tDCS Anodic Stimulation of Left Hemisphere DLPFC Regulates Hot Executive Performance

Farzaneh Pouladi, Masood Bagheri*, Ghasem Askarizadeh

Department of Psychology, Faculty of Literature and Humanities, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

Article Info:

Received: **25 Nov 2019** ***Revised:*** **15 Jan 2020** ***Accepted:*** **15 Apr 2020**

ABSTRACT

Introduction: The executive function is a set of higher-level cognitive abilities that control a high level of behavior. The executive function acts in a variety of contexts differently, including the function of the hot type that evoked in areas that are influenced by emotion, motivation, and reward. The present study was performed to investigate the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on the left dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) on hot executive function. ***Materials and Methods:*** The study was a single-blind experimental s tudy performed on 30 healthy adults. In this study, subjects were randomly divided into two experimental and control groups. In the experimental group, anodal stimulation over the left DLPFC and cathodal stimulation over the right OFC were performed at 2 mA. The tasks used were computer versions of the Balloon Analogue Risk Task and the Iowa Gambling Task for evaluating decision making and risk-taking. ***Results:*** A significant difference was observed between the experimental and control groups in the Bart test. There was difference between the two groups in the Iowa test. ***Conclusion:*** tDCS anodic stimulation can increase the hot executive functions in decision making.

Key words:

1. Transcranial Direct Current Stimulation
2. Executive Function
3. Emotions

***Corresponding Author:** Masood Bagheri

E-mail: *mbagheri@uk.ac.ir*

Uncorrected Proof

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/shefa.8.4.39]

بررسی تحریک آنودی tDCS روی DLPFC نیمکرهٔ چپ در عملکرد اجرایی گرم

فرزانه پولادی، مسعود باقری*، قاسم عسکری زاده

گروه روانشناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

اطلاعات مقاله:

دریافت: ۴ آذر ۱۳۹۸ **اصلاحیه:** ۲۵ دی ۱۳۹۸ **پذیرش:** ۲۷ فروردین ۱۳۹۹

چـــــکیده

مقدمه: عملکرد اجرایی مجموعه‌ای از توانایی‌های شناختی سطوح بالاتر است که کنترل سطح بالای رفتار را به عهده دارد. عملکرد اجرایی در زمینه‌های مختلف به طور متفاوتی عمل می‌کند، از جمله عملکرد از نوع گرم در زمینه‌هایی برانگیخته می‌شود که تحت تأثیر هیجان، انگیزه و پاداش می‌باشد. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیرات تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه روی قشر پیش‌پیشانی خلفی -جانبی نیمکرهٔ چپ در عملکرد اجرایی گرم انجام شد. ***مواد و روش‌ها:*** مطالعهٔ حاضر یک مطالعهٔ آزمایشی یک سوکور بود که روی ۳۰ فرد بزرگسال سالم انجام شد. در این مطالعه افراد به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش و کنترل تقسیم شدند. در گروه آزمایش تحریک آنودی DLPFC نیمکرهٔ چپ و تحریک کاتودی OFC نیمکرهٔ راست در ۲ میلی‌آمپر اجرا شد. ابزارهای مورد استفادهٔ نسخه‌های کامپیوتری آزمون بارت و آزمون آیوا برای بررسی تصمیم‌گیری و ریسک‌پذیری بودند. ***یافته‌ها:*** بین گروه آزمایش و کنترل در آزمون بارت تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بین دو گروه در آزمون آیوا تفاوتی وجود نداشت. ***نتیجه‌گیری:*** تحریک آنودی tDCS می‌تواند موجب افزایش عملکرد اجرایی گرم در تصمیم‌گیری شود.

کلید واژه‌ها:

۱. تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه
۲. عملکرد اجرایی
۳. هیجانات

* **نویسنده مسئول:** مسعود باقری

آدرس الکترونیکی: *mbagheri@uk.ac.ir* .

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/shefa.8.4.39]

Uncorrected Proof

مقدمه

کنترل سطح بالاتر رفتار که به‌عنوان عملکرد اجرایی[1] شناخته شده است عنصر ضروری عملکرد روزانه می‌باشد (۱). عملکرد اجرایی یک سیستم چندبعدی است که پردازش‌های چندگانه همچون توجه، حافظهٔ کاری، انعطاف‌پذیری شناختی، نظارت، رفتار معطوف به هدف و تصمیم‌گیری را مورد رسیدگی قرار می‌دهد (۲). همانطور که میاک و فریدمن[2] (۳) تعریف کرده‌اند عملکردهای اجرایی مجموعه‌ای از مکانیزم‌های کنترل عمومی هستند که اغلب با قشر پیش‌پیشانی[3] مغز ارتباط دارند و عملکرد و شناخت انسان را تنظیم می‌کنند.

یکی از بحث‌های اصلی در عملکرد اجرایی تمایز بین کنترل عاطفی یا پاداش (عملکرد اجرایی گرم) در مقابل شناخت صرف (عملکرد اجرایی سرد) می‌باشد (۴) که اخیراً در ادبیات نظری و تجربی ظهور پیدا کرده است. از لحاظ تاریخی، عملکرد اجرایی صرفاً به شکل سرد و از نوع شناختی مطرح بود، به این معنا که نقش انگیزه و هیجان در عملکرد اجرایی نادیده گرفته می‌شد. در این شرایط، عملکرد اجرایی فقط به‌عنوان مهارت شناختی دیده می‌شد که تحت شرایط نسبتاً انتزاعی و غیرعاطفی مورد استنباط قرار می‌گرفت (۵). به عبارتی، ساختار عملکرد اجرایی سنتی به‌عنوان عملکرد اجرایی سرد طبقه‌بندی می‌شد. مطالعات انجام شده در دهه‌های اخیر پیشنهاد داده‌اند عملکرد اجرایی می‌توانند در زمینه‌های مختلف به طور متفاوتی عمل کند (۶)، این دست از مطالعات اهمیت تنظیم هیجان را پیشنهاد داده و جنبه‌های گرم را در عملکرد اجرایی عنوان کردند (۷). بدین ترتیب، تئوری‌های رشدی اخیر بین عملکردهای اجرایی شناختی سرد همانند توجه، حافظهٔ کاری، برنامه‌ریزی و بازداری و عملکردهای اجرایی گرم که شامل انگیزش‌ها و پاداش‌ها و تصمیم‌گیری و تأخیر در لذت بردن (۸) می‌شوند، تمایزی را قائل شدند. عملکرد اجرایی سرد به مهارت‌هایی که بیشتر شناختی هستند (۸) و به مقدار زیادی به تحلیل منطقی و قابل تامل نیاز دارد (روبیا)[4] اشاره دارد، عناصر سرد معمولاً شامل کنترل آگاهانهٔ افکار می‌شود که بدون عنصر عاطفی عمل می‌کند و به وسیلهٔ موقعیت‌های نسبتاً ذهنی و غیرعاطفی برانگیخته می‌شوند (۹)، در مقابل عملکرد اجرایی گرم جنبه‌های عاطفی‌تر را شامل می‌شود (۸) و تحت شرایط انگیزشی و عاطفی فراخوانده می‌شود (۹).

مطالعهٔ fMRI انجام شده، نشان داد تسک‌های اجرایی بر روی افراد سالم موجب افزایش فعالیت در نواحی پیش‌پیشانی می‌شود، اگرچه درگیری برخی نواحی مغزی غیر فرونتال نیز مشاهده شد (۱۰). همراه با رشد روش‌های تصویربرداری عصبی شواهدی به دست آمد که عملکرد اجرایی به وسیلهٔ قشر پیش‌پیشانی خلفی -جانبی (DLPFC)[5] پشتیبانی می‌شود (۱۱). لوب پیشانی[6] به‌خصوص ناحیهٔ DLPFC مهم‌ترین بخش عصبی عملکرد اجرایی می‌باشد (۱۰). مطالعات عصب روانشناختی نقش خاص DLPFC را در پردازش‌های شناختی نشان داده‌اند (۱۲). این ناحیه در پردازش‌های اجرایی عمومی درگیر می‌باشد (۱۰). آسیب در DLP-FC موجب انواع وسیعی از نشانه‌ها همانند: فقدان کنترل بازداری، فقدان هیجانات، مشکل در برنامه‌ریزی و سازمان‌دهی رفتار و آسیب در حافظهٔ کاری می‌گردد. رفتارهای این افراد ساده و واکنشی است و بدون توجه به نتایج آن ابراز می‌شود. به نظر می رسد این نواقص شامل فقدان عملکردهای سطح بالاتر می‌شود (۱۳).

رشد روش‌های غیرتهاجمی تحریک مغزی، تنظیم عملکردهای شناختی و هیجانی را در هر دو گروه افراد سالم و جمعیت بالینی ممکن ساخته است (۱۴). تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه (tDCS)[7] یک روش تحریک مغزی غیرتهاجمی است (۱۵) که به‌عنوان یک روش ساده، مؤثر و ایمن برای تنظیم قابلیت تحریک کورتکس (۱۶) و عملکردهای شناختی (۱۷) در هر دو گروه افراد سالم و بیماران ساخته شد (۱۸). این روش می‌تواند عملکرد رفتاری را در افراد سالم تنظیم نماید (۱۹). به خاطر اثرات عصب شناختی tDCS از آن به طور فزاینده‌ای برای بررسی ارتباط بین ابعاد رفتاری/ شناختی و مدارهای عصبی مرتبط استفاده می‌شود (۲۰). چندین تسک شناختی در طول استفاده از tDCS به کار گرفته شده تا عملکرد شناختی کلی، سرعت پردازش، حافظهٔ کاری، توجه و دیگر عملکردهای اجرایی را مورد بررسی قرار دهند (۲۱). برای مثال تحریک آنودی ناحیهٔ DLP-FC در افراد سالم نه تنها توانایی‌های برنامه‌ریزی (۲۲)، حافظهٔ کاری (۲۳) و توجه (۲۴) را افزایش می‌دهد بلکه همچنین رفتارهای تکانه‌ای و پرخطر (۲۵) و ریسک‌پذیری را (۲۶) کاهش می‌دهد. مطالعات نشان داده افزایش فعالیت در DLPFC با استفاده از tDCS می‌تواند کنترل اجرایی را در افراد سالم ارتقاء و در بیماران با اختلالات ناشی از صدمه در ناحیهٔ DLPFC را بهبود بخشد (۲۷). مطالعه با استفاده از fMRI نشان داده تحریک آنودی ناحیهٔ DLPFC نیمکرهٔ چپ موجب ارتقاء در تصمیم‌گیری استراتژیک می‌شود (۲۸). مطالعات قبلی که بر روی گروه سالم انجام شده نقش مهم ناحیهٔ DLPFC نیمکرهٔ چپ را

[1] Executive function
[2] Miyake and Friedman
[3] Prefrontal cortex
[4] Rubia
[5] Dorso lateral prefrontal cortex
[6] Frontal lobe
[7] Transcranial direct current stimulation

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.29252/shefa.8.4.39]
Uncorrected Proof

در عملکرد حافظهٔ کاری (۲۹) و همچنین دیگر عملکردهای اجرایی (۳۰) نشان داده‌اند. دیده شده تحریک DLPFC نیمکرهٔ چپ زمان واکنش را در تسک‌هایی که نیاز به فراخوانی هیجان مخالف دارد، تنظیم می‌کند (۳۱).

عملکرد اجرایی مبحث جدیدی است که در بین مطالعات روانشناسی سر برآورده و پژوهش‌های جدیدی را به خود اختصاص داده است، این در حالیست که چگونگی کارآمدی مغز در اشکالی از عملکرد اجرایی تجلی می‌یابد. مطالعات انجام شده در دهه‌های اخیر ابعاد مختلفی از عملکردهای اجرایی را مورد بررسی قرار داده‌اند، این دست از مطالعات اهمیت تنظیم هیجان را پیشنهاد داده و جنبه‌های عاطفی عملکرد اجرایی گرم را عنوان کرده‌اند (۳۲). این مفهوم گسترده از عملکرد اجرایی پیامدهای مهمی برای مطالعات رشدی داشته است زیرا مطالعات نشان دادند عملکرد اجرایی پیش‌بینی‌کنندهٔ قوی برای آمادگی مدرسه، پیشرفت تحصیلی و رفتار اجتماعی می‌باشد (۳۴، ۳۳). با این حال و با وجود سابقهٔ طولانی مطالعات در حوزهٔ عملکرد اجرایی سرد، مطالعات محدودی روی عملکردهای اجرایی گرم صورت گرفته است. مطالعات زیادی با استفاده از tDCS روی عملکرد اجرایی سرد در ناحیهٔ DLPFC انجام شده که بیانگر بهبود و ارتقا عملکرد اجرایی سرد بوده‌اند. سوال این است تحریک این ناحیه علاوه بر تأثیرات مداخله روی عملکردهای اجرایی سرد همزمان چه تأثیراتی را روی عملکرد اجرایی گرم از جمله تصمیم‌گیری و ریسک‌پذیری می‌گذارد؟

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع مطالعهٔ آزمایشی یک سوکور بود که روی ۳۰ فرد بزرگسال سالم و راست دست با تحصیلات لیسانس و فوق لیسانس اجرا شد. همهٔ افراد بر اساس نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به تصادف در هر یک از دو گروه قرار گرفتند. ملاک‌های خروج شامل: تاریخچهٔ قبلی از جراحی مغزی، صرع، تشنج یا آسیب مغزی، تاریخچهٔ مصرف مواد یا هرگونه اختلال روانپزشکی و بارداری می‌شد.

مطالعه شامل دو گروه آزمایش و کنترل بود. افراد گروه آزمایش منطبق با سیستم ۲۰-۱۰ نواحی مشخصی از مغز مورد تحریک آنودی و کاتودی قرار گرفتند. در گروه کنترل یا پلاسبو آزمودنی‌ها همان پروتکل‌ها را دریافت کردند ولی تحریک در این افراد به گونه‌ای متفاوت انجام شد، بدین صورت که در هر دو مطالعهٔ آزمایشی و کنترل تحریک به صورت صعودی تا ۲ میلی‌آمپر انجام می‌شود ولی تفاوت در اینجاست که در مطالعهٔ آزمایشی این تحریک بعد از ۲۰ دقیقه به طور اتوماتیک خاموش می‌گردد ولی در مطالعهٔ کنترل بعد از ۳۰ ثانیه تحریک توسط آزمایشگر خاموش می‌شود. در این مطالعه tDCS به دو شکل اجرا می‌شود: ۱) مداخله در گروه آزمایشی به صورت: تحریک آنودی DLPFC نیمکرهٔ چپ و تحریک کاتودی OFC نیمکرهٔ راست در حدود ۲ میلی‌آمپر در جهت افزایش عملکرد اجرایی گرم؛ ۲) گروه کنترل: قرارگیری الکترود آنودی در DLPFC نیمکرهٔ چپ و الکترود کاتودی در OFC نیمکرهٔ راست می‌باشد. بر طبق سیستم ۲۰-۱۰ EEG، مناطق مغزی شامل F3 برای ناحیهٔ DLPFC چپ و Fp2 برای ناحیهٔ OFC راست می‌شود.

در ابتدا، اهداف طرح برای افراد توضیح داده شد سپس بعد از کسب اطلاعات جمعیت‌شناختی[8] اولیه و رضایت‌نامهٔ آگاهانهٔ کتبی، هر فرد دو نوع نرم‌افزار عملکرد اجرایی بارت و آیوا را به‌عنوان پیش تست تکمیل نمودند. سپس هر یک در اتاقی آرام و در صندلی راحت قرار گرفته تحت تحریک tDCS قرار گرفتند. مداخله تا ده روز به طور پی در پی انجام شد و در پایان ۱۰ روز بعد از اتمام مداخله دو نرم‌افزار عملکرد اجرایی بارت و آیوا را به‌عنوان پس تست تکمیل نمودند.

ابزار پژوهش

tDCS

دستگاه مورد استفاده در این مطالعه دستگاه ActiveDose ساخت شرکت ActiveTek آمریکا بود. این دستگاه شامل یک دستگاه تولیدکنندهٔ جریان الکتریکی است که منبع جریان آن یک باطری ۹ ولتی آلکالاین است. حداکثر شدت جریان الکتریکی ۴ میلی‌آمپر DC می‌باشد که در این مطالعه جریان ثابت الکتریکی ۲ میلی‌آمپر از طریق دو الکترود از روی جمجمه به مغز منتقل شد. الکتروها با ابعاد ۵×۵ در داخل اسفنج آغشته به آب نمک (سدیم کلراید ۰/۹) قرار گرفته و با نوارهای چسبی بر روی پوستهٔ سر تثبیت شدند.

آزمون‌های عملکرد اجرایی گرم

آزمون خطرپذیری بادکنکی بارت

آزمون خطرپذیری بادکنکی بارت (BART)[9] میزان خطرپذیری فرد را در شرایط واقعی بررسی می‌کند. در این آزمون روی صفحه نمایش رایانه تصویر یک بادکنک ظاهر می‌شود که با فرد با فشار دادن دکمهٔ زیر آن می‌تواند آن را باد کند. در صفحه نمایش دو جعبه یکی به‌عنوان صندوق موقت و یکی به‌عنوان صندوق دایم وجود دارد که موجودی هر صندوق روی آن نمایش داده می‌شود. با هر بار باد شدن بادکنک مقداری پول به صندوق موقت فرد ریخته می‌شود. فرد می‌تواند به جای باد کردن بیشتر بادکنک روی کلید جمع‌آوری پول فشار دهد. در این زمان بادکنک جدیدی جایگزین می‌شود و مقدار پولی که از باد کردن بادکنک به دست

[8] Demographic
[9] Balloon analogue risk-taking task

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.29252/shefa.8.4.39]
Uncorrected Proof

آمده بود به صندوق دایم می‌رود (تعداد کل بادکنک‌ها محدود و ۳۰ عدد می‌باشد). با هر باد کردن بادکنک پول صندوق موقت افزایش یافته ولی اگر بادکنک بترکد پول صندوق از دست می‌رود. در اینجا فرد با هر مرتبه باد کردن بادکنک هر چند مبلغی را به صندوق موقت اضافه می‌کند، ولی کل پول صندوق موقت را به خطر می‌اندازد. بادکنک‌ها در نقطهٔ غیرمشخص می‌ترکند و این موضوع تصمیم‌گیری پرخطر و یا تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت را امکان‌پذیر می‌کند. افراد با تصمیم‌گیری پرخطر تمایل دارند با نادیده گرفتن خطر ترکیدن بادکنک، هر بادکنک را به میزان بیشتری باد کنند تا پول بیشتری از آن به دست آورند. در این آزمون نمرهٔ تنظیم شده، معادل میانگین دفعات پمپ شدن بادکنک‌هایی است که نترکیده‌اند. این متغیر، نمرهٔ اصلی آزمون و شاخص خطرپذیری آزمودنی است (۳۵). از آنجایی که شرایط آزمون به نحوی است که فرد در شرایط واقعی تصمیم‌گیری قرار دارد و از طرفی آزمون وابسته به فرهنگ نیست و مبنای عصب‌شناختی دارد، استناد به روایی و پایایی مقاله‌های خارجی کافی می‌باشد (۳۶). مطالعات خارجی انجام شده بیانگر اعتبار و روایی آزمون می‌باشد (۳۷).

آزمون قمار آیوا

آزمون قمار آیوا (IGT)[10] به طور گسترده‌ای برای ارزیابی تصمیم‌گیری در شرایط دارای ریسک، خطر و ابهام در جمعیت‌های مختلف بالینی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۸). در نسخهٔ کامپیوتری این آزمون چهار دسته کارت ۱۰۰ تایی پیش روی آزمودنی قرار می‌گیرد. آزمودنی در کل ۱۰۰ انتخاب دارد که می بایست در هر انتخاب از یکی از چهار دسته یک کارت بردارد. پس از هر انتخاب میزان برد یا باخت به او اطلاع داده می‌شود. آزمودنی باید سعی کند انتخاب‌های او بیشترین میزان سود خالص را به دنبال داشته باشد. اعتبار آزمون در مطالعات خارجی قابل اطمینان ارزیابی شده است (۳۹). نسخهٔ فارسی این آزمون توسط آقای دکتر حامد اختیاری و همکاران در موسسهٔ مطالعات علوم شناختی طراحی شده و کارآیی آن در جمعیت ایرانی به اثبات رسید. نسخهٔ به دست آمدهٔ ایرانی در مقایسه با نسخهٔ اصلی انگلیسی نتایج یکسانی را نشان می‌دهد (۴۰).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

نتایج این مطالعه شامل نمرهٔ تنظیم شده برای آزمون بادکنی بارت و نمرهٔ خالص برای آزمون قمار آیوا بود. نتایج با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخهٔ ۱۶ مورد تحلیل قرار گرفتند. داده‌ها ابتدا با استفاده از میانگین و انحراف معیار گزارش شدند، سپس از تحلیل کوواریانس تک متغیره (آنکوا) برای هر یک از آزمون‌ها استفاده شد.

یافته‌ها

در این پژوهش ۱۵ زن و ۱۵ مرد با حدود سنی ۲۰ تا ۳۲ سال و در دو گروه آزمایش (با میانگین سنی ۲۶/۰۷ و انحراف معیار ۳/۹۰) و کنترل (با میانگین سنی ۲۶/۳۳ و انحراف معیار ۳/۷۳) قرار گرفتند. در هر دو گروه ۶۶/۷ درصد تحصیلات لیسانس و ۳۳/۳ درصد تحصیلات فوق لیسانس داشتند.

در این مطالعه به‌منظور بررسی اثر tDCS روی منطقهٔ DPFC نیمکرهٔ چپ روی عملکرد اجرایی گرم در دو آزمون بارت و آیوا و در دو گروه آزمایش و کنترل از روش تحلیل کوواریانس تک متغیرهٔ یک راهه (آنکوا) استفاده شد. پیش از استفاده از این مدل مفروضه‌های اصلی آنکوا مورد بررسی قرار گرفت: مفروضهٔ اول: مستقل بودن گروه‌ها. شرکت‌کنندگان مطالعه به طور تصادفی و مستقل از یکدیگر در دو گروه آزمایش و کنترل قرار گرفتند. مفروضهٔ دوم: نرمال بودن توزیع متغیر. جهت بررسی نرمال بودن داده از آزمون کولموگراف -اسمیرنف استفاده شد. عدم معنی‌داری داده‌ها بیانگر نرمال بودن توزیع می‌باشد ($P<۰/۰۵$). مفروضهٔ سوم: همگنی شیب خط رگرسیون. عدم معنی‌داری اثر متقابل پیش‌آزمون و گروه، شرط همگنی شیب خط رگرسیون را برای انجام تحلیل کوواریانس برقرار می‌سازد ($P<۰/۰۵$). مفروضهٔ چهارم: همگنی واریانس‌ها. عدم معنی‌داری آزمون لوین نشان می‌دهد واریانس گروه‌ها برابر می‌باشد ($P<۰/۰۵$).

جدول ۱ میانگین و انحراف معیار نمره‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون را در آزمون بارت در دو گروه آزمایشی و کنترل نشان می‌دهد.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی آزمون بارت.

آزمون بارت	گروه آزمایش		گروه کنترل	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
پیش آزمون	۷۶/۸۷	۷/۸۶	۷۶/۶۷	۸/۷۱
پس آزمون	۸۶/۷۳	۶/۶۷	۷۸/۲۷	۷/۶۷

[10] Iowa gambling task

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.29252/shefa.8.4.39]
Uncorrected Proof

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد بین دو گروه آزمایش و کنترل در آزمون بارت تفاوت معنی‌داری وجود دارد و اثرات مداخلهٔ tDCS توانسته موجب تغییر در نتیجهٔ آزمون بارت در گروه آزمایش شود ($P<۰/۰۵$).

جدول ۳ میانگین و انحراف معیار نمره‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون را در آزمون آیوا در دو گروه آزمایشی و کنترل نشان می‌دهد.

نتایج جدول۴ نشان می‌دهد بین دو گروه آزمایش و کنترل در آزمون آیوا تفاوت معنی‌داری وجود نداشته است و اثرات مداخلهٔ tDCS نتوانسته موجب تغییر در نتیجهٔ آزمون آیوا در گروه آزمایش شود ($P<۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از مطالعهٔ حاضر بررسی تأثیر تحریک مغز با جریان مستقیم الکتریکی از روی جمجمه بر منطقهٔ مغزی DLPFC نیمکرهٔ چپ در عملکرد اجرایی گرم بود که بر روی دو گروه آزمایشی و کنترل انجام شد. مطالعهٔ انجام شده با استفاده از دو آزمون شناختی بارت برای ارزیابی تصمیم‌گیری و آیوا جهت ارزیابی ریسک‌پذیری انجام شد. نتایج نشان داد بین دو گروه تنها در آزمون بارت در عملکرد اجرایی تفاوت معنی‌داری وجود دارد و تحریک مغز با استفاده از tDCS در ناحیهٔ DLPFC نیمکرهٔ چپ موجب افزایش تصمیمات پرخطر به‌عنوان عملکرد اجرایی گرم می‌شود ولی تأثیری در ریسک‌پذیری ندارد.

نتایج مطالعهٔ حاضر همسو با مطالعاتی بوده که نشان دادند تحریک آنودی DLPFC نیمکرهٔ چپ به همراه بازداری آن در نیمکرهٔ راست، با افزایش ریسک‌پذیری و تصمیم‌گیری نادرست همراه است. مطالعات انجام شده روی اختلالات سوء مصرف مواد در ارتباط با رفتارهای تصمیم‌گیری پرخطر آسیب‌دیده (۴۱) از این عقیده نیز حمایت می‌کنند که عملکرد ناحیهٔ DLP-FC در تصمیم‌گیری پرخطر به صورت جانبی شده عمل می‌کند (۴۲). به نظر می‌رسد ناحیهٔ DLPFC در دو نیمکرهٔ راست و چپ در زمان بازداری و یا تحریک به دو شکل متفاوت عمل می‌کند:

بازداری فعالیت DLPFC نیمکرهٔ راست با افزایش ریسک‌پذیری (۴۳) و ارائهٔ پیشنهادات نادرست[11] (۴۴) همراه بوده و افزایش فعالیت این ناحیه با رفتارهای تصمیم‌گیری درست ارتباط دارد (۴۵). در شکل عکس آن تحریک آنودی DLPFC نیمکرهٔ راست موجب افزایش

جدول ۲- تحلیل کوواریانس تک متغیرهٔ آزمون بارت با کنترل اثر پیش تست.

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری	مجذور اتا
پیش‌آزمون *گروه	۷۸/۰۸	۱	۷۸/۰۸	۳/۵۲	۰/۰۷	۰/۱۱
پیش‌آزمون	۷۹۴/۲۴	۱	۷۹۴/۲۴	۳۲/۸۰	۰/۰۰۰	۰/۵۴
گروه	۵۲۱/۳۷	۱	۵۲۱/۳۷	۲۱/۵۳	۰/۰۰۰	۰/۴۴
خطا	۶۵۳/۶۲	۲۷	۲۴/۲۰	–	–	–

جدول ۳- آماره‌های توصیفی آزمون آیوا.

آزمون آیوا	گروه آزمایش		گروه کنترل	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
پیش‌آزمون	۴/۸۰	۱۴/۹۲	۵/۰۷	۲۰/۹۴
پس‌آزمون	۳/۷۳	۲۵/۵۸	۶/۸۰	۲۵/۴۳

جدول ۴- تحلیل کوواریانس تک متغیرهٔ آزمون آیوا با کنترل اثر پیش تست.

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری	مجذور اتا
پیش آزمون *گروه	۱۷۲۶/۸۸	۱	۱۷۲۶/۸۸	۳/۳۲	۰/۰۸	۰/۱۱
پیش آزمون	۲۹۹۴/۷۰۶	۱	۲۹۹۴/۷۰۶	۵/۳۱	۰/۰۲	۰/۱۶
گروه	۶۳/۷۲	۱	۶۳/۷۲	۰/۱۱	۰/۷۳	۰/۰۰۴
خطا	۱۵۲۲۶/۶۲۷	۲۷	۵۶۳/۹۴۹	–	–	–

[11] Unfair offers

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.29252/shefa.8.4.39]
Uncorrected Proof

سطح اطمینان بالا برای انتخاب تصمیمات پرخطر (۴۶) و در بیشتر موارد انتخاب چشم‌اندازهای امن‌تر می‌شود (۴۷). به عبارتی تحریک DLPFC نیمکرهٔ راست با کاهش ریسک‌پذیری همراه است تا با تحریک DLPFC نیمکرهٔ چپ (۴۷) و در مقابل بازداری DLPFC نیمکرهٔ راست با افزایش تکانشگری و فعالیت الکترودرمال مرتبط با سیستم عصبی نباتی همراه است (۴۸). در نیمکرهٔ چپ نیز تحریک DLPFC موجب افزایش در تحریک‌پذیری قشر مغز می‌شود چنانچه، آن‌هایی که تحریک آنودی را در ناحیهٔ DLPFC نیمکرهٔ چپ دریافت می‌کردند تصمیمات استراتژیک ضعیفی را به کار می‌بردند (۴۹).

بنابراین به نظر می‌رسد تحریک DLPFC نیمکرهٔ راست/ بازداری DLPFC نیمکرهٔ چپ رفتار هوشیارانه، تصمیمات با شک و تردید و آهسته‌تر را ارتقاء می‌دهد در حالی که در شکل عکس آن تحریک DLPFC نیمکرهٔ چپ / بازداری DLPFC نیمکرهٔ راست اثری متضاد دارد چنانچه تصمیم شتابزده، مهار کمتر، نتیجه‌گیری زود و تمایل به خطر را افزایش می‌دهد (۵۰).

در این مطالعه منطقهٔ OFC مورد بازداری کاتودی قرار گرفت. نتیجهٔ بررسی‌ها نشان می‌دهد بازداری این ناحیه می‌تواند در ریسک‌پذیری و تصمیم‌گیری پرخطر دخالت داشته باشد. شواهد در حال افزایشی قویا پیشنهاد می‌کنند تصمیم‌گیری و کنترل تکانه توسط شبکهٔ عصبی توزیع شده‌ای که شامل چندین ناحیهٔ پیش‌پیشانی، لیمبیک و نواحی زیرقشری می‌شود، وساطت می‌گردد (۵۱). در بین آن‌ها OFC به نظر می‌رسد نقش مهمی را بازی می‌کند (۵۲). این از اینجا نشات می‌گیرد که افراد با ضایعات OFC در مقایسه با افراد سالم و افراد با دیگر ضایعات مغزی غیر از OFC بیشتر تکانه‌ای عمل می‌کنند و معمولا قادر نیستند تصمیمات را علی‌رغم نتایج منفی مرتبط تغییر دهند و در شناسایی هیجانات منفی در چهره یا کلام کمتر موفق هستند (۵۳). به‌علاوه مطالعات تصویربرداری گزارش داده‌اند افزایش رفتار ریسک‌پذیری در افراد سالم با کاهش فعالیت در VMPFC (که OFC یک عنصر کلیدی آن است)-(۵۴) ارتباط دارد. به طور وسیع‌تر این ناحیهٔ مغزی نقش اصلی را در رمزگشایی ارزش پاداش پیش‌بینی‌شده (یا سودمندی مورد انتظار) از گزینه‌های انتخابی و یکپارچه‌سازی با اطلاعات غیرمرتبط (همانند حالت درونی، زمینه جاری، برنامه‌های بعدی) دارد (۵۲). OFC به وسیلهٔ تسک‌هایی که نیاز به پردازش پاداش یا اطلاعات هیجانی دارد، فعال می‌شود. برای مثال این ناحیه بیشترین فعالیت را نسبت به تصاویر مطلوب (همانند چهرهٔ کودک) یا تصاویر نامطلوب (همانند بدن‌های متلاشی) به‌عنوان تصاویر غیرخنثی، نشان می‌دهد. نتایج مشابه حتی در دیگر متغییرها همانند بوها، مزه‌ها، صداها و تماس‌های مطلوب یا نامطلوب نیز مشاهده شده‌اند. OFC به این سادگی مسئول حضور این پاداش‌ها نیست، بلکه به نظر می‌رسد از این اطلاعات استفاده می‌کند تا تصمیم‌گیری و انتخابات ما را هدایت کند. برای مثال OFC در زمانی که افراد در حال انتخاب یک وعدهٔ غذایی از منو هستند فعال می‌شود نه اینکه آن‌ها به سادگی منو را بدون قصد سفارش بخوانند (۱۳). OFC با اسناد ارزشی (۵۵) پیش‌بینی پاداش، کسب پاداش و از دست دادن پاداش (۵۶) ارتباط دارد. در مطالعه‌ای که بر روی افراد سالم انجام شد بیانگر آن بود افرادی که تحریک OFC را دریافت داشتند در برابر گروه کنترل تصمیم‌گیری سودمندتری را گرفتند و همچنین کنترل تکانهٔ شناختی بهتری را نشان دادند (۵۷). آسیب به OFC یک الگوی نامتعارفی از نواقص را ایجاد می‌کند. این دست از بیماران توانایی‌های شناختیشان سالم می‌ماند اما در تصمیم‌گیری‌های روزانه دچار آسیب هستند. OFC نقش کلیدی را در پردازش پاداش دارد: این ناحیه چندین منبع اطلاعات را با توجه به پیامد پاداش‌آور آن ادغام می‌کند تا سیگنال ارزشی از آن استنباط کند. در نتیجه OFC محاسبه می‌کند که چگونه پاداش یک پاداش است. این سیگنال ارزشی می‌تواند در حافظهٔ کاری نگهداری شود جایی که به وسیلهٔ کورتکس پیش‌پیشانی دوطرفه برای برنامه‌ریزی و سازمان‌دهی رفتار در جهت کسب نتیجه و به وسیلهٔ کورتکس میانی پیش‌پیشانی برای ارزیابی اقدامی کلی از لحاظ موفقیت و تلاش مورد نیاز مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین با همکاری این نواحی از پیش‌پیشانی می‌توان اطمینان حاصل کرد که رفتار ما در جهت رضایت نیازهای ما به طور کارآمدتری هدایت می‌شود (۵۸). بر این اساس بازداری فعالیت OFC به نظر می‌رسد کارآمدی این ناحیه را در پردازش پاداش تضعیف می‌سازد و با افزایش تحریک DLPFC فرد با ریسک‌پذیری بالایی دست به انتخاب می‌زند.

در مقابل مطالعاتی بودند که نشان می‌داد تحریک آنودی DLPFC در هر یک از دو نیمکره رفتارهای ریسک‌پذیری را کاهش می‌دهد که نتایج این مطالعات همسو با مطالعهٔ حاضر نبوده‌اند. در مطالعه‌ای این ادعا وجود دارد ارائهٔ tDCS روی DLPFC دوطرفه (بدون توجه به آنود در چپ یا راست) به طور مؤثری تصمیم‌گیری را تنظیم می‌نماید. یعنی زمانی افزایش DLPFC رفتارهای ریسک‌پذیری را کاهش می‌دهد که نیمکرهٔ مقابلهٔ همین ناحیهٔ بازداری انجام شود (۵۹). آن‌ها بیان داشتند تنها تحریک DLPFC یکطرفه برای تنظیم رفتارهای تصمیم‌گیری کافی نمی‌باشد. یک توضیحی که وجود دارد این است که اثرات مداخله از طریق تعادل فعالیت در بین دو نیمکره عمل می‌کند، به عبارتی tDCS با تغییر تعادل نسبی ناحیهٔ DLPFC با بیش‌فعالی نسبی یکطرفهٔ DLPFC و مهار تحریک DLPFC نیمکرهٔ دیگر در هر دو نیمکره اثر خود را اعمال می‌کند (۵۹).

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.29252/shefa.8.4.39]
Uncorrected Proof

هر دو آزمون بارت و آیوا، تصمیم‌گیری و ریسک‌پذیری را مورد سنجش قرار می‌دهند، اما سؤال این است که چرا دو آزمون که یک مقوله را می‌سنجند نتایج متفاوتی را به همراه داشتند؟ چرا آزمون بارت معنی‌دار شده و آیوا معنی‌دار نشده است؟ در پاسخ به این سؤال باید گفت بحثی وجود دارد مبنی بر اینکه تجارب گذشته عمدتاً به وسیلهٔ هیجان منتقل می‌گردد. به عبارتی جهت‌گیری هیجانی می‌تواند بین تجارب گذشته و تصمیم‌گیری در آینده ارتباط اصلی را برقرار سازد. تئوری ترجیح[12] که یک رویکرد مبتنی بر هیجان و عاطفه در تصمیم‌گیری مجدد است، بیان می‌دارد واکنش‌های هیجانی می‌توانند رفتار تصمیم‌گیری را تحت تأثیر قرار دهند (۶۰). بر اساس این تئوری می‌توان گفت اجرای اولیهٔ آزمون بارت توسط آزمودنی‌ها توانسته اجرای آزمون آیوا را تحت تأثیر قرار دهد. بدین معنا تجارب به دست آمده در آزمون بارت در نتایج به دست آمده در آزمون آیوا را از نظر هیجانی متأثر ساخته است. گرچه سبک اجرای هر دو آزمون متفاوت از یکدیگر بوده‌اند اما انتقال بار هیجانی آزمون اول توانسته نتایج آزمون دوم را تحت تأثیر قرار دهد.

از محدودیت‌های روش‌های تحریک مغزی رزولوشن کم tDCS است. تحریک DLPFC ممکن است دیگر نواحی پیشانی را نیز تحریک کند و نتایج داده‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین از محدودیت‌های این مطالعه کنترل متغییر جنس بوده است. مطالعات نشان دادند متغیرهایی چون سن، جنس، سطح تحصیلات (۶۱) یا بیماری‌های زمینه‌ای می‌توانند در نتایج اثربخشی tDCS نقش داشته باشند (۶۲). در این مطالعه گرچه متغیرهای مداخله‌گری چون سن (۶۳)، سطح تحصیلات یا بیماری‌های زمینه‌ای حذف شدند، اما از دیگر محدودیت‌های مطالعهٔ حاضر عدم حذف متغیر مداخله‌گری جنس بوده است. بررسی‌های انجام شده در رابطه با تفاوت دو جنس زن و مرد در عملکردهای اجرایی و ارتباط آن با الگوهای فعالیت مغزی (۶۴)، محل آناتومی DLPFC (۶۵) و یا تفاوت‌های هورمونی (۶۶)، می‌تواند پیش‌بینی‌کنندهٔ اثرگذاری این متغیر در نتایج باشد، با وجود چنین مداخلاتی لازم است تا مطالعات آینده هرچه بیشتر دقیق‌تر و گزینشی‌تر انجام شوند. به خاطر اثرات ناحیهٔ دوطرفهٔ DLPFC در عملکردهای اجرایی گرم، پیشنهاد بر این است پژوهشگران در آینده اثرات tDCS را علاوه بر اجرا بر روی ناحیهٔ DLPFC نیمکرهٔ چپ در ناحیهٔ DLPFC نیمکرهٔ راست نیز اجرا نمایند تا تفاوت اثرات مداخله در هر دو گروه مشخص گردد.

منابع

1. Imburgio MJ, Orr JM. Effects of prefrontal tDCS on executive function: Methodological considerations revealed by meta-analysis. Neuropsychologia. 2018; 117: 156-66.

2. Passarotti AM, Trivedi N, Patel M. Executive function in adolescent bipolar disorder with and without adhd comorbidity. Bipolar Disord. 2015; 1(1): 1-8.

3. Miyake A, Friedman NP. The nature and organization of individual differences in executive functions: four general conclusions. Curr Dir Psychol Sci. 2012; 21(1): 8-14.

4. Ward J. The student's guide to cognitive neuroscience. New York, NY: Psychology Press. 2015.

5. Peterson E, Welsh MC. The development of hot and cool executive functions in childhood and adolescence are we getting warmer? S. Goldstein, Naglieri JA. Handbook of executive functioning New York, NY: Springer New York. 2014; P. 45-65.

6. Bechara A. The role of emotion in decision-making: evidence from neurological patients with orbitofrontal damage. Brain Cogn. 2004; 55(1): 30-40.

7. Zelazo PD, Qu L, Kesek AC. Hot executive function: Emotion and the development of cognitive control. Bell Isdcma. Human brain development child development at the intersection of emotion and cognition. Washington, DC, US: American Psychological Association. 2010; P. 97-111.

8. Poland SE, Monks CP, Tsermentseli S. Cool and hot executive function as predictors of aggression in early childhood: Differentiating between the function and form of aggression. Br J Dev Psychol. 2016; 34(2): 181-97.

9. Zelazo PD, Carlson SM. Hot and cool executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. Child Development Perspectives. 2012; 6(4): 354-60.

10. Yuan P, Raz N. Prefrontal cortex and executive functions in healthy adults: a meta-analysis of structural neuroimaging studies. Neurosci Biobehav Rev. 2014; 42: 180-92.

11. Niendam TA, Laird AR, Ray KL, Dean YM, Glahn DC, Carter CS. Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions. Cogn Affect Behav Neurosci. 2012; 12(2): 241-68.

12. Oldrati V, Patricelli J, Colombo B, Antonietti

[12] Preference theory

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.29252/shefa.8.4.39]
Uncorrected Proof

A. The role of dorsolateral prefrontal cortex in inhibition mechanism: A study on cognitive reflection test and similar tasks through neuromodulation. Neuropsychologia. 2016; 91: 499-508.

13. Miller EK, Wallis JD. The prefrontal cortex and executive brain functions. Academic Press. 2012.

14. Salehinejad MA, Rostami R, Ghanavati E. Transcranial Direct current stimulation of dorsolateral prefrontal cortex of major depression: improving visual working memory, reducing depressive symptoms. Neuro Regulation. 2015; 2: 37-49.

15. Nitsche MA, Kuo MF, Paulus W, Antal A. Transcranial direct current stimulation: protocols and physiological mechanisms of action. AH Knotkov, D Rasche. Textbook of neuromodulation: principles, methods and clinical applications. New York, NY: Springer, 2015.

16. Nitsche MA, Paulus W. Transcranial direct current stimulation-update 2011. Restorative Neurology and Neuroscience. 2011; 29(6): 463-92.

17. Wassermann EM, Grafman J. Recharging cognition with DC brain polarization. Trends in Cognitive Sciences. 2005; 9(11): 503-5.

18. Plewnia C, Schroeder PA, Wolkenstein L. Targeting the biased brain: non-invasive brain stimulation to ameliorate cognitive control. Lancet Psychiatry. 2015; 2(4): 351-6.

19. Marshall L, Mölle M, Siebner HR, Born J. Bifrontal transcranial direct current stimulation slows reaction time in a working memory task. BMC Neuroscience. 2005; 6: 23.

20. Coffman BA, Clark VP, Parasuraman R. Battery powered thought: enhancement of attention, learning, and memory in healthy adults using transcranial direct current stimulation. Neuroimage. 2014; 85(3): 895-908.

21. Kuo MF, Nitsche MA. Effects of transcranial electrical stimulation on cognition. Clin EEG Neurosci. 2012; 43(3): 192-9.

22. Dockery CA, Hueckel-Weng R, Birbaumer N, Plewnia C. Enhancement of planning ability by transcranial direct current stimulation. J Neurosci. 2009; 29(22): 7271-7.

23. Jeon SY, Han SJ. Improvement of the working memory and naming by transcranial direct current stimulation. Ann Rehabil Med. 2012; 36(5): 585-95.

24. Stone DB, Tesche CD. Transcranial direct current stimulation modulates shifts in global/local attention. Neuroreport. 2009; 20(12): 1115-9.

25. Pripfl J, Neumann R, Kohler U, Lamm C. Effects of transcranial direct current stimulation on risky decision making are mediated by 'hot' and 'cold' decisions, personality, and hemisphere. The European Journal of Neuroscience. 2013; 38(12): 3778-85.

26. Boggio PS, Campanha C, Valasek CA, Fecteau S, Pascual-Leone A, Fregni F. Modulation of decision-making in a gambling task in older adults with transcranial direct current stimulation. Eur J Neurosci. 2010; 31(3): 593-7.

27. Plewnia C, Zwissler B, Langst I, Maurer B, Giel K, Kruger R. Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on executive functions: influence of COMT Val/Met polymorphism. Cortex. 2013; 49(7): 1801-7.

28. Xue G, Juan C-H, Chang C-F, Lu Z-L, Dong Q. Lateral prefrontal cortex contributes to maladaptive decisions. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2012; 109: 4401-6.

29. Nagel IE, Preuschhof C, Li SC, Nyberg L, Backman L, Lindenberger U, et al. Load modulation of BOLD response and connectivity predicts working memory performance in younger and older adults. J Cogn Neurosci. 2011; 23(8): 2030-45.

30. Filmer HL, Mattingley JB, Dux PE. Improved multitasking following prefrontal tDCS. Cortex. 2013; 49(10): 2845-52.

31. Vanderhasselt MA, De Raedt R, Brunoni AR, Campanha C, Baeken C, Remue J, et al. tDCS over the left prefrontal cortex enhances cognitive control for positive affective stimuli. PloS One. 2013; 8(5): e62219.

32. Zelazo PD, Qu L, Kesek AC. Executive function: emotion and the development of cognitive control. Calkins SD, Bell MA. Human brain development child development at the intersection of emotion and cognition. Washington, DC, US: American Psychological Association. 2010; P. 97-111.

33. Brock LL, Rimm-Kaufman SE, Nathanson L, Grimm KJ. The contributions of 'hot' and 'cool' executive function to children's academic achievement, learning-related behaviors, and engagement in kindergarten. Early Childhood Research Quarterly. 2009; 24(3): 337-49.

34. Jacobson LA, Williford AP, Pianta RC. The role of executive function in children's competent adjustment to middle school. Child Neuropsychology. 2011; 17(3): 255-80.

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/shefa.8.4.39]

Unreviewed Proof

35. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager TD. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. Cogn Psychol. 2000; 41(1): 49-100.

36. H E, A B. Which one has negative effect on us? Inves tigating the risky decision making strategies by AIWA gambling test. J Cogn Sci. 2007; 6(3-4): 17-25.

37. Hunt MK, Hopko DR, Bare R, Lejuez CW, Robinson EV. Construct validity of the Balloon Analog Risk Task (BART): associations with psychopathy and impulsivity. Assessment. 2005; 12(4): 416-28.

38. Malloy-Diniz L, Fuentes D, Leite WB, Correa H, Bechara A. Impulsive behavior in adults with attention deficit/ hyperactivity disorder: characterization of attentional, motor and cognitive impulsiveness. Journal of the International Neuropsychological Society. 2007; 13(4): 1-6.

39. Gansler DA, Jerram MW, Vannorsdall TD, Schretlen DJ. Does the iowa gambling task measure executive function? Arch Clin Neuropsychol. 2011; 26(8): 706-17.

40. Ekhtiari H, A B. Evaluation of risk full decision making: Evidence of transcultural differences. Journal of New Cognitive Sciences. 2001; 3(4): 36-48.

41. Murphy A, Taylor E, Elliott R. The detrimental effects of emotional process dysregulation on decision-making in substance dependence. Front Integr Neurosci. 2012; 6: 101. doi: 10.3389/fnint.2012.00101.

42. Cservenka A, Nagel BJ. Risky decision-making: an FMRI study of youth at high risk for alcoholism. Alcohol Clin Exp Res. 2012; 36(4): 604-15.

43. Knoch D, Gianotti LR, Pascual-Leone A, Treyer V, Regard M, Hohmann M, et al. Disruption of right prefrontal cortex by low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation induces risk-taking behavior. J Neurosci. 2006; 26(24): 6469-72.

44. van 't Wout M, Kahn RS, Sanfey AG, Aleman A. Repetitive transcranial magnetic stimulation over the right dorsolateral prefrontal cortex affects strategic decision-making. Neuroreport. 2005; 16(16): 1849-52.

45. Ernst M, Paulus MP. Neurobiology of decision making: a selective review from a neurocognitive and clinical perspective. Biol Psychiatry. 2005; 58(8): 597-604.

46. Minati L, Campanha C, Critchley HD, Boggio PS. Effects of transcranial direct-current stimulation (tDCS) of the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) during a mixed-gambling risky decision-making task. Cogn Neurosci. 2012; 3(2): 80-8.

47. Fecteau S, Knoch D, Fregni F, Sultani N, Boggio P, Pascual-Leone A. Diminishing risk-taking behavior by modulating activity in the prefrontal cortex: a direct current stimulation study. J Neurosci. 2007; 27(46): 12500-5.

48. Beeli G, Casutt G, Baumgartner T, Jancke L. Modulating presence and impulsiveness by external stimulation of the brain. Behav Brain Funct. 2008; 4: 33. doi: 10.1186/1744-9081-4-33.

49. Stagg CJ, Nitsche MA. Physiological basis of transcranial direct current stimulation. Neuroscientist. 2011; 17(1): 37-53.

50. Hecht D, Walsh V, Lavidor M. Transcranial direct current stimulation facilitates decision making in a probabilistic guessing task. J Neurosci. 2010; 30(12): 4241-5.

51. Rosenbloom MH, Schmahmann JD, Price BH. The functional neuroanatomy of decision-making. J Neuropsychiatry Clin Neurosci. 2012; 24(3): 266-77.

52. Volz KG, von Cramon DY. How the orbitofrontal cortex contributes to decision making - A view from neuroscience. Raab M, Johnson JG, Heekeren HR. Progress in Brain Research. 174: Elsevier. 2009; P. 61-71.

53. Floden D, Alexander MP, Kubu CS, Katz D, Stuss DT. Impulsivity and risk-taking behavior in focal frontal lobe lesions. Neuropsychologia. 2008; 46(1): 213-23.

54. Schonberg T, Fox CR, Mumford JA, Congdon E, Trepel C, Poldrack RA. Decreasing ventromedial prefrontal cortex activity during sequential risk-taking: an FMRI investigation of the balloon analog risk task. Front Neurosci. 2012; 6: 80.

55. Metereau E, Dreher JC. The medial orbitofrontal cortex encodes a general unsigned value signal during anticipation of both appetitive and aversive events. Cortex. 2015; 63: 42-54.

56. Li CW, Chen JH, Tsai CG. Listening to music in a risk-reward context: The roles of the temporoparietal junction and the orbitofrontal/insular cortices in reward-anticipation, reward-gain, and reward-loss. Brain Res. 2015; 1629: 160-70.

57. Ouellet J, McGirr A, Van den Eynde F, Jollant F, Lepage M, Berlim MT. Enhancing decision-making and cognitive impulse control with transcranial direct current stimulation (tDCS) applied over the orbitofrontal cortex (OFC): A randomized and sham-controlled exploratory

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.29252/shefa.8.4.39]
Uncorrected Proof

study. J Psychiatr Res. 2015; 69: 27-34.

58. Wallis JD. Orbitofrontal cortex and its contribution to decision-making. Annu Rev Neurosci. 2007; 30: 31-56.

59. Fecteau S, Pascual-Leone A, Zald DH, Liguori P, Theoret H, Boggio PS, et al. Activation of prefrontal cortex by transcranial direct current stimulation reduces appetite for risk during ambiguous decision making. J Neurosci. 2007; 27(23): 6212-8.

60. Betsch T. Preferencetheory:anaffect-basedapproach to recurrentdecisionmaking. T.Betsch & S. Habers troh. The routinesofdecisionmaking. Mahwah, NJ:LawrenceErlbaumAssociates. 2005; P. 39-65.

61. Berryhill ME, Jones KT. tDCS selectively improves working memory in older adults with more education. Neurosci Lett. 2012; 521(2): 148-51.

62. Ohn SH, Park CI, Yoo WK, Ko MH, Choi KP, Kim GM, et al. Time-dependent effect of transcranial direct current stimulation on the enhancement of working memory. Neuroreport. 2008; 19(1): 43-7.

63.FregniF,MarcolinMA,MyczkowskiM,AmiazR,Hasey G, Rumi DO, et al. Predictors of antidepressant response in clinical trials of transcranial magnetic stimulation. Int J Neuropsychopharmacol. 2006; 9(6): 641-54.

64. Butler T, Pan H, Imperato-McGinley J, Voyer D, Cunningham-Bussel AC, Cordero JJ, et al. A network approach to fMRI condition-dependent cognitive activation studies as applied to understanding sex differences. Clinical Neuroscience Research. 2007; 6(6): 391-8.

65. Mylius V, Ayache SS, Ahdab R, Farhat WH, Zouari HG, Belke M, et al. Definition of DLPFC and M1 according to anatomical landmarks for navigated brain stimulation: inter-rater reliability, accuracy, and influence of gender and age. Neuroimage. 2013; 78: 224-32.

66. Boggio PS, Rocha RR, da Silva MT, Fregni F. Differential modulatory effects of transcranial direct current stimulation on a facial expression go-no-go task in males and females. Neurosci Lett. 2008; 447(2-3): 101-5.

Uncorrected Proof

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/shefa.8.4.39]