). The creative brain: investigation of brain activity during creative problem solving by means of EEG and FMRI. *Human Brain Brain Mapping*. *30(3),* 734–748.

Forthmann, B., Wilken, A., Doebler, P., &Holling, H. (2016). Strategy induction enhances creativity in figural divergent thinking. *The Journal of Creative Behavior*. *6,* 79-89.

Ghanavati, E., Nejati, V., & Salehinejad, M. A. (2018). Transcranial Direct Current Stimulation over the Posterior Parietal Cortex (PPC) Enhances Figural Fluency: Implications for Creative Cognition. *Journal of Cognitive Enhancement*. *2(1),* 88-96.

Goebel, S., Fischer, R., Ferstl, R., & Mehdorn, H. M. (2009). Normative data and psychometric properties for qualitative and quantitative scoring criteria of the Five-point Test. *The Clinical Neuropsychologist*. *23(4),* 675-690.

Goebel, S., Fischer, R., Ferstl, R., & Mehdorn, H. M. (2009). Normative data and psychometric properties for qualitative and quantitative scoring criteria of the Five-point Test. *The Clinical Neuropsychologist. 23(4),* 675-690.

Goel, V., Eimontaite, I., Goel, A., & Schindler, I. (2015). Differential modulation of performance in insight and divergent thinking tasks with tDCS. *The Journal of Problem Solving*. *8(1),* 2-12.

Green, A. E., Spiegel, K. A., Giangrande, E. J., Weinberger, A. B., Gallagher, N. M., & Turkeltaub, P. E. (2017). Thinking cap plus thinking zap: tDCS of frontopolar cortex improves creative analogical reasoning and facilitates conscious augmentation of

state creativity in verb generation. *Cerebral Cortex*. *27(4)*, 2628-2639.

Guliford, J. P. (2005). *The nature of human intelligence*. McGrahill. New York NY.

Husain, M., & Nachev, P. (2007). Space and the parietal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*. *11(1)*, 30-36.

Lee, G. P., Strauss, E., Loring, D. W., McCloskey, L., Haworth, J. M., & Lehman, R. A. (1997). Sensitivity of figural fluency on the five-point test to focal neurological dysfunction. *The Clinical Neuropsychologist*. *11(1)*, 59-68.

Mayseless, N., &Shamay-Tsoory, S. G. (2015). Enhancing verbal creativity: modulating creativity by altering the balance between right and left inferior frontal gyrus with tDCS. *Neuroscience*. *291*, 167-176.

Mihalyi, C. (1996). *Creativity: flow and the psychology of discovering and Discovery and Invention.* New York: Harper Perennial.

Nitsche, M. A., Cohen, L. G., Wassermann, E. M., Priori, A., Lang, N., Antal, A., Paulus, W., Hummel, F., Boggio, P. S., Fregni, F., & Pascual-Leone, A. (2008). Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *Brain Stimulation. 1(3)*, 206–223.

Priori, A., Mameli, F., Cogiamanian, F., Marceglia, S.A.R.A., Tiriticco, M., Mrakic-Sposta, S., Ferrucci, R., Zago, S., Polezzi, D. and Sartori, G., (2007). Lie-specific involvement of dorsolateral prefrontal cortex in deception. *Cerebral Cortex*. *18(2)*, 451-455.

Regard, M., Strauss, E., & Knapp, P. (1982). Children's production on verbal and non-verbal fluency tasks. *Perceptual and Motor Skills*. *55(3)*, 839-844.

Ruff, R. M., Light, R. H., & Evans, R. W. (1987). The Ruff Figural Fluency Test: a normative study with adults. *Developmental Neuropsychology*. *3(1)*, 37-51.

Ruggiero, F., Lavazza, A., Vergari, M., Priori, A., & Ferrucci, R. (2018). Transcranial Direct Current Stimulation of the Left Temporal Lobe Modulates Insight. *Creativity Research Journal*. *30(2)*, 143-151.

Runco, M. A. (1991). *Divergent thinking*. Ablex Publishing.

Shamay-Tsoory, S. G., Adler, N., Aharon-Peretz, J., Perry, D., & Mayseless, N. (2011). The origins of originality: the neural bases of creative thinking and originality. *Neuropsychologia*. *49(2)*, 178-185.

Sternberg, R. J. (2009). A three facet mode of creativity. the nature of creativity. cambriage university press. text Reading improvement. *Cholas Vista*. *43(1)*, 13-17.

Szczepanski, S. M., & Knight, R. T. (2014). Insights into human behavior from lesions to the prefrontal cortex. *Neuron*. *83(5)*, 1002-1018.

Torrance, E. P. (1979). An instructional model for enhancing incubation. *Journal of Creative Behavior*. *13(1)*, 23-35.

Tucha, L., Aschenbrenner, S., Koerts, J., & Lange, K. W. (2012). The Five-Point Test: Reliability, validity and normative data for children and adults. *PloS one*. *7(9)*, 45-54.

Weinberger, A. B., Green, A. E., & Chrysikou, E. G. (2017). Using transcranial direct current stimulation to enhance creative cognition: interactions between task, polarity, and stimulation site. *Frontiers in Human Neuroscience*. *11*, 246-253.

Zmigrod, S., Colzato, L. S., & Hommel, B. (2015). Stimulating creativity: modulation of convergent and divergent thinking by transcranial direct current stimulation (tDCS). *Creativity Research Journal*. *27(4)*, 353-360.