journal of
Adolescent and Youth Psychological Studies
www.jayps.iranmehr.ac.ir

Spring (May) 2023, Volume 4, Issue 3, 88-113

Meta-Analysis of the Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation on the Memory of People with Learning Disabilities

Helen. Serajian Maralan[1], Shahram. Vahedi*[1] & Gholamreza. Chalabianloo[3]

1. PhD student in Educational Psychology, Department of Psychology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
2. ***Corresponding author:** professor of the Department of Educational Sciences and Psychology, Tabriz University, Iran
3. Associate Professor, Department of Educational Sciences and Psychology, Shahid Madani University of Azerbaijan, Tabriz, Iran

ARTICLE INFORMATION

Article type
Original research
Pages: 88-113

Corresponding Author's Info
Email:
vahedi117@yahoo.com

Article history:
Received: 2022/08/30
Revised: 2022/12/31
Accepted: 2023/01/12
Published online: 2023/06/10

Keywords:
Electrical brain stimulation, learning disability, metaanalysis, memory.

ABSTRACT

Background and Aim: Learning disabilities, problems processing information obtained from the surrounding environment, are based on neurological disorders. These processing problems can interfere with learning basic skills such as reading, writing and/or math. The aim of the present study was to Meta-analyze the effectiveness of electrical brain stimulation on the memory of people with learning disabilities. **Methods:** This research was conducted using the meta-analysis method. The statistical population included all Persian and English researches conducted in the field of effectiveness of brain electrical stimulation intervention on memory improvement of people with learning disabilities. Among them, researches with meta-analysis criteria were reviewed by comprehensive meta-analysis software. **Results:** These studies were based on 450 samples and 26 effect sizes. The meta-analysis results showed that the effect size of brain electrical stimulation on memory improvement of people with learning disability is d=1.188. This effect size is an acceptable value according to Cohen's table. **Conclusion:** The results indicate that electrical stimulation of the brain has a great effect on improving the memory of students with learning disabilities; therefore, it was suggested that experts use these interventions to improve the memory of these students. Also, paying attention to the type of learning disorder is important in the effectiveness of the treatment.

This work is published under CC BY-NC 4.0 licence. © 2023 The Authors.

How to Cite This Article:
Serajian Maralan, H., Vahedi, Sh., & Chalabianloo, Gh. (2023). Meta-Analysis of the Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation on the Memory of People with Learning Disabilities. *Jayps*, 4(3): 88-113.

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

مطالعات روانشناختی نوجوان و جوان

www.jayps.iranmehr.ac.ir

بهار (خرداد) ۱۴۰۲، دوره ۴، شماره ۳ (پیاپی ۹)، صفحه‌های ۱۱۳-۸۸

فراتحلیل اثربخشی تحریک الکتریکی مغز بر حافظه افراد دارای ناتوانی یادگیری

هلن سراجیان مارالان[۱]، شهرام واحدی*[۲] و غلامرضا چلبیانلو[۳]

۱. دانشجوی دکتری رشته روانشناسی تربیتی، گروه روانشناسی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۲. استاد گروه علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تبریز، ایران
۳. دانشیار گروه علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

صفحات: ۱۱۳-۸۸

اطلاعات نویسنده مسئول

ایمیل:
vahedi117@yahoo.com

سابقه مقاله

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۶/۰۸

تاریخ اصلاح مقاله: ۱۴۰۱/۱۰/۱۰

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۱۰/۲۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰

واژگان کلیدی

تحریک الکتریکی مغز، ناتوانی یادگیری، فراتحلیل، حافظه

چکیده

زمینه و هدف: ناتوانی‌های یادگیری، مشکلات پردازش اطلاعات به دست آمده از محیط اطراف، مبتنی بر اختلالات عصب شناختی است. این مشکلات پردازشی می‌توانند در یادگیری مهارت‌های اساسی مانند خواندن، نوشتن و یا ریاضی اختلال ایجاد کنند. هدف پژوهش حاضر فراتحلیل اثربخشی تحریک الکتریکی مغز بر حافظه افراد دارای ناتوانی یادگیری بود. **روش پژوهش:** این پژوهش با استفاده از روش فراتحلیل انجام شد. جامعه آماری شامل تمامی پژوهش‌های فارسی و انگلیسی انجام شده در زمینه اثربخشی مداخله تحریک الکتریکی مغز بر بهبود حافظه افراد دارای ناتوانی یادگیری بود. از میان آن‌ها، پژوهش‌های دارای ملاک فراتحلیل توسط نرم افزار جامع فراتحلیل بررسی شدند. **یافته‌ها:** این پژوهش‌ها مبتنی بر ۴۵۰ نمونه و ۲۶ اندازه اثر بودند. نتایج فراتحلیل نشان داد میزان اندازه اثر تحریک الکتریکی مغز بر بهبود حافظه افراد دارای ناتوانی یادگیری d=۱/۱۸۸ است. این اندازه اثر طبق جدول کوهن مقدار قابل قبول است. **نتیجه‌گیری:** نتایج حاکی از آن است که تحریک الکتریکی مغز بر بهبود حافظه دانش‌آموزان دارای ناتوانی یادگیری تأثیر فراوان داشته است؛ بنابراین پیشنهاد گردید متخصصان از این مداخلات در جهت بهبود حافظه این دانش‌آموزان استفاده نمایند. همچنین توجه به نوع اختلال یادگیری، در اثربخشی درمان حائز اهمیت است.

انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC 4.0 صورت گرفته است.
تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است.

شیوه استناد به این مقاله

سراجیان مارالان، هلن؛ واحدی، شهرام؛ و چلبیانلو، غلامرضا. (۱۴۰۲). فراتحلیل اثربخشی تحریک الکتریکی مغز بر حافظه افراد دارای ناتوانی یادگیری. *مطالعات روان‌شناختی نوجوان و جوان*، ۴(۳): ۱۱۳-۸۸.

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

مقدمه

امروزه توضیح رفتار بدون توجه به عملکرد سازمان‌بندی عصبی آن تقریباً ناشدنی است. با پیشروی در شناختن و اهمیت اطلاعات، اهمیت و نقش آرایش اطلاعاتی و داده‌های محیط و نقش مغز در پردازش اطلاعات نیز آشکار می‌گردد (میرسکی[1]، ۲۰۱۸). عصب روان‌شناختی نه‌تنها امکان درک روابط بین رفتار و قشر مخ را فراهم می‌کند، درعین‌حال خود به‌عنوان ابزار نیز وارد عمل می‌شود و از یک‌سو در نقش مدل و چهارچوب عمل می‌کند و از سوی دیگر در نقش مکانیسم و شیوه کار (مرزی[2]، ۲۰۲۰). علم عصب روان‌شناختی عبارت است از مطالعه روابط بین مغز و رفتار و سنجش عصب روان‌شناختی شامل کاربرد این حوزه از دانش برای ارزیابی و مداخله در رفتار انسان به‌عنوان محصول کارکرد بهنجار و نابهنجار دستگاه عصبی مرکزی است (هورووویتز و همکاران[3]، ۲۰۲۰). ارزیابی عصب روان‌شناختی مطالعه غیرمستقیم مغز است و در این روش به‌جای مطالعه مستقیم ساختار مغز با استفاده آزمون‌های عصب روان‌شناختی توانایی‌ها و کارکردهایی از قبیل حافظه، استدلال انتزاعی، مسئله گشایی، توانایی‌های فضایی و پیامدهای هیجانی و شخصیتی ناشی از کژ کاری مغزی مورد مطالعه قرار می‌گیرد (الینگ[4]، ۲۰۱۹).

ناتوانی‌های یادگیری نیز یک اختلال عصب روان‌شناختی است که به‌صورت دشواری‌های جدی در فراگیری و کاربرد گوش دادن، حرف زدن، خواندن، نوشتن و محاسبه در کودکانی با هوش طبیعی تجلی می‌شود (گریگونکو و همکاران[5]، ۲۰۱۹). به‌طوری‌که این اختلالات منشأ عصب‌شناختی داشته و دارای یک روند تحولی است که پیش از دبستان شروع و تا بزرگسالی ادامه پیدا می‌کند (فلچر، لیون، فاچز و بارنز[6]، ۲۰۱۸). اغلب متخصصان و روان شناسان به سه طبقه‌ی اصلی در این دسته از اختلالات اشاره کرده‌اند که شامل اختلال در خواندن[7]، اختلال در نوشتن[8]، اختلال در ریاضیات[9] (دومینگز و کاراگنو[10]، ۲۰۲۰).

در اختلال ریاضی به‌طورکلی در چهار مهارت دانش‌آموز مبتلا نقص دارد که عبارت‌اند از: ۱) مهارت‌های زبان (مثل فهمیدن و نام بردن اصطلاحات ریاضی، فهمیدن و نام بردن اعمال و مفاهیم ریاضی و تبدیل آن به نمادها) (آتکینسون[11]، ۲۰۱۸)؛ ۲) مهارت‌های ادراکی (مثل شناخت و خواندن نمادهای عددی یا نشانه‌های حسابی و گروه‌بندی ارقام) (گری[12]، ۲۰۱۴)؛ ۳) مهارت‌های ریاضی (مانند رعایت مراحل ریاضی، شمارش و یادگیری جدول ضرب)؛ ۴) مهارت ادراکی (مثل کپی کردن درست ارقام، به خاطر سپردن ارقام) (هکر، کیوهارا و لوین[13]، ۲۰۱۹). لرنر[14] (۱۹۹۳) می‌گوید حدود شش درصد کودکان در سنین مدرسه‌ای در فرایند ریاضی دارای مشکلاتی هستند. حالتی که سبب به وجود آمدن مسائل دائمی در محاسبه و فرایند عددی می‌شود اغلب به‌عنوان حساب نارسایی شناخته می‌شود. حساب نارسایی ناتوانی عمیق در فراگیری مفاهیم ریاضی و محاسبه‌ای است که با به‌کارگیری مغز در ارتباط هست (سورس، ایوانز و پتل[15]، ۲۰۱۸). مشکلات اختلال خواندن از اساسی‌ترین مشکلاتی است که کودکان مبتلا به اختلالات یادگیری با آن مواجه هستند (هالاهان، پولن و وارد[16]، ۲۰۱۴)؛ زیرا کودکی که نمی‌تواند بخواند شانس بسیار کمی برای موفقیت در مدرسه دارد (اسوانسون و ژنگ[17]، ۲۰۱۴).

1. Mirsky
2. Marzi
3. Horowitz et al.
4. Eling
5. Grigorenko et al.
6. Fletcher, Lyon, Fuchs, & Barnes
7. dyslexia
8. disorder of written expression
9. mathematics disorder
10. Dominguez & Carugno
11. Atkinson
12. Geary
13. Hacker, Kiuhara, & Levin
14. Lerner
15. Soares, Evans, & Patel
16. Hallahan, Pullen, & Ward
17. Swanson & Zheng

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

کوپیتز[1] معتقد است پیش از آنکه کودک خواندن را یاد بگیرد باید به مرحله‌ای از رشد دیداری-حرکتی رسیده باشد و قسمت اصلی فرایند پیچیده خواندن عبارت از درک الگوهای روابط فضایی و سازمان‌دهی شکل است (فلچر، استبینگ، موریس و لیون[2]، ۲۰۱۴). علاوه بر آن، گاهی دشواری‌های خواندن این کودکان با مشکل هجی کردن نیز همراه است. گاهی اوقات به علت فشارهای محیطی بی‌توجهی اطرافیان به توانایی‌های خاص این دسته از کودکان، مشکلات روانی و رفتاری به نیز این مشکلات افزوده می‌شود (کوپه و همکاران[3]، ۲۰۱۲).

اختلال خواندن اختلالی است که به‌رغم تجارب کلاسی متعارف، شخص در کسب مهارت‌های زبانی و هجی کردن که متناسب با توانایی هوشی اوست، عاجز است (پیترز و انصاری[4]، ۲۰۱۹). در افرادی که اختلال خواندن دارند، بلند خوانی با تحریف، جانشین‌سازی با حذف اصوات همراه است و خواندن با صدا و بدون صدا، با کندی و خطاهای استنباطی مشخص می‌شود (کانگ، یان، سرسکی و اسوانسون[5]، ۲۰۲۱). امروزه توجه به این مطلب معطوف است که مغز چگونه خواندن، نوشتن و ریاضیات را انجام می‌دهد و اعمال این سامانه که به نام شناخت، شناخته می‌شود چه ارتباطی با مواد عصبی دارد. در طول پنج دهه گذشته مطالعات گسترده‌ای درباره عوامل عصب روان‌شناختی مؤثر به ناتوانی‌های یادگیری انجام شده است (گریگورنکو و همکاران[6]، ۲۰۲۰). گروهی ناکارآمدی دستگاه عصبی مرکزی را عامل اصلی اختلالات یادگیری تلقی و گروهی آن را ناشی از اختلالات ادراکی و هماهنگی حرکتی-ادراکی، ضعف حافظه و توجه، ضعف سازمان‌دهی و عملکرد شناختی و گروهی تأخیر در به جریان انداختن اطلاعات می‌دانند (پلاتزر و لمک[7]، ۲۰۲۱؛ مونیس، واگبو، ال-اوین، الحمیدی و الکورایا[8]، ۲۰۱۹؛ لاست و همکاران[9]، ۲۰۲۲؛ بهاراتی[10]، ۲۰۲۱)

در سبب‌شناسی اختلال یادگیری از دیدگاه دانش پزشکی، علت این اختلال به منشأ زیستی آن و زمینه‌هایی از قبیل آسیب مغزی[11]، ضایعه مغزی[12]، آپراکسیا[13] و اگنوزیا[14] نسبت داده می‌شود (لک، داتون و چورکون[15]، ۲۰۱۹). روانشناسان در این زمینه به جستجوی مواردی از قبیل اختلالات ادراکی، رفتار تکانشی[16]، رفتار بی‌وقفه[17]، تکرار غیرارادی[18]، بیش فعالی[19] پرداخته‌اند (گابریلی، تاراسچ، ولیکی و اودیا-بلکمن[20]، ۲۰۲۰). دانش مربوط به زبان (زبان‌شناسی، تحول زبان، آسیب‌شناسی زبان و روان‌شناسی زبان)، اختلالات یادگیری را به‌عنوان پدیده‌ای نو در قلمرو انواع اختلالات زبان مورد توجه قرار داده و در این خصوص به مواردی نظیر آفازیا[21]، نارساخوانی[22]، آنومیا[23] (فراموشی نام‌ها)، اختلالات زبان بیانی[24] و دریافتی[25] پرداخته‌اند (موزیکو[26]، ۲۰۲۲).

علوم آزمایشگاهی به جای بررسی علت و ریشه روانشناختی این اختلال، بیشترین تأکید خود را بر شرایط یادگیری معطوف داشته است (میکیاک و فلچر[27]، ۲۰۲۰). از زمان شکل‌گیری علم عصب روان‌شناختی

1. Koppitz
2. Fletcher, Stuebing, Morris, & Lyon
3. Cope et al.
4. Peters & Ansari
5. Kong, Yan, Serceki, & Swanson
6. Grigorenko et al.

7. Platzer & Lemke
8. Monies, Vågbø, Al-Owain, Alhomaidi, & Alkuraya
9. Lust et al.
10. Bharathi
11. cerebral impairment
12. brain injury
13. apraxia
14. anoxia
15. Lueck, Dutton, & Chokron
16. impulsivity
17. disinhibited behavior
18. perseveration
19. hyperactivity
20. Gabriely, Tarrasch, Velicki, & Ovadia-Blechman
21. aphasia
22. dyslexia
23. anomia
24. expressive language
25. receptive language
26. Mozeiko
27. Miciak & Fletcher

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

تـاکنون توجـه بـه کارکردهـای شـناختی بـوده اسـت و اختلال‌های شناختی، به‌عنوان بخشی از مشکلات کودکان دارای نـاتوانی‌هـای یـادگیری، مفهـوم تـازه‌ای نیسـت و ناتوانی‌های یادگیری اساسی، به‌عنوان اخـتلال در کـارکرد عصب روان‌شناختی تلقـی مـی‌شـود (ژانـگ و همکـاران[۱]، ۲۰۲۰). هـدف عمـده سـنجش نارسـایی در یـادگیری، شناسایی نقاط قوت و ضعف، جهت ارائه برنامـه آموزشـی است؛ ازآنجا که یکی از عوامل ایجاد اختلال‌های یادگیری شامل نقایص عصب شناختی و عمدتاً آسیب‌های وارده بـه دستگاه عصبی مرکزی است (تورگسـن[۲]، ۲۰۱۸). نقـایص عصـب شـناختی شـامل مشـکلاتی در ادراک دیـداری و لامسـه، همـاهنگی روانـی-حرکتـی، توجهـات دیـداری و لامسه، حافظه غیرکلامی، استدلال، کارکردهای اجرایـی و مشکلات ویژه در جنبه‌های از زبان و گفتار است (امینلـو، درآمدی و خلعتبری، ۲۰۲۲).

مرور مطالعات نشان می‌دهـد کودکـانی کـه در ریاضـیات اختلال دارند؛ معمولاً در درک فضایی نیـز مشـکل دارنـد؛ برای مثال در ادراک مفاهیم بالا، پایین، چپ، راست، زیـر، عقب و جلـو و غیـره دچـار سـردرگمی مـی‌شـوند و ایـن مشکلات در تصویر ذهنـی از نظـام اعـداد اخـتلال ایجـاد می‌کند و سبب می‌شود این کودکان نتواننـد فاصـله بـین اعداد و مکان مربوط به آن‌ها را تشخیص دهنـد (بیشـارا[۳]، ۲۰۱۸؛ درگاس، میتسـیا و اسـکینز[۴]، ۲۰۲۲؛ مـک داول[۵]، ۲۰۱۸). بروز این مشکلات ناشی از آسـیب لـب آهیانـه‌ای (پاریتال) است (گریکورنکو و همکاران، ۲۰۱۸)؛ اما آسیب این منطقه، با مهارت‌هـای زبـان شـفاهی مشـکلی ندارنـد (چاکرون، کوارسکی و داتـون[۶]، ۲۰۲۱). همچنـین آسـیب در قطعـه آهیانـه‌ای عـلاوه بـر توانـایی دیـداری-فضـایی، حافظه کوتاه‌مدت و حافظه فعال را نیز مختـل مـی‌کنـد و آسیب‌های گیجگاهی- آهیانه‌ای چپ به‌طورجدی توانـائی یادآوری توالی اعداد را مختل مـی‌کنـد (محمـود، زینـال، رسلی و مات[۷]، ۲۰۲۰) و این نـواحی عمـدتاً در نگهـداری مـواد کلامـی و نـواحی گیجگـاهی- آهیانـه‌ای راسـت در نگهداری مواد غیرکلامی مثل وضعیت فضایی نقـش دارد. تحقیقاتی نیز بـرای قطعـه گیجگـاهی و آهیانـه‌ای نقـش مکملی در حافظه قائل شده‌اند (فلچر و همکاران، ۲۰۱۸). تحقیقـات همچنـین حکایـت از نقـش قطعـه پیشـانی در کاربرد حافظـه دارنـد (هـورویتز و همکـاران، ۲۰۲۰). در پژوهشـی پاتـل و همکـاران[۸] نشـان دادنـد کـه منـاطق گیجگاهی و آهیانه‌ای در نارساخوان‌هـا در آزمـون حافظـه کاری شنیداری فعالیت بیشـتری دارنـد. نمـره پـایین در محاسبه و فراخنای ارقام انعکاس ضـعف توجـه یـا تـوالی است (پاتل و همکاران[۹]، ۲۰۱۸). در تحقیقی شوارتز[۱۰] به این نتیجه رسید که عملکرد کودکان نـاتوان در یـادگیری در مثلث توجه مقیاس هوشی وکسـلر (حسـاب، فراخنـای ارقـام، رمزنویسـی) ضـعیف اسـت و بـا نمـره خوانـدن و ریاضـیات آنـان همبسـتگی دارد (شـوارتز[۱۱]، ۱۹۸۵). از سوی دیگر نتایج آزمایش سیو، سـو، لـی، شـو و گانـگ[۱۲] نشان می‌دهند که مناطق مختلف مغزی به‌صورت متفاوت برای انواع دقت و توجه فعال می‌گردند. ازجمله به هنگـام دقت و توجه مکانی قشر آهیانه‌ای فعال می‌شـود و وقتـی دقت و توجه به ویژگی شکل و رنگ معطوف است فعالیت قشـر آهیانـه‌ای پـس سـری فزونـی مـی‌یابـد. بـایلی و همکاران[۱۳] الگوی دیگری از دقت و توجه ارائه مـی‌دهنـد که در قطعه پیشانی قرار داشته و بـا حافظـه کوتـاه‌مـدت ارتباط تنگاتنگی دارد و نیز آنکه میزان مشـارکت منـاطق قطعه پیشانی به میزان دقت و توجه بستگی دارد (بـایلی، هافت، آبوند و کاتینگ[۱۴]، ۲۰۱۶).

1. Zhang et al.
2. Torgesen
3. Bishara
4. Drigas, Mitsea, & Skianis
5. McDowell
6. Chokron, Kovarski, & Dutton
7. Mahmud, Zainal, Rosli, & Maat
8. Patael, et al.
9. Patael et al.
10. Scwartz
11. Schwartz
12. Cui, Su, Li, Shu & Gong
13. Bailey, et al.
14. Bailey, Hoeft, Aboud, & Cutting

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

در سال‌های اخیر، دانشمندان علوم تربیتی شروع به مطالعهٔ مغز به عنوان فرمانده اصلی بدن نمودند و به دنبال آن بودند تا عملکرد حافظه و یادگیری را از طریق اعمال روش‌های ایمن توسعه دهند؛ فرایندی که به‌نظر می‌رسد می‌توان از طریق توسعه کارکردهای شناختی و به دنبال آن بهبود حافظه دنبال نمود. حال سؤال اینجا بود که چگونه مغز می‌تواند فرایند تقویت حافظه را محدود کند یا بهبود بخشد و به طورکلی آن را تنظیم کند (خان، داگوستینو، کالنان، لی و آرونسون[1]، ۲۰۱۹).

در واقع بر طبق نظریه‌های شناختی، مداخلات شناختی به‌عنوان عوامل مؤثر در بهینه‌سازی مهارت‌های حافظه دانش آموزان از دو نظام اثر پذیری کارکردی شناختی و روانشناختی در نظر گرفته می‌شود که واکنش‌های شناختی و رفتاری دانش‌آموزان را متأثر می‌کند (بک و بک[2]، ۲۰۱۱؛ پورچاسکا و نورکراس[3]، ۲۰۱۸). تاکنون، چندین مطالعه نیز نقش اساسی مغز را در تعیین تقویت و بهبود حافظه نشان داده‌اند؛ بنابراین، توسعه روش‌های نوآورانه برای کمک به عملکرد حافظه بسیار مورد توجه است.

یکی از این روش‌ها استفاده از تحریک جریان مستقیم از طریق جمجمه (tDCS) است. tDCS یک تکنیک غیرتهاجمی است که از طریق دپلاریزاسیون پتانسیل استراحت غشا (محرک آندی، a-tDCS) یا مهار قشر (محرک کاتدی، c-tDCS)، جریان الکتریکی ضعیفی را ایجاد میکند که قادر است با افزایش قطبش پتانسیل استراحت غشا، باعث تحریک مغزی شود، یعنی افزایش یا کاهش سرعت شلیک خود به خودی سلول‌های عصبی تحت تأثیر جریان الکتریکی قرار می‌گیرد (فلیمر، ماتینگلی و داکس[4]، ۲۰۲۰، تایر، هالووی، نیوپورت و اسمیت[5]، ۲۰۱۷).

در سال‌های اخیر، چندین محقق شروع به بررسی تأثیرات tDCS بر افزایش عملکرد حافظه کرده‌اند. نتایج نشان داده است که tDCS می‌تواند به‌عنوان یک منبع ارگونرژیک تعدیل‌کننده عصبی برای افراد مورد استفاده قرار گیرد تا عملکرد حافظه را بهبود بخشد، به‌عنوان مثال منجر به افزایش یادگیری مهارت حرکتی، حافظهٔ کاری و زمان واکنش شود (آبلاندا-پرز و همکاران[6]، ۲۰۲۰؛ بجکیچ، زیوانویچ و فلیپوویچ[7]، ۲۰۲۱؛ کاوالیر، مارتینز، گونسالوز و کاستلو-برانکو[8]، ۲۰۲۰).

این تغییرات هم در دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری و هم در دانش‌آموزان عادی که در طول برنامه‌های آموزشی خود از tDCS استفاده کرده‌اند، مشاهده شده است (عارفانیان، سعید منش و عزیزی، ۱۳۹۹)؛ بنابراین، این احتمال وجود دارد که تحریک الکتریکی مغز یک منبع موثر برای بهبود کارکردهای شناختی و روانشناختی موثر بر افزایش مهارت حافظه باشد، از این رو کاربرد tDCS از استفاده محدود آزمایشگاهی به جامعه گسترده‌تر منتقل شده است. این شکل از تحریک غیرتهاجمی مغز در برخی از آزمایش‌های تحت کنترل بر روی حیوان و انسان، طی چندین دهه برای تعدیل فیزیولوژی مغز، کارکردهای شناختی و رفتاری مورد بررسی قرار گرفت (غلامزاده، نیکجو، علیوندی وفا، طباطبائی و محب، ۱۳۹۹).

با این وجود تحقیقات نشان داده‌اند که tDCS توانایی بالقوه‌ای در بهبود عملکرد اجرایی مغز و حتی بدن دارد. به عنوان نمونه آکسلورد، ریز، لاویدور و بار[9] (۲۰۱۵) بیان می‌دارند که تحریک فراجمجمه‌ای مغز با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی به عنوان روش غیرتهاجمی، کم هزینه، قابل حمل و با قابلیت درمانی می‌تواند برای طیف گسترده‌ای از جنبه‌های اساسی علوم اعصاب و همچنین درمان اختلالات عصبی به کار رود. فلیمر، ماتینگلی و

1. Khan, D'Agostino, Calnan, Lee, & Aronson
2. Beck & Beck
3. Prochaska & Norcross
4. Filmer, Mattingley, & Dux
5. Thair, Holloway, Newport, & Smith
6. Abellaneda-Pérez et al
7. Bjekić, Živanović, & Filipović
8. Cavaleiro, Martins, Goncalves, & Castelo-Branco
9. Axelrod, Rees, Lavidor, & Bar

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

داکس[1] (۲۰۲۰) بیان می‌دارند که مداخله TDCS می‌تواند در شرایط مختلف، خلق و خو را بهبود و قابلیت‌های شناختی را افزایش دهد. باردی، کانای، ماپلی و والش[2] (۲۰۱۳) بیان می‌دارند که TDCS به عنوان مداخله تحقیقاتی برای افسردگی اساسی، افسردگی مقاوم به درمان با نتایج دلگرم کننده استفاده می‌شود. این بهبود به ویژه در عرصه یادگیری که محققان همواره به دنبال یافتن بهترین روش‌های مداخله‌ای برای بهبود عملکرد تحصیلی و حافظه هستند تا آنها بتوانند با کمترین تلاش و بیشترین بازدهی به سمت موفقیت حرکت کنند و عملکردی بهینه از طریق مداخله‌ای ایمن، نسبتاً ارزان و در دسترس به دست آورند، با اهمیت است. اکنون این دیدگاه مطرح است که tDCS می‌تواند برای افزایش عملکرد شناختی و حافظه فعال در یادگیری مورد استفاده قرار گیرد (گالی، وادیلو، سیروتا، فئرا و مداودوا[3]، ۲۰۱۹؛ رحیمی، حیدری، نادریو ماکوندی، ۲۰۱۹؛ رجائی پور و سعید منش، ۱۳۹۷). تحقیقات مختلف تلاش کرده‌اند تا از طریق مدلسازی، تصویربرداری مغز و ثبت درون جمجمه‌ای، و مطالعات روانشناختی نشان دهند که جریان الکتریکی حاصل از tDCS می‌تواند به جمجمه نفوذ کند و بر بافت عصبی و عروق تأثیر بگذارد (پرووست-روبیکس و همکاران[4]، ۲۰۱۸). روش ایده‌آل برای اطمینان از اینکه تنها مقدار کمی جریان از جمجمه عبور می‌کند، این است که از طریق الکتروانسفالوگرام، عبور جریان الکتریکی را در جهت معکوس بررسی کنیم (واگنر و همکاران[5]، ۲۰۱۶). نکتهٔ مهم دیگر این است که در شرایط آزمایشگاهی، مشخصات ایمنی tDCS، به ویژه در کودکان مبتلا به اختلال یادگیری، اوتیسم و و سایر اختلالات بسیار مناسب گزارش شده است (گارسیا-گونزالس و همکاران[6]، ۲۰۲۱)؛ البته باید به این موضوع اشاره کرد که ایمنی این دستگاه برای استفاده مکرر و طولانی مدت در افراد عادی هنوز تأیید نشده است، لذا در کاربرد طولانی مدت آن باید احتیاط نمود (آنجیوس، هاپکر و ماگر[7]، ۲۰۱۷؛ وکسلر[8]، ۲۰۱۶). از این رو امروزه همزمان با گسترش کاربرد tDCS در شرایط خارج از آزمایشگاه و شرایط کنترل شده، تا حدودی نگرانی‌هایی توسط برخی محققان اشاره شده است. با این وجود اخیراً شاهد انتشار گزارش‌هایی هستیم که معتقدند tDCS حتی میتواند توسط خود افراد و یا اولیا اجرا شود (ورزمن، همیلتون، پاسال-لئونه و فاکس[9]، ۲۰۱۶).

با این وجود توصیه شده است که استفاده از tDCS با مشارکت و نظارت متخصصان مراقبت‌های بهداشتی انجام گیرد (آکادمی ملی علوم و بهداشتی[10]، ۲۰۱۵). حال موضوع اصلی این است که با این فرض که tDCS ایمن است و می‌تواند فعالیت مغز را به طور گسترده تعدیل کند، اما آیا می‌تواند عملکرد حافظه دانش آموزان، به ویژه دانش آموزان دارای اختلال یادگیری را بهبود بخشد. توانایی بهینه‌سازی توانایی حافظه و و به حداکثر رساندن سرعت، قدرت یا مدت زمان پردازش حافظه برای یادگیری بسیار مهم است. در این میان برای دانش آموزان دارای اختلال یادگیری، در پی دستیابی به موفقیت عملکردی، از رویکردهای مختلفی استفاده می‌کنند که به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر مغز تأثیر می‌گذارد. برخی از این رویکردها شامل مداخلات روانشناختی است که میتواند تأثیرات اساسی بر مغز داشته باشد. سایر تکنیک‌های جامع شامل موسیقی درمانی برای کاهش ادراک تلاش فیزیکی و ابزارهای روانشناختی برای ایجاد انگیزه یا مهار اثرات دارونما است (فرگنی و همکاران[11]، ۲۰۱۵).

1. Filmer, Mattingley, & Dux
2. Bardi, Kanai, Mapelli, & Walsh.
3. Galli, Vadillo, Sirota, Feurra, & Medvedeva
4. Pruvost-Robieux et al.
5. Wagner et al.
6. Garcia-Gonzalez et al.
7. Angius, Hopker, & Mauger
8. Wexler
9. Wurzman, Hamilton, Pascual-Leone, & Fox
10. National Academies of Sciences & Medicine
11. Fregni et al

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

برای بسیاری از دانش آموزان دارای اختلال یادگیری حداقل یکی از این ابزارها را برای بهینه‌سازی عملکرد خود اجرا میکنند. با این وجود در همه موارد از نظر علمی ثابت نشده است که همه آنها بی‌خطر و یا دقیقا موثر هستند یا خیر. تحریک الکتریکی مغز ممکن است مثال دیگری در این زمینه برای بهینه‌سازی عملکرد حافظه دانش آموزان دارای اختلال یادگیری باشد. در بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی مغز در اختلالات یادگیری، زمستانی و همکاران در تحقیق خود نشان دادند که روش TDCS باعث ارتقای توجه و عملکرد رانی حرکتی در دانش آموزان مبتلا به اختلال یادگیری شده است (زمستانی، ایزدپناه، و سلیمانی، ۱۳۹۸).

ارکان و یاریاری (۱۳۹۳) نشان دادند که تحریک مغز از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی (TDCS) بر کارکردهای اجرایی تأثیر دارد. ارجمندنیا، اسبقیف افروز و رحمانیان (۱۳۹۵) نیز نشان دادند که مداخله تحریک الکتریکی مغز در بهبود حافظه‌ی فعال دانش آموزان دارای اختلال ریاضی موثر است. آنچه مشخص است این است که tDCS می‌تواند با بهبود کارکردهای حافظه ، عملکردهای یادگیری را تقویت کند. با وجود چنین مزیت‌های مشخص شده‌ای برای استفاده از tDCS همچنان چالش دیگری وجود دارد و آن مجوز استفاده از این دستگاه بر روی دانش اموزان دارای اختلال یادگیری است. در این میان، به نظر میرسد که tDCS همچنان توسط اولیای دانش آموزان دارای اختلال یادگیری با استقبال زیاد روبه‌رو نشود، که این تغییر نگرش نیازمند برنامه‌های تبلیغاتی و البته دریافت تأییدیه‌های علمی است؛ لذا آنچه مسلم است برای کاربردی سازی tDCS تحقیقات گسترده‌ای نیاز است و همچنان استفاده از آن در جامعه آموزشی باید با احتیاط انجام شود. از این رو این پژوهش با هدف بررسی این سؤال پژوهشی انجام شد که آیا فنون تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای منجر به بهینه‌سازی عملکرد حافظه دانش آموزان دارای اختلال یادگیری می‌شود یا خیر؟

روش پژوهش

در این پژوهش از فراتحلیل مرکب جهت جمع‌آوری، ترکیب و خلاصه کردن یافته‌های پژوهشی مرتبط با تأثیر تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای بر عملکرد حافظه افراد دارای ناتوانی یادگیری استفاده شده است. در فراتحلیل، اصل اساسی محاسبهٔ اندازه اثر برای تحقیقات مجزا و برگرداندن آنها به یک ماتریس مشترک و آنگاه ترکیب آنها برای دستیابی به میانگین تأثیر می‌باشد. جامعهٔ آماری این پژوهش در مرحلهٔ مرور نظام‌مند، تمامی مقالات مربوط به موضوع و نمایه شده در پایگاه‌های داده پاپ مد، گوگل اسکولار، ساینز دایرکت، اسکوپوس، کوکران دیتابیس، سایک اینفو، جهاد دانشگاهی، مگ ایران بود. همچنین محدوده زمانی در نظر گرفته شده برای جستجوی مقالات از ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ و ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ می‌باشد. کلید واژه‌های استفاده شده شامل عبارت تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای، اختلال یادگیری، عملکرد حافظه بود. غربال منابع مقالات انتخاب شده و بررسی‌های مربوطه توسط نویسندگان مقاله به صورت مستقل انجام شد. جهت معیار انتخاب و حذف مقالات روند تعریف شده به این صورت بود که مطالعات در صورتی وارد تحقیق شدند که موضوع پژوهش تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای در زمینه بهبود حافظه و حافظه فعال دانش آموزان دارای اختلال یادگیری بود؛ همچنین دارای شرایط لازم از نظر روش شناسی (فرضیه سازی، روش تحقیق، جامعه، حجم نمونه و روش نمونه‌گیری ، ابزار اندازه‌گیری، مفروضه‌های آماری، روش تحلیل آماری و صحیح بودن محاسبت) بود و نتایج پژوهش از طریق سایت‌های معتبر مورد بررسی در این پژوهش قابل دسترسی باشند. ملاک خروج نیز موراد از قبیل ۱) مقاله به صورت خلاصه پژوهش باشد؛ ۲) مقاله یا به صورت مروری و همبستگی انجام شده باشد؛ ۳) متن کامل آن‌ها

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

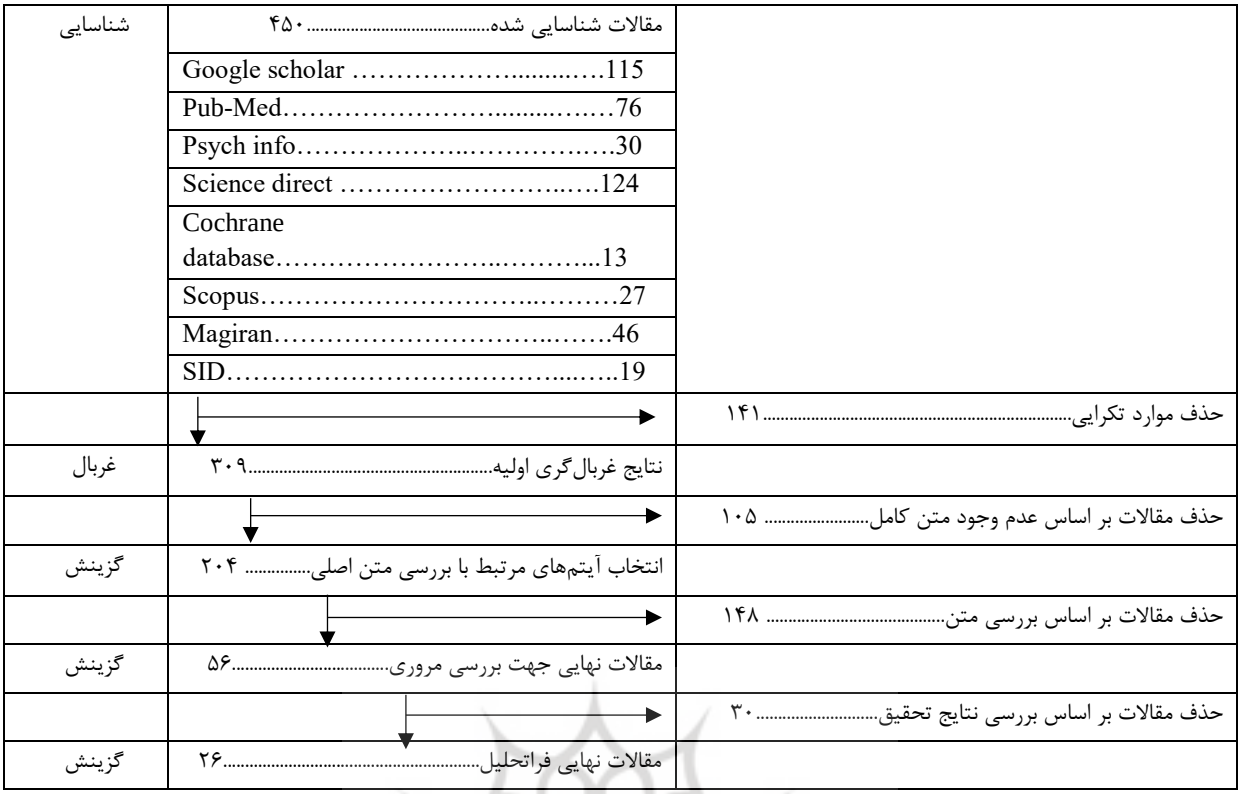
موجود نباشد؛ ۴) مقالاتی که بر اساس سیاهه ارزیابی، امتیاز صفر به دست اورده باشند؛ (داشتن حداقل معیار برای فراتحلیل (۱) و نداشتن حداقل معیار برای فراتحلیل (۰) در نظر گرفته شد). برای استخراج داده‌ها، با استفاده از چک لیست گزینش پژوهش، داده‌های هر مطالعه به طور مستقل استخراج گردید، مشخصات ثبت شده از مطالعه شامل نام سال انتشار مقاله، حجم نمونه، سن و جنس شرکت کننده، پروتکل مداخله، نوع بازخورد، نوع کنترل، نوع الکترود به کار رفته، مدت مداخله، محل قرار دادن الکترود، نوع اختلال یادگیری دانش آموزان بود. جهت فراتحلیل از خلاصه نتایج، میانگین، انحراف معیار (SD) و تعداد افراد در هر گروه قبل و بعد مداخله استفاده شد. برای تحلیل داده‌ها پس از استخراج داده‌های مورد نظر، میانگین گروه‌های آزمایش و کنترل، انحراف معیار گروه‌ها و تعداد نمونه در هر گروه)، به وسیله برنامه CMA و با استفاده از روش فراتحلیل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آزمون‌های آماری استفاده شده در فرضیه‌ها بعد از تبدیل به اندازه اثر با استفاده از فرمول ارائه شده توسط ولف[1]، با ترکیب اندازه اثر به روش اشمیت و هانتر[2] مورد تحلیل قرار گرفت. لازم به ذکر ات برای محاسبه اندازه اثر از شاخص SMD استفاده شد. مراحل اجرا به این صورت بود که ابتدا از روش محاسبه اندازه اثر تفکیکی برای هر تحقیق، اندازه اثر خلاصه با مدل اثرات تصادفی برای همه مطالعات و آزمون‌های تشخیصی ناهمگنی استفاده شد. آزمون کیو کوکران برای تشخیص معنی‌داری ناهمگنی و شاخص مجذور I برای تعیین میزان ناهمگنی موجود، مورد استفاده قرار گرفت. شاخص مجذور I برای تعیین ناهمگنی در فراتحلیل مناسب می‌باشد، زیرا مقدار ناهمگنی را بدون تاثیر از حجم نمونه، نمایان می‌کند. علاوه بر بررسی ناهمگنی در فراتحلیل، لازم است سوگیری انتشار نیز مورد بررسی قرار گیرد؛ لذا ابتدا سوگیری انتشار با نمودار قیفی بررسی گردید، سپس برای رفع ناهمگنی و سوگیری انتشار احتمالی، اندازه‌های اثر پرت یا افراطی از طریق تحلیل حساسیت شناسایی و حذف شدند.

یافته‌ها

از نظر ویژگی‌های جمعیت شناختی، نمونه آماری پژوهش حاضر از لحاظ جنسیت (دختر بودن تمامی شرکت‌کنندگان) و سن (یکسان بودن مقطع تحصیلی) همگن بود. در جدول زیر یافته‌های توصیفی به دست آمده از داده‌های گردآوری شده توسط پرسشنامه آمده است.

1. Wolf
2. Schmidt and Hunter

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]



شکل ۱. فرایند جستجو و گردآوری داده‌ها

شکل ۱ فرایند جستجو و گردآوری داده‌ها از مرحله گزینش، غربالگری، خذف موارد تکراری تا انتخاب نهایی را نشان می‌دهد؛ جدول (۱) به بررسی نتایج مرور نظام‌مند می‌پردازد.

جدول ۱. شخصات مقالات منتشر شده توسط محققان در زمینه tDCS بر حافظه افراد دارای ناتوانی یادگیری

پژوهشگر	سال	مکان الکترود	نوع الکترود	پروتکل	تعداد جلسات	مدت مداخله	کنترل شرایط	نمونه	سن	جنس	ارزیابی عملکرد	نوع اختلال
میرون و همکاران	۲۰۲۱	DLPFC	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر پیشانی خلفی جانبی راست	۱۰	۲۰	با گروه کنترل	۵۱	۱۰	پسر	حافظه فعال	ریاضی
گراندپریم و همکاران	۲۰۲۰	C4/DLPFC	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر پیشانی خلفی جانبی چپ/الکترود اندی قشر حرکتی راست	۳	۵۰	با گروه کنترل	۵۰	۱۲	پسر	حافظه دیداری-فضایی	املا
مسکوتا و همکاران	۲۰۱۹	C3/C4/DLPFC	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه و الکترود کاتدی قشر پیشانی خلفی جانبی	۱	۱۵	با گروه کنترل	۱۹	۱۱-۹	دختر و پسر	حافظه	خواندن
سیدل و همکاران	۲۰۱۹	C3/C4	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه دو طرفه و جفت الکترود مخالف بر روی شانه‌های همان طرف	۱	۲۰	با گروه کنترل	۴۶	۱۲,۲	پسر	حافظه فعال	ریاضی

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

لاتـاری و همکاران	۲۰۱۹	DLPFC	آنـدال و مرجع	الکترود آندی قشر پیشـانی خلفـی جانبی	۱	۲۰	با گـروه کنترل	۱۵	۱۴،۵	دختر و پسر	حافظـه فعال	ریاضی
فریـزر و همکاران	۲۰۱۹	C3	آنـدال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه چپ	۱	۲۰	با گـروه کنترل	۱۳	-۱۴ ۱۰	پسر	حافظـه فعال	خواندن
هالگـادو و همکاران	۲۰۱۹	DLPFC	آنـدال و کاتدال	الکترود آندی قشر پیشـانی خلفـی جـانبی و الکتـرود کاتدی بالای شانه	۳	۲۰	با گـروه کنترل	۳۶	۱۲،۳	پسر	حافظـه فعال	ریاضی
پـارک و همکاران	۲۰۱۹	C3/C4/Cz	آنـدال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه	۱	۲۰	بـدون گـروه کنترل	۱۰	۲۶	دختر و پسر	حافظـه فعال	ریاضی
سـیکونه و همکاران	۲۰۱۹	T3	آنـدال و مرجع	الکترود آندی قشر تمپورال چپ	۵	۱۵	با گـروه کنترل	۲۰	۷	پسر	کـارکرد اجرایـی فضایی	خواندن
اوتـا و همکاران	۲۰۱۹	DLPFC	آنـدال و کاتدال	الکترود آندی قشر پیشـانی خلفـی جـانبی راسـت و الکترود کاتدی قشر پیشـانی خلفـی جـانبی چـپ/ الکترود آندی قشر پیشـانی خلفـی جـانبی چـپ و الکتـرود کاتـدی قشر خلفی جانبی راست	۲	۲۰	با گـروه کنترل	۳۰	۲	پسر	حافظـه کوتـاه مدت	خواندن
آنگیوس و همکاران	۲۰۱۹	DLPFC/Fp2	آنـدال و مرجع	الکترود آندی قشر پـیش پیشـانی خلفـی جـانبی و الکتـرود کاتـدی قشر پیش پیشانی خلفی جانبی چپ	۱	۲۰	با گـروه کنترل	۱۲	۲۱	دختر و پسر	حافظه	نوشتن
کمـالی و همکاران	۲۰۱۹	DLPFC	آنـدال و کاتدال	الکترود آندی قشر پـیش پیشـانی خلفی جانبی راست و الکتـرود کاتـدی قشر پـیش‌پیشـانی خلفی جانبی چپ	۲	۲۰	با گـروه کنترل	۱۶	۲۰،۶	دختر و پسر	حافظه	ریاضی
کمـالی و همکاران	۲۰۱۹	C3/C4/T3	آنـدال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتـی اولیـه/ الکترود آندی قشر تمپورال چپ	۲	۱۲	با گـروه کنترل	۱۲	۶	دختر و پسر	حافظه	ریاضی
هوانـگ و همکاران	۲۰۱۹	C3/C4/T3	آنـدال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتـی اولیـه/ الکترود آندی قشر تمپورال چپ	۵	۲۰	بدونگروه کنترل	۹	۱۲،۳	دختر وپسر	حافظـه فعال	خواندن
آنگیوس و همکاران	۲۰۱۸	C3/C4	آنـدال و کاتدال	الکترود آندی قشر حرکتـی اولیـه دو طرفـه و جفـت	۶	۱۰	با گـروه کنترل	۱۲	۱۰،۶	پسر	حافظه	ریاضی

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

				الکترود مخالف بر روی شانه‌های همان طرف							
والتزالولا و همکاران	۲۰۱۸	C3/C4	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه دو طرفه و جفت الکترود مخالف بر روی شانه‌های همان طرف	۱	۲۰	بدون گروه کنترل	۸	۱۴,۲	پسر	حافظه کاری	ریاضی
وارگاس و همکاران	۲۰۱۸	C3/C3	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه	۴	۱۵	با گروه کنترل	۲۰	۱۲	پسر و دختر	حافظه	ریاضی
هالگودا و همکاران	۲۰۱۸	DLPFC	آندال و کاتدال	الکترود کاتدی قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی چپ	۳	۲۰	با گروه کنترل	۳۶	۱۳,۱	پسر	حافظه	خواندن
حاظیم و همکاران	۲۰۱۸	C3/C4/DLPFC	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه و الکترود کاتدی قشر پیش پیشانی خلفی جانبی	۲	۲۰	با گروه کنترل	۱۶	۱۲,۲	دختر	حافظه	ریاضی
لاتاری و همکاران	۲۰۱۸	DLPFC	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر پیش پیشانی خلفی جانبی	۱	۲۰	با گروه کنترل	۱۱	۱۳	پسر	حافظه کوتاه مدت	خواندن
اوکانو و همکاران	۲۰۱۷	C3/C4	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه دو طرفه و جفت الکترود مخالف بر روی شانه‌های همان طرف	۱	۲۰	بدون گروه کنترل	۱۳	۱۱	دختر	حافظه کاری	ریاضی
میزوئو و همکاران	۲۰۱۷	Cz	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حسی-حرکتی اولیه	۱	۱۰	بدون گروه کنترل	۸	۱۴,۳	پسر	حافظه	خواندن
لاتاری و همکاران	۲۰۱۷	DLPFC	آندال و مرجع	الکترود کاتدی قشر پیش‌پیشانی خلفی جانبی	۲	۲۰	با گروه کنترل	۱۵	۱۰,۳	دختر	حافظه	ریاضی
رادل و همکاران	۲۰۱۷	C3/C4/DLPFC	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه و الکترود کاتدی قشر پیش پیشانی خلفی جانبی	۱	۲۰	با گروه کنترل	۴۴	۱۲	پسر	حافظه	خواندن
پیکسل و همکاران	۲۰۱۷	C3/C4	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه	۱	۱۵	با گروه کنترل	۳۱	۱۱	دختر	حافظه	ریاضی
فلود و همکاران	۲۰۱۷	C3/C4/Cz	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه	۱	۲۰	با گروه کنترل	۱۲	۱۱,۲	دختر	حافظه	ریاضی
عبدالمولا و همکاران	۲۰۱۶	C3	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه و الکترود کاتدی بالای شانه	۲	۱۰	با گروه کنترل	۲۲	۱۲	دختر و پسر	حافظه	ریاضی

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

لاتاری و همکاران	۲۰۱۶	C3/C4	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه دو طرفه و جفت الکترود مخالف بر روی شانه‌های همان طرف	۳	۲۰	با گروه کنترل	۱۰	۱۰	دختر	حافظه فعال	ریاضی
لاتاری و همکاران	۲۰۱۶	C3/C4	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه دو طرفه و جفت الکترود مخالف بر روی شانه‌های همان طرف	۳	۲۰	بدون گروه کنترل	۱۰	۱۲	دختر	حافظه کاری	خواندن
براوود و همکاران	۲۰۱۶	C3	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه چپ	۲	۲۰	بدون گروه کنترل	۶	۱۴	پسر	حافظه کاری	ریاضی
آنجیوس و همکاران	۲۰۱۶	C3/Fp2	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه چپ و الکترود کاتدی قشر پیش پیشانی راست/ الکترود آندی قشر حرکتی اولیه چپ و الکترود کاتدی بالای شانه	۲	۱۰	با گروه کنترل	۹	۱۲	دختر	کارکرد اجرایی- فضایی	خواندن
ماگالهس و همکاران	۲۰۱۶	T3	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر تمپورال سمت چپ	۵	۲۰	با گروه کنترل	۱۹	۱۲	دختر	حافظه فعال	ریاضی
چو و همکاران	۲۰۱۶	C3/DLPFC	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر پیش پیشانی خلفی جانبی راست و قشر حرکتی چپ	۴	۲۰	با گروه کنترل	۳۲	۱۴	پسر	حافظه کاری	ریاضی
ایرس مونته نگرو و همکاران	۲۰۱۵	T3	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر تمپورال سمت چپ	۲	۲۰	بدون گروه کنترل	۱۰	۱۵	پسر	حافظه	ریاضی
هدی و همکاران	۲۰۱۵	C3/C4/DLPFC	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه و الکترود کاتدی قشر پیش پیشانی خلفی جانبی	۶	۱۵	با گروه کنترل	۲۴	۱۴	دختر	حافظه	یادگیری
وینور کاستا و همکاران	۲۰۱۵	C3/C4	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه	۲	۱۲	با گروه کنترل	۱۱	۱۲	دختر	کارکرد اجرایی- فضای	یادگیری
مونته نگرو و همکاران	۲۰۱۵	C3/C4	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه	۱	۲۰	با گروه کنترل	۱۴	۱۲	دختر	حافظه کاری	ریاضی
اوکانا و همکاران	۲۰۱۵	C3	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه چپ	۱	۱۵	با گروه کنترل	۱۳	۱۵	دختر	حافظه کاری	ریاضی

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

آنجیوس و همکاران	۲۰۱۵	C3/Fp2	آندال و مرجع	الکترود کاتدی پیش پیشانی راست/ الکترود آندی قشر حرکتی چپ و الکترود کاتدی بالای شانه	۲	۱۵	با گروه کنترل	۹	۱۴	پسر	حافظه کاری	ریاضی
هندی و همکاران	۲۰۱۳	C3/Fp2	آندال و مرجع	/ الکترود آندی قشر پیشانی چپ و الکترود کاتدی قشر پیشانی راست	۳	۲۰	با گروه کنترل	۳۰	۱۶	دختر و پسر	حافظه کاری	ریاضی
کان و همکاران	۲۰۱۳	C4	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه راست و الکترود کاتدی روی شانه راست	۱	۱۰	با گروه کنترل	۳۰	۱۶	پسر	حافظه	ریاضی
مونهلیب و همکاران	۲۰۱۳	DLPFC	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر پیشانی خلفی جانبی	۱	۱۰	با گروه کنترل	۱۵	۱۴	پسر	حافظه	ریاضی
ویلیامز و همکاران	۲۰۱۳	C3/T3	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه/ الکترود آندی قش تمپورال چپ	۱	۲۰	با گروه کنترل	۱۸	۱۲	پسر	حافظه کاری	ریاضی
لامپروپولو و همکاران	۲۰۱۳	C3	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه چپ	۱	۱۰	با گروه کنترل	۱۲	۱۱	پسر	کارکرد اجرایی- فضای	ریاضی
شباهنگ و همکاران	۱۳۹۹	C4/FP1	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه راست و الکترود کاتدی قشر پیش پیشانی چپ	۳	۲۰	با گروه کنترل	۲۴	۱۴	دختر و پسر	حافظه فعال	ریاضی
عارفانیان و همکاران	۱۳۹۹	C4/FP1	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه راست و الکترود کاتدی قشر پیش پیشانی چپ	۳	۲۰	با گروه کنترل	۴۵	۱۵	دختر	حافظه کاری	یادگیری
بهرامی و همکاران	۱۳۹۹	C3-FP2/Qz-Cz	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه چپ، الکترود کاتدی قشر پیش پیشانی راست/ الکترود آندی قشر بینایی و الکترود کاتدی قشر حرکتی اولیه	۶	۱۵	با گروه کنترل	۴۵	۱۴	دختر و پسر	حافظه کاری	ریاضی
جهانیان و همکاران	۱۳۹۸	F4-P4	آندال و مرجع	الکترود اندی قشر پیشانی راست و الکترود کاتدی قشر آهیانه راست	۱	۱۵	با گروه کنترل	۵۴	۱۴	پسر	چرخش ذهنی تصاویر دست و حافظه دیداری فضایی	ریاضی

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

نوذری و همکاران	۱۳۹۸	C4-FP1	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه راست و الکترود کاتدی قشر پیش پیشانی چپ	۳	۲۰	با گروه کنترل	۲۴	۱۲،۵	پسر	کارکرد اجرایی-فضایی	ریاضی
نظری پیردوستی و همکاران	۱۳۹۸	C3/C4/FP2	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه و الکترود کاتدی قشر پیش پیشانی راست	۲	۱۵	بدون گروه کنترل	۱۰	۱۳	دختر	حافظه کاری	ریاضی
یاوری کاتب و همکاران	۱۳۹۷	F4/P4	آندال و مرجع	الکترود کاتدی قشر پیشانی چپ/ الکترود آندی قشر اهیانه راست و الکترود کاتدی آهیانه چپ	۵	۱۵	با گروه کنترل	۶۰	۱۵	دختر و پسر	حافظه کاری	یادگیری
محبت بهار و همکاران	۱۳۹۷	C4/FP1	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه و الکترود کاتدی قشر پیش پیشانی چپ	۳	۱۵	با گروه کنترل	۲۰	۱۴	دختر	حافظه کاری	ریاضی
ناظری و همکاران	۱۳۹۷	F3/FP2	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر پیش پیشانی خلفی جانبی چپ و الکترود کاتدی قشر پیش پیشانی راست	۳	۱۵	با گروه کنترل	۲۴	۱۵	پسر	حافظه کاری	ریاضی
فتحی آذر و همکاران	۱۳۹۶	DLPFC	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر پیش پیشانی خلفی جانبی	۱	۲۰	با گروه کنترل	۲۸	۱۲	دختر	توجه انتخابی	یادگیری
غدیری صورمان آبادی و همکاران	۱۳۹۶	C4/FP2	آندال و مرجع	الکترود آندی قشر حرکتی اولیه راست و الکترود کاتدی قشر پیش پیشانی راست	۲	۲۰	با گروه کنترل	۳۰	۱۴	پسر	حافظه کاری و زمان واکنش	یادگیری

مشخصات اصلی ۵۶ مطالعه بررسی شده در جدول (۱) خلاصه شده است. این مطالعات بین سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ انتشار یافته‌اند. در کل ۱۲۲۵ نفر با میانگین ۲۲/۹۴ نفر در حجم نمونه ۶ تا ۶۰ در مداخلات شرکت داشتند. تعداد دانش اموزان و کودکان به تفکیک جنسیت به این صورت بود که ۱۲/۷۴ درصد دختر و ۴۸/۱ درصد پسر و مابقی به صورت ترکیب دختر و پسر بودند. تعداد جلسات داخله tDCS برای افراد از ۱ تا ۶ جلسه گزارش شد که میانگین تعداد جلسات ۲/۳۷ بود و مدت زمان جلسات به طور میانگین ۱۸/۰۵ دقیقه محاسبه گردید. محل قرار گیری الکترودها به طور عمده نقاط C3/C4/Cz/DLPEC/Fp2/P4/FP1/T3/F3/F4 بود. شاخص‌های ارزیابی حافظه شامل ارزیابی حافظه کاری، حافظه دیداری-فضایی، دقت، فراخنای حافظه بود. در ۷۹/۱۶ درصد از گروه کنترل در تحقیق استفاده شد. جدول (۲) متاآنالیز نهایی مطالعات اثر مداخلات tDCS بر حافظه افراد دارای ناتوانی یادگیری را نشان میدهد.

جدول ۲: اندازه اثر tDCS بر حافظه افراد دارای ناتوانی یادگیری

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

پژوهشگر	سال	tDCs		کنترل		وزن	اندازه اثر
		میانگین	SD	میانگین	SD	مطالعه	
میرون و همکاران	۲۰۲۱	۵۵۰۹	۵۸,۱۶	۵۴۱۴۴	۶۲,۱۹	۴,۱۷۸	۰,۱۷۹ [-۰,۴۹۹,۰,۵۹۹]
		۰,۷۲	۰,۱۳	۰,۷	۰,۱۲	۴,۱۶۶	۰,۵۶۹[-۰,۴۹و۰,۷۱]
کمالی و همکاران	۲۰۱۹	۱۷,۴	۵,۶	۳۵,۵	۱,۵	۰,۴۸۶	۴,۴۸۷[۲,۰۷۴و۵۰۲۹۳]
		۱۱,۸	۳,۱	۱۴,۵	۲,۳	۱,۱۶۹	۱,۸۶۷[-۰,۰۴۹و۲,۰۲۷]
		۳۲۴۴	۶۵۲,۴	۲۴۶۶	۴۳۲,۵	۰,۹	۱,۴۳۱[-۰,۲۲و۲,۰۴۷]
		۱۵,۶	۴,۲	۱۹,۱	۳,۵	۰,۸۹۲	۱,۴۹۲[-۰,۲۸۲و۲,۰۹۴]
پارک و همکاران	۲۰۱۹	۵۲,۲۴	۴,۲۴	۱۶,۲۳	۳,۵	۱,۰۵۴	۳,۷۷۸[۱,۰۱۴و۳,۲]
هوانگ و همکاران	۲۰۱۹	۵۶۵,۳۵	۳۹,۷۳	۵۶۸,۳۹	۲۸,۷	۱,۴۷۴	۰,۱۸۶[-۰,۸۳۷و۱,۰۱۲]
		۰,۹۲	۰,۰۵	۰,۸۸	۰,۰۶	۱,۳۸۵	۱,۴۸۸[-۰,۲۲۹و۱,۶۷۸]
		۰,۹۶	۰,۰۲	۰,۹۵	۰,۰۲	۱,۴۴۸	۰,۸۴۴[-۰,۵۴۱و۱,۲۲۵]
اوتا و همکاران	۲۰۱۹	۲۳۴۵	۲۵,۶	۲۲۷۶	۳۲,۱	۲,۱۵۲	۲,۷۳۶[-۰,۲۰۲و۱,۸۲۳]
		۱۶۴,۲۱	۵,۶	۱۴۹,۱۲	۱۱,۹	۱,۴۴۲	۴,۹۸۱[۱,۴۴۱و۳,۳۱]
هالگادو و همکاران	۲۰۱۹	۲۳۸,۰۵	۳۸,۹	۲۲۹,۴	۴۲,۵	۱,۹۵۶	۰,۵۱۹[-۰,۵۹و۱,۰۱۵]
آنگیوس و همکاران	۲۰۱۹	۱۴,۳	۲,۶	۱۱,۱	۳,۱	۰,۸۵۱	۱,۸۰۲[-۰,۰۹۸و۲,۳۳۵]
لاتاری و همکاران	۲۰۱۷	۸	۰,۳	۸,۴	۱,۶	۱,۷۷۷	-۰,۸۰۹[-۰,۱۹و۰,۴۹۵]
		۱۹۹,۵	۹۷,۲	۱۳۷,۱	۷۳,۱	۱,۶۹۲	۱,۶۴۸[-۰,۱۳۷و۱,۵۸۸]
		۲۳۴۰,۲	۴۵۸,۹	۱۵۴۱,۸	۲۸۷,۶	۱,۶۴۲	۴,۴۶۳[۱,۱۱۸و۲,۵۶۹]
		۱۵۱۹,۴	۲۳۵	۱۵۴۱,۸	۲۸۷,۶	۲,۴۵۸	۰,۱۹۶[-۰,۶۴۴و۰,۷۸۸]
		۴,۸	۱,۰۱	۴,۹۳	۱,۹۶	۲,۴۵۷	۰,۲۲۸[-۰,۶۲۳و۰,۷۹۹]
		۶,۳۳	۱,۲۹	۴,۹۳	۱,۹۶	۲,۲۵۸	۲,۲۱۴[-۰,۰۹۷و۱,۵۹۱]
فلاود و همکاران	۲۰۱۷	۲۴,۴۸	۱,۷۳	۲۲,۹۲	۲,۷۱	۱,۹۵۳	۰,۶۰۱[-۰,۵۵۷و۱,۰۵]
		۱۷,۲۵	۴,۰۹	۱۵,۲۲	۳,۲	۱,۹۰۲	۱,۲۵۹[-۰,۲۹۱و۱,۲۲۷]
		۱,۲۳	۱,۲۱	۰,۲۶	۰,۹۹	۱,۷۸۶	۲,۱۰۶[-۰,۰۶۳و۱,۷۴۲]
		۹۳,۰۷	۳۲,۷۳	۱۰۰,۲۷	۴۴,۲۵	۱,۹۵۹	۰,۴۴۷[-۰,۶۱۹و۰,۹۸۵]
آنجیوس و همکاران	۲۰۱۶	۱۹۱	۱۲۴	۱۷۳	۱۱۴	۱,۴۷۱	۰,۳۲[-۰,۷۷۴و۱,۰۷۶]
		۲۱۹	۱۳۶	۱۷۳	۱۱۴	۱,۴۵۱	۰,۷۷۱[-۰,۵۶۵و۱,۲۹۸]
عبدالمولا و همکاران	۲۰۱۶	۱۶۲,۴	۵۲,۸	۱۴۶,۶	۴۲,۷	۱,۷۷۹	۰,۷۷۶[-۰,۵۱۲و۱,۱۷]
براوود و همکاران	۲۰۱۶	۸۲۵	۲۵,۵	۷۴۵	۶۲,۵	۰,۸۵۳	۴,۱۴۰[-۰,۳۵۲و۲,۷۸۲]
		۲۵۳	۱۴,۵	۲۳۸,۵	۲۰,۵	۱,۴۳۲	۱,۷۲۳[-۰,۱۱۲و۱,۷۶۲]
اوکانا و همکاران	۲۰۱۵	۳۱۱,۲	۲۹,۹	۳۰۱	۱۹,۸	۱,۵۹۳	۱,۰۶۱[-۰,۴۰۸و۱,۲۷]
		۷۵۱,۴	۷۱,۵	۷۲۲,۷	۴۵	۱,۵۹۷	۱,۰۲۳[-۰,۴۲۵و۱,۳۵۲]
		۱۴۷,۵	۵۳,۲	۱۲۵	۳۵,۴	۱,۵۹	۱,۰۹۵[-۰,۳۹۲و۱,۳۸۷]
وینور کاستا و همکاران	۲۰۱۵	۴۸۵	۳۵,۲	۴۱۵	۲۶,۵	۱,۱۰۶	۴,۱۲۶[۱,۱۲۹و۳,۳۱۴]
		۴۵۰	۲۵,۷	۴۱۵	۲۶,۵	۱,۴۷۲	۰۲,۸۴۱[۰,۴۱۶و۱,۲۶۶]

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

آنجیوس و همکاران	۲۰۱۵	۱۱,۵	۱,۳	۷,۶	۱,۵	۰,۷۵۱	۴,۲۰۵[۱,۴۸۳و۴,۰۷۴]
کان و همکاران	۲۰۱۳	۳۲۲,۸	۱۲۲,۴	۳۵۴,۵	۱۴۴,۸	۲,۴۴۲	۰,۶۴۵[-۰,۴۸۲و۰,۹۵۵]
مونهلیب و همکاران	۲۰۱۳	۳۳۳	۱۱۹	۲۵۲	۱۴۶	۲,۴۵۸	۰,۴۱۱[-۰,۵۶۷و۱,۸۶۷]
ویلیامز و همکاران	۲۰۱۳	۱۵۵۱	۸۲,۶۷	۱۴۹۱	۱۰۱,۶۴۰	۱,۴۷۵	۰,۱۳۸[-۰,۸۵۴و۰,۹۸۹]
لامپروپولو و همکاران	۲۰۱۳	۱,۲	۰,۲	۱,۸	۰,۶	۱,۶۰۶	۲,۹۶۹[۰,۴۵۶و۲,۲۲۷]
شباهنگ و همکاران	۱۳۹۹	۲۶,۹۱	۲,۹۹	۳۲,۴۱	۳,۷۵	۱,۴۸۱	۲,۴۴۶[۰,۶۹۹و۲,۵۴۴]
		۳۴,۶۶	۵,۰۲	۳۹,۰۱	۴,۰۱	۱,۷۶۵	۲,۲۱۹[۰,۱۱۲و۱,۸۰۱]
عارفانیان و همکاران	۱۳۹۹	۴۰,۴۷	۲۲,۲	۳۳,۴	۱۸,۵	۱,۴۲۱	۰,۹۶۷[-۰,۲۶۶و۱,۰۷۷]
		۶۰,۷	۱۹	۹۳	۱۷,۵	۱,۷۶۸	۴,۱۰۶[۰,۹۲۴و۲,۶۱۲]
جهانیان و همکاران	۱۳۹۸	۱۰۳۰,۲۱	۷۰,۲۹	۱۶۰۱,۰۴	۳۵۱,۳۸	۰,۹۸۸	۵,۴۶۴[۲,۰۱۸و۴,۲۷۶]
		۹۸,۱۳	۲,۳۱	۹۵,۲۳	۵,۲۹	۲,۰۷۴	۱,۸۳۵[-۰,۰۵۴و۱,۵۰۵]
		۱۳۲۶,۴۹	۲۱۴,۷۷	۱۷۴۷,۶۳	۳۰۲,۴۸	۱,۶۶۷	۲,۶۴۴[۰,۷۴۷و۲,۴۸۵]
		۵۹,۲۲	۴,۴۶	۹۲,۰۵	۴,۴۶	۲,۱۴۶	۱,۲۵۱[-۰,۲۷۷و۱,۲۵۵]
		۶,۵	۰,۹۴	۵,۵۴	۰,۷۷	۱,۹۱۴	۱,۶۸۹[۰,۳۰۲و۱,۹۳۴]
		۲۰۳۴,۷۲	۱۲۱,۸۶	۲۵۵,۸۴	۱۵۵,۲۳	۰,۹۴۲	۵,۵۶۴[۲,۱۳۵و۴,۴۳۶]
نوذری و همکاران	۱۳۹۸	۲۹۴,۵	۳۷,۹۶	۳۴۲,۷۵	۳۴۲,۷۵	۱,۶۲۷	۲,۸۸۲[۰,۴۱۴و۲,۱۷۴]
		۵۰۸,۲۵	۷۶,۳۲	۷۶,۳۳	۵۷۷,۷۵	۱,۷۵۲	۲,۲۹۳[۰,۱۴۴و۱,۸۴]
نظری پیردوستی و همکاران	۱۳۹۸	۲۹,۴	۴,۳۷	۴,۳۷	۲۱,۴	۱,۲۲۷	۳,۱۷۲[۰,۶۲۶و۲,۶۵۳]
		۸۵۸,۳	۲۷۶,۸۶	۲۷۶,۸۶	۶۱۱,۲	۱,۵۱۱	۱,۷۷[-۰,۰۸۹و۱,۷۳۷]
		۱۷۳	۳۲,۲۴	۳۲,۲۴	۱۷۶,۶۶	۱,۶۳۶	-۰,۲۸۱[-۱,۰۰۳و۰,۷۵]
		۴۱,۹	۱۱,۲۹	۱۱,۲۹	۴۶,۱	۱,۶۱۴	-۰,۷۷۶[-۱,۲۳۸و۰,۵۲۹]
ناظری و همکاران	۱۳۹۷	۸۱,۶۶	۹,۵۶	۹,۵۶	۵۹,۱۶	۰,۹۸۶	۴,۸۹۲[۱,۴۹۹و۳,۹۵۱]
فتحی آذر و همکاران	۱۳۹۶	۱۴۳۷,۶۹	۱۴۶,۶۴	۱۴۶,۶۴	۱۷۳۷,۱۶	۱,۶۸۶	۳,۸۵۵[-۱,۴۹۹و۲,۵۶۴]
		۱۲۸۱,۰۷	۱۶۱,۴۹	۱۶۱,۴۹	۱۶۰۳,۷۶	۱,۶۹۵	۲,۸۲۱[-۱,۴۹۹و۲,۵۴۴]
		۱۶۲۲,۳	۷۲,۴۸	۷۲,۴۸	۱۹۰۰۹۲	۱,۱۲۱	۵,۲۲۹[۱,۴۹۹و۳,۲۹۴]
کل (اندازه ثابت)							M=۰,۹۴۵ P=۰,۰۰۰
کل (اندازه تصادفی)							M=۱۸۸,۱ P=۰,۰۰۰

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول (۲)، تعداد مطالعات tDCS و میانگین اندازه اثر نشان داده شده است. نتایج بیانگر آن است که تحریک الکتریکی مغز با میانگین اندازه اثر کل (اندازه ثابت) به اندازه ۰/۹۴۵ و اندازه تصادفی به اندازه ۱/۱۸۸ به عنوان یک روش مداخله موثر بر حافظه افراد در مطالعات محسوب می‌شود. حال در جدول (۳) خلاصه نتایج حاصل ارائه می‌شود.

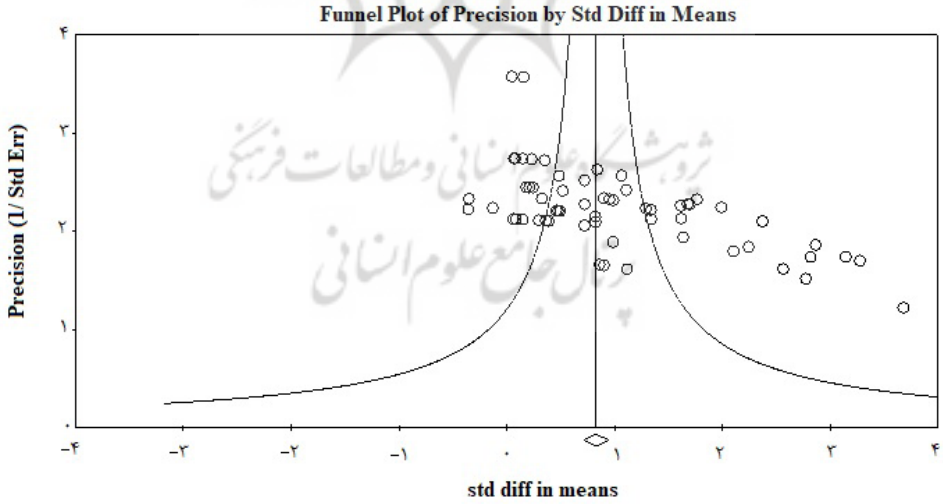
جدول ۳: آماره اندازه اثر ثابت و تصادفی تاثیر tDCS بر حافظه افراد

مدل	اندازه اثر و فاصله اطمینان ۰/۹۵					آزمون فرض صفر		ناهمگونی			
اثر	تعداد	برآورد	خطای	واریانس	حد	حد بالا	zآماره	Sig	آماره Q	df	Sig	I مربع

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

		نقطه‌ای	استاندارد		پایین					
ثابت	۲۶	۰/۸۳	۰/۰۵۶	۰/۰۰۴	۰/۷۱۶	۰/۹۴۵	۱۴/۴۷۸	۰/۰۰۱	۲۱۱/۷۱	۲۵	۱	۷۱/۳۹۴
تصادفی	۲۶	۰/۹۶	۰/۱۱۲	۰/۰۱۵	۰/۷۶۴	۱/۱۸۸	۷/۷۶۵	۰/۰۰۱				

میانگین اندازه اثر کلی مطالعات انجام شده در زمینهٔ اثر مداخلات tDCS بر حافظه افراد برای مدل اثرات ثابت میزان آماره z برابر ۱۴/۴۷۸ و معنی‌داری کمتر از ۰/۰۰۱ دارد. همچنین برای اثرات تصادفی این مقدار برابر ۷/۷۶۵ گزارش شد که در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۰۱ می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که ناهمگونی مطالعات وجود دارد؛ از این رو فرض صفر مبنی بر اینکه متوسط کلی اندازه اثر، تفاوت ندارد، رد می‌شود. بر طبق نظریه کوهن، هر چه مقدار M بیشتر باشد، حاکی از اثرگذاری بیشتر است؛ از این رو میانگین M=۰/۹۴۵ نشان می‌دهد که اثر مداخلات tDCS بر حافظه افراد زیاد است. همچنین بر اساس نتایج جدول (۲) بیشترین میزان اثربخشی مربوط به مطالعه جهانیان و همکاران (۱۳۹۸) می‌باشد. در بررسی ناهمگونی به کمک شاخص Q، نتایج نشان می‌دهد که این شاخص با درجه آزادی ۲۵ در سطح معنی داری کمتر از ۰/۰۰۱ به اندازه ۲۱۱/۷۱ است؛ لذا فرض همگنی مطالعات رد می‌شود و نتیجه می‌شود که مطالعات ناهمگون هستند. همچنین آماره I مربع به اندازه ۷/۳۹۴ تائید دیگری بر ناهمگونی مطالعات انجام رگفته است. از این رو، مطالعات مرود بررسی در یک اندازه اثر حقیقی دارای اشتراک هستند و تفاوت ناشی از اندازه اثر مشاهده شده ناشی از خطای نمونه‌گیری است. برای بررسی تورش چاپ و انتشار، نمودار قیفی توسط نرم‌افزار جامع فراتحلیل رسم گردید و از آزمون N ایمن از خطای کلاسیک بهره گرفته شد. همان گونه که در نمودار (۲) مشاهده می‌شود، پژوهش مرود نظر تا اندازه‌ای دارای تورش چاپ و انتشار است. این موضوع می‌تواند ناشی از تعداد حجم نمونه در تحقیق باشد. آزمون N ایمن از خطای کلاسیک نیز نشان می‌دهد که تفاوت بین تحقیقات مورد استفاده به تعداد ۲۶ مورد و کل مطالعات به اندازه ۴۵۰ مورد قابل توجه است.



نمودار ۲. اندازه اثر مطالعات خطای استاندارد میانگین در مدل اثرات تاثیر tDCS بر حافظه افراد

بحث و نتیجه‌گیری

متاآنالیز حاضر به بررسی یکی از مداخلات روانشناختی غیرتهاجمی مغز تحت عنوان تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای tDCS بر حافظه افراد دارای ناتوانی یادگیری پرداخت. نتایج حاصل از به‌کارگیری روش فراتحلیل با استفاده از روش ترکیب اندازه اثر به روش

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

اشمیت و هانتر نشان داد که tDCS در بهینه سازی عملکرد حافظه افراد دارای ناتوانی یادگیری از قابلیت لازم برخوردار است. این نتیجه با مطالعات (گرند پرین و همکاران، ۲۰۲۰؛ لاتاری و همکاران،۲۰۱۹؛ مونیس و همکاران، ۲۰۱۹) همسویی داشت. در سال‌های اخیر محققان در مطالعاتی به بررسی تأثیرات تحریک الکتریکی مغز بر کارکردهای روانشناختی انجام داده‌اند. نتایج آنها نشان داده است که tDCS می‌تواند به‌عنوان یک منبع تعدیل کننده‌ی عصبی برای افراد مورد استفاده قرار گیرد تا عملکرد حافظه افراد را بهبود بخشد. این تغییرات هم در افراد سالم و هم در افراد دارای ناتوانی یادگیری که در طول برنامه‌های آموزشی خود از تحریک الکتریکی استفاده کرده‌اند، مشهود بود؛ نتایج فراتحلیل حاضر نشان داد که، در هیچ یک از مطالعات بررسی شده، به عوارض جانبی منفی تحریک الکتریکی مغز اشاره نشده است. همچنین نتایج بررسی تفاوت بین مطالعات از جهت بهبود عملکرد حافظع افراد دارای ناتوانی یادگیری، اثربخشی مناسبی از tDCS مشاهده شد. پروتکل تحریک الکتریکی مغز که از طریق دو الکترود متصل شونده بر روی پوست تحت عنوان آنود بر روی قشر پیش پیشانی خلفی جانبی چپ (F3) و دیگری به عنوان کاتود بر روی قشر پیش پیشانی خلفی جانبی راست (F4)، دارای جریان الکتریکی یک تا دو میلی‌آمپر و سطح مقطعی برابر با ۳۵ سانتیمتر مربع دارند. در TDCS آندی با دپلاریزه کردن نورون‌ها اثری محرک بر روی سلولهای عصبی دارند، درحالی‌که نوع کاتودی آن با هیپریلاریزه کردن نورون‌ها منجر به مهار و خاموشی بافت عصبی می‌شود (پروستا-روبیکس و همکاران، ۲۰۱۸).

نوع عملکرد تحریک الکتریکی مغز بر روی کارکردهای اجرایی به این ترتیب است که قشر پیش‌پیشانی پشتی-جانبی که در اعمال شناختی ویژه در حافظه کاری، برنامه‌ریزی، رفتار مبتنی بر هدف، تمرکز و کنترل مهاری ظرفیت بالایی دارند، مورد هدف قرار می‌گیرد و منجر به افزایش تحریک پذیری کرتکسی در کرتکس پیش پیشانی خلفی جانبی چپ می‌شود. زیرا تحریک الکتریکی مغز به ویژه تحریک آندی با دپلاریزه کردن نورون موجب تغییر در سیستم استراحت نورونی شده و منجر به افزایش تحریک پذیری این ناحیه می‌گردد. همچنین افزایش تحریک پذیری سطح در کرتکس پیشانی به افزایش رها شده دوامین منجر می‌شود که در بهبود مهارت حل مساله نقش دارد. در نتیجه تحریک الکتریکی مغز با بهبود اثرات تحریکی از قبیل سطح گلوتامات، آمینواسیدهای مرتبط با حافظه کاری، بازیابی و بازشناسی حافظه و یادگیری محرا پاسخ را افزایش می‌دهد. از طرفی، تحریک ناحیه کرتکس پیشانی خلفی جانبی، به علت عبور جریان الکتریکی و تغییرات غلظت یونی محلی و تغییر عبوری از غشا و تغییرات در یون هیدروژن مثبت، در بهبود حافظه کوتاه‌مدت، مهارت بینایی-فضایی، کارکرد اجرایی، توجه، دقت، حافظه کاری، آگاهی نسبت به زمان و مکان و توانایی حل مساله موثراست. در نهایت می‌توان گفت، آشنایی با کارکرد مغز و سیستم عصبی بدان جهت که مسائل یادگیری را بدون این آشنایی نمی‌توان شناخت، اهمیت فراوان دارد. واضح است که آموزش هم تحت تأثیر نتایج مطالعات عصب روان‌شناختی قرار می‌گیرد؛ زیرا آگاهی از کارکردهای عصب روان‌شناختی به روشن شدن جریان یادگیری کمک می‌کند و می‌تواند برخی از عوامل را که باعث بروز مشکلات یادگیری می‌گردند آشکار سازد و برای محققینی که در مورد شکست تحصیلی تحقیق می‌کنند، حداقل تأثیر نتایج تحقیقات در عصب روان‌شناختی این است که نگاهی تازه به روش‌های تحقیق و آموزش به وجود می‌آورد. از نظر موضوعی نیز تحقیقاتی که امروز در دانشگاه‌های معتبر جهان انجام می‌شود، بیشتر حول کارکردهای مغز است، با این امید که دستاوردهای بشر در زمینه شناخت مغز بتواند در بهره‌برداری بیشتر و بهتر از مغز، رشد و پرورش ذهن و معالجه اختلالات روانی و تولید الگوهای ایجاد شده از روی مغز مفید واقع شود.

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

به‌طورکلی، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای می‌تواند برای تغییر عملکرد حافظه در افراد دارای ناتوانی یادگیری بهره گرفته شود، با این وجود، اثر tDCS بر عملکرد حافظه با طراحی و به کارگیری گروه کنترل تعدیل میشود، یعنی هنگامی‌که تجزیه و تحلیل به کنترل‌های فعال محدود می‌شد، ممکن است اثر تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای در بهبود حافظه کاهش یابد. تحقیقات آینده باید بر تکرار و گسترش اندازه اثر tDCS با اندازه‌های نمونه بزرگتر، اتخاذ یک طراحی کاملا کنرل شده از یک گروه فعال، ارائه شواهدی برای تغییرات در باندهای فرکانسی آموزش دیده، شناسایی مناسب‌ترین پروتکل مداخله‌ای بر اساس ارتباط مستقیم نتایج در بهبود حافظه و کاربرد تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای در فعالیت‌های واقعی و در زمینه آموزشی توجه کنند.

ارزش و اعتبار یک مطالعه نظام‌مند یا فراتحلیل، توسط روش‌های مطالعات موجود محدود می‌شود؛ بنابراین، نتایج مرور متاآنالیز حاضر ممکن است ضعف‌های روش مطالعات را به جای نقاط ضعف یا قوت اثر tDCS بر عملکرد حافظه افراد دارای ناتوانی یادگیری منعکس کند. درواقع، مطالعاتی که در مرور نظامدار و فراتحلیل حاضر مورد بررسی بودند، دارای برخی محدودیت در بخش روش‌شناسی همچون عدم استفاده از گروه کنترل در طول مطالعه بودند. یکی دیگر از محدودیت‌های تحقیق حاضر مربوط به ناهمگنی و کم بودن مطالعاتی است که اندازه اثر tDCS را در حوزه افراد دارای ناتوانی یادگیری مطالعه و تحلیل کرده بودند، چرا که طیف مطالعات در حوزه کودکان دارای اوتیسم بیشتر از اختلال یادگیری بود. همچنین مطالعاتی که به صورت آزمایش‌های تصادفی کنترل شده اجرا شده‌اند، بیشتر شامل اندازه نمونهٔ کوچکی بودند که ممکن است در مقایسه با آزمایش‌های با اندازه حجم نمونه بزرگتر، اندازه اثر را بیشتر نشان دهد؛ بنابراین، تحقیقات آینده باید بر تکرار و توسعه اندازه اثر tDCS با حجم نمونه بزرگتر تمرکز کند.

محدودیت دیگر پژوهش مربوط به این است که برخی از مطالعات در نتایج خود گزارش نکردند که آیا tDCS در واقع به یادگیری و بهبود عملکرد حافظه منجر شده است که با تغییرات درس نشان داده می‌شود یا خیر. این یک نکته کلیدی است زیرا اگر تحریک الکتریکی مغز نتواند تغییرات مورد انتظار را در سطح EEG ایجاد کند، بنابراین اندازه اثر آموزش به احتمال زیاد به عوامل دیگر مربوط می‌باشد؛ بنابراین، تحقیقات آینده نه تنها باید تغییر در حافظه افراد را مد نظر قرار دهند، بلکه باید تغییر ویژه در قدرت EEG را نیز تعیین کنند. با توجه به افزایش سریع حجم مطالعات tDCS در خصوص بهبود توانایی حافظه، محدودیتهای مهم روش‌شناختی لازم است مورد تجدید نظر قرار گیرد. در مورد روش‌شناسی این مداخلات، لازم است در تفسیر نتایج مربوطه به اثربخشی tDCS به‌عنوان یک اتوژنیک احتیاط لازم به عمل آید.

همچنین استانداردسازی متغیرهای روششناختی مانند مونتاژ الکترودها، شدت جریان، زمان جلسات مداخله و سایر جزئیات برای ارائه نگرش و دانش بهتر در مورد تأثیرات واقعی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای بر حافظه افراد ضروری است. علاوه بر این، مکانیزم‌های مربوط به بهبود توانایی حافظه افراد دارای ناتوانی یادگیری هنوز مشخص نیست. در این راستا، سؤال جالب این است که چه عواملی باعث بهبود گذرا درعملکرد حافظه افراد دارای ناتوانی یادگیری می‌شود؟ به نظر میرسد تعدیل تحریک‌پذیری کورتیکوسپینال یا سایر نواحی مغزی هدفمند به دنبال tDCS مسئول این بهبود باشد. با این وجود، مطالعات اندکی فعالیت کورتیکوسپینال یا مغز را به دنبال یا در طول tDCS بررسی کردند. از دیگر مشخصات فنی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای تفکیک مکانی کم میدان الکتریکی ناشی از مغز در مقایسه با تحریک مغناطیسیجمجمه است که می‌تواند بر عملکرد برخی مناطق مغزی فراتر از مناطق مورد نظر اثرگذار

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

باشد. کوچک بودن نمونه‌ها در تحقیقات، می‌تواند کاذب بودن نتایج را توجیه کند؛ لذا لازم است به این موضوع در تحقیقات آتیتوجه ویژه شود. در نهایت عدم وجود روش‌های مناسب یکسو کور و دو سو کور در اغلب مطالعات باید مورد توجه قرار گیرد، زیرا روش‌های مشخص می‌تواند منجر به اثرات روانشناختی غیرمنتظره و گیجک ننده شود و تفسیر نتایج را دشوار کند.

موازین اخلاقی

در تمام مراحل پژوهش سعی شد اصول اخلاقی مورد توجه قرار گیرد. ضمن دادن آزادی انتخاب به شرکت‌کنندگان و دادن اطمینان جهت رعایت اصول رازداری، سعی بر آن بود تا به حریم شخصی زندگی افراد احترام گذاشته شود.

تشکر و قدردانی

از همه افراد شرکت‌کننده در پژوهش و همه افرادی که در اجرای این پژوهش همکاری داشتند تشکر و قدردانی می‌شود.

مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان این پژوهش در نگارش مقاله نقش یکسانی داشتند.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان، این مقاله حامی مالی و تعارض منافع ندارد.

References

ارجمندنیا، علی اکبر؛ اسبقی، مونا؛ افروز، غلامعلی؛ رحمانیان، مهدیه (۱۳۹۵). تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه (tDCS) بر افزایش حافظه‌ی فعال کودکان مبتلا به اختلال ریاضی. ناتوانی‌های یادگیری، ۶(۱)، ۷-۲۵.

ارکان، امین؛ یاریاری، فریدون (۱۳۹۳). تحریک مغز از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی (TDCS) بر حافظه کاری در افراد سالم. فصلنامه روانشناسی شناختی، ۲(۲)، ۷-۱۰.

بهرامی، شهرزاد؛ موسوی ساداتی، سیدکاظم؛ دانشجو، عبدالرسول. (۱۳۹۹). تاثیر تحریک الکتریکی فراجمجمه مغز و تمرینات منتخب بر تعادل کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی .دوماهنامه علمی - پژوهشی طب توانبخشی،۹(۱)، ۲۵۹-۲۶۹.

جهانیان نجف آبادی؛ امیر؛ ایمانی، حدیث و جباری، رضا (۱۳۹۹). تاثیر تحریک الکتریکی مستقیم مغز از روی جمجمه (tDCS) بر کودکان دارای ناتوانی یادگیری. اصول بهداشت روانی، ۹(۴)، ۱۰-۲۱.

رجائی پور، محمد صادق و سعیدمنش، محسن (۱۳۹۷). اثربخشی تحریک فراجمجمه‌ای مغز با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی (tDCS) بر حافظه دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری ویژه. عصب روانشناسی، ۴(۱۳)، ۶۷-۸۴.

زمستانی، مهدی؛ ایزدپناه، عرفان، سلیمانی، سروه (۱۳۹۸). مقایسه اثربخشی دو روش تحریک الکتریکی مستقیم فراقشری مغز (tDCS) و بازی‌درمانی بر بهبود توجه و عملکرد روانی-حرکتی کودکان مبتلا به اختلال یادگیری: مطالعه نیمه تجربی. مجله مطالعات علوم پزشکی، ۳۰(۳)، ۱۷۴-۱۸۶.

شباهنگ، آسیه؛ عابدان زاده، رسول و رمضان زاده، حسام (۱۳۹۹). تاثیر تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز بر حافظه کاری. مطالعات روانشناسی ورزشی، ۳۱، ۱۳۹-۱۵۴.

عارفانیان، پریسا؛ سعیدمنش، محسنو عزیزی، مهدیه (۱۳۹۹). اثربخشی تحریک فراجمجمه‌ای مغز با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی (TDCS) بر کارکردهای اجرایی کودکان دارای اختلال یادگیری .دوماهنامه علمی - پژوهشی طب توانبخشی، ۹(۴)، ۹۱-۱۰۱.

غلامزاده نیکجو، حانیه؛ علیوندی وفا، مرضیه؛ طباطبائی، سیدمحمود و محب، نعیمه (۱۳۹۹). اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر تکانشگری و پرخاشگری دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص. دوماهنامه علمی - پژوهشی طب توانبخشی، ۱۱(۵)، ۷۴۱-۷۲۸.

فتحی آذر، الهه؛ حقگو، حجت اله؛ نصرت آبادی، مسعود؛ صیاد نصیری، محمد و حسین زاده، سمانه (۱۳۹۶). تاثیر مداخلات کاردرمانی و تحریک الکتریکی مغز بر عملکرد حافظه دیداری- فضایی. فصلنامه علمی- پژوهشی علوم پیراپزشکی وتوانبخشی، ۱۰(۴)، ۵۴-۶۶.

محبت بهار، سحر؛ مرادی جو، محمد؛ رایگانی، سیدمنصور؛ مشهدی، علی و بیگدلی، ایمان اله (۱۳۹۷). اثربخشی تحریک مکرر مغناطیسی مغز بر حافظه کاری. نشریه پژوهش در پزشکی، ۴۱(۲)، ۷۷-۸۵.

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

ناظری، سید سهند؛ محمدزاده، علی؛ طباطبایی، سیدمهدی و سلطانی، رضا (۱۳۹۷). تاثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم بر حافظه ی کاری. طب توانبخشی، ۸(۳)، ۲۵۰-۲۵۹.

نظری پیردوستی، سیروس؛ ولی پور ده نو، وحید؛ قهرمانلو، احسان (۱۳۹۸). تاثیر تحریک جریان مستقیم جمجمه ای (tDCS)قشر حرکتی بر اجرای قدرتی و استقامتی آزمودنی‌های سالم دانشگاهی. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ۲۷(۱)، ۴۴-۵۴.

نوذری، معصومه؛ نجاتی، وحید و میرزاییان، بهرام (۱۳۹۸). اثربخشی تحریک الکتریکی مغز بر کارکردهای اجرایی. فصلنامه روان شناسی کاربری، ۱۳(۴)، ۵۷۷-۵۹۹.

یاوری کاتب، میثم؛ مقدس تبریزی، یوسف؛ شهربانیان، شهناز؛ غرایاق زندی، حسن و به جامه، فاطمه (۱۳۹۷). اثرات تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای بر توانایی تصویرسازی دانشجویان. فصل‌نامه پژوهش‌های کاربردی روانشناختی، ۹(۱)، ۱۴۹-۱۶۵.

Abellaneda-Pérez, K., Vaqué-Alcázar, L., Perellón-Alfonso, R., Bargalló, N., Kuo, M.-F., Pascual-Leone, A.,... Bartrés-Faz, D. (2020). Differential tDCS and tACS effects on working memory-related neural activity and resting-state connectivity. Frontiers in neuroscience, 13, 1440.

Aminlou, M. S., Daramadi, P. S., & Khalatbari, J. (2022). Diagnostic Validity of Wechsler Intelligence Scale for Children Fifth Edition (WISC-V) with regard to Neuropsychological Characteristics of Children with Learning Disability. Journal of Positive School Psychology, 6(7), 333–344-333–344.

Angius, L., Hopker, J., & Mauger, A. R. (2017). The ergogenic effects of transcranial direct current stimulation on exercise performance. Frontiers in physiology, 8, 90.

Angius, L., Mauger, A., Hopker, J., Pascual-Leone, A., Santarnecchi, E., & Marcora, S. (2018). Bilateral extracephalic transcranial direct current stimulation improves memory performance Brain stimulation, 11(1), 108-117.

Angius, L., Pageaux, B., Hopker, J., Marcora, S. M., & Mauger, A. R. (2016). Transcranial direct current stimulation improves isometric time to work memory. Neuroscience, 339, 363-375.

Angius, L., Santarnecchi, E., Pascual-Leone, A., & Marcora, S. M. (2019). Transcranial direct current stimulation over the left dorsolateral prefrontal cortex improves inhibitory control and endurance memory performance Neuroscience, 419, 34-45.

Arefanian, P., Saeidmanesh, M., & Azizi, M. (2020). Effect of Transcranial Direct Current Stimulation (TDCS) on Executive Functions of Children with Learning Disabilities. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine, 9(4), 91-101.

Atkinson, D. (2018). An auto/biographical approach to learning disability research: Routledge.

Axelrod, V., Rees, G., Lavidor, M., & Bar, M. (2015). Increasing propensity to mind-wander with transcranial direct current stimulation. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(11), 3314-3319.

Bailey, S., Hoeft, F., Aboud, K., & Cutting, L. (2016). Anomalous gray matter patterns in specific reading comprehension deficit are independent of dyslexia. Annals of dyslexia, 66(3), 256-274.

Bardi, L., Kanai, R., Mapelli, D., & Walsh, V. (2013). Direct current stimulation (tDCS) reveals parietal asymmetry in local/global and salience-based selection. Cortex, 49(3), 850-860.

Barwood, M. J., Butterworth, J., Goodall, S., House, J. R., Laws, R., Nowicky, A., & Corbett, J. (2016). The effects of direct current stimulation on memory performance, pacing and perception Brain stimulation, 9(6), 842-849.

Beck, J. S., & Beck, A. (2011). Cognitive behavior therapy. New York: Basics and beyond. Guilford Publication.

Bharathi, K. (2021). A Case Report of Cerebellar Atrophy Presenting as Specific Learning Disorder and Developmental Coordination Disorder. University Journal of Medicine and Medical Specialities, 7(1).

Bishara, S. (2018). Active and traditional teaching, self-image, and motivation in learning math among pupils with learning disabilities. Cogent Education, 5(1), 1436123.

Bjekić, J., Živanović, M., & Filipović, S. R. (2021). Transcranial direct current stimulation (Tdcs) for memory enhancement. JoVE (Journal of Visualized Experiments)(175), e62681.

Cavaleiro, C., Martins, J., Goncalves, J., & Castelo-Branco, M. (2020). Memory and cognition-related neuroplasticity enhancement by transcranial direct current stimulation in rodents: a systematic review. Neural plasticity, 2020.

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

Gabriely, R., Tarrasch, R., Velicki, M., & Ovadia-Blechman, Z. (2020). The influence of mindfulness meditation on inattention and physiological markers of stress on students with learning disabilities and/or attention deficit hyperactivity disorder. Research in developmental disabilities, 100, 103630.

Galli, G., Vadillo, M. A., Sirota, M., Feurra, M., & Medvedeva, A. (2019). A systematic review and meta-analysis of the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on episodic memory. Brain stimulation, 12(2), 231-241.

Garcia-Gonzalez, S., Lugo-Marin, J., Setien-Ramos, I., Gisbert-Gustemps, L., Arteaga-Henriquez, G., Diez-Villoria, E., & Ramos-Quiroga, J. A. (2021). Transcranial direct current stimulation in Autism Spectrum Disorder: A systematic review and meta-analysis. European Neuropsychopharmacology, 48, 89-109.

Geary, D. C. (2014). Learning disabilities in mathematics: Recent advances.

Gholamzade Nikjoo, H., Alivandi Vafa, M., Tabatabaei, S. M., & Moheb, N. (2020). The Effect of Transcranial Direct-Current Stimulation on Student Impulsivity and Aggression with Specific Learning Disabilities. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine.

Grandperrin, Y., Grosprêtre, S., Nicolier, M., Gimenez, P., Vidal, C., Haffen, E., & Bennabi, D. (2020). Effect of transcranial direct current stimulation on sports performance for two profiles of Learning disabilities: A protocol for a randomised, crossover, double blind, controlled exploratory trial. Trials, 21(1), 1-14.

Grigorenko, E. L., Compton, D. L., Fuchs, L. S., Wagner, R. K., Willcutt, E. G., & Fletcher, J. M. (2020). Understanding, educating, and supporting children with specific learning disabilities: 50 years of science and practice. American Psychologist, 75(1), 37.

Hacker, D. J., Kiuhara, S. A., & Levin, J. R. (2019). A metacognitive intervention for teaching fractions to students with or at-risk for learning disabilities in mathematics. ZDM, 51(4), 601-612.

Hallahan, D. P., Pullen, P. C., & Ward, D. (2014). A brief history of the field of learning disabilities.

Hazime FA, d. C. R., Soliaman RR,, & Romancini ACB, P. A., Ejnisman B, et al. (2019). The Effectiveness of Cognitive Training Method and Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on the Metamemory in the Students with Special Learning Disorders. International Journal of Health Studies, 5(3).

Chokron, S., Kovarski, K., & Dutton, G. N. (2021). Cortical visual impairments and learning disabilities. Frontiers in Human Neuroscience, 15.

Ciccone, A. B., Deckert, J. A., Schlabs, C. R., Tilden, M. J., Herda, T. J., Gallagher, P. M., & Weir, J. P. (2019). Transcranial direct current stimulation of the temporal lobe does not affect high-intensity memory work capacity. The Journal of Strength & Conditioning Research, 33(8), 2074-2086.

Cope, N., Eicher, J. D., Meng, H., Gibson, C. J., Hager, K., Lacadie, C.,... Gruen, J. R. (2012). Variants in the DYX2 locus are associated with altered brain activation in reading-related brain regions in subjects with reading disability. Neuroimage, 63(1), 148-156.

Cui, Z., Su, M., Li, L., Shu, H., & Gong, G. (2018). Individualized prediction of reading comprehension ability using gray matter volume. Cerebral Cortex, 28(5), 1656-1672.

Dominguez, O., & Carugno, P. (2020). Learning disability.

Drigas, A., Mitsea, E., & Skianis, C. (2022). Virtual Reality and Metacognition Training Techniques for Learning Disabilities. Sustainability, 14(16), 10170.

Eling, P. (2019). History of neuropsychological assessment. A history of neuropsychology, 44, 164-178.

Filmer, H. L., Mattingley, J. B., & Dux, P. E. (2020). Modulating brain activity and behaviour with tDCS: Rumours of its death have been greatly exaggerated. Cortex, 123, 141-151.

Fletcher, J. M., Lyon, G. R., Fuchs, L. S., & Barnes, M. A. (2018). Learning disabilities: From identification to intervention: Guilford Publications.

Fletcher, J. M., Stuebing, K. K., Morris, R. D., & Lyon, G. R. (2014). Classification and definition of learning disabilities: A hybrid model.

Frazer, A. K., Howatson, G., Ahtiainen, J. P., Avela, J., Rantalainen, T., & Kidgell, D. J. (2019). Priming the motor cortex with anodal transcranial direct current stimulation affects the acute inhibitory corticospinal responses to strength training. The Journal of Strength & Conditioning Research, 33(2), 307-317.

Fregni, F., Nitsche, M., Loo, C., Brunoni, A., Marangolo, P., Leite, J.,... Paik, N. (2015). Regulatory considerations for the clinical and research use of transcranial direct current stimulation (tDCS): review and recommendations from an expert panel. Clinical research and regulatory affairs, 32(1), 22-35.

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

impairment using multiple methods of assessment to aid in differential diagnosis. Paper presented at the Seminars in pediatric neurology.

Lust, J. M., Steenbergen, B., Diepstraten, J. E., Wilson, P. H., Schoemaker, M. M., & Poelma, M. J. (2022). The subtypes of developmental coordination disorder. Developmental Medicine & Child Neurology.

Mahmud, M. S., Zainal, M. S., Rosli, R., & Maat, S. M. (2020). Dyscalculia: What We Must Know about Students' Learning Disability in Mathematics. Universal Journal of Educational Research, 8(12B), 8214-8222.

Marzi, C. A. (2020). Neuropsychology of attention. In Handbook of clinical and experimental neuropsychology (pp. 509-524): Psychology Press.

McDowell, M. (2018). Specific learning disability. Journal of paediatrics and child health, 54(10), 1077-1083.

Meiron, O., David, J., & Yaniv, A. (2021). Left prefrontal transcranial direct-current stimulation reduces symptom-severity and acutely enhances working memory in schizophrenia. Neuroscience Letters, 755, 135912.

Mesquita, P. H. C., Lage, G. M., Franchini, E., Romano-Silva, M. A., & Albuquerque, M. R. (2019). Bi-hemispheric anodal transcranial direct current stimulation worsens taekwondo-related performance. Human movement science, 66, 578-586.

Miciak, J., & Fletcher, J. M. (2020). The critical role of instructional response for identifying dyslexia and other learning disabilities. Journal of Learning Disabilities, 53(5), 343-353.

Mirsky, A. F. (2018). The neuropsychology of attention: Elements of a complex behavior. Integrating theory and practice in clinical neuropsychology, 75-92.

Mizuno, T., & Aramaki, Y. (2017). Cathodal transcranial direct current stimulation over the increases work memory. Neuroscience research, 114, 55-61.

Monies, D., Vågbø, C. B., Al-Owain, M., Alhomaidi, S., & Alkuraya, F. S. (2019). Recessive truncating mutations in ALKBH8 cause intellectual disability and severe impairment of wobble uridine modification. The American Journal of Human Genetics, 104(6), 1202-1209.

Montenegro, R., Okano, A., Gurgel, J., Porto, F., Cunha, F., Massaferri, R., & Farinatti, P. (2015). Motor cortex tDCS does not improve Memory performance in healthy subjects.

Hendy, A. M., Teo, W.-P., & Kidgell, D. J. (2015). Anodal tDCS prolongs the cross-education of strength and corticomotor plasticity. Med. Sci. Sports Exerc, 47, 1788-1797.

Holgado, D., Zandonai, T., Zabala, M., Hopker, J., Perakakis, P., Luque-Casado, A.,... Sanabria, D. (2018). The effectiveness of transcranial direct current stimulation (tDCS) on attention and visual-auditory working memory: A randomised controlled trial. Journal of science and medicine in sport, 21(7), 654-660.

Horowitz, T. S., Treviño, M., Zhu, X., Lu, Y. Y., Huang, G. C., & Germine, L. T. (2020). How do we measure attention? Visual cognition meets neuropsychology. Journal of Vision, 20(11), 537-537.

Huang, L., Deng, Y., Zheng, X., & Liu, Y. (2019). Transcranial direct current stimulation on cognitive performance. Frontiers in physiology, 10, 118.

Kamali, A.-M., Nami, M., Yahyavi, S.-S., Saadi, Z. K., & Mohammadi, A. (2019). Transcranial direct current stimulation on the enhancement of rapid automatized naming and verbal short term memory. The Cerebellum, 18(1), 119-127.

Kamali, A.-M., Saadi, Z. K., Yahyavi, S.-S., Zarifkar, A., Aligholi, H., & Nami, M. (2019). Transcranial direct current stimulation on executive functions in children with learning disabilities. PloS one, 14(8), e0220363.

Khan, I. S., D'Agostino, E. N., Calnan, D. R., Lee, J. E., & Aronson, J. P. (2019). Deep brain stimulation for memory modulation: a new frontier. World Neurosurgery, 126, 638-646.

Kong, J. E., Yan, C., Serceki, A., & Swanson, H. L. (2021). Word-problem-solving interventions for elementary students with learning disabilities: A selective meta-analysis of the literature. Learning Disability Quarterly, 44(4), 248-260.

Lampropoulou, S. I., & Nowicky, A. V. (2013). The effect of transcranial direct current stimulation on perception of effort in an isolated isometric flexion task. Motor control, 17(4), 412-426.

Lattari, E., Vieira, L. A., Oliveira, B. R., Unal, G., Bikson, M., de Mello Pedreiro, R. C.,... Maranhão-Neto, G. A. (2019). Effects of transcranial direct current stimulation on memory strength and perceived exertion. The Journal of Strength & Conditioning Research, 33(5), 1237-1243.

Lueck, A. H., Dutton, G. N., & Chokron, S. (2019). Profiling children with cerebral visual

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

Rahimi, M., Heidari, A., Naderi, F., Makvandi, B., & Pour, S. B. (2019). The Effectiveness of Cognitive Training Method and Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on the Metamemory in the Students with Special Learning Disorders. International Journal of Health Studies, 5(3).

SALES, M. M., De Sousa, C. V., BROWNE, R. A. V., FONTES, E. B., OLHER, R. D. R. V., & Ernesto, C. (2016). improves muscle isokinetic performance of young trained individuals. Med Sport, 69, 163-172.

Schwartz, E. K. (1985). Talking with your music teacher: A guide to meaningful discussions about music and the learning disabled student. Journal Reading, Writing, and Learning Disabilities, 1(3), 29-33.

Seidel, O., & Ragert, P. (2019). Effects of transcranial direct current stimulation of primary motor cortex on reaction time and tapping performance: A comparison between students with learning disabilities. Frontiers in Human Neuroscience, 13, 103.

Soares, N., Evans, T., & Patel, D. R. (2018). Specific learning disability in mathematics: a comprehensive review. Translational pediatrics, 7(1), 48.

Swanson, H. L., & Zheng, X. (2014). Memory difficulties in children and adults with learning disabilities.

Thair, H., Holloway, A. L., Newport, R., & Smith, A. D. (2017). Transcranial direct current stimulation (tDCS): a beginner's guide for design and implementation. Frontiers in neuroscience, 11, 641.

Torgesen, J. K. (2018). Phonologically based reading disabilities: Toward a coherent theory of one kind of learning disability. In Perspectives on learning disabilities (pp. 106-135): Routledge.

Valenzuela, P. L., Amo, C., Sánchez-Martínez, G., Torrontegi, E., Vázquez-Carrión, J., Montalvo, Z.,... de la Villa, P. (2019). Enhancement of mood but not performance in disablity learner's student with transcranial direct-current stimulation. International journal of sports physiology and performance, 14(3), 310-316.

Vargas, V. Z., Baptista, A. F., Pereira, G. O., Pochini, A. C., Ejnisman, B., Santos, M. B.,... Hazime, F. A. (2018). Modulation of isometric quadriceps strength in students with learning disabilities with transcranial direct current stimulation: a crossover study. The Journal of Strength & Conditioning Research, 32(5), 1336-1341.

Wagner, S., Lucka, F., Vorwerk, J., Herrmann, C. S., Nolte, G., Burger, M., & Wolters, C. H. (2016). Using reciprocity for relating the Motriz: Revista de Educação Física, 21, 185-193.

Mozeiko, J. L. (2022). Questions and Answers on Aphasia and Stroke. In Caring For a Loved One with Aphasia After Stroke (pp. 157-161): Springer.

National Academies of Sciences, E., & Medicine. (2015). Non-invasive neuromodulation of the central nervous system: opportunities and challenges: workshop summary.

Okano, A. H., Machado, D. G. S., Neto, L. O., Farias-Junior, L. F., Arruda, A., Fonteles, A. I.,... Moreira, A. (2017). Can transcranial direct current stimulation modulate psychophysiological response in disability learning students? International journal of medicine, 38(07), 493-500.

Ota, K., Shinya, M., & Kudo, K. (2019). Transcranial direct current stimulation over dorsolateral prefrontal cortex modulates on on the verbal working memory in children with mild intellectual disabilities. Frontiers in Human Neuroscience, 13, 297.

Park, S.-B., Sung, D. J., Kim, B., Kim, S., & Han, J.-K. (2019). Transcranial direct current stimulation of motor cortex enhances memory performance. PloS one, 14(2), e0211902.

Patael, S. Z., Farris, E. A., Black, J. M., Hancock, R., Gabrieli, J. D., Cutting, L. E., & Hoeft, F. (2018). Brain basis of cognitive resilience: Prefrontal cortex predicts better reading comprehension in relation to decoding. PloS one, 13(6), e0198791.

Peters, L., & Ansari, D. (2019). Are specific learning disorders truly specific, and are they disorders? Trends in Neuroscience and Education, 17, 100115.

Pixa, N. H., Steinberg, F., & Doppelmayr, M. (2017). High-definition transcranial direct current stimulation to short term memory improves unimanual and bimanual dexterity. Neuroscience Letters, 643, 84-88.

Platzer, K., & Lemke, J. R. (2021). GRIN1-related neurodevelopmental disorder.

Prochaska, J. O., & Norcross, J. C. (2018). Systems of psychotherapy: A transtheoretical analysis: Oxford University Press.

Pruvost-Robieux, E., Calvet, D., Ben Hassen, W., Turc, G., Marchi, A., Mélé, N.,... Mas, J.-L. (2018). Design and methodology of a pilot randomized controlled trial of transcranial direct current stimulation in acute middle cerebral artery stroke (STICA). Frontiers in Neurology, 9, 816.

Radel, R., Tempest, G., Denis, G., Besson, P., & Zory, R. (2017). Extending the limits of force endurance: Stimulation of the motor or the frontal cortex? Cortex, 97, 96-108.

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]

simulation of transcranial current stimulation to the EEG forward problem. Neuroimage, 140, 163-173.

Wexler, A. (2016). The practices of do-it-yourself brain stimulation: implications for ethical considerations and regulatory proposals. Journal of medical ethics, 42(4), 211-215.

Wurzman, R., Hamilton, R. H., Pascual-Leone, A., & Fox, M. D. (2016). An open letter concerning do-it-yourself users of transcranial direct current stimulation. Annals of neurology, 80(1), 1.

Zhang, X., Räsänen, P., Koponen, T., Aunola, K., Lerkkanen, M. K., & Nurmi, J. E. (2020). Early cognitive precursors of children's mathematics learning disability and persistent low achievement: A 5-year longitudinal study. Child development, 91(1), 7-27.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[Downloaded from jayps.iranmehr.ac.ir on 2023-11-18]
[DOR: 20.1001.1.28212525.1402.4.3.7.1]
[DOI: 10.52547/jspnay.4.3.88]