ORIGINAL ARTICLE

Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Auditory-Verbal Memory in Healthy Elderly

Sahand Nazeri[1],
Ali Mohammadzadeh[2],
Seyyed Mehdi Tabatabaee[3],
Asghar Rezasoltani[4]

[1] MSc Student in Audiology, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Audiology, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[3] Lecturer, Department of Basic Sciences, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[4] Professor, Department of Physiotherapy, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

(Received May 18, 2019 ; Accepted September 30, 2019)

Abstract

Background and purpose: Auditory-verbal memory decreases with age. One method to compensate this weakness is transcranial direct current stimulation. The current study investigated the effect of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation on auditory-verbal memory performance of healthy elderly people.

Materials and methods: In a randomized clinical trial, 42 healthy subjects with no history of cognitive problems were divided into experimental and control groups (n=21 per group). All participants received 10 sessions of electrical stimulation at 2 mA. In order to evaluate the auditory-verbal memory of the subjects, the Persian version of the Rey Auditory Verbal Learning Test (RAVLT) was used before and after electrical current delivery.

Results: In experimental group, the mean scores for all stages of the RAVLT, were found to be significantly different after electrical stimulation compared to those before stimulation ($P<0.05$). Also, the mean scores for all stages of the RAVLT showed significant differences between the control group and experimental group after electrical stimulation ($P< 0.05$) except in the reminder stage after the intervention ($P= 0.075$).

Conclusion: Anodal Transcranial Direct Current Stimulation affects the electrical potential of nerve cells membrane in the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) and increases neural activity of nerve cells in that area, which can lead to improvements in auditory-verbal memory.

Keywords: transcranial direct current stimulation, auditory-verbal memory, elderly

J Mazandaran Univ Med Sci 2019; 29 (179): 74-85 (Persian).

*** Corresponding Author: Sahand Nazeri -** School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran (E-mail: Sahandnazeri@gmail.com)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و نهم شماره ۱۷۹ آذر سال ۱۳۹۸ (۸۵-۷۴)

تاثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه ای بر حافظه شنیداری- کلامی افراد سالمند سالم

سهند ناظری[۱]
علی محمد زاده[۲]
سید مهدی طباطبایی[۳]
اصغر رضاسلطانی[۴]

چکیده

سابقه و هدف: حافظه شنیداری-کلامی با افزایش سن دچار ضعف عملکرد می‌شود. یکی از روش‌های پیشنهاد شده به منظور جبران این ضعف، استفاده از تحریک الکتریکی جریان مستقیم می‌باشد. در مطالعه حاضر تاثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم آندی بر عملکرد حافظه شنیداری- کلامی افراد سالمند سالم مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی که به‌صورت کارآزمایی بالینی تصادفی شده یک سو کور انجام گرفت، ۴۲ فرد سالمند سالم و فاقد مشکلات شناختی، در قالب دوگروه همتا آزمایشی و شاهد شرکت داشتند. تمامی افراد طی ۱۰ جلسه تحریک الکتریکی را با شدت ۲ میلی‌آمپر دریافت می کردند. به‌منظور ارزیابی وضعیت حافظه شنیداری- کلامی افراد مورد مطالعه، پیش از ارائه تحریک الکتریکی و پس ازآن، از نسخه فارسی آزمون یادگیری شنیداری-کلامی ری (Rey Auditory-Verbal Learning Test) استفاده شد.

یافته‌ها: براساس نتایج حاصله ، در تمامی مراحل آزمون ری درگروه آزمایشی، بین میانگین امتیازات پس از تحریک الکتریکی درمقایسه با پیش از آن اختلاف معنی دار وجود داشت ($P<۰/۰۵$). هم‌چنین مقایسه میان امتیازات مراحل آزمون ری پس از تحریک الکتریکی در دوگروه آزمایشی و شاهد، حاکی از آن بودکه جز در مرحله یادآوری پس از مداخله که اختلاف معنی‌داری میان امتیازات دو گروه مشاهده نشد ($P =۰/۰۷۵$)، درسایر مراحل این آزمون، اختلاف میان نتایج گروه‌های آزمایشی و شاهد از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($P <۰/۰۵$).

استنتاج: تحریک الکتریکی جریان مستقیم آندی با تاثیر بر پتانسیل الکتریکی غشا سلول‌های عصبی در ناحیه خلفی جانبی قشر پیش پیشانی، منجر به افزایش فعالیت عصبی در ناحیه مذکور و در نتیجه بهبود عملکرد حافظه شنیداری-کلامی افراد می‌شود.

واژه های کلیدی: تحریک الکتریکی جریان مستقیم از طریق جمجمه، حافظه شنیداری-کلامی، افراد سالمند

مقدمه

حافظه نوعی فعالیت ذهنی است که به انسان این امکان را می‌دهد تا حالات خودآگاهی از قبیل لذات، درد ها، تمایلات، خواسته ها، احساسات، دریافت های حسی، اندیشه ها و قضاوت ها را حفظ کرده وآن ها را

مولف مسئول: سهند ناظری- تهران: دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده توانبخشی E-mail: Sahandnazeri@gmail.com
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد شنوایی شناسی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه شنوایی شناسی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. مربی، گروه علوم پایه، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۴. استاد، گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۸/۲/۲۸ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات :۱۳۹۸/۳/۱۳ تاریخ تصویب : ۱۳۹۸/۷/۸

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

مجدداً در ذهن خویش بازبیابد. حافظه، امکان بازبینی، مقایسه و مراجعه به گذشته را به انسان می‌دهد(۱). حافظه براساس مدت زمان نگه‌داری اطلاعات به چهار دسته تقسیم می‌شود که عبارتند از : حافظه حسی، حافظه کوتاه‌مدت، حافظه کاری و حافظه‌ی بلندمدت. در میان انواع مختلف حافظه، حافظه کاری به دلیل نقش برجسته‌ای که در فرآیند یادگیری، استدلال، تفکر و ادراک دارد، بسیار حایز اهمیت می‌باشد(۲). حافظه کاری کارکردی شناختی است که مسئول حفظ اطلاعات آنی، دستکاری و استفاده از آن‌ها در فرآیند تفکر می‌باشد و در واقع روشی است که انسان به کمک آن مسائلی را که با آن‌ها مواجه می‌شود، به بخش‌هایی از مغز که مربوط به آن‌هاست، محول می کند(۳،۲).

حافظه کاری خود به دو دسته کلی تقسیم می‌شود: حافظه شنیداری-کلامی و حافظه دیداری- فضایی. حافظه شنیداری- کلامی توانایی دریافت تحریکات کلامی، پردازش، ذخیره‌سازی و در نهایت یادآوری موضوعات شنیده شده است. این بخش از حافظه کاری پایه و اساس رشد توانمندی های زبانی(یادگیری و به خاطر سپردن واژگان، توانایی درک و به‌کار بردن دستور زبان و...) و فرآیند یادگیری می‌باشد، به گونه‌ای که بدون آن زبان معنا و مفهومی نخواهد داشت(۴). حافظه شنیداری-کلامی نیز مانند سایر مکانیسم‌های شناختی با افزایش سن دچار ضعف و نقصان عملکرد می‌شود. این کاهش عملکرد عمدتاً ناشی از فرایند پیری طبیعی می‌باشد که منجر به بروز تغییراتی در ساختار و عملکرد مغز می‌شود، به طوری که مغز آتروفی شده و عملکرد طبیعی خود را از دست می‌دهد(۵،۲).

در میان نواحی مختلف مغزی، لوب پیشانی نقش برجسته‌ای در عملکردهای شناختی از قبیل حافظه کاری، برنامه‌ریزی، کنترل توجهی و کنترل مهاری دارد(۷،۶). ناحیه خلفی جانبی قشر پیش پیشانی یا (DLPFC) Dorsolateral Prefrontal Cortex به عنوان بخشی از لوب پیشانی، مرکز اصلی حافظه کاری در انسان است(۸).

مطالعات صورت گرفته با استفاده از روش‌های تصویربرداری عصبی نشان داده‌اند که فعالیت عصبی در DLPFC با افزایش سن کاهش می‌یابد(۹).کاهش فعالیت عصبی در این ناحیه به نوبه خود می‌تواند منجر به نقص درعملکرد حافظه کاری شود(۱۰). کاهش عملکرد حافظه کاری و به ویژه حافظه شنیداری-کلامی، توانمندی‌های ارتباطی و زندگی اجتماعی را در افراد سالمند به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد، به گونه‌ای که ایجاد ارتباطات کلامی با دیگران و درک گفتار آنان با دشواری صورت می‌گیرد(۱۱). بنابراین یافتن روش‌هایی به منظور جبران این مشکلات و بازیابی توانایی‌های مغزی از دست رفته، اهمیت بسیاری دارد. تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای یا (tDCS) Transcranial Direct Current Stimulation یک روش تحریک غیر تهاجمی مغز است که طی آن جریان الکتریکی مستقیم و ضعیفی (۰/۵ تا ۲ میلی‌آمپر) به دو الکترود قرار گرفته بر روی جمجمه اعمال شده و منجر به تغییر در تحریک پذیری قشری و پلاستیسیتی عصبی می‌شود(۱۲). مطالعات اولیه انجام گرفته در این حوزه پیشنهاد کرده‌اند که جریان الکتریکی ارائه شده، منجر به تغییر در پتاسیل استراحت سلول‌های عصبی در نواحی مغزی قرار گرفته زیر الکترودها می‌شود، به طوری که پتانسیل استراحت سلول‌های عصبی قرار گرفته در زیر الکترود آند(Anode)، افزایش و پتانسیل استراحت سلول‌های عصبی قرار گرفته در زیر الکترود کاتد (Cathode)کاهش می‌یابد(۱۳). به طور مرسوم tDCS به سه شیوه مورد استفاده قرار می‌گیرد که عبارتند از: تحریک الکتریکی آندی، تحریک الکتریکی کاتدی و تحریک الکتریکی کاذب (Sham)(۱۴). در روش تحریک آندی (a-tDCS) جریان الکتریکی مثبت به ناحیه هدف در قشر مغز از طریق الکترودهای واقع بر روی جمجمه اعمال شده که منجر به افزایش نرخ شلیک عصبی و تحریک‌پذیری قشری در آن ناحیه و به تبع آن بهبود عملکرد مغزی در ناحیه مورد نظر می‌شود. در مقابل در روش تحریک کاتدی (C-tDCS)، جریان الکتریکی

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

منفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این جریان منفی منجر به کاهش نرخ شلیک عصبی و تحریک‌پذیری قشری در ناحیه موردنظر و به تبع آن کاهش عملکرد مغزی در آن ناحیه می‌شود. تحریک کاذب به عنوان حالت کنترل در آزمایشات مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش یک جریان الکتریکی مثبت و یا منفی به مدت کوتاهی (به عنوان مثال ۳۰ ثانیه) ارائه می‌شود و سپس جریان الکتریکی قطع شده و تا پایان مدت زمان آزمایش جریانی از مدار نمی گذرد(۱۵،۱۲). علاوه بر قطبیت محرک ارائه شده (آندی یا کاتدی)، اثرات تحریک الکتریکی جریان مستقیم به مدت زمان و هم‌چنین شدت ارائه محرک نیز وابسته است. با افزایش مدت زمان و یا شدت ارائه محرک، میزان کارایی تحریک الکتریکی جریان مستقیم افزایش یافته و عملکرد نواحی هدف بهبود بیش‌تری می‌یابد(۱۷،۱۶). علاوه بر موارد فوق، عامل دیگری که می‌تواند بر میزان کارایی تحریک الکتریکی تاثیر بگذارد، تعداد جلسات ارائه تحریک الکتریکی است. با افزایش تعداد جلسات ارائه تحریک الکتریکی، اثرات عملکردی مشاهده شده، افزایش می‌یابند(۱۸).

در حوزه توانایی‌های شناختی، بسیاری از مطالعات از تحریک الکتریکی جریان مستقیم اعمال شده به ناحیه DLPFC به منظور تقویت شبکه‌های عصبی دخیل در شناخت و تسهیل عملکردهای مختلف شناختی بهره برده‌اند(۲۱-۱۹). در میان عملکردهای شناختی، حافظه کاری جایگاه برجسته‌ای در مطالعات انجام شده با tDCS دارد(۲۳،۲۲). به‌دلیل ماهیت تحریکی تحریک الکتریکی آندی، این شیوه بیش‌تر از تحریک الکتریکی کاتدی، در مطالعات این حوزه استفاده شده است(۲۴). مطالعات بسیاری به بررسی اثرات تحریک الکتریکی آندی، از جنبه‌های گوناگون پرداخته‌اند(۲۵،۲۴). تاکنون نتایج به دست آمده از چندین مطالعه حاکی از آن بوده است که اعمال تحریک الکتریکی جریان مستقیم به ناحیه DLPFC می‌تواند منجر به بهبود عملکرد حافظه کاری در افراد سالم و افراد دچار اختلال حافظه شود(۲۸-۲۶).

در اکثر موارد، افراد جوان سالم و افراد سالمند مبتلا به اختلال حافظه و فراموشی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و مطالعات بسیار اندکی بر روی افراد سالمند سالم از لحاظ شناختی صورت گرفته است(۲۸،۲۴). به علاوه، در اکثر مطالعات، پژوهشگران از تکالیف شناختی عمومی‌تر از قبیل آزمون‌های n-back، فراخنای اعداد، فراخنای حروف و فراخنای عملکرد، به منظور ارزیابی عملکرد حافظه‌کاری استفاده کرده‌اند و تعداد مطالعاتی که تکالیف اختصاصی‌تر حافظه را به منظور ارزیابی عملکردهای خاص حافظه مورد استفاده قرار داده‌اند، اندک شمار بوده است(۲۹). به عنوان نمونه، تنها در چهار مطالعه اثرات تحریک الکتریکی جریان مستقیم بر حافظه شنیداری-کلامی با استفاده از آزمون یادگیری شنیداری-کلامی ری یا Rey Auditory-Verbal Learning Test (RAVLT) مورد ارزیابی قرار گرفته است(۳۳-۳۰). در تمامی این مطالعات افراد شرکت‌کننده در مطالعه دچار اختلال در حافظه به دلیل سکته، فیبرومیالژیا یا آتروفی چند سیستمی بوده‌اند. براساس بررسی‌های صورت گرفته از سوی ما، تاکنون در هیچ مطالعه‌ای به بررسی تاثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم آندی بر حافظه شنیداری-کلامی افراد سالمند سالم پرداخته نشده است. لذا انجام چنین مطالعه‌ای می‌تواند در بررسی میزان کارایی تحریک الکتریکی جریان مستقیم بر عملکردهای شناختی افراد سالم بسیار کمک‌کننده باشد.

هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی اثرات تحریک الکتریکی جریان مستقیم آندی اعمال شده به بخش خلفی جانبی قشر پیش پیشانی (DLPFC) بر عملکرد حافظه شنیداری-کلامی افراد سالمند سالم بوده است.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر مطالعه‌ای تجربی(مداخله‌ای) از نوع کارآزمایی بالینی تصادفی شده و به صورت یک سو کور می‌باشد که در مرکز ثبت کارآزمایی‌هایی بالینی ایران با شماره IRCT20190526043716N1 به ثبت رسیده

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

است. این مطالعه بر روی ۴۲ فرد سالمند سالم در قالب دو گروه مساوی و همتای آزمایشی و شاهد (دو گروه ۲۱ نفره) در ۸ سرای سالمندان شهر تهران انجام شد. افراد حاضر در دو گروه آزمایشی و شاهد از نظر سن، جنسیت و سطح تحصیلات همتاسازی شده و اختصاص افراد به هر یک از دوگروه به‌صورت تصادفی صورت‌گرفت. جامعه آماری دربرگیرنده تمامی افراد سالمند سالم بالای ۶۵ سال در مراکز فوق بود که فاقد مشکلات نورولوژیک، اختلالات شناختی و اختلالات شنوایی بودند.

معیارهای ورود به مطالعه شامل داشتن حداقل سن ۶۵ سال تمام، تک زبانه بودن (زبان فارسی)، راست دست بودن، عدم وجود اختلالات روانی و شناختی، عدم وابستگی به الکل و مواد مخدر، عدم مصرف داروهای موثر بر عملکرد سیستم عصبی مرکزی، داشتن آستانه‌های شنوایی متناسب با شرایط سنی و نداشتن سابقه‌ی جراحی در سر و گردن بودند. معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم تمایل فرد برای ادامه مشارکت در اجرای پروژه و عدم همکاری مناسب در زمان انجام مطالعه بودند.

در این مطالعه پس از مراجعه به سراهای سالمندان شهر تهران، ابتدا پرونده عمومی و پزشکی تمامی سالمندان بالای ۶۵ سال با کسب اجازه از مسئولین آن مراکز مورد بررسی قرار می‌گرفت و افرادی که حایز شرایط ورود به مطالعه بودند، به منظور بررسی وضعیت شناختی، شنوایی و برتری دستی توسط آزمون‌های مقیاس برتری دستی ادینبورگ، آزمون معاینه مختصر وضعیت ذهنی یا Mini-Mental State Examination (MMSE)، اتوسکوپی، ادیومتری و تیمپانومتری مورد ارزیابی قرار می‌گرفتند و سالمندانی که راست دست بوده، آستانه‌های شنوایی متناسب با شرایط سنی خود داشتند(۳۴، ۳۵) و در آزمون معاینه مختصر وضعیت ذهنی امتیاز بالاتر از ۲۱ را کسب کرده بودند(۳۶)، پس ازکسب رضایت‌نامه کتبی از آنان برای شرکت در پژوهش، وارد مطالعه شدند. پس از تقسیم افراد به صورت تصادفی به دو گروه آزمایشی و شاهد، تمامی افراد سالمند حاضر در مطالعه (صرف نظر از تعلق آن‌ها به گروه آزمایشی یا شاهد) به منظور بررسی وضعیت حافظه شنیداری-کلامیشان توسط نسخه شماره یک (نسخه اصلی) آزمون یادگیری شنیداری-کلامی ری تحت ارزیابی قرار گرفتند و مقادیر امتیاز متوسط یادآوری آنی، امتیاز یادآوری پس از مداخله، امتیاز یادآوری تاخیری و امتیاز بازشناسی برای هر فرد به صورت مجزا ثبت شدند.

آزمون یادگیری شنیداری-کلامی ری: این آزمون ساده از مراحل مختلفی تشکیل شده است که با انجام آن‌ها می‌توان جنبه‌های مختلف حافظه مانند: حافظه آنی، حافظه تاخیری، اثر تداخل، سرعت فراموشی، توانایی بازشناسی، توانایی بازیابی و یادگیری را مورد ارزیابی قرار داد. آزمون یادگیری شنیداری-کلامی ری شامل ۹ مرحله است. در مراحل اول تا پنجم آزمون ری، ابتدا واژه‌های فهرست "الف" با سرعت ارائه یک واژه در ثانیه و با صدای بلند برای فرد مورد آزمون خوانده می‌شوند و از وی خواسته می‌شود پس از اتمام خواندن واژه‌ها، هر آن‌چه را که به یاد می‌آورد، بیان نماید. زمانی که فرد اعلام کند که دیگر واژه‌ای را به یاد نمی‌آورد، مرحله‌ی دوم آغاز شده و همان فهرست واژگان با شرایط مشابه مجدداً خوانده می‌شود و فرد باید واژه‌هایی را که به یاد می‌آورد، بیان نماید، سپس این روند سه مرتبه‌ی دیگر تکرار شده و در پایان این پنج مرحله، به منظور بررسی تاثیر تکرار محرک و توان یادگیری فرد، میانگین امتیازات این مراحل محاسبه شده و ثبت می‌شود. در مرحله ششم واژه‌های فهرست مداخله‌کننده (فهرست ب)، طی یک مرتبه با شرایط مشابه مراحل قبلی، ارائه شده و پاسخ‌های فرد ثبت می‌شوند. پس از طی این مرحله بلافاصله از فرد خواسته می‌شود تا هرآن چه را که از واژگان فهرست "الف" به خاطر می‌آورد بیان نماید (مرحله هفتم). سپس ۲۰ دقیقه به فرد استراحت داده می‌شود و مجدداً از وی خواسته می‌شود تا واژگانی را که از فهرست "الف" به یاد می‌آورد، بیان نماید (مرحله هشتم). در پایان از فرد خواسته می‌شود که

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

واژگان فهرست "الف" را از میان ۵۰ واژه (۳۰ واژه مربوط به فهرست "الف و ب" به اضافه ۲۰ واژه‌ی جدید) ارائه شده، بازشناسی نماید. (مرحله نهم)(۳۷). در ادامه تمامی افراد سالمند شرکت‌کننده در این مطالعه، طی ۱۰ جلسه و هر جلسه به مدت ۲۰ دقیقه و در یک بازه زمانی یک ماهه (با فاصله زمانی دو روزه میان جلسات) توسط جریان الکتریکی مستقیم و ضعیفی با شدت ۲ میلی‌آمپر (روش tDCS) از طریق دو الکترود واقع شده بر روی جمجمه آن‌ها، تحت تحریک عصبی قرار می‌گرفتند. الکترودهای مورد استفاده شامل دو الکترود، فعال و مرجع بودند که هر دو الکترود مانند هم و از نوع الکترودهای سطحی اسفنجی آغشته به محلول نمکی با ابعاد $5 \times 5\ cm^2$ بوده که طبق سیستم استاندارد بین‌المللی ۲۰-۱۰، الکترود فعال بر روی ناحیه F_3 (بخش خلفی جانبی قشر پیش پیشانی سمت چپ) و الکترود مرجع در منطقه اربیتال فوقانی سمت مقابل (راست) قرار می‌گرفتند(۱۲). تنها تفاوت میان گروه‌های آزمایشی و شاهد این بود که افراد حاضر در گروه آزمایشی تحریک الکتریکی آندی (مثبت) دریافت می‌کردند، اما افراد گروه شاهد صرفاً یک تحریک الکتریکی کاذب مشابه با تحریک آندی را دریافت می‌نمودند. پس از گذشت یک ماه و اتمام جلسات ارائه تحریک الکتریکی، مجدداً تمامی افراد حاضر در گروه‌های آزمایشی و شاهد توسط آزمون یادگیری شنوایی-کلامی ری به منظور بررسی اثرات روش تحریکی مورد استفاده (tDCS) بر حافظه شنیداری-کلامیشان تحت ارزیابی قرار می‌گرفتند و مقادیر امتیاز متوسط یادآوری آنی، امتیاز یادآوری پس از مداخله، امتیاز یادآوری تاخیری و امتیاز بازشناسی مجدداً برای هر فرد به صورت مجزا ثبت می شدند. به منظور حذف سوگیری ناشی از "اثر یادگیری" بر نتایج پژوهش، در این مرحله از نسخه شماره دو آزمون یادگیری شنیداری-کلامی ری استفاده شد که این نسخه با نسخه شماره یک (نسخه اصلی) کاملاً هم‌طراز بودند. داده‌ها پس از جمع‌آوری توسط نرم‌افزار SPSS 24 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد، در صورت نرمال بودن داده‌ها برای مقایسه متغیرهای کمی (امتیاز متوسط یادآوری آنی، امتیاز یادآوری پس از مداخله، امتیاز یادآوری تاخیری و امتیاز بازشناسی) بین دو گروه آزمایشی و شاهد از آزمون *تی* مستقل و برای مقایسه و بررسی نتایج قبل و بعد از مداخله، در صورت نرمال بودن تفاضل‌های مقادیر قبل و بعد، از آزمون تی زوجی استفاده شد. در صورت نرمال نبودن داده‌ها و یا تفاضل‌های مقادیر قبل و بعد از مداخله، از آزمون‌های ناپارامتری معادل آزمون‌های فوق یعنی آزمون من-ویتنی (Mann-Whitney) و آزمون رتبه‌بندی علامت‌دار ویلکاکسون (Wilcoxon Signed-Rank Test) استفاده شد. تمامی آزمون‌ها در سطح خطای ۰/۰۵ انجام شدند.

یافته ها

در این مطالعه ۴۲ فرد سالمند سالم در قالب دو گروه همتا و مساوی آزمایشی و شاهد، به منظور بررسی تاثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم بر حافظه شنیداری-کلامیشان تحت بررسی قرار گرفتند. اطلاعات پایه و جمعیت شناختی دو گروه مورد بررسی (گروه آزمایشی و شاهد) در جدول شماره ۱ خلاصه شده است.

جدول شماره ۱: اطلاعات پایه و جمعیت‌شناختی افراد شرکت کننده در مطالعه

	گروه آزمایشی	گروه شاهد	سطح معنی داری
سن(سال)	۷۱/۹۵ (۲/۸۷۳)	۷۱/۸۶ (۲/۵۵۵)	۰/۷۷۰
جنسیت(مذکر/ مونث)	۹ - ۱۲	۹ - ۱۲	۱/۰
تحصیلات(سال)	۱۱/۴۸ (۲/۶۹۵)	۱۱/۳۸ (۲/۹۹۱)	۰/۸۹۶
آزمون معاینه مختصر وضعیت ذهنی	۲۶/۴۸ (۲/۸۴۲)	۲۶/۳۳ (۲/۳۹۴)	۰/۸۵۰
آزمون برتری دستی ادینبورگ	۹۷/۶۲ (۵/۳۹۰)	۹۶/۴۳(۶/۱۵۳)	۰/۴۷۷

میان اطلاعات پایه و جمعیت شناختی در دو گروه آزمایشی و شاهد هیچ اختلاف قابل ملاحظه‌ای وجود نداشت (جدول شماره ۱). تمامی شرکت‌کنندگان در مطالعه توانستند، تحریک الکتریکی ارائه شده در طی جلسات مختلف مطالعه را به خوبی تحمل نمایند و

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

گزارشی مبنی بر اثرات جانبی جدی در این خصوص از سوی شرکت‌کنندگان دریافت نشد. هم‌چنین تمامی شرکت‌کنندگان توانستند مراحل انجام مطالعه را به طور کامل به اتمام برسانند. به علاوه، پس از اتمام ارائه تحریک الکتریکی، هیچ یک از شرکت کنندگان قادر نبودند که نوع تحریک الکتریکی (آندی یا کاذب) ارائه شده را تعیین نمایند. به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها، ابتدا داده‌های حاصل از مراحل مختلف آزمون ری در دو نسخه اول و دوم این آزمون به تفکیک گروه آزمایشی و شاهد مورد آنالیز قرارگرفتند که جز در مورد داده‌های مربوط به امتیاز یادآوری تاخیری در نسخه دوم آزمون ری در گروه آزمایشی که از توزیع نرمال برخودار نبودند (P = ۰/۰۱۶)، در سایر موارد داده‌ها توزیع نرمال داشتند (P> ۰/۰۵). در مرحله بعد، توزیع تفاضل (اختلاف) داده‌های آزمون ری در دو نسخه اول و دوم این آزمون بررسی شدند. نتایج به دست آمده نشان دادکه داده‌های مربوط به تفاضل میانگین امتیازات یادآوری آنی در گروه شاهد (P = ۰/۰۰۱)، تفاضل امتیازات یادآوری پس از مداخله در گروه آزمایشی (P = ۰/۰۱۱) ، تفاضل امتیازات یادآوری تاخیری در گروه شاهد (P = ۰/۰۳۶) و تفاضل امتیازات بازشناسی در گروه آزمایشی (P = ۰/۰۱۳) توزیع نرمال نداشتند. در سایر موارد تفاضل داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار بودند (P > ۰/۰۵).

مقایسه میانگین امتیازات مراحل مختلف آزمون یادگیری شنیداری-کلامی ری در دوگروه آزمایشی و شاهد، پیش از شروع جلسات تحریک الکتریکی با استفاده از آزمون تی مستقل انجام شد. نتایج به دست آمده بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار (P > ۰/۰۵) میان امتیازات مراحل مختلف آزمون ری در دوگروه آزمایشی و شاهد بود. پس از پایان جلسات ارائه تحریک الکتریکی، مقایسه میانگین امتیازات مراحل مختلف آزمون ری در دوگروه آزمایشی و شاهد، با استفاده از آزمون‌های تی مستقل (برای داده‌های نرمال) و من-ویتنی (برای داده‌های غیر نرمال) صورت گرفت. نتایج حاصله نشان داد، جز در مورد امتیاز یادآوری پس از مداخله که اختلاف معنی‌داری میان امتیازات گروه آزمایشی و شاهد وجود نداشت (P = ۰/۰۷۵)، در سایر مراحل آزمون ری اختلاف میان امتیازات دو گروه، از لحاظ آماری معنی‌دار بود (P < ۰/۰۵) و میانگین امتیازات این مراحل در گروه آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد در سطح بالاتری قرار داشتند (جدول شماره ۲).

جدول شماره ۲: مقایسه میانگین امتیازات مراحل مختلف آزمون یادگیری شنیداری-کلامی ری در دوگروه آزمایشی و شاهد پیش از ارائه تحریک الکتریکی و پس از ارائه آن

پیش از ارائه تحریک الکتریکی			
	گروه آزمایشی انحراف معیار ± میانگین	گروه شاهد انحراف معیار ± میانگین	سطح معنی داری
میانگین امتیاز یادآوری آنی	۶/۶۵ ± ۱/۰۱۰	۶/۷۲ ± ۱/۰۴۷	**P = ۰/۸۳۵
امتیاز یادآوری پس از مداخله	۷/۵۷ ± ۱/۵۳۵	۸/۱۴ ± ۱/۴۵۹	** P = ۰/۲۲۴
امتیاز یادآوری تاخیری	۶/۴۳ ± ۱/۵۳۵	۶/۸۶ ± ۱/۳۵۲	** P = ۰/۳۴۳
امتیاز بازشناسی	۱۱/۶۲ ± ۱/۸۰۲	۱۱/۶۷ ± ۱/۸۵۳	** P = ۰/۹۳۳
پیش از ارائه تحریک الکتریکی			
	گروه آزمایشی انحراف معیار ± میانگین	گروه شاهد انحراف معیار ± میانگین	سطح معنی داری
میانگین امتیاز یادآوری آنی	۷/۴۶ ± ۰/۹۳۰	۶/۸۳ ± ۰/۸۸۹	* P = ۰/۰۳۱ **
امتیاز یادآوری پس از مداخله	۸/۹۰ ± ۱/۱۷۹	۸/۲۹ ± ۱/۰۰۷	** P= ۰/۰۷۵
امتیاز یادآوری تاخیری	۷/۷۱ ± ۰/۹۵۶	۷/۰۵ ± ۰/۹۷۳	* P = ۰/۰۴۱ ***
امتیاز بازشناسی	۱۲/۹۰ ± ۱/۵۷۸	۱۱/۸۱ ± ۱/۴۳۶	* P = ۰/۰۲۴ **

* تفاوت معنی دار (P < ۰/۰۵)
** آزمون تی مستقل
*** آزمون من-ویتنی

به منظور مقایسه میانگین امتیازات مراحل مختلف آزمون ری پیش از تحریک الکتریکی و پس از آن، از آزمون تی زوجی (داده‌های نرمال) وآزمون رتبه‌بندی علامت دار ویلکاکسون (داده‌های غیر نرمال) استفاده شد. نتایج حاصله نشان دادکه در تمامی مراحل آزمون ری بین میانگین امتیازات پیش از تحریک و پس از آن در گروه آزمایشی، اختلاف معناداری وجود داشت (P < ۰/۰۵) و در تمامی مراحل میانگین امتیازات پس از تحریک در مقایسه با میانگین امتیازات پیش از تحریک بالاتر بود. اما در گروه شاهد مقایسه میانگین امتیازات مراحل مختلف آزمون ری پیش از تحریک الکتریکی و پس از آن، حاکی ازآن بود که در هیچ یک از مراحل آزمون ری بین میانگین امتیازات پیش از

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

تحریک و پس از آن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P > ۰/۰۵) (جدول شماره ۳).

جدول شماره ۳: مقایسه میانگین امتیازات مراحل مختلف آزمون یادگیری شنیداری- کلامی ری پیش از تحریک الکتریکی و پس از آن در گروه آزمایشی و گروه شاهد

	گروه آزمایشی		
	پیش از تحریک الکتریکی انحراف معیار ± میانگین	پس از تحریک الکتریکی انحراف معیار ± میانگین	سطح معنی داری
میانگین امتیاز یادآوری آنی	۶/۶۵ ± ۱/۰۱۰	۷/۴۶ ± ۰/۹۳۰	* P < ۰/۰۰۱ **
امتیاز یادآوری پس از مداخله	۷/۵۷ ± ۱/۵۳۵	۸/۹۰ ± ۱/۱۷۹	* P < ۰/۰۰۱ ***
امتیاز یادآوری تاخیری	۶/۴۳ ± ۱/۵۳۵	۷/۷۱ ± ۰/۹۵۶	* P < ۰/۰۰۱ **
امتیاز بازشناسی	۱۱/۶۲ ± ۱/۸۰۲	۱۲/۹۰ ± ۱/۵۷۸	* P < ۰/۰۰۱ ***
	گروه شاهد		
	پیش از تحریک الکتریکی انحراف معیار ± میانگین	پس از تحریک الکتریکی انحراف معیار ± میانگین	سطح معنی داری
میانگین امتیاز یادآوری آنی	۶/۷۲ ± ۱/۰۴۷	۶/۸۳ ± ۰/۸۸۹	P = ۰/۰۶۶ ***
امتیاز یادآوری پس از مداخله	۸/۱۴ ± ۱/۴۵۹	۸/۲۹ ± ۱/۰۰۷	P = ۰/۵۶۱ **
امتیاز یادآوری تاخیری	۶/۸۶ ± ۱/۳۵۲	۷/۰۵ ± ۰/۹۷۳	P = ۰/۴۹۹ ***
امتیاز بازشناسی	۱۱/۶۷ ± ۱/۸۵۳	۱۱/۸۱ ± ۱/۴۳۶	P = ۰/۵۴۵ **

* تفاوت معنی دار (P < ۰/۰۵)
** آزمون تی زوجی
*** آزمون رتبه بندی علامت دار ویلکاکسون

بحث

بررسی امتیازات حاصل از مراحل مختلف آزمون یادگیری شنیداری-کلامی ری پس از تحریک الکتریکی نسبت به پیش از آن در گروه آزمایشی و گروه شاهد حاکی از آن بود که در گروه آزمایشی، امتیازات تمامی مراحل آزمون پس از تحریک به صورت قابل توجهی در مقایسه با امتیازات پیش از تحریک افزایش یافته بودند. اما درگروه شاهد، امتیازات پس از تحریک تغییر قابل توجهی را درمقایسه با امتیازات پیش از آن نشان ندادند. همسو با یافته‌های مطالعه حاضر، Fregni و همکاران (۲۰۰۵) تاثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم آندی را بر حافظه کاری ۱۵ دانشجوی جوان و سالم با استفاده از آزمون شناختی n-back مورد ارزیابی قرار دادند. یافته‌های به دست آمده حاکی از وجود اختلاف معنادار میان نتایج آزمون n-back پس از دریافت تحریک الکتریکی در مقایسه با قبل ازآن بود(۳۸).

در پژوهشی مشابه Van Steenburgh و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تاثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم بر حافظه کاری ۱۲ فرد بزرگسال مبتلا به اوتیسم با عملکرد بالا پرداختند. به‌منظور ارزیابی حافظه کاری افراد مورد مطالعه، از آزمون‌های n-back فضایی وn-back حروف استفاده شد. نتایج حاصله نشان دهنده افزایش قابل توجه امتیازات آزمون‌های ذکر شده پس از دریافت تحریک الکتریکی نسبت به پیش از آن بود. این نتایج نیز هم راستا با یافته‌های مطالعه حاضر می‌باشند(۳۹).

Kazuta و همکاران (۲۰۱۷) تاثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم آندی را بر حافظه‌کاری ۱۲ فرد دچار سکته مغزی به کمک آزمون یادگیری شنیداری-کلامی ری مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه هر فرد تحریک الکتریکی جریان مستقیم را در دو جلسه و در یک بازه ۷ روزه دریافت می‌کرد. نتایج کسب شده حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار میان نتایج آزمون ری پس از دریافت تحریک الکتریکی نسبت به پیش از آن بود، اما این اختلاف نتایج با گذشت زمان به سرعت کاهش می‌یافت. نتایج این مطالعه نیز هم چون مطالعات پیش‌تر ذکر شده، همسو با یافته‌های مطالعه حاضر می‌باشند(۳۲).

این نتایج در واقع نشان می‌دهندکه برخلاف تحریک الکتریکی کاذب استفاده شده درگروه شاهدکه در آن جریان الکتریکی فقط به مدت بسیار کوتاهی (۳۰ ثانیه) ارائه می‌شد و سپس جریان قطع شده و تا پایان آزمایش جریان الکتریکی از مدار عبور نمی‌کرد، تحریک الکتریکی جریان مستقیم آندی پیوسته در گروه آزمایشی، با تاثیر بر پتانسیل غشای سلول‌های عصبی در ناحیه‌ای که زیر الکترود آند قرار گرفته، یعنی بخش خلفی جانبی قشر پیش پیشانی چپ، باعث افزایش نسبی پتانسیل غشاء این سلول‌ها از میزان استراحت (دپلاریزاسیون غشاء) می‌شد. افزایش نسبی پتانسیل غشاء، منجر به افزایش تحریک پذیری سلول‌های عصبی و افزایش نرخ شلیک خودبه خودی در آن‌ها می‌گردد(۱۵،۱۲). به دلیل این که در این مطالعه، تحریک الکتریکی در یک بازه زمانی نسبتاً طولانی (یک ماه) و در طی جلسات متوالی (۱۰ جلسه) به هر فرد ارائه می‌شد، افزایش پتانسیل استراحت

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

غشاء از حالت پایه و به تبع آن افزایش تحریک‌پذیری سلول‌های عصبی، از طریق مکانیسم پلاستیسیتی عصبی تثبیت شده و به افزایش درازمدت سطح فعالیت نورون‌های مغزی در نواحی مورد تحریک منجر می‌گردد(۴۰). از آن‌جایی که ناحیه مورد نظر (DLPFC) به‌عنوان یکی از کلیدی‌ترین نواحی دخیل در عملکردهای شناختی و به ویژه حافظه کاری و حافظه‌ی شنیداری- کلامی شناخته می‌شود(۸)، افزایش سطح فعالیت عصبی و نرخ شلیک خودبه‌خودی اعصاب در این ناحیه، می‌تواند منجر به بهبود عملکرد حافظه شنیداری- کلامی در افراد مورد بررسی شود. این بهبود حافظه خود را در قالب افزایش قابل توجه امتیازات آزمون ری در افراد دریافت‌کننده تحریک الکتریکی آندی نشان می‌دهد.

امتیازات حاصل از مراحل مختلف آزمون یادگیری شنیداری-کلامی ری در طی دو مرحله، بین دو گروه آزمایشی و شاهد مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج بررسی‌ها حاکی از آن بود که قبل از شروع جلسات ارائه تحریک الکتریکی، امتیازات دو گروه آزمایشی و شاهد در هیچ‌یک از مراحل آزمون ری اختلاف معنی‌داری نداشتند. این یافته‌ها در واقع نشان می‌دهند که پیش از ارائه تحریک الکتریکی، افراد دو گروه آزمایشی و شاهد از نظر امتیازات مراحل مختلف‌آزمون ری، همتا و همسان بوده‌اند و اختلافی بین افراد این دو گروه از لحاظ وضعیت حافظه شنیداری- کلامی آن‌ها وجود نداشته است. اما پس از پایان جلسات ارائه تحریک الکتریکی، جز در مرحله یادآوری پس از مداخله که اختلاف معنی‌داری میان نتایج دو گروه آزمایشی و شاهد مشاهده نشد، در سایر مراحل آزمون ری اختلاف میان امتیازات دو گروه قابل توجه و معنی‌دار بود. این یافته‌ها حاکی از تاثیر مثبت استفاده از تحریک الکتریکی جریان مستقیم آندی بر بهبود عملکرد حافظه شنیداری-کلامی در افراد سالمند سالم است.

در توضیح علت احتمالی عدم اختلاف مشاهده شده میان امتیازات یادآوری پس از مداخله در دو گروه آزمایشی و شاهد، می‌توان به اثر تداخل ناشی از ارائه لیست دوم واژگان (۱۵ واژه جدید) در مرحله ششم آزمون ری اشاره کرد. ورود اطلاعات جدید (واژگان لیست دوم) به حافظه کاری از طریق مکانیسمی به نام تداخل پیش‌گستر، یادآوری کامل و صحیح اطلاعات قبلی (واژگان لیست اول) را دچار مشکل می‌کند(۴۱). هم‌چنین مشخص شده است که ساز وکار فعالیت حافظه کاری افراد سالمند در هنگام تداخل میان اطلاعات ورودی به حافظه، تغییراتی را نشان می‌دهد(۱۱). تغییر در ساز وکار طبیعی عملکرد حافظه می‌تواند،کارایی تحریک الکتریکی جریان مستقیم آندی را تحت تاثیر قرار دهد و از میزان اثرگذاری آن بکاهد.

همسو با یافته‌های بدست آمده در مطالعه‌ی حاضر، Habich و همکاران (۲۰۱۷) تاثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم آندی را بر حافظه رویدادی کلامی ۴۳ فرد جوان سالم مورد بررسی قرار دادند. شرکت‌کنندگان در مطالعه به دوگروه دریافت کننده تحریک الکتریکی آندی (۲۲ نفر) و تحریک الکتریکی کاذب (۲۱ نفر) تقسیم شدند. پژوهشگران به منظور بررسی وضعیت حافظه رویدادی کلامی افراد مورد مطالعه از یک آزمون ارزیابی‌کننده حافظه رویدادی مشتمل بر ۴۰ واژه استفاده نمودند. نتایج به‌دست آمده از آزمون فوق نشان داد که تنها در افراد دریافت‌کننده تحریک الکتریکی آندی میان نتایج پیش و پس از مداخله، اختلاف معنادار وجود داشت(۴۲). هم‌چنین در مطالعه‌ای دیگر Eddy و همکاران (۲۰۱۷) تاثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم آندی را بر حافظه کاری ۲۰ فرد میانسال مبتلا به بیماری هانتینگتون به کمک آزمون‌های n-back کامپیوتری، فراخنای اعداد و آزمون روانی کلامی مورد بررسی قرار دادند. افراد مورد مطالعه، به صورت تصادفی به دو گروه مساوی آزمایشی و شاهد تقسیم شدند. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده تغییر قابل توجه امتیازات آزمون‌های فوق در افرادی بود که تحریک الکتریکی را به‌صورت آندی دریافت کرده بودند، درحالی‌که نتایج به دست‌آمده در افراد دریافت‌کننده تحریک الکتریکی کاذب، اختلاف

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

معنی‌داری را نشان ندادند. یافته‌های حاصل از این مطالعه نیز با نتایج مطالعه حاضر در یک راستا می باشند(۴۳).

یافته‌های حاصل از مطالعه حاضر بیانگر تاثیر مثبت استفاده مداوم و درازمدت از تحریک الکتریکی جریان مستقیم آندی بر بهبود عملکرد حافظه شنیداری-کلامی افراد سالمند سالم می‌باشند. این یافته‌ها در واقع تاییدی بر نتایج به دست‌آمده از مطالعات گذشته در زمینه تاثیرگذاری تحریک الکتریکی جریان مستقیم آندی بر ارتقای قابلیت‌ها و توانمندی‌های شناختی انسان هستند.

سپاسگزاری

مطالعه حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد سهند ناظری در دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی می‌باشد که در کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیست پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی با شناسه IR.SBMU.REC.1397.019 در تاریخ ۱۳۹۷/۷/۸ به تصویب رسیده است. در پایان بر خود لازم می‌دانیم که از حمایت‌های گروه شنوایی شناسی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی قدردانی نماییم.

References

1. Alberini CM. Mechanisms of memory stabilization: are consolidation and reconsolidation similar or distinct processes? Trends Neurosci 2005; 28(1): 51-56.
2. Baddeley A. Working memory: theories, models, and controversies. Annual Rev Psychol 2012; 63: 1-29.
3. Vandierendonck A. A Working Memory System With Distributed Executive Control. Perspect Psychol Sci 2016; 11(1): 74-100.
4. Park DC, Lautenschlager G, Hedden T, Davidson NS, Smith AD, Smith PK. Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. Psychol Aging 2002; 17(2): 299-320.
5. Baddeley A. Working memory, thought, and action. New York: Oxford Univ Press; 2007.
6. Huang ML, Khoh TT, Lu SJ, Pan F, Chen JK, Hu JB, et al. Relationships between dorsolateral prefrontal cortex metabolic change and cognitive impairment in first-episode neuroleptic-naive schizophrenia patients. Medicine (Baltimore) 2017; 96(25): e7228.
7. Oldrati V, Patricelli J, Colombo B, Antonietti A. The role of dorsolateral prefrontal cortex in inhibition mechanism: A study on cognitive reflection test and similar tasks through neuromodulation. Neuropsychologia 2016;91:499-508.
8. Kumar S, Zomorrodi R, Ghazala Z, Goodman MS, Blumberger DM, Cheam A, et al. Extent of Dorsolateral Prefrontal Cortex Plasticity and Its Association With Working Memory in Patients With Alzheimer Disease. JAMA Psychiatry 2017; 74(12): 1266-1274.
9. Heinzel S, Lorenz RC, Duong QL, Rapp MA, Deserno L. Prefrontal-parietal effective connectivity during working memory in older adults. Neurobiol Aging 2017; 57: 18-27.
10. Hara Y, Yuk F, Puri R, Janssen WG, Rapp PR, Morrison JH. Presynaptic mitochondrial morphology in monkey prefrontal cortex correlates with working memory and is improved with estrogen treatment. Proc Natl Acad Sci U S A 2014; 111(1): 486-491.
11. Hedden T, Park D. Psychol Aging 2001; 16(4): 666-681.
12. Nitsche MA, Cohen LG, Wassermann EM, Priori A, Lang N, Antal A, et al. Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. Brain Stimul 2008; 1(3): 206-223.
13. de Berker AO, Bikson M, Bestmann S. Predicting the behavioral impact of transcranial direct current stimulation: issues

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

and limitations. Front Hum Neurosci 2013; 7: 613.

14. Parent A. Giovanni Aldini: from animal electricity to human brain stimulation. Can J Neurol Sci 2004; 31(4): 576-584.
15. Nitsche MA, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. J Physiol 2000; 527(pt 3): 633-639.
16. Utz KS, Dimova V, Oppenlander K, Kerkhoff G. Electrified minds: transcranial direct current stimulation (tDCS) and galvanic vestibular stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology--a review of current data and future implications. Neuropsychologia 2010; 48(10): 2789-2810.
17. Teo F, Hoy KE, Daskalakis ZJ, Fitzgerald PB. Investigating the Role of Current Strength in tDCS Modulation of Working Memory Performance in Healthy Controls. Front Psychiatry 2011; 2: 45-57.
18. Reinhart RM, Cosman JD, Fukuda K, Woodman GF. Using transcranial direct-current stimulation (tDCS) to understand cognitive processing. Atten Percept Psychophys 2017; 79(1): 3-23.
19. Brennan S, McLoughlin DM, O'Connell R, Bogue J, O'Connor S, McHugh C, et al. Anodal transcranial direct current stimulation of the left dorsolateral prefrontal cortex enhances emotion recognition in depressed patients and controls. J Clin Exp Neuropsychol 2017; 39(4): 384-395.
20. Mervis JE, Capizzi RJ, Boroda E, MacDonald AW. Transcranial Direct Current Stimulation over the Dorsolateral Prefrontal Cortex in Schizophrenia: A Quantitative Review of Cognitive Outcomes. Front Hum Neurosci 2017; 11: 44.
21. Soff C, Sotnikova A, Christiansen H, Becker K, Siniatchkin M. Transcranial direct current stimulation improves clinical symptoms in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. J Neural Transm (Vienna) 2017; 124(1): 133-144.
22. Ruf SP, Fallgatter AJ, Plewnia C. Augmentation of working memory training by transcranial direct current stimulation (tDCS). Scientific Reports 2017; 7(1): 876-885.
23. Bogdanov M, Schwabe L. Transcranial Stimulation of the Dorsolateral Prefrontal Cortex Prevents Stress-Induced Working Memory Deficits. J Neurosci 2016; 36(4): 1429-1437.
24. Hill AT, Fitzgerald PB, Hoy KE. 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 2016; 9(2): 197-208.
25. Verissimo IS, Barradas IM, Santos TT, Mekonnen A, Ferreira HA. Effects of prefrontal anodal transcranial direct current stimulation on working-memory and reaction time. Conference proceedings: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Annual Conference 2016; 2016: 1790-1793.
26. Oliveira JF, Zanao TA, Valiengo L, Lotufo PA, Bensenor IM, Fregni F, et al. Acute working memory improvement after tDCS in antidepressant-free patients with major depressive disorder. Neurosci Lett 2013; 537: 60-64.
27. Jeon SY, Han SJ. Improvement of the working memory and naming by transcranial direct current stimulation. Ann Rehabil Med 2012; 36(5): 585-595.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

28. Brunoni AR, Vanderhasselt MA. Working memory improvement with non-invasive brain stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex: a systematic review and meta-analysis. Brain Cogn 2014; 86: 1-9.
29. Berryhill ME, Martin D. Cognitive Effects of Transcranial Direct Current Stimulation in Healthy and Clinical Populations: An Overview. J ECT 2018; 34(3): e25-e35.
30. Alexoudi A, Patrikelis P, Fasilis T, Deftereos S, Sakas D, Gatzonis S. Effects of anodal tDCS on motor and cognitive function in a patient with multiple system atrophy. Disabil Rehabil 2018: 1-5.
31. Curatolo M, La Bianca G, Cosentino G, Baschi R, Salemi G, Talotta R, et al. Motor cortex tRNS improves pain, affective and cognitive impairment in patients with fibromyalgia: preliminary results of a randomised sham-controlled trial. Clin Exp Rheumatol 2017; 105(3): 100-105.
32. Kazuta T, Takeda K, Osu R, Tanaka S, Oishi A, Kondo K, et al. Transcranial Direct Current Stimulation Improves Audioverbal Memory in Stroke Patients. Am J Phys Med Rehabil 2017; 96(8): 565-571.
33. Santos V, Zortea M, Alves RL, Naziazeno C, Saldanha JS, Carvalho S, et al. Cognitive effects of transcranial direct current stimulation combined with working memory training in fibromyalgia: a randomized clinical trial. Sci Rep 2018; 8(1): 12477.
34. Santos V, Zortea M, Alves RL, Naziazeno C, Saldanha JS, Carvalho S, et al. Cognitive effects of transcranial direct current stimulation combined with working memory training in fibromyalgia: a randomized clinical trial. Sci Rep 2018; 8(1): 12477.
35. dos Santos Baraldi G, de Almeida LC, de Carvalho Borges AC. Hearing loss in aging. Brazilian J Otorhinolaryngol 2007; 73(1): 58-64.
36. Ansari NN, Naghdi S, Hasson S ,Valizadeh L, Jalaie S. Validation of a Mini-Mental State Examination (MMSE) for the Persian population: a pilot study. Appl Neuropsychol 2010; 17(3): 190-195.
37. Jafari Z, Steffen Moritz Ph, Zandi T, Aliakbari Kamrani AA, Malyeri S. Psychometric Properties of Persian Version of the Rey Auditory-Verbal Learning Test (RAVLT) among the Elderly. Iran J Psychiatr Clin Psychol 2010; 16(1): 56-64 (Persian).
38. Fertonani A, Brambilla M, Cotelli M, Miniussi C. The timing of cognitive plasticity in physiological aging: a tDCS study of naming. Front Aging Neurosci 2014; 6: 131.
39. Fregni F, Boggio PS, Nitsche M, Bermpohl F, Antal A, Feredoes E, et al. Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. Exp Brain Res 2005; 166(1): 23-30.
40. van Steenburgh JJ, Varvaris M, Schretlen DJ, Vannorsdall TD, Gordon B. Balanced bifrontal transcranial direct current stimulation enhances working memory in adults with high-functioning autism: a sham-controlled crossover study. Mol Autism 2017; 8: 40.
41. Grange JA, Houghton G. Heightened conflict in cue-target translation increases backward inhibition in set switching. J Exp Psychol Learn Mem Cogn 2010; 36(4): 1003-1009.
42. Habich A, Klöppel S, Abdulkadir A, Scheller E, Nissen C, Peter J. Anodal tDCS Enhances Verbal Episodic Memory in Initially Low Performers. Front Hum Neurosci 2017; 11: 542-550.
43. Eddy CM, Shapiro K, Clouter A, Hansen PC, Rickards HE. Transcranial direct current stimulation can enhance working memory in Huntington's disease. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry 2017; 77: 75-82.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]