The Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Dorsolateral Prefrontal Cortex: a Review of its Role on Cognitive Functions

Bakhtiar Moslemi, Masoumeh Azmodeh*, Seyed Mahmoud Tabatabaei, Marzieh Alivandi Vafa

Department of Psychology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

Article Info:

Received: **25 Jun 2019** ***Revised:*** **18 Sep 2019** ***Accepted*****: 25 Sep 2019**

ABSTRACT

Introduction: The dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) is often selected as an excitatory target in the brain. A wide range of cognitive functions that can be modulated by the stimulation of this area makes it difficult to predict precise stimulation effect. The stimulation of DLPFC by transcranial direct current stimulation (tDCS) can be effective in modifying a wide range of cognitive activities. From a relatively simple and low-level activity, such as the attention process, to the complex cognitive functions, such as decision making and working memory, can be affected by tDCS. The effects of tDCS are very diverse and dependent on stimulation parameters, which sometimes lead to conflicting results. The aim of the present study was to investigate and identify various cognitive domains resulting from the effect of tDCS on DLPFC.

Conclusion: Several complex cognitive activities are carried out by the DLPFC. The s timulation of this area by tDCS simultaneously activates multiple cognitive processes. This can lead to the facilitatation and sometimes inhibition of cognitive function, which subsequently may promote some behavior dysfunctions. To improve our understanding of the neurobiological mechanisms of tDCS on cognitive functions modulated by DPFLC, further investigations are needed.

Key words:

1. Transcranial Direct Current Stimulation
2. Cognition
3. Brain

***Corresponding Author:** Masoumeh Azmodeh

E-mail: *Mas_azmod@yahoo.com*

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]

تأثیر تحریک الکتریکی مغزی بر ناحیهٔ پیش‌پیشانی پشتی -جانبی: مروری بر نقش آن در عملکردهای شناختی

بختیار مسلمی[۱]، معصومه آزموده*، سیدمحمود طباطبایی، مرضیه علیوندی وفا

گروه روانشناسی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله:

دریافت: ۴ تیر ۱۳۹۸ **اصلاحیه:** ۲۷ شهریور ۱۳۹۸ **پذیرش:** ۳ مهر ۱۳۹۸

چـــــکیده

مقدمه: قشر پیش‌پیشانی پشتی -جانبی اغلب به‌عنوان یک هدف تحریک‌کننده در مغز انتخاب می‌شود. طیف وسیعی از عملکردهای شناختی که می‌توان با تحریک این ناحیه تعدیل نمود، پیش‌بینی اثر تحریک دقیق را دشوار می‌سازد. تحریک قشر پیش‌پیشانی پشتی -جانبی با تحریک الکتریکی مغزی می‌تواند در اصلاح دامنهٔ وسیعی از فعالیت‌های شناختی مؤثر باشد. از یک فعالیت نسبتاً ساده و سطح پایین مانند فرایند توجه تا عملکردهای پیچیدهٔ شناختی مثل تصمیم‌گیری و حافظهٔ کاری می‌توانند تحت تأثیر تحریک الکتریکی مغزی قرار بگیرند. اثرات تحریک الکتریکی مغزی بسیار متنوع و وابسته به پارامترهای تحریکی مختلفی است که گاهی اوقات منجر به نتایج متضاد می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی و شناسایی نتایج حوزه‌های شناختی ناشی از تأثیر تحریک الکتریکی مغزی بر قشر پیش‌پیشانی پشتی -جانبی بود. ***نتیجه‌گیری:*** فعالیت‌های شناختی پیچیدهٔ متعددی در قشر پیش‌پیشانی پشتی -جانبی انجام می‌گیرد. تحریک این ناحیه با تحریک الکتریکی مغزی همزمان چندین عملکرد شناختی را فعال می‌کند. این می‌تواند منجر به تسهیل و گاهاً مهار عملکرد شناختی شود که متعاقباً ممکن است برخی اختلالات رفتاری را تقویت کند. برای بهبود درک ما از مکانیسم‌های عصبی تحریک الکتریکی مغزی بر عملکردهای شناختی تعدیل شده توسط قشر پیش‌پیشانی پشتی -جانبی، تحقیقات بیشتری مورد نیاز است.

کلید واژه‌ها:

۱. تحریک الکتریکی مستقیم مغزی
۲. شناخت
۳. مغز

* **نویسنده مسئول:** معصومه آزموده

آدرس الکترونیکی: *Mas_azmod@yahoo.com*

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]

مقدمه

ایدهٔ مطالعهٔ مبتنی بر عصب‌شناسی فرایندهای شناختی، در سال ۱۸۶۵ به وسیلهٔ بروکا به روش همبستگی آناتومی معرفی شد (۱). بروکا با مطالعهٔ اثربخشی ضایعات مغزی در بیمار مشهورش مونسیرتن[1] که ضایعه در نیمکرهٔ چپ مغزش موجب اشکال در تولید صدا شده بود، به این نتیجه رسید که ممکن است بین نواحی خاصی از مغز و عملکردهای شناختی رابطهٔ علت و معلولی وجود داشته باشد (۲). این کشف در نهایت سبب ظهور علم نوروسایکولوژی شد که هدفش درک بهتر ارتباط بین رفتار و مغز می‌باشد. ظهور این علم منجر به علاقهٔ گسترده به مطالعهٔ بیماران با ضایعات مغزی شد. برای مثال طی جنگ جهانی دوم محققان به مطالعهٔ اثرات آسیب‌های مغزی ناشی از به کار بردن سلاح‌های جنگی مرتبط با عملکردهای شناختی پرداختند (۳).

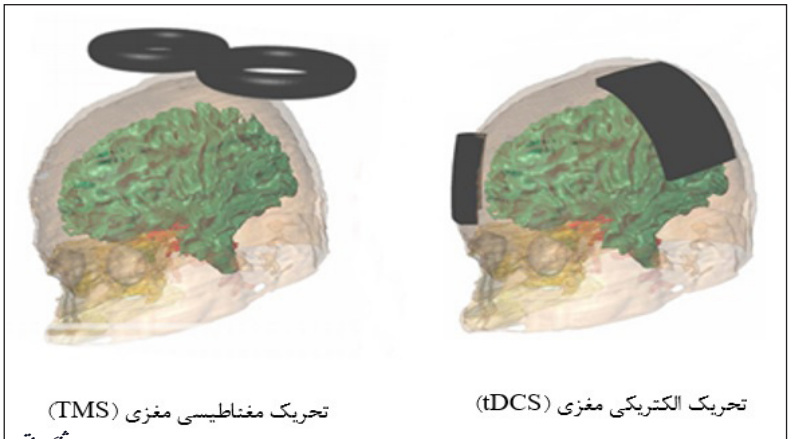
علی‌رغم مطالعات وسیع و متعدد روش‌های نوروسایکولوژی از طریق آسیب‌های مغزی و ارتباط آن با عملکرد شناختی، محققان هنوز هم به دنبال روش‌های بهتر برای تعیین ارتباط بین رفتار و بیماری‌های مغزی هستند. در ابتدا مطالعات اولیه، آسیب‌های معمولاً بزرگ که اغلب نواحی متعددی از مغز را در گیر می‌کرد مانند سکته‌های ایسکمیک مغزی و تروماهای مغزی که متعاقب آن عمکردهای چندگانهٔ مغزی به طور همزمان دچار اختلال می‌شد مورد بررسی قرار گرفت. سرانجام با رشد و پیشرفت روش‌های غیر تهاجمی عصب‌شناختی در اویل ۱۹۸۰ بررسی ارتباط بین مغز و رفتار در افراد سالم با دقت بیشتری امکان‌پذیر گردید (۴).

در دو دههٔ گذشته از دو فناوری تحریک مغناطیسی مغزی (rTMS)[2] و تحریک الکتریکی مغزی (tDCS)[3] برای درمان اختلالات نورولوژی و روانپزشکی و همچنین برای ارتقاء عملکردهای حرکتی و شناختی استفاده شده است. با وجود کاربردهای شناخته شدهٔ این دو روش، همچنان سؤالات بسیاری دربارهٔ مکانیسم‌های پایه و نحوهٔ استفاده از آن‌ها در موقعیت‌های مختلف باقی مانده است. در سال ۱۸۳۱ دانشمندی به نام فارادی فرایند القاء الکترومغناطیس را تشریح کرد که در آن تغییر میدان مغناطیسی، جریان الکتریکی را در مدارهای الکترونیکی القاء می‌کند. امروزه با اتصال یک هستهٔ فلزی به محرک مغناطیسی قرار دادن آن بر روی سر می‌توان جریان یونی و فعالسازی مدارهای عصبی را در مناطق مورد هدف از قشر مغز ایجاد کرد. در اواخر دههٔ نود میلادی نیز روش دیگری که با القاء جریان الکتریکی به بافت عصبی عمل می‌کرد معرفی شد و tDCS نام گرفت. در این روش الکترود آند بر روی موضع مورد نظر و الکترود کاتد به‌عنوان رفرنس بر روی محلی دور از موضع الکترود آند متصل می‌گردد. جریان الکتریکی از الکترود آند که تحریکی بوده به سمت الکترود کاتد که مهاری است هدایت می‌یابد (۵)-(تصویر ۱).

مطالعاتی که با استفاده از تصویربرداری مغزی صورت گرفته‌اند، فعالسازی نواحی مغزی را به‌عنوان مثال در قشر حرکتی[4] و قشر پیش‌پیشانی[5]، پس از اعمال tDCS نشان داده‌اند. برای مثال، مطالعه‌ای با استفاده از تصویربرداری PET[6] نشان داد که جریان خون مغزی پس از تحریک الکتریکی در قشر پیش‌پیشانی چپ افزایش می‌یابد (۴).

tDCS و مکانیسم عملکرد آن

تحریک الکتریکی مغزی از روش‌های درمانی مبتنی بر نوروپلاستیسیتی سیستم اعصاب مرکزی در درمان بیماری‌های مختلف روانپزشکی و نورولوژی می‌باشد. این روش درمانی، از جمله روش‌های غیر تهاجمی است که برای تحریک عملکرد نورون‌ها در مغز بر پایهٔ قابلیت جریان الکتریکی در عبور از جمجمه و پرده‌های مغزی و در نتیجه القای جریان الکتریکی در بافت مغز بنا نهاده شده است. tDCS یک ابزار ساده است که با



تصویر ۱- تصویر سمت راست تحریک الکتریکی مغزی و تصویر سمت چپ تحریک مغناطیسی مغزی.

[1] Monsieur tan
[2] Transcranial direct current stimulation
[3] Transcranial magnetic stimulation
[4] Motor cortex
[5] Prefrontal cortex
[6] Positron emission tomography

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]

استفاده از الکترودهای نسبتاً بزرگی که روی سر فرد قرار می‌گیرد، یک جریان الکتریکی پیوسته و خفیفی را از سر عبور می‌دهد. اثربخشی tDCS بستگی به جهت جریان الکتریکی دارد؛ تحریک آندی میزان فعالیت و برانگیختگی مغز را افزایش می‌دهد و تحریک کاتدی برعکس، فعالیت را کاهش می‌دهد (۶). این جریان توسط یک مولد جریان مستقیم ناشی از یک باطری ۹ ولتی ارائه می‌شود و با استفاده از آن، تغییرات بلندمدت در قطبیت قشر مغز به دنبال دپلاریزاسیون و هیپرپلاریزاسون نورون‌ها و تأثیر بر گیرنده‌های عصبی، ایجاد می‌شود. جریانی که به این ناحیه رسیده، نورون‌ها را دارای بار الکتریکی کرده و باعث ایجاد قطب مثبت و منفی می‌گردد که منجر به تغییر فعالیت آن ناحیه می‌شود. به عبارت دیگر، در این نوع تحریک الکتریکی نقاطی از سر با استفاده از جریان‌های ضعیف الکتریکی هدف قرار می‌گیرند (۷). تحریک‌پذیری مغز توسط tDCS که از طریق جریان ضعیف الکتریکی مستقیم اعمال می‌شود، وابسته به پلاریتی بوده و با تغییرات در پتانسیل غشا همراه است (۸). مطالعات مختلف نشان داد که تحریک آند باعث افزایش میزان تحریک‌پذیری نورون‌های قشر توسط دپلاریزیشن غشا می‌شود و کاتد منجر به هایپرپلاریزیشن و در نتیجه کاهش تحریک‌پذیری آن‌ها می‌شود (۹) در مطالعات دیگر نشان داده شده است که ۱۰دقیقه tDCS آندی به طور چشمگیری باعث کاهش غلظت گابا می‌شود و تحریک کاتدی منجر به کاهش چشمگیری در تسهیل درون قشر می‌شود. همچنین با تحریک کاتدی غلظت گلوتامات در قشر به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. اثرات پس از تحریک tDCS توسط سروتونین، دوپامین و استیل کولین هم تنظیم می‌شود (۱۲-۱۰). از اثرات دیگر تحریک مغز می‌توان به افزایش جریان خون ناحیه‌ای در مغز[7] اشاره کرد. اگر چه مکانیسم tDCS به طور کامل روشن نشده است ولی می‌توان نتیجه گرفت که tDCS نه تنها باعث تحریک‌پذیری خود به خودی نورون‌ها با تغییر پتانسیل غشا می شود بلکه با تغییر عملکرد سیناپس‌ها باعث ایجاد تغییرات نوروپلاستیک می‌شود (۱۳).

در ابتدا مقالات اولیه به مطالعهٔ استفاده از tDCS بر قشر حرکتی به خاطر امکان اندازه‌گیری مستقیم افزایش و کاهش برانگیختگی قشر به کار برده شد. زمانی که اثربخشی آن نشان داده شد مطالعات وسیعی در مورد اثربخشی tDCS بر سایر عملکردهای مغزی از قبیل بینایی، زبان، حافظه و یادگیری شروع شد (۱۶-۱۴). همچنین پژوهش‌هائی بر روی اختلالات نورولوژی و روانپزشکی از قبیل افسردگی، سکته‌های مغزی و اسکیزوفرنیا افزایش پیدا کرد (۱۹-۱۷) در حقیقت بیش از دو هزار مقالهٔ پژوهشی در مدت ۲۰ سال گذشته در مورد استفاده از tDCS و عملکردهای مغزی چاپ شده است، اگرچه این مطالعات به بررسی اثربخشی tDCS بر فعالیت‌های شناختی می‌پردازد اما فاقد پایداری نسبی و مشخص هم در اثرات اصلاحی و هم در انتخاب پارامترهای tDCS است که منجر به تعداد زیادی از نتایج متفاوت شده است. برای نمونه ناحیهٔ قشر پیش‌پیشانی خلفی -جانبی (DLPFC)[8] که اغلب به‌عنوان ناحیهٔ هدف برای tDCS انتخاب می‌شود به خاطر نقش متعدد آن در پردازش فرایندهای شناختی سطح بالا و پیچیده و ارتباط با هم در کاهش و افزایش عملکردهای اجرایی و هم تأثیر آن در حافظهٔ فضایی، حافظهٔ فعال، سیالی کلامی، خطرپذیری و اعتیاد مطرح می‌باشد (۲۶-۲۰).

تأثیر tDCS بر نواحی مختلف مغزی به فاکتورهای زیادی وابسته است که شامل: مونتاژ الکترود، سایز الکترودها، شدت جریان، مدت جریان القاء شده، شکل سر شرکت‌کنندگان، مقدار بافت چربی سر و ضخامت جمجمه است. بنابرین مقدار جریان القاء شده بر نواحی مغزی ممکن است در افراد متفاوت باشد، علاوه بر این نواحی مغزی و تجمع نورونی در زیر الکترود در عملکرد شناختی ویژه تأثیر دارد. سرانجام تحریک نواحی ویژهٔ مغزی باعث ایجاد تغییرات گسترده در فعالیت مغز می‌گردد که می‌تواند تأثیر چندگانه بر عملکردهای شناختی به طور همزمان بگذارد. در این پژوهش، برای درک بهتر تأثیر tDCS بر قشر پیش‌پیشانی پشتی -جانبی، مروری بر پژوهش‌های ۲۰ سال قبل تا اکنون انجام شد و مطالعاتی که این ناحیه را تحریک نموده‌اند جمع‌آوری و از لحاظ مونتاژ الکترود، شدت و مدت جریان مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت نتایج آن‌ها با هم مقایسه گردید. نواحی تحریکی بر اساس سیستم بین‌المللی الکترود ۲۰-۱۰ (تصویر ۲)، نواحی F3، F4 انتخاب شدند. همچنین بیشترین ناحیه‌ای که در مطالعات tDCS انجام گرفته همان ناحیهٔ DLPFC می‌باشد.

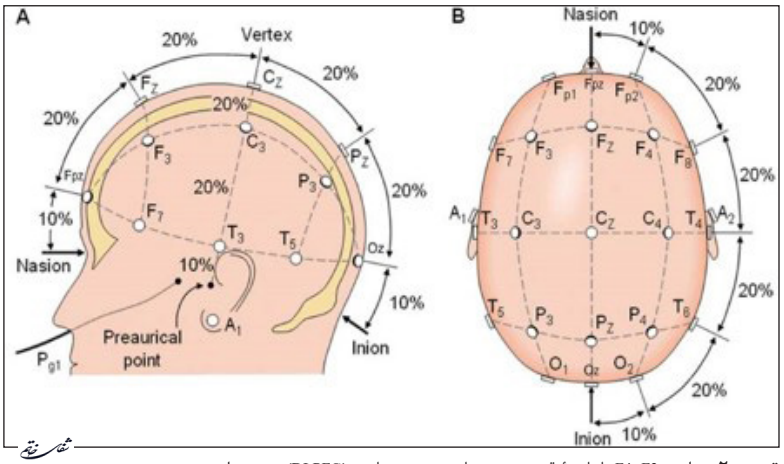
قشر پیش‌پیشانی پشتی -جانبی

قشر پیش‌پیشانی پشتی -جانبی به این دلیل که در اعمال شناختی[9] به‌ویژه عملکردهای اجرایی مانند حافظهٔ کاری، برنامه‌ریزی رفتار مبتنی بر هدف[10]، تمرکز و کنترل مهاری[11] نقش مهمی دارد، مورد توجه بسیاری از محققان است. به نظر می‌رسد هدف قرار دادن این قشر از مغز، ظرفیت بالایی در ارتقاء عملکردهای شناختی و تداخل با رفتارهای بیمارگونه داشته باشد. اثرات مفید تحریک الکتریکی بر روی قشر پیش‌پیشانی پشتی -جانبی سمت چپ بر روی حافظهٔ کاری، پردازش اطلاعات، تمرکز و توجه، پردازش هیجانی و حل مسئله گزارش شده است.

قشر پیش‌پیشانی در شبکهٔ عصبی درگیر در پردازش خلق و هیجان نقش دارد. علاوه بر این بین دو نیمکرهٔ مغز نیز تفاوت‌هایی از نظر پردازش هیجان‌های مثبت و منفی وجود دارد. به طوری که نیمکرهٔ راست بیشتر هیجان‌های منفی و نیمکرهٔ چپ بیشتر در

[7] rCBF
[8] Dorsolateral prefrontal cortex
[9] Cognitive functions
[10] Goal-directed behavior
[11] Inhibitory control

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]



تصویر ۲- نواحی F4, F3 یا ناحیهٔ قشر پیش‌پیشانی پشتی -جانبی (DLPFC) چپ و راست.

پـردازش هیجانـات مثبـت درگیـر می‌باشـد. در مطالعـات مختلـف نشـان داده شـده اسـت کـه قشـر پشـتی جانبـی پیش‌پیشـانی نیمکـرهٔ چـپ DLPFC در حضـور محرک‌هـای هیجانـی مثبـت، بیشـتر فعـال می‌شـود. همچنیـن آسـیب DLPFC چـپ در پـی سـکتهٔ مغـزی، تروما یـا صـرع اغلـب بـا افسـردگی همـراه اسـت در حالـی کـه آسـیب DLPFC راسـت بـا خلـق بـالا همـراه می‌باشـد (۲۷). مشـخص شـده اسـت کـه تحریـک DLPFC بـا اسـتفاده از جریـان مسـتقیم الکتریکـی tDCS بـا تغییـر خلـق بـه حالـت هیجانـی مثبـت همـراه اسـت (۲۸). مطالعـات جدیـد بـا هـدف تغییـر فعالیـت قشـر پیش‌پیشـانی و ایجـاد تعـادل بیـن فعالیـت قشـر پیش‌پیشـانی نیمکـرهٔ چـپ و راسـت، اثـرات معنـی‌دار tDCS را بـر کاهـش علایـم اختـلال افسـردگی اساسـی نشـان داده‌انـد (۲۹).

تعـدادی از مطالعـات، تأثیـرات الکتریکـی مغزی را بـر جنبه‌های گوناگـون توجـه (انتخابـی، مـداوم و تجزیـه شـده)[12]، حافظـهٔ فعـال، حافظـهٔ فعـال کلامـی و دیـداری مـورد ارزیابـی قـرار داده‌انـد. عمدتـاً مطالعاتـی کـه بـه بررسـی تأثیـر الکتریکـی مغـزی بـر کارکردهـای شـناختی می‌پردازنـد بـه صـورت دو نـوع تأثیـر تحریکـی و مهـاری می‌باشـد.

نتیجه‌گیری

بـه طـور خلاصـه tDCS بـا تحریـک DLPFC می‌توانـد طیـف وسـیعی از عملکردهـای شـناختی ماننـد: یـک فعالیـت نسـبتاً سـاده و سـطح پاییـن ماننـد فراینـد توجـه تـا عملکردهـای سـطح بـالا و پیچیـدهٔ شـناختی مثـل تصمیم‌گیـری و حافظـهٔ کاری را تعدیـل نمایـد. نتایـج همچنیـن نشـان می‌دهـد کـه اثـرات tDCS بسـیار متنـوع و وابسـته بـه پارامترهـای تحریک اسـت، همانطـور کـه در مطالعـات حافظـهٔ فعـال توضیـح داده شـد بـرای نمونـه می‌تـوان بـه افزایـش حافظـهٔ فعـال بـا تحریـک کاتـدی بـر روی ناحیـهٔ چـپ DLPFC (۳۰)، تحریک آنـدی بـر روی ناحیـهٔ چـپ DLPFC (۳۳-۳۱) و بـا تحریـک آنـدی بـر روی ناحیـهٔ راسـت DLPFC (۳۳) و همچنیـن کاهـش عملکـرد حافظـهٔ فعـال بـا تحریـک مهـاری کاتـد بـر ناحیـهٔ چـپ DLPFC (۳۲) و تحریـک آنـدی بـر روی ناحیـهٔ چـپ DLPFC (۳۴) و تحریـک دو طرفـهٔ ناحیـهٔ DLPFC (آنـد چـپ و کاتـد راسـت) اشـاره کـرد (۳۵). بـه طـور کلـی در مقالـهٔ مـروری حاضـر پروتـکل ویـژهٔ tDCS بـر روی ناحیـهٔ DLPFC دو نتیجـه بـه همـراه دارد، tDCS موجـب تسـهیل دامنـهٔ وسـیع و متنوعـی از عملکردهـای شـناختی شـود و یـا می‌توانـد منجـر بـه اثـرات متضـادی شـود.

ایـن پژوهـش بـر ایـن واقعیـت تاکیـد می‌کنـد کـه tDCS بـر روی ناحیـهٔ قشـر پیش‌پیشـانی پشـتی -جانبـی می‌توانـد موجـب اصـلاح دامنـهٔ وسـیعی از رفتارهـا و عملکردهـای شـناختی باشـد و ایـن حقیقـت کـه اثـرات فیزیولـوژی تأثیـر tDCS بـر مغـز بسـیار متنـوع و بـه ویژگی‌هـای فـردی وابسـته اسـت. اگرچـه مکانیسـم تأثیـر tDCS بـر عملکردهـای شـناختی پیچیـده اسـت امـا بـه صـورت تئـوری تحریـک آنـدی tDCS موجـب افزایـش برانگیختگـی در نواحـی زیـر الکتـرود آنـد و برانگیختگـی عملکـرد آن ناحیـه می‌شـود، در حالـی کـه اثـرات متضـاد آن وقتـی رخ می‌دهـد کـه الکتـرود کاتـد بـر روی ناحیـهٔ مـورد نظـر، باعـث کاهـش برانگیختـی در ایـن ناحیـه می‌شـود (۳۶).

قطبیت‌پذیری

گرچـه اثـرات کاتـد در اغلـب مطالعـات مهـاری بـوده اسـت امـا در تعـدادی از تحقیقـات اثـرات تحریک‌پذیـری[13] را در ارتبـاط بـا الکتـرود کاتـد تحریکـی گـزارش داده‌انـد (۳۶). ایـن نشـان می‌دهـد کـه ایـن اثـر ممکـن اسـت بـه دلیـل کاهـش نویـز در یـک شـبکهٔ خـاص باشـد کـه امـکان تسـهیل رفتـار را فراهـم می‌کنـد. بـه طـور متنـاوب، ممکـن اسـت کـه تحریـکات کاتـدی یـک عملکـرد خـاص را مهـار کنـد کـه در نتیجـه یـک رفتـار خـاص را افزایـش می‌دهـد (۳۶). مطالعـهٔ باتسـی‌کدز[14] و همـکاران نشـان داد بـا تحریـک کاتـدی tDCS بـه مـدت ۲۰ دقیقـه بـر ناحیـهٔ قشـر حرکتـی (الکتـرود رفرنـس بـر روی سـوپر اوربیتـال) وقتـی

[12] Attention (selective, sustained, divided)
[13] Polarity
[14] Batsikadze

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]

کـه شـدت تحریـک از یـک میلی‌آمپـر بـه دو میلی‌آمپـر تغییـر داده شـد علی‌رغـم انتظـار ایـن مناطـق بجـای مهـار عملکـرد، باعـث افزایـش تحریک‌پذیـری قشـر مغـزی در ایـن ناحیـه شـد (۳۷). ایـن نشـان می‌دهـد کـه پارامترهـای مختلـف تحریـک می‌توانـد بـه طـور مسـتقیم بـر تغییـرات ناشـی از تحریک‌پذیـری قشـری ناشـی از tDCS تأثیـر بگـذارد. در مطالعاتـی کـه در ایـن بررسـی مـرور شـده‌اند، شـدت تحریـک از ۱ تـا ۲ میلی‌آمپـر متغیـر بـود، مـدت زمـان تحریـک از ۳ دقیقـه تـا ۳۰ دقیقـه متغیـر بـود. ایـن نوسـانات در انتخـاب پارامترهـا ممکـن اسـت باعـث تغییـرات متنـوع در عملکردهـای شـناختی ناشـی از تحریـک ناحیـهٔ پیش‌پیشـانی شـود.

اصل وابسته به حالت

در ایـن اصـل، اثـرات tDCS روی ناحیـهٔ DLPFC بسـیار وابسـته بـه وضعیـت شـبکهٔ هـدف اصلـی اسـت، یـک اصـل شـناخته شـده به‌عنـوان "وابسـتگی -حالـت"[15] اسـت (۳۹، ۳۸، ۲۶). بـه عبـارت دیگـر، هـر فعالیـت ناشـی از tDCS در زمینـهٔ فعالیـت عصبـی پایـه یـا یـک حالـت خـاص رخ می‌دهـد (۴۰). از طرفـی دیگـر، بـه علـت شـدت میـزان شـلیک نورون‌هـای بهـم پیوسـته، جریـان ایجـاد شـده توسـط tDCS ممکـن اسـت بـه انـدازهٔ کافـی قـوی نباشـد تـا بـه طـور قابـل ملاحظـه‌ای فعالیـت شـبکه را تعدیـل کنـد و تغییـرات رفتـاری را ایجـاد نمایـد (۴۱). اگـر تأثیـر tDCS وابسـته بـه وضعیـت شـبکه‌ها باشـد، بنابرایـن بایـد وابسـته بـه کار و عملکـرد خاصـی باشـد کـه افـراد درگیـر آن هسـتند. در نتیجـه، عملکـرد شـناختی هـدف دارای احتمـال بیشـتری بـرای تغییـر و تعدیـل اسـت و انتظـار مـی‌رود پروتـکل tDCS منجـر بـه نتایـج متفـاوت شـود. بـه طـور مشـابه، دسـتورالعمل‌هایی کـه بـرای شـرکت‌کنندگان در مطالعـهٔ قبـل از tDCS ارائـه می‌شـود، پیش‌بینـی می‌کنـد کـه اثـرات قابـل توجهـی بـر نتایـج داشـته باشـند و بنابرایـن بایـد بـا برنامه‌ریـزی دقیـق کنتـرل شـوند. تحقیـق بیشـتر و اسـتفاده از اثـر "وابسـته بـه حالـت" می‌توانـد مطالعـات tDCS بـر روی قشـر پیش‌پیشـانی را بـرای تبییـن تأثیـرات تحریـک یـک شـبکه یـا عملکـرد هدفمنـد ترجیـح دهـد. تـا بـه امـروز، مطالعـات بسـیار کمـی ایـن عامـل مهـم را مـورد توجـه قـرار داده‌انـد: در مقـالات موجـود در ایـن بررسـی تنهـا پنـج مـورد تأثیـر وابسـتگی بـه حالـت را ذکـر کرده‌انـد.

عوامل بین فردی

مطالعـات اخیـر در مقیـاس بـزرگ، تفاوت‌هـای بیـن دو عامـل اثـر tDCS را بـر تحریک‌پذیـری قشـر مغـزی ارزیابـی کـرده و تغییـرات زیـادی را در پاسـخگویی بـه تحریـکات شـرکت‌کنندگان نشـان داده اسـت (۴۳، ۴۲). نتایـج لوپـز، آلونسـو و همکارانـش[16] نشـان داد کـه تنهـا ۴۵ درصـد از شـرکت‌کنندگان در مـورد تحریـک آنـدی tDCS پاسـخ می‌دهنـد (۴۳). همانطـور کـه قبـلاً ذکـر شـد، تعـداد زیـادی از پارامترهـای تحریـک وجـود دارد کـه می‌تواننـد پاسـخ فیزیولوژیکـی بـه tDCS را تعدیـل کننـد. در میـان آن‌هـا بزرگتریـن انـدازهٔ الکتـرود، طـول تحریـک و شـدت تحریـک اسـت. همانطـور کـه در ضمیمـهٔ ۱ دیـده مـی شـود. پارامترهـای مطالعـات بـه صـورت گسـترده‌ای متفـاوت اسـت و بـه طـور قابـل ملاحظـه‌ای تعمیـم دادن و مقایسـهٔ نتایـج بیـن مطالعـات را محـدود می‌کنـد.

عوامل فردی

ویژگی‌هـای فـردی شـرکت‌کنندگان نیـز جـزو عوامـل مهمـی اسـت کـه بـه تغییـرات مشـاهده شـده در مطالعـات اثـر tDCS بـر روی قشـر پیش‌پیشـانی کمـک می‌کنـد. انـدازه و شـکل جمجمـهٔ شـرکت‌کننده و همچنیـن مقـدار بافـت چربـی آن بـه تأثیـر فیزیولوژیکـی tDCS تأثیـر می‌گـذارد. حضـور همزمـان ایـن عوامـل مختلـف، نشـان می‌دهـد کـه میـزان جریـان القـا شـده در ناحیـهٔ خـاص مغـز می‌توانـد بـه طـور گسـترده‌ای متفـاوت باشـد.

بنابرایـن تعجـب‌آور نیسـت کـه پاسـخ رفتـاری بـه tDCS در ناحیـهٔ DLPFC نیـز بـه فاکتورهـای متعـددی بسـتگی دارد. تمـام ایـن عوامـل بـه واسـطهٔ ایـن واقعیـت اسـت کـه انـدازهٔ نمونه‌هـا در مطالعـات tDCS قشـر پیش‌پیشـانی نسـبتاً کـم اسـت. بررسـی اثـر کاتـدی و آنـدی بـر تحریک‌پذیـری قشـر حرکتـی نشـان داد کـه بـر اسـاس داده‌هـای بـه دسـت آمـده در افـراد سـالم، حداقـل ۸۷ نفـر از هـر گـروه بـرای دسـتیابی بـه سـطح معنـی‌داری و اطمینـان بـرای تعییـن تفـاوت معنـی‌داری بیـن بیمـاران و افـراد سـالم ضـروری هسـتند. لازم بـه ذکـر اسـت کـه میانگیـن انـدازهٔ نمونـه بـرای مطالعـات موجـود در ایـن بررسـی تنهـا ۲۳ شـرکت‌کننده بـود (۴۲).

سـخن آخـر آنکـه tDCS یکـی از روش‌هـای غیـر تهاجمـی در تحریـک مغـز اسـت کـه در متـون علمـی گزارشـات متعـددی از ایـن روش بـرای تغییـر دادن فعالیت‌هـای شـناختی مغـز وجـود دارد. موفقیت‌هـای بسـیاری در اسـتفاده از ایـن روش در درمـان اختـلالات شـناختی و همچنیـن بـه دلیـل ارتقـاء و بالاتـر بـردن عملکردهـای شـناختی در افـراد سـالم و طبیعـی بـه دسـت آمـده اسـت. برخـی دیگـر از کاربردهـای آن و همچنیـن اسـتفاده از برخـی از ایـن تکنولوژی‌هـا فعـلاً در شـرایط آزمایشـگاهی محـدود مانـده و نیـاز بـه بررسـی‌های آزمایشـگاهی و بالینـی بیشـتری دارنـد. در مجمـوع از تحقیقاتـی کـه اثـرات tDCS را بـر روی قشـر پیش‌پیشـانی پشـتی -جانبـی افـراد سـالم و همچنیـن افـراد دچـار بیماری‌هـای روانپزشـکی بـه کار برده‌انـد می‌تـوان دریافـت کـه ایـن روش یـک روش مؤثـر در ارتقـاء کارکردهای شـناختی از قبیـل حافظـهٔ کاری، توجـه، حل مسـئله، پردازش هیجانـی، تصمیم‌گیـری و عملکردهـای اجرایـی می‌باشـد. هنـگام اسـتفاده از tDCS بـر روی DLPFC بـا مجموعـه‌ای از پارامترهـای خـاص، می‌تـوان یـک عملکـرد شـناختی ویـژه

[15] State-dependency
[16] Lopez-alonso and colleagues

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]

را تعدیل کرد. با این حال، همانطور که در این بررسی مشخص شده است، با اجرای یک پروتکل تحریکی tDCS به طور همزمان می‌توان عملکردهای مختلف شناختی دیگر را در جهات مشابه یا مخالف (به‌عنوان مثال، تسهیل یا مهار) تعدیل کرد. این بدین معنی است که هر اثرِ tDCS پیش‌پیشانی بر روی یک کار داده شده، احتمالاً با تعدیل وسیع طیف گسترده‌ای از عملکردهای شناختی چندگانه از قبیل یک فعالیت نسبتاً ساده و سطح پایین تا عملکردهای سطح بالا و پیچیده مرتبط است. نتایج همچنین نشان می‌دهد که اثرات tDCS بسیار متنوع و وابسته به پارامترهای تحریک است. این به نوبهٔ خود باعث می‌شود که یک اثر مشاهده شده بر روی یک عملکرد خاص به یک مکانیسم واحد، حداقل با پروتکل‌های تحریک سنتی، مرتبط شود.

ضمیمه ۱- خلاصه‌ای از نتایج مطالعات مختلف از تأثیر tDCS روی نواحی .DLPFC (* جهت یادآوری DLPFC راست همان ناحیهٔ F4 و DLPFC چپ F3 می‌باشد. SO ناحیهٔ سوپر اوربیتال می‌باشد. نواحی F4، F3، FP2، T6، CZ بر اساس سیستم الکترود ۱۰-۲۰ EEG مشخص و نامگذاری شده است که در تصویر ۲ نشان داده شده است.

پژوهشگر	هدف	ناحیهٔ هدف	مونتاژ	مدت تحریک	شدت جریان	نتایج
قرگنی و همکاران (۲۰۰۵)-(۴۴)	حافظهٔ کاری	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۱۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
مارشال و همکاران (۲۰۰۵)-(۳۵)	حافظهٔ کاری	DLPFC چپ/راست	آند F3 کاتد F4	۱۵ دقیقه	۲۶۰ میکروآمپر	افزایش عملکرد
قرگنی و همکاران (۲۰۰۶)-(۳۴)	پردازش هیجانی	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۲۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	کاهش هیجانات منفی در افراد افسرده
فکتیو و همکاران (۲۰۰۷)-(۴۵)	ریسک‌پذیری	DLPFC چپ/راست	آند F4/F3 آند F3/F4	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	موثر بر ریسک‌پذیری
ناک و همکاران (۲۰۰۷)-(۴۶)	ولع غذایی	DLPFC چپ/راست	آند F3 کاتد F4	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
پریور و همکاران (۲۰۰۷)-(۴۷)	تصمیم‌گیری	DLPFC چپ/راست	آند F3 کاتد SO	۱۰ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
بیلی و همکاران (۲۰۰۸)-(۴۸)	ریسک‌پذیری	DLPFC چپ/راست	آند F4/F3 کاتد ماستوئید	۱۵ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	کاهش رفتارهای ریسک‌پذیری
بیلی و همکاران (۲۰۰۸)-(۲۰)	عملکرد اجرایی (تکانش‌گری)	DLPFC راست	آند FC3 کاتد ماستوئید	۵/۵ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	بهبود عملکرد
یاگیو و همکاران (۲۰۰۸)-(۳۱)	ادراک درد	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۵ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	کاهش ادراک درد
اوهن و همکاران (۲۰۰۸)-(۴۹)	حافظهٔ کاری کلامی	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۳۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
یاگیو و همکاران (۲۰۰۹)-(۷)	پردازش هیجانی	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۵ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	کاهش هیجانات منفی
جو جم و همکاران (۲۰۰۹)-(۵۰)	حافظهٔ کاری	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش حافظهٔ کاری
کانگ و همکاران (۲۰۰۹)-(۵۱)	توجه	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش توجه نسبت به گروه شاهد
سیروتی و همکاران (۲۰۰۹)-(۵۲)	حل مسئله	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۲۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	بهبود عملکرد
دوکری و همکاران (۲۰۰۹)-(۲۱)	عملکرد اجرایی (طراحی)	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۱۵ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
المر و همکاران (۲۰۰۹)-(۵۳)	یادگیری کلامی	DLPFC چپ/راست	آند F3 یا F4 کاتد ماستوئید	۵ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	اختلال عملکرد حافظهٔ کلامی کوتاه‌مدت
قرتونانی و همکاران (۲۰۰۹)-(۵۴)	زبان (اسم‌پریشی)	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۱۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	تسهیل عملکرد
هیچ و همکاران (۲۰۱۰)-(۵۵)	تصمیم‌گیری	DLPFC چپ/راست	آند F4/F3 کاتد F3/F4	۲۲ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	بهبود عملکرد
ماملی و همکاران (۲۰۱۰)-(۵۶)	تصمیم‌گیری	DLPFC چپ/راست	آند F4/F3 کاتد دلتوئید راست	۱۵ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	بهبود عملکرد
یاگیو وهمکاران (۲۰۱۰)-(۵۷)	تصمیم‌گیری	DLPFC چپ	آند F4/F3 کاتد F3/F4	۱۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	بهبود تصمیم‌گیری
آمیریوس و همکاران (۲۰۱۱)-(۵۸)	یادگیری طبقه‌بندی شده	DLPFC چپ/راست	آند F4/F3 کاتد CZ	۱۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	کاهش عملکرد

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]

آندرز و همکاران (۲۰۱۱)-(۵۹)	حافظهٔ کاری	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۱۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
ینه گومز و همکاران (۲۰۱۱)-(۶۰)	تنظیم هیجانی (پردازش هیجانات منفی)	DLPFC چپ	آند F3 کاند C4	۲۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	پردازش کند هیجانات منفی و تنظیم هیجانی
هامر و همکاران (۲۰۱۱)-(۶۱)	حافظه	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۳۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
لیت و همکاران (۲۰۱۱)-(۶۲)	عملکرد اجرایی	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۱۵ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
مالکوینی و همکاران (۲۰۱۱)-(۶۳)	حافظهٔ کاری	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۱۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
ینه‌گومز و همکاران (۲۰۱۱)-(۶۴)	پردازش هیجانی	DLPFC چپ	آند F3 کاند F4	۲۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	افزایش تنظیم هیجانی
تئو و همکاران (۲۰۱۱)-(۳۲)	حافظهٔ کاری	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۲۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
زاهله و همکاران (۲۰۱۱)-(۶۵)	حافظهٔ کاری	DLPFC چپ	آند F3 کاند ماستوید مخالف	۱۵ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	آند: افزایش عملکرد کاند: کاهش عملکرد
میناتی و همکاران (۲۰۱۲)-(۶۶)	تصمیم‌گیری پرخطر	DLPFC چپ	آند F4/F3 کاند F3/F4	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش پاسخ‌های مطمئن و قوری و قبول و رد آن
یالکونی و ویتالونی (۲۰۱۲)-(۶۷)	پردازش یکپارچگی معنایی	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۱۵ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
گلادوین و همکاران (۲۰۱۲)-(۶۸)	حافظهٔ کاری	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۱۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
هورتنسیوس و همکاران (۲۰۱۲)-(۶۹)	تنظیم هیجانی	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۱۵ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
جوادی و ولش (۲۰۱۲)-(۳۰)	حافظهٔ آشکار	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۲۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	آند: افزایش عملکرد حافظه کاند: تخریب عملکرد حافظه
جوادی و همکاران (۲۰۱۲)-(۷۰)	حافظهٔ کلامی	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۳ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد حافظه
جون و هان (۲۰۱۲)-(۷۱)	حافظهٔ فعال، توجه، عملکرد اجرایی	DLPFC چپ/راست	آند F3 کاند SO	۲۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد حافظه
لیت و همکاران (۲۰۱۲)-(۲۲)	عملکرد اجرایی	DLPFC چپ/راست	آند F3 کاند F4	۳۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
مایوکا و همکاران (۲۰۱۲)-(۷۲)	انعطاف‌پذیری ذهنی	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۲۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	کاهش هیجانات منفی
متیوکی و همکاران (۲۰۱۲)-(۷۳)	پردازش هیجانی	DLPFC چپ	آند F3 کاند FP2	۱۱ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
میلیوس و همکاران (۲۰۱۲)-(۷۴)	عملکرد اجرایی (حل مسئله)	DLPFC چپ/راست	آند F4/F3 کاند SO	۲ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش تحمل نسبت به درد
نیچه و همکاران (۲۰۱۲)-(۷۵)	حافظهٔ کاری و ادراک درد	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۲۰-۱۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]

سیلا و همکاران (۲۰۱۲)-(۷۶)	پردازش هیجانی	DLPFC چپ/راست	آند F3 کاند F4	۱۵ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
وانورسال و همکاران (۲۰۱۲)-(۲۴)	ادراک زبان	DLPFC چپ	آند F3 کاند CZ	۳۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
خیو جی و همکاران (۲۰۱۲)-(۷۷)	روانی کلامی	DLPFC چپ	آند F3 کاند T3	۱۰ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	کاهش تصمیم‌گیری ناسازگار
پریپفل و همکاران (۲۰۱۳)-(۷۸)	تصمیم‌گیری ناسازگار	DLPFC چپ/راست	آند F4/F3 کاند F3/F4	۱۵ دقیقه	۰/۴۵ میلی‌آمپر	کاهش تصمیمات خطرناک
آستنا و همکاران (۲۰۱۳)-(۲۳)	تصمیم‌گیری مخاطره‌آمیز	DLPFC چپ	آند F3 کاند ماستوئید	۱۲ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
کاناتسو و همکاران (۲۰۱۳)-(۷۹)	حافظهٔ ترس	DLPFC چپ	آند F3 و F5 کاند SO	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش تجربیات خوشایند
فکتیو و همکاران (۲۰۱۳)-(۸۰)	پردازش هیجانی	DLPFC چپ/راست	آند F4/F3 کاند F3/F4	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
هیچ و همکاران (۲۰۱۳)-(۸۱)	تصمیم‌گیری	DLPFC چپ	آند F4/F3 کاند F3/F4	۲۰ دقیقه	۱/۶ میلی‌آمپر	بهبود تصمیم‌گیری
قیشر و همکاران (۲۰۱۳)-(۸۲)	تصمیم‌گیری یا تأخیر	DLPFC راست	آند F4 کاند SO	۲۰ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
قورستر و همکاران (۲۰۱۳)-(۸۳)	تنظیم هیجانی	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۱۳ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش یادگیری حرکتی
هوی و همکاران (۲۰۱۳)-(۸۴)	یادگیری حرکتی	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۲۰ دقیقه	۱/۲ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
جوادی و چینگ (۲۰۱۳)-(۸۵)	حافظهٔ کاری	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۲۰ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد حافظه
جوادی و چینگ (۲۰۱۳)-(۸۵)	حافظهٔ کاری	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۲۰ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد حافظه
کنگ تونگ و همکاران (۲۰۱۳)-(۸۶)	حافظهٔ یلندمدت	DLPFC چپ	آند F3 کاند T6	۲۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	کاهش عملکرد و حذف اثر اولیه
مانتی و همکاران (۲۰۱۳)-(۸۷)	پردازش دیداری	DLPFC چپ/راست	آند F3 یا F4 کاند SO	۶ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد حافظه در موضوعات جدید
میرون و لویدور (۲۰۱۳)-(۸۸)	حافظهٔ دیداری	DLPFC چپ/راست	آند F3 یا F4 کاند CZ	۱۵ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	بهبود عملکرد
منگریلی و همکاران (۲۰۱۳)-(۸۹)	حافظهٔ کاری	DLPFC چپ/راست	آند F3/SO کاند SO/F4	۱۵ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	بهبود عملکرد
موتوهاشی و همکاران (۲۰۱۳)-(۹۰)	تصمیم‌گیری	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۲۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	مؤثر بر خلق
نوزری وهمکاران (۲۰۱۳)-(۹۱)	خلق	DLPFC چپ/راست	آند F3 کاند F4	۲۰ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	افزایش عملکرد
واندرهاسیلت و همکاران (۲۰۱۳)-(۹۲)	توجه	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	کاهش نشخوار ذهنی و افکار خود ارجاعی
تانو و همکاران (۲۰۱۳)-(۳۳)	افکار خود ارجاعی و نشخوار ذهنی	DLPFC راست	آند F4 کاند گونه مخالف	۱۰ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	بهبود عملکرد
واندرهاسلت و همکاران (۲۰۱۳)-(۹۳)	توجه	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش کنترل شناختی برای محرک‌های مثبت
یالکونی و همکاران (۲۰۱۴)-(۹۴)	حافظهٔ کاری و پردازش هیجانی	DLPFC چپ	آند F3 کاند SO	۱۵ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	اصلاح عملکرد

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]

نلسون و همکاران (۲۰۱۴)-(۹۵)	پردازش معنایی	DLPFC چپ/راست	آند F4/F3 آند F3/F4	۲۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	بهبود عملکرد
سمیتنر و همکاران (۲۰۱۴)-(۹۶)	توجه	DLPFC راست	آند F4 کاتد inion	۲۵ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	عدم تأثیر بر یادگیری مبتنی بر الگو
وودس و همکاران (۲۰۱۴)-(۹۷)	یادگیری مبتنی بر الگو	DLPFC راست	آند CP4/ F4 کاتد CP3/F3	۲۰ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	تحریک آهیانه بر درک قضا مؤثر و تحریک قرونتال بر درک زمان و مکان مؤثر
قیشر و همکاران (۲۰۱۴)-(۹۸)	درک مکان و زمان	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	تسهیل ارزیابی شناختی در دو جهت افزایش یا کاهش پاسخ‌های هیجانی متناسب
ساندرز و همکاران (۲۰۱۴)-(۹۹)	ارزیابی شناختی	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	بهبود در کارکردهای شناختی (حافظهٔ فعال)
کاروالو و همکاران (۲۰۱۵)-(۱۰۰)	کارکردهای شناختی	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۲۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	بهبود حافظهٔ کاری
کوهن و همکاران (۲۰۱۵)-(۱۰۱)	حافظهٔ کاری	DLPFC چپ	آند F3 کاتد P4	۱۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	بهبود قضاوت اخلاقی
پریفل و لام (۲۰۱۵)-(۱۰۲)	قضاوت اخلاقی	DLPFC چپ/راست	آند F4/F3 کاتد SO	۱۵ دقیقه	۰/۴۵ میلی‌آمپر	کاهش اثرات منفی تصاویر منفی
چینگ و لی (۲۰۱۵)-(۱۰۳)	خودتنظیمی	DLPFC راست	آند F4 کاتد F3	۱۹ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	کاهش خطرپذیری
لینوس و همکاران (۲۰۱۵)-(۱۰۴)	تصمیم‌گیری مخاطره‌آمیز	DLPFC راست	آند F4 کاتد So	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	تأثیر بر کاهش خطاهای حرکتی و زمان واکنش بر نیمکرهٔ مخالف عضو
توری و همکاران (۲۰۱۵)-(۱۰۵)	هماهنگی عملکرد اندام‌ها	DLPFC راست	آند F3 کاتد F4	۱۵ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش انتخاب تصادفی طی یادگیری ابزاری
توری و همکاران (۲۰۱۵)-(۱۰۵)	هماهنگی عملکرد اندام‌ها	DLPFC راست	آند F3 کاتد F4	۱۵ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش انتخاب تصادفی طی یادگیری ابزاری
ریگو و همکاران (۲۰۱۵)-(۱۰۶)	یادگیری وسیله‌ای	DLPFC چپ	آند F4/F3 آند F3/F4	۱۵ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	کاهش برانگیختی درد کاهش ادراک درد، خشونت و ناراحتی
ریوا و همکاران (۲۰۱۵)-(۱۰۷)	خودتنظیمی درد	DLPFC راست	آند F4 کاتد SO	۲۰ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	کاهش رفتارهای پرخاشگرانه
ریوا و همکاران (۲۰۱۵)-(۱۰۸)	تنظیم هیجانات منفی	DLPFC راست	آند SO کاتد F4	۲۰ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	افزایش هیجانات منفی در تعاملات اجتماعی
چوی و همکاران (۲۰۱۶)-(۱۰۹)	واکنش هیجانی منفی و رفتار اجتماعی	DLPFC چپ	آند F3 کاتد F4	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	بهبود تنظیم هیجانی و تصمیم‌گیری
یه و همکاران (۲۰۱۶)-(۱۱۰)	تنظیم هیجانی و تصمیم‌گیری	DLPFC چپ/راست	آند F4/F3 کاتد F5,FC3,F1	۲۰ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	کاهش تکانش‌گری و افزایش قدرت تصمیم‌گیری
مانکوسو و همکاران (۲۰۱۶)-(۱۱۱)	تکانش‌گری توجه - تصمیم‌گیری	DLPFC چپ/راست	آند F3 کاتد F4	۱۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	بهبود حافظهٔ کاری
هان، یلانجت و همکارن (۲۰۱۶)-(۱۱۲)	حافظهٔ کاری	DLPFC چپ/راست	آند F3 کاتد F4	۳۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	افزایش ناقل‌های عصبی مغزی گلوتامات و ان استیل اسپراتیت
تیب و لاویدور (۲۰۱۶)-(۱۱۳)	متایولیسم ناقلین عصبی	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	بهبود و تقویت در سویچ کردن توانایی‌ها

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]

لیشکار و همکارن (۲۰۱۷)-(۱۱۴)	سویچ کردن عملکرد و توانایی‌ها	DLPFC چپ	آند F3 کاتد بازوی راست	۲۵ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	بهبود یادآوری و افزایش حافظه و رمزگذاری
دریدت و همکاران (۲۰۱۷)-(۱۱۵)	رمزگذاری و بازیابی حافظه	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۱۰ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	افزایش عزت نفس، کاهش سرگیجه و نشخوار ذهنی
قانتینیو و همکاران (۲۰۱۷)-(۱۱۶)	عزت نفس	DLPFC چپ	آند F3 کاتد F4	۲۰ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	سهم مؤثری در ترشح دوپامین از قشر مغز
آنکری و همکاران (۲۰۱۷)-(۱۱۷)	ترشح دوپامین	DLPFC چپ	آند F4 کاتد SO	۲۰ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	افزایش توجه و حافظهٔ کاری، تنظیم هیجانی
چاروت و همکاران (۲۰۱۸)-(۱۱۸)	توجه و حافظهٔ کاری	DLPFC چپ	آند F3 کاتد Fp2	۲۰ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	افزایش بهبود در توجه و فعالیت‌های شناختی
پستالیزی و همکاران (۲۰۱۸)-(۱۱۹)	توجه	DLPFC چپ	آند F3 کاتد SO	۲۰ دقیقه	۱ میلی‌آمپر	افزایش بهبود در سیالی و روانی کلامی و تکرار کلمات
قناواتی و همکاران (۲۰۱۹)-(۱۲۰)	آنالیز واژگان درآقازیا	DLPFC چپ	آند T3/P4/F3 کاتد دلتوئید	۵ دقیقه	۲ میلی‌آمپر	بهبود در تکلم و سیالی کلامی
واسفی و همکارن (۲۰۱۹)-(۱۲۱)	روانی کلامی	DLPFC چپ	آند F3 کاتد F4	۱۵ دقیقه	۱/۵ میلی‌آمپر	بهبود پردازش شناختی و عملکرد اجرای و سیالی کلامی

منابع

1. Cubelli R, De Bastiani P. 150 years after leborgne: why is paul broca so important in the history of neuropsychology? Cortex. 2011; 2(47): 146-7.

2. Broca P. Sur le siège de la faculté du langage articulé (15 juin). Bulletins de la Société Anthropologque de Paris. 1865; 6: 377-93.

3. Newcombe F. Missile wounds of the brain: a study of psychological deficits. Oxford University Press. 1969.

4. Koenigs M, Tranel D, Damasio AR. The lesion method in cognitive neuroscience. The handbook of psychophysiology. 2007; 139-58.

5. Dayan E, Censor N, Buch ER, Sandrini M, Cohen LG. Noninvasive brain stimulation: from physiology to network dynamics and back. Nat Neurosci. 2013; 16(7): 838-44.

6. Nitsche MA, Liebetanz D, Antal A, Lang N, Tergau F, Paulus W. Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation–technical, safety and functional aspects. Supplements to Clinical Neurophysiology. 2003; 56: 255-76.

7. Boggio PS, Zaghi S, Fregni F. Modulation of emotions associated with images of human pain using anodal transcranial direct current stimulation (tDCS). Neuropsychologia. 2009; 47(1): 212-7.

8. Schlaug G, Renga V, Nair D. Transcranial direct current stimulation in stroke recovery. Archives of Neurology. 2008; 65(12): 1571-6.

9. Gomez Palacio Schjetnan A, Faraji J, Metz GA, Tatsuno M, Luczak A. Transcranial direct current stimulation in stroke rehabilitation: a review of recent advancements. Stroke Research and Treatment. 2013; 2013.

10. Kessler SK, Minhas P, Woods AJ, Rosen A, Gorman C, Bikson M. Dosage considerations for transcranial direct current stimulation in children: a computational modeling study. PloS One. 2013; 8(9): e76112.

11. Kuo MF, Paulus W, Nitsche MA. Therapeutic effects of non-invasive brain stimulation with direct currents (tDCS) in neuropsychiatric diseases. Neuroimage. 2014; 85: 948-60.

12. Nitsche MA, Boggio PS, Fregni F, Pascual-Leone A. Treatment of depression with transcranial direct current stimulation (tDCS): a review. Experimental Neurology. 2009; 219(1): 14-9.

13. Madhavan S, Shah B. Enhancing motor skill learning with transcranial direct current stimulation–a concise review with applications to stroke. Frontiers in Psychiatry. 2012; 3: 66.

14. Antal A, Kincses TZ, Nitsche MA, Paulus W.

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]

Modulation of moving phosphene thresholds by transcranial direct current stimulation of V1 in human. Neuropsychologia. 2003; 41(13): 1802-7.

15. Flöel A, Rösser N, Michka O, Knecht S, Breitenstein C. Noninvasive brain stimulation improves language learning. Journal of Cognitive Neuroscience. 2008; 20(8): 1415-22.

16. Kincses TZ, Antal A, Nitsche MA, Bártfai O, Paulus W. Facilitation of probabilistic classification learning by transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex in the human. Neuropsychologia. 2004; 42(1): 113-7.

17. Nitsche MA. Transcranial direct current stimulation: a new treatment for depression? Bipolar Disorders. 2002; 4: 98-9.

18. Fregni F, Boggio PS, Mansur CG, Wagner T, Ferreira MJ, Lima MC, et al. Transcranial direct current stimulation of the unaffected hemisphere in stroke patients. Neuroreport. 2005; 16(14): 1551-5.

19. Tranulis C, Sepehry AA, Galinowski A, Stip E. Should we treat auditory hallucinations with repetitive transcranial magnetic stimulation? A metaanalysis. The Canadian Journal of Psychiatry. 2008; 53(9): 577-86.

20. Beeli G, Casutt G, Baumgartner T, Jäncke L. Modulating presence and impulsiveness by external stimulation of the brain. Behavioral and Brain Functions. 2008; 4(1): 33.

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

22. Leite J, Carvalho S, Fregni F, Boggio PS, Gonçalves ÓF. The effects of cross-hemispheric dorsolateral prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS) on task switching. Brain Stimulation. 2013; 6(4): 660-7.

23. Asthana M, Nueckel K, Mühlberger A, Neueder D, Polak T, Domschke K, et al. Effects of transcranial direct current stimulation on consolidation of fear memory. Frontiers in Psychiatry. 2013; 4: 107.

24. Vannorsdall TD, Schretlen DJ, Andrejczuk M, Ledoux K, Bosley LV, Weaver JR, et al. Altering automatic verbal processes with transcranial direct current stimulation. Frontiers in Psychiatry. 2012; 3: 73.

25. 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. Journal of Neuroscience. 2007; 27(46): 12500-5.

26. Fregni F, Orsati F, Pedrosa W, Fecteau S, Tome FA, Nitsche MA, et al. Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates the desire for specific foods. Appetite. 2008; 51(1): 34-41.

27. Fregni F, Boggio PS, Nitsche MA, Rigonatti SP, Pascual-Leone A. Cognitive effects of repeated sessions of transcranial direct current stimulation in patients with depression. Depression and Anxiety. 2006; 23(8): 482-4.

28. Boggio PS, Ferrucci R, Rigonatti SP, Covre P, Nitsche M, Pascual-Leone A, et al. Effects of transcranial direct current stimulation on working memory in patients with Parkinson's disease. Journal of the Neurological Sciences. 2006; 249(1): 31-8.

29. Nitsche MA, Cohen LG, Wassermann EM, Priori A, Lang N, Antal A, et al. Transcranial direct current stimulation: state of the art 2008. Brain Stimulation. 2008; 1(3): 206-23.

30. Javadi AH, Walsh V. Transcranial direct current stimulation (tDCS) of the left dorsolateral prefrontal cortex modulates declarative memory. Brain Stimulation. 2012; 5(3): 231-41.

31. Boggio PS, Zaghi S, Lopes M, Fregni F. Modulatory effects of anodal transcranial direct current stimulation on perception and pain thresholds in healthy volunteers. European Journal of Neurology. 2008; 15(10): 1124-30.

32. Teo F, Hoy KE, Daskalakis ZJ, Fitzgerald PB. Investigating the role of current strength in tDCS modulation of working memory performance in healthy controls. Frontiers in Psychiatry. 2011; 2: 45.

33. Tanoue RT, Jones KT, Peterson DJ, Berryhill ME. Differential frontal involvement in shifts of internal and perceptual attention. Brain Stimulation. 2013; 6(4): 675-82.

34. Fregni F, Boggio PS, Nitsche M, Bermpohl F, Antal A, Feredoes E, et al. Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. Experimental Brain Research. 2006; 166(1): 23-30.

35. 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(1): 23.

36. Jacobson L, Koslowsky M, Lavidor M. tDCS polarity

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]

effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review. Experimental Brain Research. 2012; 216(1) :1-10.

37. Batsikadze G, Moliadze V, Paulus W, Kuo MF, Nitsche MA. Partially non-linear stimulation intensity-dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans. The Journal of Physiology. 2013; 591(7): 1987-2000.

38. Miniussi C, Harris JA, Ruzzoli M. Modelling non-invasive brain stimulation in cognitive neuroscience. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2013; 37(8): 1702-12.

39. Silvanto J, Muggleton N, Walsh V. State-dependency in brain stimulation studies of perception and cognition. Trends in Cognitive Sciences. 2008; 12(12): 447-54.

40. Silvanto J, Pascual-Leone A. State-dependency of transcranial magnetic stimulation. Brain Topography. 2008; 21(1): 1.

41. Quartarone A, Morgante F, Bagnato S, Rizzo V, Sant'Angelo A, Aiello E, et al. Long lasting effects of transcranial direct current stimulation on motor imagery. Neuroreport. 2004; 15(8): 1287-91.

42. Wiethoff S, Hamada M, Rothwell JC. Variability in response to transcranial direct current stimulation of the motor cortex. Brain Stimulation. 2014; 7(3): 468-75.

43. López-Alonso V, Cheeran B, Río-Rodríguez D, Fernández-del-Olmo M. Inter-individual variability in response to non-invasive brain stimulation paradigms. Brain Stimulation. 2014; 7(3): 372-80.

44. Fregni F, Boggio PS, Nitsche MA, Marcolin MA, Rigonatti SP, Pascul-Leone A. Treatment of major depression with transcranial direct current stimulation. Bipolar Disorders. 2006; 8(2): 203-4.

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

46. Knoch D, Nitsche MA, Fischbacher U, Eisenegger C, Pascual-Leone A, Fehr E. Studying the neurobiology of social interaction with transcranial direct current stimulation-the example of punishing unfairness. Cerebral Cortex. 2007; 18(9): 1987-90.

47. Priori A, Mameli F, Cogiamanian F, Marceglia SA, Tiriticco M, Mrakic-Sposta S, et al. Lie-specific involvement of dorsolateral prefrontal cortex in deception. Cerebral Cortex. 2007; 18(2): 451-5.

48. Beeli G, Koeneke S, Gasser K, Jancke L. Brain stimulation modulates driving behavior. Behavioral and Brain Functions. 2008; 4(1): 34.

49. 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.

50. Jo JM, Kim YH, Ko MH, Ohn SH, Joen B, Lee KH. Enhancing the working memory of stroke patients using tDCS. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 2009; 88(5): 404-9.

51. Kang EK, Baek MJ, Kim S, Paik NJ. Non-invasive cortical stimulation improves post-stroke attention decline. Restorative Neurology and Neuroscience. 2009; 27(6): 647-52.

52. Cerruti C, Schlaug G. Anodal transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex enhances complex verbal associative thought. Journal of Cognitive Neuroscience. 2009; 21(10): 1980-7.

53. Elmer S, Burkard M, Renz B, Meyer M, Jäncke L. Direct current induced shortterm modulation of the left dorsolateral prefrontal cortex while learning auditory presented nouns. Behav Brain Funct. 2009; 5: 29.

54. Fertonani A, Rosini S, Cotelli M, Rossini PM, Miniussi C. Naming facilitation induced by transcranial direct current stimulation. Behavioural Brain Research. 2010; 208(2): 311-8.

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

56. Mameli F, Mrakic-Sposta S, Vergari M, Fumagalli M, Macis M, Ferrucci R, et al. Dorsolateral prefrontal cortex specifically processes general–but not personal–knowledge deception: multiple brain networks for lying. Behavioural Brain Research. 2010; 211(2): 164-8.

57. Boggio PS, Campanhã 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. European Journal of Neuroscience. 2010; 31(3): 593-7.

58. Ambrus GZG, Zimmer M, Kincses ZT, Harza I, Kovács G, Paulus W, et al. The enhancement of cortical excitability over the DLPFC before and during training impairs categorization in the prototype distortion task.

Neuropsychologia. 2011; 49(7): 1974-80.59. Andrews

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]

SC, Hoy KE, Enticott PG, Daskalakis ZJ, Fitzgerald PB. Improving working memory: the effect of combining cognitive activity and anodal transcranial direct current stimulation to the left dorsolateral prefrontal cortex. Brain Stimulation. 2011; 4(2): 84-9.

60. Peña-Gómez C, Vidal-Pineiro D, Clemente IC, Pascual-Leone Á, Bartres-Faz D. Down-regulation of negative emotional processing by transcranial direct current stimulation: effects of personality characteristics. PloS One. 2011; 6(7): e22812.

61. Hammer A, Mohammadi B, Schmicker M, Saliger S, Münte TF. Errorless and errorful learning modulated by transcranial direct current stimulation. BMC Neuroscience. 2011; 12(1): 72.

62. Leite J, Carvalho S, Fregni F, Gonçalves OF. Task-specific effects of tDCS-induced cortical excitability changes on cognitive and motor sequence set shifting performance. PloS One. 2011; 6(9): e24140.

63. Mulquiney PG, Hoy KE, Daskalakis ZJ, Fitzgerald PB. Improving working memory: exploring the effect of transcranial random noise stimulation and transcranial direct current stimulation on the dorsolateral prefrontal cortex. Clinical Neurophysiology. 2011; 122(12): 2384-9.

64. Peña-Gómez C, Vidal-Pineiro D, Clemente IC, Pascual-Leone Á, Bartres-Faz D. Down-regulation of negative emotional processing by transcranial direct current stimulation: effects of personality characteristics. PloS One. 2011; 6(7): e22812.

65. Zaehle T, Sandmann P, Thorne JD, Jäncke L, Herrmann CS. Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates working memory performance: combined behavioural and electrophysiological evidence. BMC Neuroscience. 2011; 12(1): 2.

66. Minati L, Campanhã 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. Cognitive Neuroscience. 2012; 3(2): 80-8.

67. Balconi M, Vitaloni S. The tDCS effect on alpha brain oscillation for correct vs. incorrect object use. The contribution of the left DLPFC. Neuroscience Letters. 2012; 517(1): 25-9.

68. Gladwin TE, den Uyl TE, Wiers RW. Anodal tDCS of dorsolateral prefontal cortex during an Implicit Association Test. Neuroscience Letters. 2012; 517(2): 82-6.

69. Hortensius R, Schutter DJ, Harmon-Jones E. When anger leads to aggression: Induction of relative left frontal cortical activity with transcranial direct current stimulation increases the anger-aggression relationship. Social Cognitive and Affective Neuroscience. 2011; 7(3): 342-7.

70. Javadi AH, Cheng P, Walsh V. Short duration transcranial direct current stimulation (tDCS) modulates verbal memory. Brain Stimulation. 2012; 5(4): 468-74.

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

72. Maeoka H, Matsuo A, Hiyamizu M, Morioka S, Ando H. Influence of transcranial direct current stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex on pain related emotions: a study using electroencephalographic power spectrum analysis. Neuroscience Letters. 2012; 512(1): 12-6.

73. Metuki N, Sela T, Lavidor M. Enhancing cognitive control components of insight problems solving by anodal tDCS of the left dorsolateral prefrontal cortex. Brain Stimulation. 2012; 5(2): 110-5.

74. Mylius V, Jung M, Menzler K, Haag A, Khader PH, Oertel WH, et al. Effects of transcranial direct current stimulation on pain perception and working memory. European Journal of Pain. 2012; 16(7): 974-82.

75. Nitsche MA, Koschack J, Pohlers H, Hullemann S, Paulus W, Happe S. Effects of frontal transcranial direct current stimulation on emotional state and processing in healthy humans. Frontiers in Psychiatry. 2012; 3: 58.

76. Sela T, Ivry RB, Lavidor M. Prefrontal control during a semantic decision task that involves idiom comprehension: a transcranial direct current stimulation study. Neuropsychologia. 2012; 50(9): 2271-80.

77. Xue G, Juan CH, Chang CF, Lu ZL, Dong Q. Lateral prefrontal cortex contributes to maladaptive decisions. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2012; 109(12): 4401-6.

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

79. Cattaneo Z, Lega C, Flexas A, Nadal M, Munar E, Cela-Conde CJ. The world can look better: enhancing beauty experience with brain stimulation. Social Cognitive and Affective Neuroscience. 2013; 9(11): 1713-21.

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]

80. Fecteau S, Boggio PS, Fregni F, Pascual-Leone A. Modulation of untruthful responses with non-invasive brain stimulation. Frontiers in Psychiatry. 2013; 3: 97.

81. Hecht D, Walsh V, Lavidor M. Bi-frontal direct current stimulation affects delay discounting choices. Cognitive Neuroscience. 2013; 4(1): 7-11.

82. Feeser M, Prehn K, Kazzer P, Mungee A, Bajbouj M. Transcranial direct current stimulation enhances cognitive control during emotion regulation. Brain Stimulation. 2014; 7(1): 105-12.

83. Foerster Á, Rocha S, Wiesiolek C, Chagas AP, Machado G, Silva E, et al. Site-specific effects of mental practice combined with transcranial direct current stimulation on motor learning. European Journal of Neuroscience. 2013; 37(5): 786-94.

84. Hoy KE, Emonson MR, Arnold SL, Thomson RH, Daskalakis ZJ, Fitzgerald PB. Testing the limits: investigating the effect of tDCS dose on working memory enhancement in healthy controls. Neuropsychologia. 2013; 51(9): 1777-84.

85. Javadi AH, Cheng P. Transcranial direct current s timulation (tDCS) enhances reconsolidation of long-term memory. Brain Stimulation. 2013; 6(4): 668-74.

86. Kongthong N, Minami T, Nakauchi S. Semantic processing in subliminal face stimuli: an EEG and tDCS study. Neuroscience Letters. 2013; 544: 141-6.

87. Manenti R, Brambilla M, Petesi M, Ferrari C, Cotelli M. Enhancing verbal episodic memory in older and young subjects after non-invasive brain stimulation. Frontiers in Aging Neuroscience. 2013; 5: 49.

88. Meiron O, Lavidor M. Unilateral prefrontal direct current stimulation effects are modulated by working memory load and gender. Brain Stimulation. 2013; 6(3): 440-7.

89. Mengarelli F, Spoglianti S, Avenanti A, Di Pellegrino G. Cathodal tDCS over the left prefrontal cortex diminishes choice-induced preference change. Cerebral Cortex. 2013; 25(5): 1219-27.

90. Motohashi N, Yamaguchi M, Fujii T, Kitahara Y. Mood and cognitive function following repeated transcranial direct current stimulation in healthy volunteers: a preliminary report. Neuroscience Research. 2013; 77(1-2): 64-9.

91. Nozari N, Thompson-Schill SL. More attention when speaking: Does it help or does it hurt? Neuropsychologia. 2013; 51(13): 2770-80.

92. Vanderhasselt MA, Brunoni AR, Loeys T, Boggio PS, De Raedt R. Nosce te ipsum–Socrates revisited? Controlling momentary ruminative self-referent thoughts by neuromodulation of emotional working memory. Neuropsychologia. 2013; 51(13): 2581-9.

93. Vanderhasselt MA, De Raedt R, Brunoni AR, Campanhã 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.

94. Balconi M, Vitaloni S. Dorsolateral pFC and the representation of the incorrect use of an object: the transcranial direct current stimulation effect on N400 for visual and linguistic stimuli. Journal of Cognitive Neuroscience. 2014; 26(2): 305-18.

95. Nelson JT, McKinley RA, Golob EJ, Warm JS, Parasuraman R. Enhancing vigilance in operators with prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS). Neuroimage. 2014; 85: 909-17.

96. Smittenaar P, Prichard G, FitzGerald TH, Diedrichsen J, Dolan RJ. Transcranial direct current stimulation of right dorsolateral prefrontal cortex does not affect model-based or model-free reinforcement learning in humans. PloS One. 2014; 9(1): e86850.

97. Woods AJ, Hamilton RH, Kranjec A, Minhaus P, Bikson M, Yu J, et al. Space, time, and causality in the human brain. Neuroimage. 2014; 92: 285-97.

98. Feeser M, Prehn K, Kazzer P, Mungee A, Bajbouj M. Transcranial direct current stimulation enhances cognitive control during emotion regulation. Brain Stimulation. 2014; 7(1): 105-12.

99. Sanders T, Liu Y, Buchner V, Tchounwou PB. Neurotoxic effects and biomarkers of lead exposure: a review. Reviews on Environmental Health. 2009; 24(1): 15-46.

100. Carvalho S, Boggio PS, Gonçalves ÓF, Vigário AR, Faria M, Silva S, et al. Transcranial direct current stimulation based metaplasticity protocols in working memory. Brain Stimulation. 2015; 8(2): 289-94.

101. Kuehne M, Heimrath K, Heinze HJ, Zaehle T. Transcranial direct current stimulation of the left dorsolateral prefrontal cortex shifts preference of moral judgments. PloS One. 2015; 10(5): e0127061.

102. Pripfl J, Lamm C. Focused transcranial direct current stimulation (tDCS) over the dorsolateral prefrontal cortex modulates specific domains of self-regulation. Neurosci Res. 2015; 91: 41-7.

103. Cheng GL, Lee TM. Altering risky decision-making:

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]

Influence of impulsivity on the neuromodulation of prefrontal cortex. Social Neuroscience. 2016; 11(4): 353-64.

104. Leenus DJF, Cuypers K, Vanvlijmen D, Meesen RLJ. The effect of anodal transcranial direct current stimulation on multi-limb coordination performance. Neuroscience. 2015; 290: 11-7.

105. Turi Z, Mittner M, Opitz A, Popkes M, Paulus W, Antal A. Transcranial direct current stimulation over the left prefrontal cortex increases randomness of choice in instrumental learning. Cortex. 2015; 63: 145-54.

106. Rêgo GG, Lapenta OM, Marques LM, Costa TL, Leite J, Carvalho S, et al. Hemispheric dorsolateral prefrontal cortex lateralization in the regulation of empathy for pain. Neuroscience Letters. 2015; 594: 12-6.

107. Riva P, Romero Lauro LJ, DeWall CN, Chester DS, Bushman BJ. Reducing aggressive responses to social exclusion using transcranial direct current stimulation. Social Cognitive and Affective Neuroscience. 2014; 10(3): 352-6.

108. Riva P, Romero Lauro LJ, Vergallito A, DeWall CN, Bushman BJ. Electrified emotions: Modulatory effects of transcranial direct stimulation on negative emotional reactions to social exclusion. Social Neuroscience. 2015; 10(1): 46-54.

109. Choi KM, Scott DT, Lim SL. The modulating effects of brain stimulation on emotion regulation and decision-making. Neuropsychiatric Electrophysiology. 2016; 2(1): 4.

110. Ye H, Chen S, Huang D, Wang S, Jia Y, Luo J. Transcranial direct current stimulation over prefrontal cortex diminishes degree of risk aversion. Neuroscience Letters. 2015; 598: 18-22.

111. Mancuso LE, Ilieva IP, Hamilton RH, Farah MJ. Does transcranial direct current stimulation improve healthy working memory? a meta-analytic review. Journal of Cognitive Neuroscience. 2016; 28(8): 1063-89.

112. Hone-Blanchet A, Edden RA, Fecteau S. Online effects of transcranial direct current stimulation in real time on human prefrontal and striatal metabolites. Biological Psychiatry. 2016; 80(6): 432-8.

113. Tayeb Y, Lavidor M. Enhancing switching abilities: Improving practice effect by stimulating the dorsolateral pre frontal cortex. Neuroscience. 2016; 313: 92-8.

114. Leshikar ED, Leach RC, McCurdy MP, Trumbo MC, Sklenar AM, Frankenstein AN, etv al. Transcranial direct current stimulation of dorsolateral prefrontal cortex during encoding improves recall but not recognition memory. Neuropsychologia. 2017; 106: 390-7.

115. De Raedt R, Remue J, Loeys T, Hooley JM, Baeken C. The effect of transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex on implicit self-esteem is mediated by rumination after criticism. Behaviour Research and Therapy. 2017; 99: 138-46.

116. Fonteneau C, Haesebaert F, Redoute J, Le Bars D, Costes N, Brunelin J, et al. Online transcranial direct current stimulation of the frontal cortex induces dopamine release in the striatum-a spatial and temporal analysis in healthy humans. Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation. 2017; 10(2): 516-7.

117. Ankri Y, Meiron O, Braw Y. Executive attention enhancement under stress: A TDCS randomized controlled trial. Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation. 2017; 10(2): 350.

118. Charvet L, Shaw M, Dobbs B, Frontario A, Sherman K, Bikson M, et al. Remotely supervised transcranial direct current stimulation increases the benefit of at-home cognitive training in multiple sclerosis. Neuromodulation: Technology at the Neural Interface. 2018; 21(4): 383-9.

119. Pestalozzi MI, Di Pietro M, Martins Gaytanidis C, Spierer L, Schnider A, Chouiter L, et al. Effects of prefrontal transcranial direct current stimulation on lexical access in chronic poststroke aphasia. Neurorehabilitation and Neural Repair. 2018; 32(10): 913-23.

120. Ghanavati E, Salehinejad MA, Nejati V, Nitsche MA. Differential role of prefrontal, temporal and parietal cortices in verbal and figural fluency: Implications for the supramodal contribution of executive functions. Scientific Reports. 2019; 9(1): 3700.

121. Vaseghi B, Zoghi M, Jaberzadeh S. Unihemispheric concurrent dual-site cathodal transcranial direct current stimulation: the effects on corticospinal excitability. European Journal of Neuroscience. 2016; 43(9): 1161-72.

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/shefa.8.1.129]