Neuropsychology
Vol.6, No.3, (Series 22), Autumn 2020(71_92)

فصلنامه علمی عصب‌روانشناسی
سال ششم، شماره ۳ (پیاپی۲۲)، پاییز۱۳۹۹(۹۲_۷۱)

اثربخشی ترکیب توانبخشی شناختی رایانه‌یار و tDCS قشر پره‌فرونتال بر کارکردهای اجرایی و حافظه کاری در نوجوانان مبتلا به دیابت نوع ۱

غلامحسین جوانمرد

دانشیار علوم اعصاب شناختی، دانشگاه پیام نور، ایران.

(تاریخ وصول: ۹۸/۱۲/۱۷ ـ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۲۹)

The Integrated Effect of Computer Aided Cognitive Rehabilitation and tDCS on the Prefrontal Cortex on Executive Functions and Working Memory in Type 1 Diabetic Adolescents

Gholam Hossein Javanmard
Associate Professor of Cognitive Neuroscience, Payame Noor University, Iran.
(Received: Mar.07, 2020- Accepted: Apr.17, 2020)

چکیده

مقدمه: مطالعه حاضر، به‌صورت نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه کنترل- شم، با هدف بررسی تاثیر توانبخشی شناختی رایانه‌یار، همزمان با تحریک قشر پره فرونتال بر کارکردهای اجرایی و حافظه کاری در نوجوانان مبتلا به دیابت، انجام گرفت. **روش:** ۲۰ نوجوان ۱۵ تا ۱۸ ساله مبتلا به دیابت از انجمن دیابت شهرستان بناب انتخاب و به‌طور تصادفی در دو گروه ۱۰ نفری آزمایش و شم قرارگرفتند. کارکردهای اجرایی و حافظه کاری هردو گروه آزمایش و کنترل در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون از طریق نسخه نرم‌افزاری آزمون دسته‌بندی کارت‌های ویسکانسین، و نرم‌افزار بهسازی حافظه و توجه مورد سنجش قرارگرفتند. برای مداخله، گروه آزمایشی به صورت انفرادی در ۱۰ جلسه ۳۰دقیقه‌ای(یک روز در میان)، همزمان با تحریک آندی Fp1 و Fp2 با کمک نرم‌افزار بهسازی حافظه و توجه، مورد توانبخشی شناختی برای حافظه کاری قرار گرفتند اما گروه کنترل- شم فقط ۱۵ ثانیه تحریک واقعی دریافت می‌کردند، سپس تحریک قطع می‌شد. **یافته‌ها:** نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از تحلیل کواریانس، حاکی از بهبود انعطاف‌پذیری شناختی و حافظه کاری، و کاهش درجامانی در گروه آزمایش بود. **نتیجه‌گیری:** براساس نتایج حاصل از این پژوهش، می‌توان از توانبخشی شناختیِ حافظه کاری همزمان با تحریک آندی قشر پره فرونتال، به‌عنوان روشی مؤثر برای بهبود کارکردهای اجرایی و حافظه کاری در مبتلایان به دیابت نوع ۱ بهره جست.

واژگان کلیدی: توانبخشی شناختی، کارکردهای اجرایی، حافظه کاری، دیابت نوع ۱، قشر پره فرونتال

Abstract

Aim: The present study was a quasi-experimental study with pretest-posttest design with a control group aimed to investigate the effect of computerized cognitive rehabilitation while stimulating anodic prefrontal cortex on executive and working memory functions in adolescents with diabetes type 1. **Method:** 20 adolescents aged 15-18 years with diabetes were selected from the Diabetes Association of Bonab city and were randomly divided into two experimental and control groups(n = 10). The executive functions and working memory of both experimental and control groups were assessed in the pre-test and post-test stages through the Wisconsin Card Sorting Test software, and memory and attention improvement software. For intervention, the experimental group received cognitive rehabilitation for working memory in 10 half-hour sessions(one day in between), simultaneously stimulating Fp1 and Fp2 with memory and attention improvement software. **Findings:** The results of data analysis using covariance analysis showed improvement in cognitive flexibility and working memory and a decrease in overall perseveration in the experimental group. **Conclusion:** According to the results of this study, cognitive working memory rehabilitation can be used simultaneously with anodic stimulation of the prefrontal cortex as an effective method for improving executive functions and working memory in type 1 diabetic patients.

Keywords: Cognitive Rehabilitation, Executive Functions, Working Memory, Type 1 Diabetes, Prefrontal Cortex

Corresponding: Gholam Hossein Javanmard

Email: javanmardhossein@gmail.com

مقدمه

رابطه ذهن و بدن از دیر باز مورد توجه اندیشمندان برخی از حوزه‌های علمی و فلسفه بوده است. بنظر می‌رسد هر چه روشن‌تر شدن این رابطه، به‌نحوی منجر به کم‌رنگ‌تر شدن این دوگانه‌انگاری[1] شده است. از این دیدگاه دیابت به‌عنوان یک اختلال مربوط به بدن، بیماری مزمنی است که با اختلال عملکرد ترشح و استفاده از انسولین مشخص می‌شود و منجر به ازدیاد قند خون می‌گردد(سیلوا، ریبریو، داس سانتوس، دسوسا بسرا و فرگوسو[2]، ۲۰۱۲). بنابه کودل و سیکویست[3](۲۰۰۸) تأثیرات مضر دیابت بر شبکیه، کلیه، قلب و عروق، و سیستم عصبی محیطی، که به‌عنوان بخش‌های بدن تلقی می‌شوند، به‌طور وسیعی تایید شده است. اما توجه کمتری به تاثیرات دیابت بر عملکردهای شناختی، که به‌عنوان کارکردهای ذهنی مورد توجه هستند، معطوف شده است.

هر دو نوع دیابت نوع ۱ و ۲ با کاهش عملکرد بر حوزه‌های وسیع عملکرد شناختی مرتبط است. رایج‌ترین اختلال شناختی شناسایی‌شده در بیماران دیابت نوع ۱ شامل کُند شدن سرعت پردازش اطلاعات(برندز و همکاران، ۲۰۰۶، ویسلز و همکاران، ۲۰۰۷) و بدتر شدن بهره‌وری روانی- حرکتی(برندز و همکاران، ۲۰۰۶؛ رایان، گکلی، و ارچارد، ۲۰۰۳؛ وینگر و همکاران، ۲۰۰۸) است. سایر اختلالات گزارش شده عبارتند از اختلال در سرعت حرکتی(رایان، ویلیامز، فینگلد، و ارچارد، ۱۹۹۳؛ هرشی و همکاران، ۱۹۹۹)، واژگان(وینگر و همکاران، ۲۰۰۸؛ نورثام و همکاران، ۱۹۹۸؛ شونل و همکاران، ۲۰۰۲)، هوش عمومی(نورثام و همکاران، ۱۹۹۸؛ نورثام و همکاران، ۲۰۰۱)، ساختار دیداری[4](ویسلز و همکاران، ۲۰۰۷؛ نورثام و همکاران، ۱۹۹۸)، توجه(ویسلز و همکاران، ۲۰۰۷)، بررسی حسی تنی[5]، قدرت حرکتی(اسکنازی و بیگلر، ۱۹۸۴)، حافظه(وینگر و همکاران، ۲۰۰۸)، و عملکرد اجرایی(وینگر و همکاران، ۲۰۰۸؛ نورثام و همکاران، ۲۰۰۱).

لای، اندرسون، مک نامارا، دیویس و جونز[6](۲۰۱۱) معتقدند که بروز دیابت در سنین پایین، مدتی است که به‌عنوان عامل خطر نیرومندی مرتبط با نقص شناختی از عملکرد ضعیف بر آزمون ادراکی کلی گرفته تا نقص‌های خاص در توجه و بهره‌وری روانی- حرکتی، شناخته شده است. برخی مطالعات نشان داده‌اند که هیپوگلیسمی شدید بر حوزه‌های مختلف شناختی، به‌طور خاص بر حافظه بلندمدت، توجه، و IQ کلامی تاثیر دارد(ویسوکی، هاریس، ویلکینسون، سادلر، مائوراس و وایت[7]، ۲۰۰۳؛

1. Dualisim
2. Silva, Ribeiro, dos Santos, de Sousa Beserra & Fragoso
3. Kodl & Seaquist
4. Visuoconstruction
5. Somatosensory
6. Ly, Anderson, McNamara, Davis & Jones
7. Wysocki, Harris, Wilkinson, Sadler, Mauras & White

استرودویسک، کرن، گاردینر، فوستر، دیویس و جونز[1]، ۲۰۰۵).

شدیدترین عارضه سیستم عصبی مرکزی مرتبط با دیابت حاد در دیابت نوع ۱، آماس مغزی[2] مرتبط با کتواسیدوز دیابتی است(مک کریمون، رایان و فریبر[3]، ۲۰۱۲). در مطالعه کمرون، کرچ، نادبوم، نورتام، کووس[4] و همکاران(۲۰۱۴) چندین تکنیک MRI برای مشخص کردن بیوشیمی و ساختار مغزی مورد استفاده قرار گرفت و نشان داد که سابقه هایپرگلایسمی با افزایش انتشار در لوبول جداری بالایی[5] و هیپوکامپ مرتبط است. در کل، نقص شناختی عموماً در بیماران دیابتی مشاهده می‌شود(وو، لین، یه، چیین، تسائو، و دیگران[6]، ۲۰۱۷). آسیب مغزی در تمپورال میانی یا مناطق پره‌فرنتال ممکن است بر فرآیند حافظه تاثیر بگذارد تا حدی که فرد توانایی کدگذاری اطلاعات جدید یا حفظ دانش کسب‌شده اخیر درباره محیط اجتماعی و فیزیکی خود را از دست می‌دهد(اراکی و آیتو[7]، ۲۰۰۴). این در حالیست که حافظه یکی از مهم‌ترین حوزه‌های شناختی با توجه به عملکرد روزانه و نیز فرآیند ذخیره، کدگذاری، و بازیابی اطلاعات است. تحقیق سومرفیلد و مک آئولای[8](۲۰۰۳) نشان می‌دهد که در بزرگسالان با دیابت نوع ۱، هیپوگلیسمی حاد ملایم باعث کاهش عملکرد در آزمون‌های حافظه کوتاه مدت، تاخیری و فعال می‌شود. همچنین، حافظه کوتاه‌مدت نیز به‌طور قابل توجهی توسط هیپوگلیسمی مختل می‌شود.

بنابراین، مداخلات معطوف به توانبخشی شناختی به‌ویژه برای توجه و حافظه، برای افراد دیابتی ضروری و لازم است. توانبخشی شناختی، روش درمانی است که بر نقش کنش‌های اجرایی تاکید دارد و هدف اصلی آن بهبود نقایص و عملکرد شناختی بیمار از قبیل حافظه، عملکرد اجرایی، درک اجتماعی، تمرکز و توجه است و از درمان‌های مفید برای کاهش مشکلات شناختی و اجرایی است. کنش‌های اجرایی اصطلاحی است که فرایندهای شناختی متعددی را که در خدمت رفتارها و اعمال هدفمند هستند در بر می‌گیرد(چان، شامب، تووللوپوئولو و چن[9]، ۲۰۰۸). یکی از مؤلفه‌های کنش‌های اجرایی حافظه کاری است.

مؤلفه‌ای که امکان ذخیره‌سازی موقت و دستکاری اطلاعات در ذهن را فراهم می‌کند(راپورت، بولدن، کوفلر، سارور، رایکر و آلدرسون[10]، ۲۰۰۹). کنش این مؤلفه به‌منظور تسهیل و انجام صحیح فعالیت سایر مؤلفه‌های کنش‌های اجرایی ضروری است و عملکرد مناسب

1. Strudwick, Carne, Gardiner, Foster, Davis & Jones
2. Cerebral edema
3. McCrimmon, Ryan & Frier
4. Cameron, Scratch, Nadebaum, Northam & Koves
5. Superior parietal lobule
6. Wu, Lin, Yeh, Chien, Tsao, et al.
7. Araki & Ito
8. Sommerfield & McAulay
9. Chan, Shumb, Toulopoulou & Chen
10. Rapport, Bolden, Kofler, Sarver, Raiker & Alderson

آن، تمرکز یا توجه پایدار، تأمل در پاسخ به محرک‌ها و نیز بازداری تکانه‌های نامربوط به موقعیت را فراهم می‌آورد(بارکلی[1]، ۲۰۰۶). بنابراین، در پژوهش حاضر، توانبخشی شناختی از طریق تمرینات حافظه کاری به صورت دیداری، شنیداری و تثبیت صورت گرفت. اما چون در پژوهشی که قبلا انجام یافته است، این تمرینات بر حافظه و توجه و ادراک موثر دیده شدند(آقایوسفی، زارع، و محمدی، ۱۳۹۶؛ علیپور و محمدی، ۱۳۹۸)، ولی بر کارکردهای اجرایی موثر واقع نشدند(علیپور و محمدی، ۱۳۹۸)، پژوهش حاضر، این بار تمرینات توانبخشی شناختی را با تحریک همزمان الکتریکی قشر مغز همراه ساخت.

تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم الکتریکی(tDCS) یک تکنیک تحریک مغزی با حداقل تهاجم است که می‌تواند به‌طور انتخابی مناطق قشری خاصی را فعال یا مهار کند(بین، نقو، میلر، و فیتزجرالد[2]، ۲۰۰۷؛ زیومبر[3]، ۲۰۱۶). tDCS به طور گسترده در مطالعات عصبی- روانشناختی برای عمل در ویژگی های رفتاری و شناختی مانند توجه، حافظه و حافظه فعال، محاسبات، تصمیم گیری، و غیره، در افراد سالم و نیز بیمارانی با بیماری های عصبی- روانی متعدد به کار برده شده است(شین، فوئریستر و نیتش[4]، ۲۰۱۵؛ هیل، فیتزگرالد و هوی[5]، ۲۰۱۶).

تحریک الکتریکی با جریان مستقیم فراجمجمه ای آندی بر قشر پره فرونتال خلفی- جانبی می‌تواند حافظه فعال دیداری- فضایی در بیماران دیابتی دارای نوروپاتی محیطی دیابتی و نقص شناختی خفیف را تسهیل کند، هرچند که مکانیسم‌های اساسی معلوم نیستند. نتایج بررسی وو و همکاران(۲۰۱۷) نشان می‌دهد که tDCS آندی مکرر ممکن است عملکرد حافظه فعال فضایی در موش‌های دیابتی استرپتوزوتوسین[6] را از طریق افزایش انعطاف‌پذیری سیناپسی بهبود بخشد.

مطالعاتی که ترکیبی از tDCS و تکنیک‌های تصویربرداری عصبی را به‌کار برده‌اند، افزایش اتصال عملکردی بین منطقه تحریک‌شده با tDCS و سایر مناطق احتمالی دخیل در آزمون، ایجاد یک فعال‌سازی شبکه گسترده، را گزارش کرده‌اند(کیسر، میندل، بور، پالم، پوگارل، مولرت و دیگران، ۲۰۱۱). مطالعات نشان داده‌اند که افزون بر قطبی‌سازی tDCS، پارامترهای تحریک مانند طول زمان، شدت، تعداد تکرار، موقعیت الکترود، و تنظیمات کنترل نیز می‌تواند نتیجه نهایی تاثیر tDCS را تعدیل کند(تئو، هوی، داسکالاکیس و فیتزگرالد[7]، ۲۰۱۱؛ هوی، امونسون، آرنولد، تامسون، داسکالاکیس و فیتزگرالد[8]، ۲۰۱۳؛ بنول، لیرمانس، مینیوسی،

1. Barkley
2. Been, Ngo, Miller & Fitzgerald
3. Ziomber
4. Shin, Foerster & Nitsche, M. A
5. Hill, Fitzgerald & Hoy

6. Streptozotocin-induced diabetic rats
7. Teo, Hoy, Daskalakis & Fitzgerald
8. Hoy, Emonson, Arnold, Thomson, Daskalakis & Fitzgerald

هاروی و تات[1]، ۲۰۱۵؛ هورواث، فورت و کارتر[2]، ۲۰۱۵). هسو و همکاران(۲۰۱۶) بیان می‌کنند که تحریک آندی بر قشر پره فرونتال خلفی-جانبی(DLPFC) تعداد پاسخ‌های صحیح به فعالیت حافظه فعال را افزایش می‌دهد(فرگنی و همکاران، ۲۰۰۶). تحریک آندی بر DLPFC چپ نیز عملکرد حافظه فعال را بهبود می‌بخشد(زاهل، ساندمن، تام، جانک و هرمان[3]، ۲۰۱۱) و زمان واکنش را کاهش می‌دهد(مولکوئینی و هوی، داسکالاکیس و فیتزگرالد[4]، ۲۰۱۱) درحالی‌که هیچ افزایش یا کاهشی در عملکرد حافظه بعد از تحریک کاتدی در همان منطقه مغزی مشاهده نشده است(اوهن، پارک، یوو، کو، چوی و دیگران[5]، ۲۰۰۸؛ زاهل و همکاران، ۲۰۱۱). در مطالعه وو، تیسنگ، چانگ، پای، هسو و دیگران[6](۲۰۱۶) نیز، اثر تسریع‌کننده tDCS آندی بر DLPFC در فراخنای حافظه مشاهده شده است. بنابراین، پژوهش حاضر نیز با هدف تعیین اثر تمرینات توانبخشی شناختی برای حافظه، همزمان با tDCS آندی بر قشر پره فرونتال پشتی- جانبی[7] DLPFC چپ و راست بر بهبود کارکردهای اجرایی و عملکرد حافظه کاری در نوجوانان مبتلا به دیابت نوع ۱ انجام یافته است.

روش

پژوهش حاضر به لحاظ هدف، یک مطالعه کاربردی، به لحاظ اجرا یک پژوهش نیمه‌تجربی از نوع طرح‌های پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل-شم، و به لحاظ زمانی، مطالعه مقطعی محسوب می‌گردد. جامعه آماری این پژوهش، شامل نوجوانان ۱۵ تا ۱۸ ساله دارای بیماری دیابت و عضو انجمن دیابت شهرستان بناب در تابستان ۱۳۹۸ بود. نمونه شامل ۲۰ نوجوان بودند که با درنظر گرفتن امکان حضور در کلاس‌های آموزشی از میان جامعه یادشده انتخاب شدند. داشتن حداقل ۳ سال سابقه ابتلاء به دیابت، و بینایی سالم، ملاک‌های شمول و ورود به این مطالعه، و داشتن هرگونه بیماری جسمی و نورولوژیک به غیر از دیابت، و داشتن عقب‌ماندگی ذهنی از ملاک‌های حذف و خروج از این مطالعه بودند. از ۲۰ نوجوان انتخاب‌شده، به‌طور تصادفی ۱۰ نفر برای گروه آزمایش و ۱۰ نفر برای گروه کنترل-شم انتصاب شدند. در واقع، در این مطالعه انتخاب گروه‌های آزمایش و کنترل به‌صورت داوطلبانه بود اما انتصاب آنان به دو گروه آزمایش و کنترل، تصادفی بود. بدین طریق، از توصیه آماردانان برای حفظ اعتبار و قدرت تعمیم‌دهی نتایج آزمایشات شبه‌تجربی(یا شبه‌آزمایشی) تخطی نشد. متغیرهای وابسته در این مطالعه، کارکردهای اجرایی(انعطاف‌پذیری شناختی و درجامانی)، و حافظه کاری و متغیر مستقل این تحقیق، تمرینات بهسازی حافظه همزمان با تحریک آندی

1. Benwell, Learmonth, Miniussi, Harvey & Thut
2. Horvath, Forte & Carter
3. Zaehle, Sandmann, Thorne, Jancke & Herrmann
4. Mulquiney, Hoy, Daskalakis & Fitzgerald
5. Ohn, Park, Yoo, Ko, Choi, et al.
6. Wu, Tseng, Chang, Pai, Hsu, et al.
7. Dorsolateral prefrontal cortex

DLPFC هم چپ و هم راست بودند. ابزار مورد استفاده در این مطالعه، نرم‌افزار کامپیوتری بهسازی حافظه و توجه، و نسخه نرم‌افزاری آزمون دسته‌بندی کارت‌های ویسکانسین، و دستگاه Oasis Pro برای tDCS بود.

نحوه مداخله در این پژوهش بدین صورت بود که گروه آزمایش به‌صورت انفرادی در ۱۰ جلسه نیم ساعته(یک روز در میان)، همزمان با ۱۵ دقیقه تحریک آندی Fp1 و ۱۵ دقیقه تحریک آندی Fp2 با دستگاه tDCS، به‌وسیله تمرین‌های معکوس و رو به جلو در مؤلفه‌های شنیداری و دیداری و تثبیتِ نرم‌افزار بهسازی حافظه و توجه، که با استفاده از رویکرد بدلی در تبیین حافظهٔ کاری و مؤلفه‌های آن ساخته شده است، مورد توانبخشی شناختی برای حافظه کاری قرار گرفتند. اما گروه کنترل- شم فقط ۱۵ ثانیه تحریک واقعی دریافت می‌کردند سپس تحریک قطع می‌شد.

جدول ۱. خلاصه جلسات توان‌بخشی شناختی حافظه کاری

جلسه اول	اجرای آزمون ویسکانسین و ارائه تمرینات حافظه دیداری با اعداد- ۱۵ دقیقه رو به جلو، ۱۵ دقیقه معکوس.
جلسه دوم	ارائه تمرینات حافظه شنیداری با اعداد – به ترتیب: ۱۵ دقیقه رو به جلو، ۱۵ دقیقه معکوس.
جلسه سوم	ارائه تمرینات تثبیت با اعداد.
جلسه چهارم	ارائه تمرینات حافظه دیداری با حروف- به ترتیب: ۱۵ دقیقه رو به جلو، ۱۵ دقیقه معکوس.
جلسه پنجم	ارائه تمرینات حافظه شنیداری با حروف – به ترتیب: ۱۵ دقیقه رو به جلو، ۱۵ دقیقه معکوس.
جلسه ششم	ارائه تمرینات تثبیت با حروف.
جلسه هفتم	ارائه تمرینات حافظه دیداری با اشکال- به ترتیب: ۱۵ دقیقه رو به جلو، ۱۵ دقیقه معکوس.
جلسه هشتم	ارائه تمرینات حافظه شنیداری با اشکال – به ترتیب: ۱۵ دقیقه رو به جلو، ۱۵ دقیقه معکوس.
جلسه نهم	ارائه تمرینات تثبیت با اشکال.
جلسه نهم	اجرای آزمون حافظه رو به جلو و معکوس با اعداد، حروف و اشکال، و آزمون دسته بندی کارت های ویسکانسین.

ابزارهای به‌کار گرفته شده در پژوهش حاضر عبارت بودند از:

دستگاه Oasis Pro: دستگاه Oasis Pro محصول کمپانی Mind Alive کانادا برای استفاده‌های بالینی از تحریک الکتریکی مغز با رعایت آخرین استانداردهای ایمنی استفاده از این روش طراحی و ساخته شده است. این دستگاه می تواند تا ۲/۲ میلی‌آمپر شدت جریان را ارائه نماید و حداکثر ولتاژ تعیین شده در آن ۳۵ ولت است. برای راحتی هر چه بیشتر درمانجو، پس از شروع جلسه، جریان به‌صورت تدریجی تا مقدار تنظیم‌شده بالا رفته و در انتهای جلسه نیز به همین ترتیب کاهش می‌یابد. در صورتی که مقدار مقاومت میان پوست سر و الکترودهای دستگاه بیش از حد مجاز شود دستگاه با هشدارهای تصویری این موضوع را نمایش داده و مانع از ادامه جلسه می‌گردد. در این دستگاه با استفاده از Session Editor که به‌صورت انتخابی ارائه

می‌شود، می‌توان شدت و مدت جلسات تنظیم شده بر روی دستگاه را به دلخواه تغییر داد(سایت فارمد، ۱۳۹۷).

نرم‌افزار بهسازی حافظه و توجه: این نرم‌افزار، که مشابه نسخه انگلیسی آن(که توسط شرکت کاگ‌مد[1] ارائه شده) با استفاده از رویکرد بدلی در تبیین حافظه کاری و مؤلفه‌های آن ساخته شده است، در قالب یک بازی رایانه‌ای تمرینات متنوعی جهت بهبود حافظهٔ کاری ارائه می‌دهد که شامل تکالیفی مرتبط با حافظهٔ کاری به شکل تمرین‌های معکوس و رو به جلو در مؤلفه‌های شنیداری و دیداری بوده که با موارد آسان آغاز شده و طی جلسات انجام آن، با پیشرفت آزمودنی دشوارتر می‌گردد. همچنین در حین آموزش راهبردهای بهبود حافظه را فراگرفته و با دریافت بازخورد از سوی درمانگر و پاداش‌های صوتی و تصویری به‌وسیله برنامه نرم‌افزار به ادامه تکلیف ترغیب می‌گردد(مایرز[2] و همکاران، ۲۰۰۶؛ به نقل از حسین‌زاده‌ملکی و همکاران، ۱۳۹۲). نرم‌افزار مذکور شامل سه قسمت حافظه شنیداری، حافظه‌ی دیداری و تثبیت است. حافظه شنیداری و دیداری، هر یک قابلیت آموزش حافظه رو به جلو و معکوس را دارند. هر قسمت از آموزش رو به جلو و معکوس خود سه قسمت اعداد، حروف و شکل را شامل می‌شود. هر یک از قسمت‌ها اعم از اعداد، حروف و شکل، از نظر سطح دشواری از سطح یک تا نه(۱ تا۹) تقسیم می‌شوند. در قسمت اعداد نه عدد از ۱ تا ۹ به ترتیب در سه ردیف سه‌تایی، در قسمت حروف ۹ حرف با تلفظ مشابه، و در قسمت تصاویر نه شکل به وی نشان داده می‌شود. آزمودنی باید آن‌چه را شنیده یا دیده را با موشواره کامپیوتر جواب دهد. بدین‌صورت که در قسمت رو به جلو به ترتیب وارد کرده و در قسمت معکوس بر عکس جواب می‌دهد. به ازای هر پاسخ صحیح ۲۰ امتیاز می‌گیرد و به ازای هر پاسخ غلط ۱۰ امتیاز کسر می‌شود. بعد از ۵ پاسخ صحیح به مرحله بعد وارد می‌شود. قسمت تثبیت، به دیداری و شنیداری تقسیم می‌شود. به این صورت که هر قسمت به اعداد، حروف و شکل تقسیم شود. بعد از انتخاب هر قسمت، ۹ خانه نشان داده می‌شود؛ با انتخاب سطح دشواری اعداد یا حروف یا شکل در این خانه‌ها شنیده یا دیده می‌شود. سپس آزمودنی باید یکی از آن چه را که شنیده یا دیده و نرم‌افزار به صورت تصادفی از وی می‌خواهد پاسخ دهد. دوباره در ازای هر پاسخ صحیح ۲۰ امتیاز می‌گیرد و در ازای هر پاسخ غلط ۱۰ امتیاز کسر می‌شود. در این مطالعه، میانگین نمرات اولین جلسه در حافظه رو به جلو و معکوس به‌عنوان نمره پیش‌آزمون حافظه، و میانگین نمرات آخرین جلسه در حافظه رو به جلو و معکوس به‌عنوان نمرات پس‌آزمون حافظه کاری در نظر گرفته شده است.

1. Cog med
2. Meyerrs, Gamst & Guarino

نرم‌افزار آزمون دسته‌بندی کارت‌های ویسکانسین[1] (WCST): این آزمون به کوشش گرنت و برگ[2](۱۹۴۸) به‌عنوان یک آزمون نوروسایکولوژیک و شاخصی از آسیب لوب فرونتال طراحی و معرفی گردید. چند سال بعد میلنر(۱۹۶۳) نیز که یک نوروسایکولوژیست، این آزمون را به‌عنوان آزمونی برای ارزیابی کارکرد لوب فرونتال مورد تأیید قرار داد(جوانمرد، ۱۳۹۴). همچنین بعد از گزارش‌های واینبرگ[3] و همکاران(۱۹۸۶) محققان و متخصصان بالینی به‌طور فزاینده از آن برای مطالعه روی بیماران مبتلا به اسکیزوفرنیا استفاده کردند. آزمون دسته‌بندی کارت‌های ویسکانسین یکی از اصلی‌ترین و پرکاربردترین ابزارهای عصب- روانشناختی است که از طریق آن کارکرد و توانایی‌های تشکیل مفاهیم، تفکر انتزاعی، انعطاف‌پذیری شناختی و توانایی تغییر دادن دستگاه شناختی مورد سنجش و ارزیابی قرار می‌گیرد. این آزمون برای بررسی تغییر مجموعه، انعطاف‌پذیری، حل مسئله و شکل‌گیری مفهوم و توانایی غلبه برگرایش به تکرار و درجا زدن که از کارکردهای اجرایی مغز به شمار می‌روند، به‌کار می‌رود و از آن به‌عنوان استاندارد طلایی برای سنجش کنش‌های اجرایی مربوط به نواحی پیشانی و پیش‌پیشانی نام برده‌اند(نیهوس و بارسلو، ۲۰۰۹). همان‌طور که قبلا نیز اشاره شد، مطالعات تصویرسازی عصبی نشان می‌دهند که برخی مناطق کرتکس، به‌ویژه مناطق پیشانی و پیش‌پیشانی جایگاه کنش‌های اجرایی هستند که به‌عنوان فرایندهای سطح بالاتر شناختی، کار کنترل و نظارت بر عملکردهای سطح ابتدایی را بر عهده دارند. این فرایندها در کسری از ثانیه رخ می‌دهند و امکان سنجش دقیق آن‌ها با استفاده از ابزارهای سنتی مداد کاغذی ممکن نیست(شاهقلیان و همکاران، ۱۳۹۰). لذا، این پژوهش با نرم‌افزار ایرانی آزمون طبقه‌بندی کارت‌های ویسکانسین، به سنجش کارکردهای اجرایی در شرکت‌کنندگان پرداخته است. در این آزمون، بر روی هر کدام از کارت‌های این آزمون، ۱ الی ۴ نماد به‌صورت مثلث، ستاره، به‌علاوه و دایره در چهار رنگ قرمز، سبز، زرد و آبی وجود دارد. چهار کارت به‌عنوان کارت‌های اصلی به‌کار می روند. آزمودنی بایستی با توجه به بازخوردهای صحیح یا غلط که بعد از هر پاسخ دریافت می‌کند، الگوی حاکم بر چهار کارت اصلی را استنباط کرده و با توجه به این الگو نسبت به جای‌گذاری سایر کارت‌ها در زیر کارت‌های اصلی اقدام کند(اقتداری و همکاران، ۱۳۹۰). به‌طور کلی، موفقیت آزمودنی به: رسیدن به یک مفهوم، نگهداری آن مفهوم برای ۱۰ کوشش متوالی، و تغییر مفهوم یا ملاک در پی تغییر قوانین دسته‌بندی، بستگی دارد. پایایی این آزمون در جمعیت ایرانی ۰/۸۵ گزارش شده است(نادری، ۱۳۵؛ به نقل از اقتداری و همکاران، ۱۳۹۰).

1. Wisconsin Card Sorting Test
2. Grant & Berg
3. Weinberger

یافته‌ها

در جدول ۱، آماره‌های توصیفی نمرات کارکردهای اجرایی(انعطاف‌پذیری شناختی، و درجامانی)، و حافظه کاری در گروه ها و مراحل مختلف، ارائه شده است.

جدول۲. آماره‌های توصیفی کارکردهای اجرایی(انعطاف‌پذیری شناختی، و درجامانی) و حافظه فعال به تفکیک گروه و مرحله

گروه	متغیر	مرحله	میانگین	انحراف‌معیار
آزمایش	انعطاف‌پذیری شناختی	پیش‌آزمون	۳	۲/۰۶
		پس‌آزمون	۴/۵	۱/۸۸
	درجامانی	پیش‌آزمون	۱۵/۲	۵/۳۱
		پس‌آزمون	۱۰/۱	۴/۸۱
	حافظه کاری	پیش‌آزمون	۴/۶۷	۰/۶۱
		پس‌آزمون	۵/۵۵	۰/۶۸
کنترل-شم	انعطاف‌پذیری شناختی	پیش‌آزمون	۳	۲/۱۶
		پس‌آزمون	۳/۲	۲/۱۵
	درجامانی	پیش‌آزمون	۱۱/۱	۴/۲۰
		پس‌آزمون	۱۴/۳	۷/۰۴
	حافظه کاری	پیش‌آزمون	۴/۶۵	۰/۶۳
		پس‌آزمون	۴/۹۵	۰/۷۲

برای بررسی فرضیه‌های پژوهش، بعد از بررسی مفروضه‌های کواریانس، نتایج تحلیل کواریانس بررسی شد. در جدول ۳ نتایج بررسی مفروضه نرمال بودن توزیع نمرات برای متغیرهای وابسته(کارکردهای اجرایی و حافظه کاری) نشان داده شده است:

جدول۳. نتایج آزمون کالموگروف-اسمیرنف برای بررسی نرمال بودن توزیع نمرات گروه‌ها در متغیرهای وابسته

متغیر	گروه	آماره	df	Sig
انعطاف پذیری شناختی	آزمایش	۰/۲۶	۹	۰/۰۸۰
	کنترل	۰/۱۵	۱۰	۰/۲۰۰
درجامانی	آزمایش	۰/۲۶	۹	۰/۰۸۶
	کنترل	۰/۲۲	۱۰	۰/۲۰۰
حافظه کاری	آزمایش	۰/۱۹	۹	۰/۲۰۰
	کنترل	۰/۲۳	۱۰	۰/۱۵۲

همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد، نتایج آزمون کالموگروف- اسمیرنف، نرمال بودن توزیع نمرات گروه‌ها را برای متغیرهای وابسته(انعطاف‌پذیری شناختی، درجامانی و

حافظه کاری در مرحله پس‌آزمون) برای هر دو گروه، تایید می‌کند. جدول ۴ نتایج بررسی مفروضه همسانی واریانس‌ها برای هر ۳ متغیر وابسته را نشان می‌دهد:

جدول۴. نتایج آزمون لون برای بررسی همسانی واریانس‌ها

متغیر	F آماره	df_1	df_2	Sig
انعطاف‌پذیری شناختی	۰/۹۶	۱	۱۷	۰/۳۴۰
درجامانی	۰/۲۵	۱	۱۷	۰/۶۲۶
حافظه کاری	۲/۹۱	۱	۱۷	۰/۱۰۶

طبق جدول ۴، نتایج آزمون لون، همسانی واریانس نمرات گروه‌ها برای انعطاف‌پذیری شناختی($P=۰/۳۴۰$ و $F_{۱و۱۷}=۰/۹۶$)، درجامانی($P=۰/۶۲۶$ و $F_{۱و۱۷}=۰/۲۵$)، و حافظه کاری($P=۰/۱۰۶$ و $F_{۱و۱۷}=۲/۹۱$) را تایید می‌کند. جدول ۵ نتایج بررسی مفروضه یکسانی شیب رگرسیونی برای هر ۳ متغیر را نشان می‌دهد.

جدول۵. نتایج بررسی یکسانی شیب خط رگرسیونی

متغیر	منبع تغییرات	مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	Sig
انعطاف‌پذیری شناختی	گروه* انعطاف‌پذیری شناختی	۰/۰۴	۱	۰/۰۴	/۰۲۵ ۰	/۸۷۶ ۰
	خطا	۲۲/۴۲	۱۵	۱/۴۹		
	کل	۰/۳۵۹	۱۹			
درجامانی	گروه* درجامانی	۶۵/۸۰	۱	۶۵/۸۰	۳/۸۵	/۰۶۹ ۰
	خطا	۲۵۶/۵۳	۱۵	۱۷/۱۰		
	کل	۳۵۹۶	۱۹			
حافظه کاری	گروه * حافظه کاری	۰/۴۸	۱	۰/۴۸	۱/۷۲	/۲۰۹ ۰
	خطا	۴/۱۵	۱۵	۰/۲۸		
	کل	۵۳۱/۲۵	۱۹			

طبق جدول ۵، بررسی مفروضه‌ها، یکسانی شیب خط رگرسیونی برای انعطاف-پذیری شناختی($P=۰/۸۷۶$ و $F=۰/۰۲۵$)، درجامانی($P=۰/۰۶۹$ و $F=۳/۸۵$)، و حافظه کاری($P=۰/۲۰۹$ و $F=۱/۷۲$) را تایید می‌کند. بعد از اطمینان از برقراری مفروضه‌های کواریانس،

نتایج تحلیل کواریانس برای بررسی تاثیر تمرینات توانبخشی شناختی رایانه‌یار همراه با tDCS آنلاین بر کارکردهای اجرایی (انعطاف‌پذیری شناختی، درجامانی)، و حافظه کاری شرکت‌کنندگان در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول۶. تحلیل کوواریانس پس‌آزمون کارکردهای اجرایی و حافظه کاری پس از تعدیل پیش‌آزمون

متغیر	منبع تغییرات	مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	Sig	مجذور اتا
انعطاف‌پذیری شناختی	پیش‌آزمون انعطافپذیری	۴۷/۳۷	۱	۴۷/۳۷	۳۳/۷۵	۰/۰۰۱ >	۰/۶۸
	گروه ها	۸/۷۰	۱	۸/۷۰	*۶/۲۰	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴
	خطا	۲۲/۴۵	۱۶	۱/۴۰			
	مجموع	۳۵۹	۱۹				
درجامانی	پیش‌آزمون درجامانی	۳۰۸/۶۶	۱	۳۰۸/۶۶	۱۵/۳۲	۰/۰۰۱	۰/۴۹
	گروه ها	۲۴۳/۳۶	۱	۲۴۳/۳۶	**۱۲/۰۸	۰/۰۰۳	۰/۴۳
	خطا	۳۲۲/۳۳	۱۶	۲۰/۱۵			
	مجموع	۳۵۹۶	۱۹				
حافظه کاری	پیش‌آزمون حافظه کاری	۳/۸۲	۱	۳/۸۲	۱۳/۲۰	۰/۰۰۲	۰/۴۵
	گروه ها	۱/۶۶	۱	۱/۶۶	*۵/۷۵	۰/۰۲۹	۰/۲۶
	خطا	۴/۶۳	۱۶	۰/۲۹			
	مجموع	۵۳۱/۲۵	۱۹				

نتایج تحلیل کوواریانس در جدول ۵، حاکی از افزایش معنادار انعطاف‌پذیری شناختی($P=۰/۰۲۴$ و $F_{۱و۱۶}=۶/۲۰$)، و حافظه کاری($P=۰/۰۲۹$ و $F_{۱و۱۶}=۵/۷۵$)، و کاهش معنادار درجامانی($P=۰/۰۰۳$ و $F_{۱و۱۶}=۱۲/۰۸$) در گروه آزمایش است. یعنی مداخله ارائه‌شده، بر بهبود کارکردهای اجرایی و حافظه کاری شرکت‌کنندگان، مؤثر بوده است. توجه به مقادیر مجذور اتا در ستون آخر نشان می‌دهد که مداخلات توانبخشی ارائه‌شده بیش از سایر متغیرها بر کاهش درجامانی موثر بوده، سپس به ترتیب برای افزایش حافظه کاری، و انعطاف‌پذیری شناختی.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف، استفاده همزمان از دو مداخله(توان‌بخشی شناختی رایانه‌یار و تحریک الکتریکی نواحی پره فرونتال مغز) به بهبود حافظه و کارکردهای اجرایی در بیماران دارای دیابت نوع ۱ بپردازد. در واقع، چون در مطالعات قبلی که بر روی کودکان و نوجوانان دیابتی انجام شده بود، و همین تمرینات توان‌بخشی شناختی که در این پژوهش نیز به‌کار رفته است، بر حافظه و توجه و ادراک موثر دیده شدند(آقایوسفی، زارع، و محمدی، ۱۳۹۶؛ علیپور و محمدی، ۱۳۹۸)، ولی به تنهایی بر کارکردهای اجرایی مؤثر واقع نشده بودند(علیپور و محمدی، ۱۳۹۸). لذا، در این پژوهش، تمرینات توان‌بخشی شناختی برای حافظه کاری، همزمان با tDCS آندی بر قشر پره فرونتال خلفی- جانبی(DLPFC)(در هر جلسه؛ ۱۵ دقیقه آند بر Fp1، ۱۵ دقیقه آند بر Fp2 و کاتد بر شانه مقابل) ارائه شد، که نتایج، حاکی از بهبود کارکردهای اجرایی و حافظه کاری در نوجوانان دارای دیابت نوع ۱ بود. به‌گونه‌ای که در گروه آزمایش، انعطاف‌پذیری شناختی و حافظه کاری با ۹۵ درصد اطمینان افزایش یافتند و درجامانی با اطمینان بیش از ۹۹ درصد کاهش یافت.

هرچند مرور ادبیات پژوهشی نشان می‌دهد که تاکنون مداخله توانبخشی به‌کار رفته در این پژوهش در هیچ مطالعه‌ای همزمان با تحریک آندی DLPFC ارائه نشده است، اما طبق شواهد مطالعاتی، هم توان‌بخشی شناختی رایانه‌یار و هم تحریک تحریک آندی DLPFC به‌تنهایی نیز منجر به بهبود کارکردهای اجرایی و شناختی در گروه‌های بالینی و غیربالینی مختلف شده است. برای نمونه، میلتون[1](۲۰۱۰) اثر قابل توجه برنامه رایانه‌ای آموزش حافظه فعال را بر توجه نشان داده است. کسلر و لاکایو[2](۲۰۱۱) نیز نشان داده‌اند که برنامه توان‌بخشی شناختی رایانه‌ای به‌طور قابل توجهی سرعت پردازش، انعطاف‌پذیری شناختی، نمرات حافظه اخباری کلامی و بینایی را افزایش داده و همچنین بر روی افزایش فعالیت کرتکس پیش- پیشانی نقش قابل توجهی داشته است. نظیفی(۱۳۹۰)، هم در پژوهشی بر روی ۳۴ کودک بیش‌فعال نشان می‌دهد که توان‌بخشی شناختی رایانه‌یار در زمینه بهبود کارکردهای اجرایی پیچیده، مانند حافظه‌کاری و استدلال غیرکلامی بر دارودرمانی برتری دارد. هرچند، در کوتاه‌مدت دارودرمانی در زمینه بهبود نشانه‌های اختلال نارسایی توجه- بیش‌فعالی اثر بخش‌تر از توان‌بخشی شناختی رایانه‌یار است. درمقابل، در درازمدت توان‌بخشی شناختی رایانه‌یار در کنترل اختلال نارسایی توجه- بیش‌فعالی اثربخش‌تر از دارودرمانی بود. بنا به شواهد نریمانی و سلیمانی(۱۳۹۲) از مداخله توان‌بخشی شناختی می‌توان برای بهبود کارکردهای اجرایی(حافظه‌کاری و نگهداری توجه و پیشرفت تحصیلی) دانش‌آموزان دارای

1. Milton
2. Kesler & Lacayo

اختلال ریاضی استفاده کرد. همان‌طور که در مقدمه همین مقاله، اشاره شد، tDCS نیز، پتانسیل زیاد خود در درمان؛ بهبودی در افسردگی عمده(فرگنی و همکاران، ۲۰۰۶؛ برونونی و همکاران، ۲۰۱۱)، نقص حافظه در بیماری پارکینسون(بوگیو، و همکاران، ۲۰۰۶)، زبان‌پریشی(یو و همکاران، ۲۰۱۱) و بهبودی بیماران سکته مغزی(فرگنی و همکاران، ۲۰۰۶؛ بوئنو و همکاران، ۲۰۱۱) را نشان داده است.

این یافته‌ها بیان می‌کنند که مدولاسیون عصبی می‌تواند بر عملکرد شناختی بیماران تاثیر بگذارد. هسو و همکاران(۲۰۱۶) هم بیان می‌کنند که تحریک آندی بر قشر پره فرونتال خلفی- جانبی(DLPFC) تعداد پاسخ‌های صحیح به فعالیت حافظه فعال را افزایش می‌دهد(فرگنی و همکاران، ۲۰۰۶). تحریک آندی بر DLPFC چپ نیز عملکرد حافظه فعال را بهبود داده(زاهل، ساندمن، تام، جانک و هرمان[1]، ۲۰۱۱) و زمان واکنش را کاهش داده است(مولکوئینی و هوی، داسکالاکیس و فیتزگرالد[2]، ۲۰۱۱) درحالی‌که هیچ افزایش یا کاهشی در عملکرد حافظه بعد از تحریک کاتدی در همان منطقه مغزی مشاهده نشده است(اوهن، پارک، یوو، کو، چوی، کیم و دیگران[3]، ۲۰۰۸؛ زاهل و همکاران، ۲۰۱۱). در تحقیق فدرو، چیبیسووا، سیمازک، الکساندروف، گال و سابل[4](۲۰۱۰)، حتی نقص‌های شناختی ناشی از سکته مغزی با تحریک لوب فرونتال از بین رفت، همان‌طور که افزایش سرعت در زمان واکنش(مارشال، مول، سیبنر و بام[5]، ۲۰۰۵) و بهبود حافظه فعال(فرگنی و همکاران، ۲۰۰۵؛ جو، کیم، کو، اوهن، جوئن و لی[6]، ۲۰۰۹) نشان داده شد. حتی در پژوهش کیسر و همکاران(۲۰۱۱)، tDCS آندی بر DLPFC راست، فراخنای حافظه آزمودنی‌های ضعیف را بهبود بخشید تا حدی که به سطح یکسان با آزمودنی‌های عالی و بالا برسند.

در واقع، tDCS به‌طور زیادی بر ساختارهای مغزی عمیق مانند آمیگدال، هیپوکامپ، و قشر کمربندی قدامی نیز تاثیر می‌گذارد(بیکسون، راحمان و داتا[7]، ۲۰۱۲؛ پنا گومز، سالا-لانچ، جانکو، کلیمنت، ویدال و دیگران[8]، ۲۰۱۲)، و به‌طور گسترده در مطالعات عصبی-روانشناختی برای عمل در ویژگی‌های شناختی مانند توجه، حافظه، محاسبات، تصمیم‌گیری، و غیره، در افراد سالم و نیز بیمارانی با بیماری‌های عصبی-روانی متعدد به‌کار برده شده است(شین و همکاران، ۲۰۱۵؛ هیل و همکاران، ۲۰۱۶). بهبود حافظه فعال، یادگیری، و حافظه بلندمدت به‌وسیله tDCS در افراد سالم در مطالعات متعددی انجام شده

1. Zaehle, Sandmann, Thorne, Jancke & Herrmann
2. Mulquiney, Hoy, Daskalakis & Fitzgerald
3. Ohn, Park, Yoo, Ko, Choi & Kim
4. Fedorov, Chibisova, Szymaszek, Alexandrov, Gall & Sabel
5. Marshall, Molle, Siebner & Born
6. Jo, Kim, Ko, Ohn, Joen & Lee
7. Bikson, Rahman & Datta
8. Pena-Gomez, Sala-Lonch, Junque, Clemente, Vidal, et al.

است(کو و نیچه[1]، ۲۰۱۲). اما، مطالعات درمانی اندکی درباره ارزیابی خاص تاثیر شناختی tDCS در بیماران دیابتی انجام شده است. همان‌طور که قبلا اشاره شد، در پژوهشی که قبلا بر روی کودکان و نوجوانان دارای دیابت نوع ۱ انجام شده بود، تمرینات توان‌بخشی شناختی که در این مطالعه انجام شده است، هرچند بهبود حافظه و توجه در کودکان و نوجوانان دیابتی را نشان داده بود اما مداخله توان‌بخشی حافظه و توجه، نتوانسته بود کارکردهای اجرایی این بیماران را بهبود بخشد برای همین نیز، در مطالعه حاضر، تمرینات توان‌بخشی با تحریک آندی DLPFC همراه شد. همان‌طور که مطالعات نیز گواه تاثیر مثبت تحریک آندی DLPFC هستند، این مطالعه نیز شاهد بهبود کارکردهای اجرایی در اثر توان‌بخشی شناختی برای حافظه و توجه همزمان به تحریک DLPFC بود. وو و همکاران(۲۰۱۷) بیان می‌کنند علیرغم این‌که مکانیسم‌های اساسی آن معلوم نیست اما تحریک الکتریکی با جریان مستقیم فراجمجمه‌ای آندی بر قشر پره فرونتال خلفی-جانبی می‌تواند حافظه فعال دیداری-فضایی در بیماران دیابتی دارای نوروپاتی محیطی دیابتی و نقص شناختی خفیف را تسهیل کند. وو و همکاران(۲۰۱۷) در یک بررسی آزمایشگاهی، نشان می‌دهند که tDCS آندی مکرر ممکن است عملکرد حافظه فعال فضایی در موش‌های دیابتی استرپتوزوتوسین را از طریق افزایش انعطاف‌پذیری سیناپسی بهبود بخشد.

در واقع، به‌نظر می‌رسد علت توان بالای مداخله ارائه شده در این پژوهش در ارتقاء توان شناختی بیماران دیابتی در خصوص حافظه کاری و بهبود کارکردهای اجرایی، این باشد که همزمان که یادگیری و تمرینات توان‌بخشی شناختی ارائه می‌شد، زمینه زیستی مغز نیز برای این تمرینات هموار می‌شد. چرا که، حافظه کاری، کارگاه نظام حافظه یا مولفهٔ رابط حافظه است که خود از مهم‌ترین مؤلفه‌های کارکردهای اجرایی محسوب می‌شود(بنسون و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین، قسمت بسیار وسیعی از قطعه پیشانی، همه نواحی قشر پیش‌پیشانی به‌خصوص ناحیه پیش‌پیشانی میانی و ناحیه بادامه، در کارکردهای اجرایی نقش دارند(مایک و فریدمن، ۲۰۰۰). لازم به توضیح است، از جمله مهارت‌هایی که مرتبط با عملکرد اجرایی هستند، شروع کردن[2]، یعنی قابلیت آغاز کار به‌صورت مستقل است که با طرح ایده و استراتژی حل مسئله صورت می‌گیرد. اختلال قابلیت آغاز کردن، یا درخودمانی(واگان و جیووالنو، ۲۰۱۰)، که در این پژوهش بیشتر از حافظه کاری و انعطاف‌پذیری شناختی، تحت تاثیر قرار گرفته و بهبود یافته بود. برنامه‌ریزی و سازماندهی[3] برای حل مسئله نیز که از اجزای مهم کارکردهای اجرایی هستند، به

1. Kuo & Nitsche

2. Initiation
3. Planning & Organization

انعطاف‌پذیری شناختی که در این پژوهش، بهبود یافته بود، مرتبط هستند. برنامه‌ریزی یعنی تعیین بهترین راه برای رسیدن به هدف. به‌وسیله برنامه‌ریزی فرد با پیش‌بینی حوادث آینده و تعیین مراحل کار و اهداف جزئی، می‌تواند به کارش نظم دهد. افرادی که در این حوزه ضعف دارند بی‌برنامه عمل می‌کنند. سازماندهی فرد را قادر می‌سازد کارش را به‌صورت یکپارچه جلو ببرد و در حل مسئله پراکنده عمل نکند(میاک و فریدمن، ۲۰۱۲).

در سازماندهی مواد[1] فرد در محیط و در کارها نظم را برقرار می‌کند. به نظر می‌رسد که تحریک مکرر حافظه کاری(به‌خصوص در اثر تمرینات توان‌بخشی شناختی)، به‌عنوان قابلیت به روز رسانی و فعال نگه داشتن اطلاعاتی که در انجام کارها لازم است، موجب بهبود سازماندهی، برنامه‌ریزی و در کل انعطاف‌پذیری شناختی(با مقیاس کشف الگوها در آزمون ویسکانسین) شده باشد. مهارت در حافظه کاری، در تکمیل آزمون‌های چندمرحله‌ای و انجام دستورالعمل‌های پیچیده به‌کار می‌آید(بنسون و همکاران، ۲۰۱۳). تمرینات حافظه در این پژوهش با بهبود توجه و تمرکز نیز همراه بود که به نظر می‌رسد به سهم خود، بازداری در شرکت‌کنندگان را تقویت کرده باشد. لازم به اشاره است که بازداری، قابلیت به تاخیر انداختن یا مقاومت در برابر تکانه‌های است که در رسیدن به هدف اخلال ایجاد می‌کنند(اوریلی، ۲۰۱۱). به نظر می‌رسد، قابلیت و مهارت تغییر[2] نیز که به معنی این است که فرد بتواند روش حل مسئله را بنا به موقعیت جدید سریعاً عوض کند و تمرکز خود را از یک مرحله به مرحله جدید معطوف سازد نیز هم در اثر تمرینات مسمتر توانبخشی شناختی حافظه کاری و دستورالعمل‌های خاص آن، و هم در اثر تحریک مناطق زیستی مرتبط در مغز(در اثر تحریک الکتریکی مغز)، تقویت شده و منجر به بهبود کارکردهای اجرایی مغز، چه در زمینه بهبود انعطاف‌پذیری شناختی و چه در زمینه کاهش گیر کردن و درخودماندگی، شده است. در همین خصوص، میاک و فریدمن(۲۰۰۰) نیز مطرح می‌کنند که بازداری، به‌روزرسانی و تغییر کارکردهای اجرایی، مرتبط با لوب پیشانی هستند، که در پژوهش حاضر مورد تحریک الکتریکی قرار می‌گرفت.

در واقع، تحریک الکتریکی، قشر پره فرونتال را هدف قرار می‌دهد که عملکردهای شناختی متعددی چون حافظه فعال، ادراک دیداری، توجه اجرایی، و هوش سیال عمومی را کنترل می‌کند(انجل، کان، و توهولسکی[3]، ۱۹۹۹؛ کان و انجل[4]، ۲۰۰۲). از این رو، احتمالاً بهبود شناختی به افزایش فعالیت عصبی قشر پره فرونتال القا شده توسط tDCS مرتبط است(اسپارینگ، دافوتاکیس، میستر، تیروگنان

1. Organization of Material

2. Shift
3. Engle, Kane & Tuholski
4. Kane & Engle

آسامباندام و فینک[1]، ۲۰۰۸؛ اندروز، هوی، اندیکوت، داسکالاکیس و فیتزگرالد[2]، ۲۰۱۱). تحریک الکتریکی مغز برای ایجاد عامل نوروپاتیک مشتق از مغز(BDNF) شناخته شده که تشکیل نورون‌ها و تشکیل شبکه‌های ارتباطی را در دراز مدت افزایش می‌دهد(فریتچ، ریز، مارتینوویچ، شامبرا، جی، کوهن و دیگران[3]، ۲۰۱۰؛ مدیروز، دی سوزا، ویدور، دی سوزا، دیتوس، ولز و دیگران[4]، ۲۰۱۲). از این‌رو، به نظر می‌رسد tDCS پلاستیسیته سیناپسی و زنده ماندن عصبی را القا می‌کند(مدیروز و همکاران، ۲۰۱۲)، و از همین طریق سبب بهبود کارکردهای اجرایی و شناختی(مثل حافظه کاری) می شود.

با توجه به یافته‌های این پژوهش، از آن‌جایی که دیابت می‌تواند منجر به پلی نوروپاتی دیابتی(DPN) و نقص‌های شناختی گردد(وو و همکاران، ۲۰۱۶). و از طرفی، طبق پژوهش‌ها، مشکلات شناختی و کمبود در کارکردهای اجرایی می‌تواند در سنین بالاتر پایدار بماند و فرد را در انجام امور شخصی و اجتماعی با مشکل رو به رو کند(مک کلوسکی، پرکینس و دیونر[5]، ۲۰۰۹)، بنابراین مداخله به‌کاررفته در این پژوهش برای بهبود حافظه و کارکردهای اجرایی نوجوانان دیابتی، پیشنهاد می‌شود.

1. Sparing, Dafotakis, Meister, Thirugnanasambandam & Fink
2. Andrews, Hoy, Enticott, Daskalakis & Fitzgerald
3. Fritsch, Reis, Martinowich, Schambra, Ji, Cohen, et al.
4. Medeiros, de Souza, Vidor, de Souza, Deitos, Volz, et al.
5. McCloskey, Perkins & Van Divner

محدودیت‌ها و پیشنهادات

از محد.دیت‌های این پژوهش می‌توان به این مهم اشاره کرد که با توجه به این‌که مداخلات توان‌بخشی عصب روانشاختی در این پژوهش در تابستان ۱۳۹۸ ارائه می‌شد و به علت بازگشایی مدارس و شرایط جسمانی و خستگی نوجوانان دیابتی، اجرای مرحله پیگیری در این پژوهش میسر نگشت، لذا پیشنهاد می‌شود، پروتکل tDCS و تمرینات شناختی ارائه شده در این پژوهش که برای اولین بار در جهان به موازات هم به‌کار برده شدند، برای توان‌بخشی شناختی، به‌خصوص برای دیابت نوع ۱، ارائه شود و پیگیری‌های لازم نیز انجام گیرد تا اگر پایداری نتایج دیده شده در این تحقیق و مطالعات انجام گرفته، تایید شود، این بسته درمانی، با اطمینان بیشتری به‌عنوان درمان و توان‌بخشی برای کارکردهای اجرایی و حافظه کاری معرفی شود.

سپاسگزاری

بدین‌طریق از کلیه نوجوانان دیابتی شرکت‌کننده در این تحقیق، اولیای محترم آنان، و مسئولان محترم انجمن دیابت شهرستان بناب، جهت مساعدت‌های ارزشمندشان، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

آقایوسفی، ع؛ زارع، ح؛ محمدی‌قره قوزلو، ر(۱۳۹۶). تاثیر برنامه تمرین رایانه‌ای شناختی بر عملکرد حافظه و توجه در دانش‌آموزان مبتلا به دیابت. *فصلنامه علمی- پژوهشی روانشناسی سلامت*؛ ۶(۴-۲۴): ۱۶۲-۱۷۹.

اقتداری، الف.، شریعت، و، فراهانی، ح.(۱۳۹۰). کارکردهای شناختی در بیماران مبتلا به سایکوز ناشی از مصرف مت‌آمفتامین در مقایسه با گروه شاهد. *فصلنامه تازه‌های علوم شناختی*؛ ۱۳(۴): ۱۹-۲۶.

جوانمرد، غ.(۱۳۹۴). مطالعه کارکردهای اجرایی در بیماران اسکیزوفرنیک دارای علائم منفی و مثبت و افراد سالم با استفاده از آزمون نوروسایکولوژیک دسته‌بندی کارت ویسکانسین(WCST). *فصلنامه علمی عصب روانشناسی*؛(۲)۱: ۱۶-۷.

حسین زاده‌ملکی، ز، مشهدی، ع، سلطانی‌فر، ع.، محرری، ف.، غنایی‌چمن‌آباد، ع.(۱۳۹۲). آموزش حافظه کاری، برنامه آموزش والدینی بارکلی و ترکیب این دو مداخله بر بهبود حافظه کاری کودکان مبتلا به ADHD. *فصلنامه تازه‌های علوم شناختی*؛ ۱۵(۴): ۵۳-۶۳.

شاهقلیان، م.، آزادفلاح، پ.، فتحی‌آشتیانی، ع.، و خدادادی، م.(۱۳۹۰). طراحی نسخه نرم‌افزاری آزمون دسته‌بندی کارت‌های ویسکانسین (WCST): مبانی نظری، نحوه ساخت و ویژگی‌های روانسنجی. *مطالعات روان شناسی بالینی*؛ ۱(۴): ۱۱۰-۱۳۴.

علیپور، الف؛ محمدی‌قره قوزلو، ر.(۱۳۹۸). تاثیر توانبخشی شناختی رایانه‌یار بر کارکردهای اجرایی و توانایی‌های شناختی دانش‌آموزان مبتلا به دیابت. *فصلنامه علمی- پژوهشی عصب روانشناسی*؛ ۴(۱۵): ۵۵-۷۴.

نظیفی، م.(۱۳۹۰). *مقایسه اثربخشی ترمیم شناختی به کمک رایانه و دارودرمانگری در درمان اختلال نارسایی توجه- فزون کنشی*، رساله دکتری. تهران: دانشگاه تربیت مدرس.

نریمانی، م؛ و سلیمانی، الف.(۱۳۹۲). اثربخشی توانبخشی بر کارکردهای اجرایی(حافظه کاری و توجه) و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری ریاضی. *مجله ناتوانی‌های یادگیری*؛ ۲(۳): ۱۱۵-۹۱.

Andrews, S. C., Hoy, K. E., Enticott, P. G., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B.(2011). Improving working memory: the effect of combining cognitive activity and anodal transcranial direct current stimulation to the left dorsolateral prefrontal cortex. *Brain Stimul.*, *4*, 84–9.

Araki, A., & Ito, H.(2004). Glucose metabolism, advanced glycation end products, and cognition. *Geriatrics*

and Gerontology International; 4(S1): 108.

Barkley, R.A.(2006). *Attention- deficit disorder: A handbook for diagnosis and treatment*. New York: Guilford Press.

Been, G., Ngo, T. T., Miller, S. M., & Fitzgerald, P. B.(2007). The use of tDCS and CVS as methods of non-invasive brain stimulation. *Brain Research Reviews, 56,* 346–361.

Benson, J. E., Sabbagh, M. A., Carlson, S. M., & Zelazo, P. D.(2013). Individual differences in executive functinigg peedict precchooeer'' improvement from theory-of-mind training. *Developmental Psychology; 49*(9): 1615-1627.

Benwell, C. S. Y., Learmonth, G., Miniussi, C., Harvey, M., & Thut, G.(2015). Non-linear effects of transcranial direct current stimulation as a function of individual baseline performance: evidence from biparietal tDCS influence on lateralized attention bias. *Cortex, 69,* 152–165.

Bikson, M., Rahman, A., & Datta, A.(2012). Computational models of transcranial direct current stimulation. *Clin EEG Neurosci, 43,* 176–83.

Boggio, P. S., Castro, L. O., Savagim, E. A., Braite, R., Cruz, V. C., Rocha, R. R., et al.(2006a). Enhancement of non-dominant hand motor function by anodal transcranial direct current stimulation. *Neurosci. Lett., 404,* 232–236.

Brands, A. M., Kessels, R. P., Hoogma, R. P., Henselmans, J. M., van der Beek Boter, J. W., Kappelle, L. J., de Haan, E. H., & Biessels, G. J.(2006). Cognitive performance, psychological well-being, and brain magnetic resonance imaging in older patients with type 1 diabetes. *Diabetes; 55*: 1800-1806.

Brunoni, A. R., Ferrucci, R., Bortolomasi, M., Vergari, M., Tadini, L., Boggio, P. S., et al.(2011). Transcranial direct current stimulation(tDCS) in unipolar vs. bipolar depressive disorder. Prog. Neuropsychopharmacol. *Biol. Psychiatry, 35,* ۹۶–101.

Bueno, V. F., Brunoni, A. R., Boggio, P. S., Bensenor, I. M., & Fregni, F.(2011). Mood and cognitive effects of transcranial direct current stimulation in post-stroke depression. *Neurocase, 17,* 318–322.

Cameron, F. J., Scratch, S. E., Nadebaum, C., Northam, E. A., Koves, I., Jennings, J., Finney, K., Neil, J. J., Wellard, M., Mackay, M., & Inder, T. E.(2014). Neurological Consequences of Diabetic Ketoacidosis at Initial Presentation of Type 1 Diabetes in a Prospective Cohort Study of Children. *Diabetes Care; 37*: 1554–1562.

Chan, RC.K., Shumb, D., Toulopoulou, T., Chen, EYH.(2008). Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Archives of Clinical Neuropsychology*; 23: 201–16.

Davis, E. A., Soong, S. A., Byrne, G. C., & Jones, T. W.(1996). Acute hyperglycaemia impairs cognitive function in children with IDDM. *J*

Pediatr Endocrinol Metab; 9: 455–461.

Engle, R. W., Kane, M. J., Tuholski, S. W.(1999). *Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex*. Cambridge University Press.

Fedorov, A., Chibisova, Y., Szymaszek, A., Alexandrov, M., Gall, C., & Sabel, B. A.(2010). Non-invasive alternating current stimulation induces recovery from stroke. *Restorative Neurology and Neuroscience, 28*, 825–833.

Fregni, F., Boggio, P. S., Santos, M. C., Lima, M., Vieira, A. L., Rigonatti, S. P., et al.(2006). Noninvasive cortical stimulation with transcranial direct current stimulatinn in Parknnsonss disease. *Mov. Disord., 21*, 1693–1702.

Fritsch, B., Reis, J., Martinowich, K., Schambra, H. M., Ji, Y., Cohen, L. G., et al.(2010). Direct current stimulation promotes BDNF-dependent synaptic plasticity: Potential implications for motor learning. *Neuron., 66*, 198–204.

Hershey, T., Bhargava, N., Sadler, M., White, N. H., Craft, S.(1999). Conventional versus intensive diabetes therapy in children with type diabetes: effects on memory and motor speed. *Diabetes Care; 22*: 1318 –1324.

Hill, A. T., Fitzgerald, P. B., & Hoy, K. E.(2016). Effects of anodal transcranial direct current stimulation on working memory: a systematic review and meta-analysis of findings from healthy and neuropsychiatric populations. *Brain Stimul, 9*, 197–208.

Horvath, J. C., Forte, J. D., & Carter, O.(2015). Evidence that transcranial direct current stimulation(tDCS) generates little-to-no reliable neurophysiologic effect beyond MEP amplitude modulation in healthy human subjects: A systematic review. *Neuropsychologia, 66*, 213–236.

Hoy, K. E., Emonson, M. R., Arnold, S. L., Thomson, R. H., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B.(2013). Testing the limits: investigating the effect of tDCS dose on working memory enhancement in healthy controls. *Neuropsychologia, 51*, 1777–1784.

Hsu, T. Y., Juan, C. H., & Tseng, P.(2016). Individual Differences and State-Dependent Responses in Transcranial Direct Current Stimulation. *Front. Hum. Neurosci., 10*, 643.

Jo, J.M., Kim, Y.-H., Ko, M.-H., Ohn, S.H., Joen, B. & Lee, K.H.(2009). Enhancing the working memory of stroke patients using tDCS. *Am J Phys Med Rehabil, 88*, 404-409.

Kane, M. J., Engle, R. W.(2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: an individual differences perspective. *Psychon Bull Rev., 9*, 637–71.

Keeser, D., Meindl, T., Bor, J., Palm, U., Pogarell, O., Mulert, C., et al.(2011a). Prefrontal transcranial direct current stimulation changes connectivity of

resting-state networks during fMRI. *J Neurosci, 31*, 15284–93.

Kesler, S. R., Lacayo, N. J. & Jo, B.(2011). A pilot study of an online cognitive rehabilitation program for executive function skills in children with cancer-related brain injury, *Stanford University*; 25(1): 101-12 PMCID: PMC3050575.

Kodl, C. T., & Seaquist, E. R.(2008). Cognitive dysfunction and diabetes mellitus. *Endocrine Reviews; 29*(4): 494-511.

Kuo, M. F., & Nitsche, M. A.(2012). Effects of transcranial electrical stimulation on cognition. *Clin EEG Neurosci, 43*, 192–9.

Ly, T. R., Anderson, M., McNamara, K. A., Davis, E. A., & Jones, T. W.(2011). Neurocognitive Outcomes in Young Adults with Early-Onset Type 1 Diabetes. *Diabetes Care; 34*: 2192–2197.

Marshall, L., Molle, M., Siebner, H.R. & Born, J.(2005). Bifrontal transcranial direct current stimulation slows reaction time in a working memory task. *BMC Neurosci, 6*, 23.

Mc Closkey, M., Caranazza, A., & Basili, A.(1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain Cognition; 4: 171-196.*

McCrimmon, R. J., Ryan, C. M., & Frier, B. M.(2012). Diabetes and cognitive dysfunction. *Lancet*; 379: 2291–2299.

Medeiros, L. F., de Souza, I. C. C., Vidor, L. P., de Souza, A., Deitos, A., Volz, M. S., et al.(2012). Neurobiological effects of transcranial direct current stimulation: A review. *Front Psychiatry., 3*, 18–28.

Milton, H.(2010). Effects of A Computerized Working Memory Training Program On Attention, Working Memory, And Academics, In Adolescents with Severe ADHD/LD, *psychology journal;* 1(14): 120 – 122.

Miyake, A., & Friedman, N. P.(2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science; 21*: 8–14.

Mulquiney, P. G., Hoy, K. E., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B.(2011). Improving working memory: exploring the effect of transcranial random noise stimulation and transcranial direct current stimulation on the dorsolateral prefrontal cortex. *Clin. Neurophysiol., 122*, 2384–2389.

Northam, E.A., Anderson, P.J., Jacobs, R., Hughes, M., Warne, G.L. & Werther, G.A.(2001). Neuropsychological profiles of children with type 1 diabetes 6 years after disease onset. *Diabetes Care; 24*: 1541-1546.

Northam, E.A., Anderson, P.J., Werther, G.A., Warne, G.L., Adler, R.G., & Andrewes, D.(1998). Neuropsychological complications of IDDM in children 2 years after

disease onset. *Diabetes Care; 21*: 379 –384.

Nyhus, E.; & Barcelo, F.(2009). The Wisconsin Card Sorting Test and the cognitive assessment of prefrontal executive functions: A critical update. *Brain and Cognition*; 71: 437–451

Ohn, S. H., Park, C.-I., Yoo, W.-K., Ko, M.-H., Choi, K. P., Kim, G.-M., et al.(2008). Time-dependent effect of transcranial direct current stimulation on the enhancement of working memory. *Neuroreport, 19*, 43–47.

O'Reilly, R. C.(2111). Aunifeed framework for inhibitory control. *Trends in Cognitive Sciences; 15*: 453–459.

Pena-Gomez, C., Sala-Lonch, R., Junque, C., Clemente, I. C., Vidal, D., Bargallo, N., et al.(2012). Modulation of large-scale brain networks by transcranial direct current stimulation evidenced by resting-state functional MRI. *Brain Stimul, 5*, 252–63.

Rapport, M.D., Bolden, J., Kofler, M.J., Sarver, D.E., Raiker, J.S., & Alderson, R.M.(2009). Hyperactivity in boys with attention-deficit/ hyperactivity disorder: A ubiquitous core symptoms or manifestation of working memory deficit. *Journal of Abnormal Child Psychology*; 29: 555-68.

Ryan, C. M., Geckle, M. O., & Orchard, T. J.(2003). Cognitive efficiency declines over time in adults with type 1 diabetes: effects of micro- and macrovascular complications. *Diabetologia; 46*: 940 –948.

Ryan, C. M., Geckle, M. O., & Orchard, T. J.(2003). Cognitive efficiency declines over time in adults with type 1 diabetes: effects of micro- and macrovascular complications. *Diabetologia; 46*: 940 –948.

Ryan, C. M., Williams, T. M., Fine gold, D. N., & Orchard, T. J.(1993). Cognitive dysfunction in adults with type 1(insulin-dependent) diabetes mellitus of long duration: effects of recurrent hypoglycemia and other chronic complications. *Diabetologia; 36*: 329 –334.

Schoenle, E.J., Schoenle, D., Molinari, L., & Largo, R.H.(2002). Impaired intellectual development in children with type I diabetes: Association with HbA(1c), age at diagnosis and sex. *Diabetologia; 45*: 108 –114.

Shin, Y. I., Foerster, A., & Nitsche, M. A.(2015). Transcranial direct current stimulation(tDCS) –application in neuropsychology. *Neuropsychologia, 69*, 154–75.

Silva, J. L. D., Ribeiro, L. T. C., dos Santos, N. R. P., de Sousa Beserra, V. C. A., & Fragoso, Y. D.(2012). The influence of diabetes mellitus II on cognitive performance. *Dement Neuropsychol; 6*(2): 80-84.

Sommerfield, A., & McAulay, V.(2003). Short-Term, Delayed, and Working Memory Are Impaired During Hypoglycemia in Individuals with Type 1 Diabetes, *Diabetes Care; 2*6: 390–396.

Sparing, R., Dafotakis, M., Meister, I. G., Thirugnanasambandam, N., Fink, G. R.(2008). Enhancing language performance with non-invasive brain

stimulation—a transcranial direct current stimulation study in healthy humans. *Neuropsychologia., 46*, 261–8.

Strudwick, S. K., Carne, C., Gardiner, J., Foster, J. K., Davis, E. A., & Jones, T. W.(2005). Cognitive functioning in children with early onset type 1 diabetes and severe hypoglycemia. *J Pediatr; 147*: 680–685.

Teo, F., Hoy, K. E., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B.(2011). Investigating the role of current strength in tdcs modulation of working memory performance in healthy controls. *Front. Psychiatry, 2*, 45.

Vaughan, L., & Giovanello, K.(2010). Executive functionin daily life: Agerelated influences of executive processes on instrumental activities of daily living. *Psychology and Aging; 25*: 343–355.

Weinger, K., Jacobson, A. M., Musen, G., Lyoo, I. K., Ryan, C. M., Jimerson, D. C., & Renshaw, P. F.(2008). The effects of type 1 diabetes on cerebral white matter. *Diabetologia;51*: 417– 425.

Wessels, A. M, Rombouts, S. A., Remijnse, P. L., Boom, Y, Scheltens. P., Barkhof, F., Heine, R. J., & Snoek, F. J.(2007). Cognitive performance in type 1diabetes patients is associated with cerebral white matter volume. *Diabetologia; 20*: 1763–1769.

Wu, Y. J., Tseng, P., Huang, H. W., Hu, J. F., Juan, C. H., Hsu, K. S., & Lin, C. C.(2016). The Facilitative Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Visuospatial Working Memory in Patients with Diabetic Polyneuropathy: A Pre–post Sham-Controlled Study. *Front. Hum. Neurosci., 10*(479).

Wu, Y. J., Lin, C. C., Yeh, C. M., Chien, M. E., Tsao, M. C., Tseng, P. Huang, C. W., & Hsu, K. S.(2017). Repeated transcranial direct current stimulation improves cognitive dysfunction and synaptic plasticity deficit in the prefrontal cortex of streptozotocin-induced diabetic rats. *Brain Stimulation; 10*(6): 1079-1087.

Wysocki, T., Harris, M. A., Wilkinson, K., Sadler, M., Mauras, N., & White, N. H.(2003). Absence, of adverse effects of severe hypoglycemia on cognitive function in school-aged children with diabetes over 18 months. *Diabetes Care; 26*: 1100–1105.

You, D. S., Kim, D. Y., Chun, M. H., Jung, S. E., & Park, S. J.(2011). Cathodal transcranial direct current stimulation ff tee rgght Werncke's area improves comprehension in subacute stroke patients. *Brain Lang., 119*, 1–5.

Zaehle, T., Sandmann, P., Thorne, J. D., Jancke, L., & Herrmann, C. S.(2011). Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates working memory performance: combined behavioural and electrophysiological evidence. *BMC Neuroscience; 12*(2).