REVIEW ARTICLE

Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Learning and Motor Skill in Healthy Older Adults: A Systematic Review

Mohaddeseh Hafez Yosefi[1],
Zahra Yagedi[2],
Zahra Ahmadizadeh[3],
Fatemeh Ehsani[4]

[1] MSc Student in Physiotherapy, Student Research Committee, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran
[2] BSc Student in Physiotherapy, Student Research Committee, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran
[3] MSc in Occupational Therapy, Neuromuscular Rehabilitation Research Center, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran
[4] Assistant Professor, Department of Physiotherapy, Neuromuscular Rehabilitation Research Center, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

(Received November 26, 2016 ; Accepted February 4, 2017)

Abstract

Background and purpose: Aging is associated with brain changes and reduction in motor skill acquisition that can limit its functional capacity. One of the effective interventions is using transcranial direct current stimulation (tDCS). The aim of this systematic review was to assess the effect of tDCS on learning and motor skill in healthy older adults.

Materials and methods: A literature search for the period of 1995-2016 was performed using PubMed, Google scholar, Science Direct, OVID, PEDro, Cochrane library, and CINAHL databases. Studies investigating the effect of tDCS in different regions of cortex on learning and motor skill parameters in healthy older adults were included. The PEDro quality scale was used to investigate the studies included.

Results: According to the inclusion criteria of the study, seven articles were selected from 97 relevant articles. There were considerable differences among the studies in terms of methodology, outcome measures, sample size, procedure, etc. The results indicated that using tDCS on primary motor cortex and cerebellum regions could significantly improve motor learning and motor skill in older adults. In addition, tDCS in prefrontal, parietal and temporoparietal regions had significant, strong and long-term effects on cognition and working memory in older adults.

Conclusion: It seems that administration of tDCS in different regions of brain as a boosting technique can enhance motor learning, motor skill, and working memory capacity in healthy older adults. This method can control aging learning deficits.

Keywords: trans-cranial direct current stimulation, motor learning, motor skill, older adult

J Mazandaran Univ Med Sci 2017; 26 (146): 221-231 (Persian).

مجـلـــه دانـشـــگاه عـلـــوم پـزشـکـــی مـــازنـــدران
دوره بیست و ششم شماره ۱۴۶ اسفند سال ۱۳۹۵ (۲۳۱-۲۲۱)

بررسی اثر تحریکات الکتریکی مغز بر میزان یادگیری و مهارت حرکتی در افراد سالمند سالم: مروری نظام مند

محدثه حافظ یوسفی[۱]
زهرا یاجدی[۲]
زهرا احمدی زاده[۳]
فاطمه احسانی[۴]

چکیده

سابقه و هدف: افزایش سن با تغییرات مغزی و کسب مهارت حرکتی همراه است که توانایی عملکردی افراد سالمند را محدود می‌نماید. یکی از روش‌های درمانی طی چند سال اخیر، استفاده از تحریکات الکتریکی مغز می‌باشد. هدف از مطالعه حاضر، مروری سیستماتیک بر بررسی مطالعاتی است که ثر تحریکات الکتریکی مغز را بر میزان یادگیری و مهارت حرکتی افراد سالمند و سالم مورد ارزیابی قرار داده‌اند.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه مروری سیستماتیک در فاصله زمانی ۱۹۹۵-۲۰۱۶ از بانک‌های اطلاعاتی Ovid, CINAHL, Google scholar PEDro, Cochrane library, PubMed, Science Direct جستجو به عمل آمد. در این فرایند، مطالعاتی که اثر تحریکات الکتریکی مغز در مناطق مختلف مغزی را بر روی پارامترهای یادگیری و مهارت حرکتی افراد سالمند مورد بررسی قرار داده بودند، وارد مطالعه شدند. جهت بررسی کیفیت مقالات وارد شده از مقیاس PEDro استفاده گردید.

یافته‌ها: از بین ۹۷ مطالعه، هفت مقاله که دارای معیارهای ورود بودند، انتخاب شدند. تفاوت‌های زیادی میان مقالات از نظر متدولوژی، شاخص‌های اصلی مورد ارزیابی، تعداد نمونه، روش اجرا و غیره مشاهده گردید. مرور مطالعات نشان داد که استفاده از تحریکات الکتریکی در نواحی حرکتی اولیه و مخچه، اثرات معنی‌داری بر بهبود یادگیری و مهارت حرکتی افراد سالمند دارد. هم‌چنین استفاده از این مداخله در نواحی پره فرونتال، پاریئتال و تمپوروپاریئتال اثرات معنی‌دار، طولانی مدت و مشهودی بر شناخت و حافظه‌کاری افراد سالمند دارد.

استنتاج: به نظر می‌رسد که استفاده از تحریکات الکتریکی در نواحی مختلف مغزی به عنوان یک تکنیک مفید و موثر جهت حفظ ظرفیت یادگیری و جلوگیری از اختلالات یادگیری در افراد سالمند محسوب می‌گردد.

واژه های کلیدی: تحریک الکتریکی مغز، یادگیری حرکتی، مهارت حرکتی، سالمند

مقدمه

مطالعات آماری نشان داده اند که جمعیت افراد سالمند در بسیاری از کشورهای پیشرفته با سرعت بالایی در حال افزایش است(۱). این در حالی است که شواهد نشان داده‌اند افزایش سن با کاهش توانایی در کسب

مولف مسئول: فاطمه احسانی– سمنان: مرکز تحقیقات توانبخشی عصبی عضلانی، دانشگاه علوم پزشکی سمنان E-mail: fatemehehsani59@yahoo.com
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیوتراپی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی فیزیوتراپی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران
۳. کارشناسی ارشد کاردرمانی، مرکز تحقیقات توانبخشی عصبی عضلانی، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران
۴. استادیار، گروه فیزیوتراپی، مرکز تحقیقات توانبخشی عصبی عضلانی، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۵/۹/۶ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۵/۹/۱۶ تاریخ تصویب : ۱۳۹۵/۱۱/۱۶

مهارت‌های جدید متأثر از زندگی اجتماعی- حرفه‌ای و مهارت‌های از دست رفته و هم‌چنین متأثر از آسیب‌ها و ضایعات سیستم عصبی عضلانی همراه می‌گردد(۲). کاهش قابلیت در کسب مهارت و یادگیری منجر به تغییر در سطح عملکرد و کاهش توانمندی در انجام فعالیت‌های روزانه آن‌ها گشته و بر کیفیت زندگی افراد سالمند تأثیر منفی می‌گذارد(۵-۳). بنابراین یکی از ابعاد مهم توانبخشی در افراد سالمندی که تحت درمان قرار می‌گیرند، یادگیری مهارت‌های حرکتی از دست رفته و یا کسب مهارت‌های حرکتی جدید بوده که منجر به بهبود کیفیت زندگی آن‌ها می‌گردد(۵،۴). از این رو یادگیری مهارت حرکتی، مقوله مهمی در فرایند توانبخشی افراد سالمند محسوب می‌گردد(۷،۶). بنابراین هرگونه روش درمانی که منجر به بهبود در فرایند یادگیری حرکتی در طی پروسه توانبخشی افراد سالمند گردد، از اهمیت و ضرورت ویژه‌ای برخوردار است. به نظر می‌رسد که در واکنش به تغییرات وابسته به سن، مکانیسم‌های جبرانی در سطح سیستم عصبی مرکزی افراد سالمند صورت می‌گیرد که با تغییراتی در میزان عملکرد سیناپس‌ها و سرعت انتقال نوروترنسمیترها در سطح سلول مغزی همراه بوده و فرایند یادگیری حرکتی را تحت تأثیر قرار می‌دهند(۸). مطالعات نشان داده‌اند که عوامل متعددی بر بهبود فرایند یادگیری حرکتی موثرند. در این راستا روش‌های متفاوتی استفاده و مورد بررسی قرار گرفته است. یکی از روش‌های درمانی رایج که در طی دو دهه گذشته طرفداران زیادی داشته است، استفاده از تحریکات الکتریکی مغز (Trans cranial Direct Current Stimulation) می‌باشد. این تکنیک کاملاً غیر تهاجمی بوده و عمدتاً جهت تعدیل در میزان تحریک‌پذیری سلول‌های مناطق مختلف مغزی براساس اهداف مربوطه استفاده می‌گردد(۱۰،۹). شواهد نشان داده‌اند که تحریکات الکتریکی مغز، تکنیکی مطمئن، کاربردی و کم هزینه می‌باشد(۱۲،۱۱). هم‌چنین مطالعات اخیر که بر روی افراد جوان انجام گردید، نشان داد که تحریکات الکتریکی مغز بر روی نواحی مخچه و قشر حرکتی مغز، سطح تحریک‌پذیری سلول‌های مغزی را افزایش داده، فرایند انعطاف‌پذیری عصبی (Neural Plasticity) را تسریع نموده و منجر به بهبود فرایند یادگیری حرکتی می‌گردد(۱۴،۱۳). از طرفی، بر اساس شواهد موجود، مطالعاتی که به بررسی اثر تحریکات الکتریکی مغز بر فرایند یادگیری و کسب مهارت حرکتی در افراد سالمند انجام گرفته است، محدود بوده و در هر یک از این مطالعات انجام گرفته نیز مناطق مختلفی از مغز تحت درمان با تحریکات الکتریکی مغز قرار گرفته و پارامترهای مختلفی از یادگیری و مهارت حرکتی بررسی گردیده بود. این در حالی است که شواهد نشان داده‌اند تغییرات در ساختار و عملکرد سطوح مختلف مغزی در افراد سالمند، منجر به اختلال در کسب یادگیری حرکتی در این افراد می گردد و با توجه به افزایش جمعیت سالمندی در جهان، مداخلات تحریک الکتریکی مغز که بتواند این اختلالات را کنترل نماید، کاربرد بالینی بالایی را خواهد داشت(۷-۳). بر اساس شواهد موجود، علی‌رغم محدود بودن تعداد مطالعات انجام گرفته در افراد سالمند، نتایج به دست آمده از مطالعات نیز متناقض بوده و یافته‌های متفاوتی گزارش گردیده است(۱۷-۱۵). در برخی مطالعات که ناحیه حرکتی مغز را مورد تحریک الکتریکی قرار داده بودند، نشان دادند که تحریکات الکتریکی مغز می‌تواند عملکرد حرکتی را در طی همان جلسه درمانی بهبود ببخشد(۱۵). هم‌چنین در مطالعه‌ای دیگر، اثرات مثبت به کارگیری از تحریکات الکتریکی ناحیه مخچه بر یادگیری حرکتی افراد سالمند مشاهده گردیده است(۱۶). در مقابل، مطالعه Flöela و همکارانش در سال ۲۰۱۲ نشان داد که استفاده ازتحریکات الکتریکی در ناحیه تمپوروپاریتال در مقایسه با گروه کنترل، اثر معنی‌دار آنلاین بر میزان یادگیری افراد سالمند نداشته و در هر دو گروه، بهبود معنی‌دار مشاهده گردیده بود(۱۸). در مجموع با توجه به تفاوت‌های مشاهده شده در نتایج مطالعات، روش اجرای مطالعات، نقاط مغزی مورد درمان و پارامترهای مورد ارزیابی،

جمع‌بندی مطلوبی از نتایج به دست آمده از این مطالعات در ارتباط با تأثیر تحریکات الکتریکی مغز بر میزان یادگیری و کسب مهارت‌های حرکتی وجود ندارد. بر این اساس، میزان اثرگذاری مداخله تحریک الکتریکی مغز بر فرایند یادگیری و مهارت حرکتی افراد سالمند نامشخص است، در حالی که تعیین اثرات تحریک الکتریکی بر فرایند یادگیری حرکتی از اهمیت ویژه‌ای در افراد سالمند برخوردار است که نیازمند بررسی مروری سیستماتیک بر مطالعات انجام گرفته در این زمینه می‌باشد. بر این اساس هدف از مطالعه حاضر، مروری سیستماتیک بر مطالعاتی است که اثر تحریکات الکتریکی مغز بر فرایند یادگیری و مهارت حرکتی افراد سالمند را مورد ارزیابی قرار داده‌اند.

مواد و روش ها

به منظور بررسی مطالعات کارآزمایی بالینی که به بررسی اثر تحریک الکتریکی نواحی مختلف مغزی بر روی یادگیری و مهارت حرکتی در افراد سالمند سالم پرداخته بودند، جستجو از بانک‌های اطلاعاتی Ovid ، Cochrane ، Scopus ، Medline ، CINAHL ، Google scholar ، PubMed ، Science با کلید واژه های انگلیسی" Aging, Motor learning, learning, Transcranial Direct Current Stimulation, Motor skill" و فارسی "تحریک الکتریکی مغز، یادگیری، یادگیری حرکتی، مهارت حرکتی، سالمند" صورت گرفت. جستجوی موضوعی از فاصله زمانی ۱۹۹۵-۲۰۱۶ انجام شده و مطالعات مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا دو مرورگر، تمامی عناوین را در بانک‌های اطلاعاتی بررسی کردند و عناوین مرتبط، جهت بررسی خلاصه مقاله مرور گردید. خلاصه مقالاتی که مرتبط با تحقیق بوده، جدا نموده و سپس مقالات مشابه، حذف می‌گردید. در صورتی که هر کدام از مرورگران نمی‌توانستند ورود یا حذف مطالعه را بر اساس عنوان و چکیده تعیین نماید، کل مقاله چک می‌گردید. متن کامل مقالات باقی مانده بر اساس معیارهای ورود و خروج تحقیق مورد ارزیابی قرار می‌گرفتند. مرورگر اول و دوم تمامی مقالات ورودی را به‌طور مستقل چک می کردند و مرورگر سوم که در این زمینه تجربه بیش‌تری داشت، به صورت تصادفی برخی از مقالات را چک می‌نمود. علاوه بر جستجوی الکترونیکی، از رفرنس‌های مقالات مرتبط جستجوی دستی نیز صورت گرفت. در صورتی که مرورگر اول و دوم در مورد ورود یا حذف مقاله‌ای به توافق نمی‌رسیدند، در این مورد با مرورگر سوم مشورت می‌گردید تا در نهایت به یک توافق جمعی دست می‌یافتند.

مطالعاتی که دارای معیارهای زیر بودند، جهت ورود به مطالعه انتخا ب گردیدند:

۱- مطالعاتی که افرادی که با دامنه سنی بالاتر از ۶۰ سال را مورد بررسی قرار می دادند.

۲- مطالعاتی که تأثیر تحریکات الکتریکی مناطق مختلف مغزی را بر روی پارامترهای مختلف یادگیری (میزان خطا، زمان واکنش) مورد بررسی قرار داده بودند.

۳- مطالعاتی که تأثیر تحریکات الکتریکی مناطق مختلف مغزی را بر روی مهارت حرکتی مورد بررسی قرار داده بودند.

۴- مطالعاتی که روی نمونه‌های انسانی زنده انجام شده باشد.

۵- مطالعاتی که به زبان فارسی و انگلیسی چاپ شده بودند.

۶- مطالعاتی که به صورت تمام متن قابل دسترسی بودند.

معیارهای اصلی خروج از مطالعه بدین شرح بودند:

مطالعاتی که افراد سالمند با اختلالات مغزی را مورد بررسی قرار داده بودند.

مطالعاتی که اثر تحریکات الکتریکی را بر یادگیری حرکتی افراد سالم با دامنه سنی کم‌تر از ۶۰ سال مورد ارزیابی قرار داده بودند.

مطالعاتی که اثر تحریکات الکتریکی را بر فیزیولوژی سلول‌های مغزی در مناطق مختلف افراد سالمند بررسی نموده بودند.

مطالعاتی که اثر تحریکات الکتریکی را بر بهبود حافظه شنیداری، گفتاری و حرکتی مورد بررسی قرار داده بودند.

مطالعاتی که غیر از زبان فارسی و انگلیسی بودند.

خلاصه مقالات منتشر شده در کنفرانس‌ها.

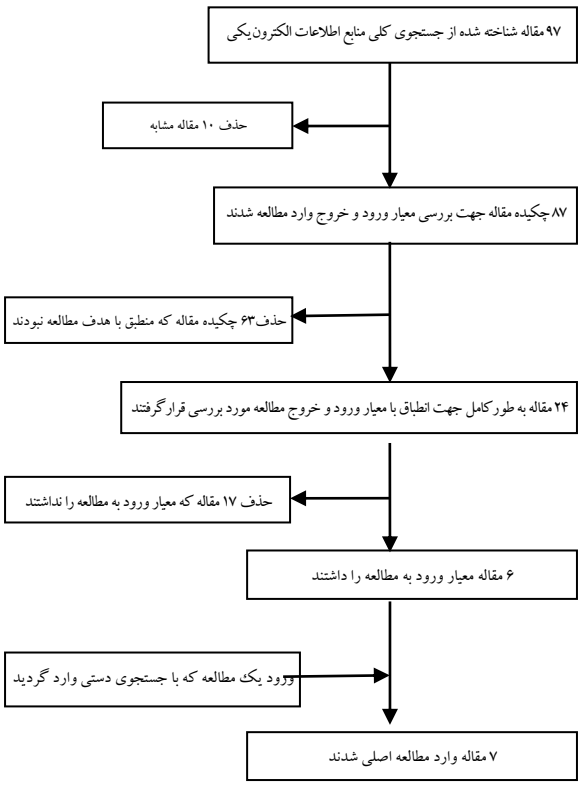
جهت بررسی کیفیت مقالات، با توجه به این که تمامی مطالعات ورودی از نوع کارآزمایی بالینی بود، از مقیاس PEDro استفاده شد که نتایج ارزیابی در جدول شماره ۱ آمده است. لازم به ذکر است که مقالاتی وارد مطالعه می‌شدند که از لحاظ ارزیابی، کیفیت امتیاز بیش‌تر از ۵ را می‌آوردند. با توجه به این که هیچ‌کدام از مقالات ورودی از لحاظ نوع مطالعه، روش اجرا، پارامترهای اندازه‌گیری و وضعیت آزمون، شرایط مشابهی نداشتند، امکان انجام مطالعه متاآنالیز بر مطالعات ورودی وجود نداشت.

یافته ها

با استفاده از کلمات کلیدی فوق از بین ۹۷ مطالعه، ۷ مقاله دارای معیارهای ورود به مطالعه بودند و مورد بررسی قرار گرفتند (تصویر شماره ۱) (۱،۱۵،۲۱-۱۷).

خلاصه یافته‌های این مقالات در جدول شماره ۲ آورده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، همه مقالات، اثر تحریکات الکتریکی را بر روی یادگیری و مهارت حرکتی در افراد سالمند و سالم بالای ۶۰ سال بررسی کرده بودند، اما از لحاظ شاخص‌های مورد بررسی، ناحیه مغزی مورد مداخله، تعداد جلسات مورد درمان و نحوه اجرای مطالعات با هم متفاوت بودند.

از بین مطالعات ورودی، در سه مطالعه، اثر تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی اولیه مغز(۱،۱۵،۱۹) (جدول شماره ۳) و در چهار مطالعه، اثر تحریکات الکتریکی سایر نواحی مغز(۱۷،۱۸،۲۰،۲۱) بر میزان یادگیری و مهارت حرکتی افراد سالمند مورد بررسی قرار گرفته بود (جدول شماره ۴). از مطالعات ورودی



تصویر شماره ۱: نمودار نحوه ورود مقالات به مطالعه مروری نظام مند

جدول شماره ۱: ارزیابی مطالعات ورودی بر اساس مقیاس PEDro

مقیاس PEDro	Hummell, 2011	Fluel 2012	Goodwill 2013	Zimerman 2013	Hardwick 2014	Hardy 2014	Jones 2015
معیارهای ورود و خروج مطالعه به شکل تخصصی در نظر گرفته شده است	-	+	+	-	+	+	+
افراد شرکت کننده به شکل تصادفی وارد مطالعه شده اند؟	-	+	+	-	-	-	-
گروه بندی به صورت مخفی انجام گردیده است؟	+	+	+	-	+	+	+
داده های اولیه و پایه در دو گروه یکسان است؟	+	+	+	+	+	+	+
افراد شرکت کننده نسبت به گروه بندی و نوع مداخله کور هستند	+	+	+	+	-	+	+
درمانگر نسبت به نوع مداخله افراد گروه مقابل کور هست	+	+	+	+	-	-	-
ارزیابی کننده نسبت به داده ها و نوع مداخله افراد دو گروه کور هست	+	-	+	+	-	-	-
آیا حداقل یکی از پیامدهای های مورد بررسی در بیش از ۸۵ درصد از افراد شرکت کننده انجام گرفته است؟	-	+	+	-	+	+	+
آیا حداقل در یکی از پیامدهای های کلیدی مطالعه، همه افراد اختصاص یافته در گروه مداخله و کنترل مورد آنالیز و ارزیابی قرار گرفته اند؟	-	+	+	+	+	+	+
آیا برای حداقل یکی از داده های مورد بررسی، نتایج قابل قبولی از مقایسه بین گروهی گزارش گردیده است؟	-	-	-	-	-	-	-
آیا برای حداقل یکی از پیامدهای مورد بررسی، هر دو داده ی نقطه ای و پراکندگی (فاصله اطمینان و انحراف معیار) گزارش گردیده است؟	+	-	+	+	+	+	+
امتیاز کل	6	8	10	6	6	7	8

جدول شماره ۲: مطالعاتی که اثر تحریکات الکتریکی مغز را بر روی یادگیری حرکتی افراد سالمند مورد بررسی قرار داده بودند

نویسنده سال انتشار	تعداد افراد مطالعه	نوع مطالعه	هدف مطالعه	تعدادجلسات و مدت زمان مداخله	شاخص های اندازه گیری	ابزارسنجش متغیر وابسته	P value (میانگین)	دوره پیگیری	نتیجه گیری
Hummel 2011	۲۰ فرد سالمند سالم که در دو گروه شاهد و مداخله جای گرفتند.	کارآزمایی بالینی	بررسی تحریک الکتریکی آنودال بر روی ناحیه حرکتی اولیه سمت چپ در تسهیل مهارت عملکرد حرکتی دست راست	۳ جلسه متوالی، در گروه مداخله به مدت ۲۰ دقیقه و در گروه کنترل برای مدت ۳۰ ثانیه	زمان واکنش، تست عملکردی Jebsen taylor	VAS،پرسشنامه, attention	p <۰/۰۵	ارزیابی بلافاصله بعد از مداخله	یافته های اصلی این پژوهش این بود که یک جلسه تحریک الکتریکی بر روی ناحیه حرکتی مغز در افراد سالمند سالم منجر به بهبود قابل توجهی در عملکرد حرکتی دست و هم چنین تسریع در زمان واکنش نسبت به گروه کنترل می گردد.
Jones 2015	۷۲ فرد سالمند سالم راست دست که در ۴ زیر گروه قرار گرفتند.	کارآزمایی بالینی	بررسی اثر استفاده ی همزمان تحریکات الکتریکی روی نواحی پری فرونتال، پریتنال با پری فرونتال و پریتنال به صورت متناوب بر یادگیری و حافظه	۵ جلسه در هفته برای ۲ هفته و در هر جلسه به مدت ۱۰ دقیقه در همه ی گروه های مداخله و در گروه کنترل به مدت ۲۰ ثانیه	زمان واکنش	گزارش فرد، MMSE, digit span, color-word Stroop task, spatial2-back task	p <۰/۰۰۱	ارزیابی بعد از جلسه اول، دهم و مجددا یک ماه پس از آخرین جلسه مداخله	در همه زیر گروه های مداخله در مقایسه با گروه کنترل، زمان واکنش انجام تکالیف آموزشی به طور معنی داری کاهش یافته بود و هم چنین اثرات به مدت طولانی باقی می ماند.
Harty 2014	۱۰۶ فرد سالمند سالم که در ۴ زیر گروه جای گرفتند.	کارآزمایی بالینی	بررسی اثر تحریکات الکتریکی بر ناحیه پری فرنتال دورسولترال راست و چپ بر روی بهبود آگاهی خطا	تنها در مدت زمان انجام تکلیف سریالی	میزان خطا	پرسشنامه, EAT , نرم افزار, Error bare	p <۰/۰۵ p <۰/۰۵	ارزیابی بلافاصله بعد از مداخله	استفاده از روش تحریکات الکتریکی آنودال در گروه مداخله در مقایسه با گروه کنترل منجر به بهبودی قابل ملاحظه و معنی داری بر کاهش خطای تمرین می گردد.
Flöel 2012	۲۰ فرد سالمند سالم که در دو گروه مداخله و کنترل جای گرفتند.	کارآزمایی بالینی	بررسی اثر تحریک الکتریکی ناحیه تمپوروپریتال بر میزان یادگیری حرکتی	۲جلسه در گروه مداخله تحریکات برای ۲۰ دقیقه و در گروه کنترل ۳۰ ثانیه	زمان واکنش و میزان خطا	Comprehensive Neuropsychological test battery, PANAS(Positive,Negative Affective Schodule)	p <۰/۰۵	ارزیابی بلافاصله بعد و پس از یک هفته	در هر دو گروه پارامترهای یادگیری حرکتی بهبود یافته بود اما در گروه مداخله، میزان یادگیری حرکتی کسب شده پس از یک هفته ارزیابی به طور معنی داری در مقایسه با گروه کنترل حفظ شده بود
Goodwill ۲۰۱۳	۱۱ فرد سالمند سالم (۵ زن و ۶ مرد با دامنه سنی ۸۰ تا ۵۵)	کارآزمایی بالینی	بررسی اثر تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی اولیه بر میزان فعالیت عضلات اندام فوقانی و عملکرد حرکتی دست	۳ جلسه طی یک هفته ، هر جلسه به مدت ۱۵دقیقه	فعالیت های ثبت شده در الکترومایوگرافی، زمان انجام حرکات متناوب دست	MEP, SICI	p <۰/۰۵	ارزیابی پس از ۳۰دقیقه و هم چنین پس از ۲۴ ساعت	تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی مغز باعث افزایش سطح فعالیت عضلات اندام فوقانی و تسریع در عملکرد حرکتی گردید
Hardwick ۲۰۱۴	۳۳ فرد سالمند سالم که در سه زیر گروه ۱۱ نفره قرار گرفتند.	کارآزمایی بالینی	بررسی اثر تحریکات الکتریکی مخچه بر روی میزان یادگیری حرکتی	تنها در مدت انجام تکلیف سریالی به مدت ۱۵دقیقه در گروه مداخله ۳۰ثانیه برای گروه کنترل	میزان خطا	KINARM robot Exoskeleton, **Error Bars**	p <۰/۰۵ p <۰/۰۱	ارزیابی بلافاصله بعد از مداخله و مجددا پس از ۱۵ دقیقه	اعمال تحریکات الکتریکی ناحیه مخچه، بر کاهش میزان خطا و بهبود یادگیری حرکتی تطابقی اثر معنی داری داشت
Zimerman ۲۰۱۳	۲۹ فرد سالمند سالم (۱۲ مرد، با دامنه سنی ۸۸ تا ۵۵سال) و ۲۴ مرد جوان سالم با دامنه سنی ۳۱ تا ۲۲سال)	کارآزمایی بالینی	بررسی اثر تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی اولیه مغز بر میزان یادگیری حرکتی	تنها در مدت انجام تکلیف سریالی به مدت ۲۰دقیقه در گروه مداخله	میزان خطا	VAS, Attention, پرسشنامه	p <۰/۰۵ p <۰/۰۱	ارزیابی بلافاصله بعد از مداخله و مجددا پس از ۲۴ ساعت	اعمال تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی اولیه مغز بر کاهش میزان خطا و ماندگاری اثر یادگیری حرکتی به دست آمده اثر معنی داری داشت.

جدول شماره ۳: مطالعاتی که اثر تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی مغز را بر میزان یادگیری حرکتی مورد بررسی قرار داده بودند

نویسنده سال انتشار	تعداد افراد مطالعه	نوع مطالعه	هدف مطالعه	تعدادجلسات و مدت زمان مداخله	شاخص های اندازه گیری	ابزارسنجش متغیر وابسته	P value (میانگین)	دوره پیگیری	نتیجه گیری
Hummel 2011	۲۰ فرد سالمند سالم که در دو گروه شاهد و مداخله جای گرفتند.	کارآزمایی بالینی	بررسی تحریک الکتریکی آنودال برروی ناحیه حرکتی اولیه سمت چپ در تسهیل مهارت عملکرد حرکتی دست راست	۳ جلسه متوالی، در گروه مداخله به مدت ۲۰ دقیقه و در گروه کنترل برای مدت ۳۰ ثانیه	زمان واکنش، تست عملکردی Jebsen taylor	VAS،پرسشنامه، Attention	p <۰/۰۵	ارزیابی بلافاصله بعد از مداخله	یافته های اصلی این پژوهش این بود که یک جلسه تحریک الکتریکی بر روی ناحیه حرکتی مغز در افراد سالمند سالم منجر به بهبود قابل توجهی در عملکرد حرکتی دست و هم چنین تسریع در زمان واکنش نسبت به گروه کنترل می گردد.
Goodwill ۲۰۱۳	۱۱ فرد سالمند سالم (۵ زن و ۶ مرد با دامنه سنی ۸۰ تا ۵۵)	کارآزمایی بالینی	بررسی اثر تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی اولیه بر میزان فعالیت عضلات اندام فوقانی و عملکرد حرکتی دست	۳ جلسه طی یک هفته ، هر جلسه به مدت ۱۵دقیقه	فعالیت های ثبت شده در الکترومایوگرافی، زمان انجام حرکات متناوب دست	MEP, SICI	p <۰/۰۵	ارزیابی پس از ۳۰دقیقه و هم چنین پس از ۲۴ ساعت	تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی مغز باعث افزایش سطح فعالیت عضلات اندام فوقانی و تسریع درعملکرد حرکتی گردید.
Zimerman ۲۰۱۳	۲۹ فرد سالمند سالم (۱۲مرد، با دامنه سنی ۸۸ تا ۵۵سال) و ۲۴ مرد جوان سالم با دامنه سنی ۳۱ تا ۲۲سال	کارآزمایی بالینی	بررسی اثر تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی اولیه مغز بر میزان یادگیری حرکتی	تنها در مدت انجام تکلیف سریالی به مدت ۲۰دقیقه در گروه مداخله	میزان خطا	VAS, Attention, پرسشنامه	p <۰/۰۵ p <۰/۰۱	ارزیابی بلافاصله بعد از مداخله و مجددا پس از ۲۴ ساعت	اعمال تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی اولیه مغز بر کاهش میزان خطا و ماندگاری اثر یادگیری حرکتی به دست آمده اثر معنی داری داشت.

جدول شماره ۴: مطالعاتی که اثر تحریکات الکتریکی دیگر نواحی مغز را بر میزان یادگیری حرکتی مورد بررسی قرار داده بودند

نویسنده سال انتشار	تعداد افراد مطالعه	نوع مطالعه	هدف مطالعه	تعدادجلسات و مدت زمان مداخله	شاخص های اندازه گیری	ابزارسنجش متغیر وابسته	P value (میانگین)	دوره پیگیری	نتیجه گیری
Jones 2015	۷۲ فرد سالمند سالم راست دست که در ۴ زیر گروه قرار گرفتند.	کارآزمایی بالینی	بررسی اثر استفاده ی همزمان تحریکات الکتریکی روی نواحی پری فرونتال، پریتنال با پری فرونتال و پریتنال به صورت متناوب بر یادگیری و حافظه	۵ جلسه در هفته برای ۲ هفته و در هر جلسه به مدت ۱۰دقیقه در همه ی گروه های مداخله و در گروه کنترل به مدت ۲۰ ثانیه	زمان واکنش	گزارش فرد، MMSE, digit span, color-word Stroop task, spatial2-back task	p <۰/۰۰۱	ارزیابی بعد از جلسه اول، دهم و مجددا یک ماه پس از آخرین جلسه مداخله	در همه زیر گروه های مداخله در مقایسه با گروه کنترل، زمان واکنش انجام تکالیف آموزشی به طور معنی داری کاهش یافته بود و هم چنین اثرات به مدت طولانی باقی می ماند.
Harty 2014	۱۰۶ فرد سالمند سالم که در ۴ زیر گروه جای گرفتند.	کارآزمایی بالینی	بررسی اثر تحریکات الکتریکی بر ناحیه پری فرنتال دورسولترال راست و چپ بر روی بهبود آگاهی خطا	تنها در مدت زمان انجام تکلیف سریالی	میزان خطا	پرسشنامه, EAT , نرم افزار, Error bare	p >۰/۰۵ p <۰/۰۵	ارزیابی بلافاصله بعد از مداخله	استفاده از روش تحریکات الکتریکی آنودال در گروه مداخله در مقایسه با گروه کنترل منجر به بهبودی قابل ملاحظه و معنی داری بر کاهش خطای تمرین می گردد.
Flöel 2012	۲۰ فرد سالمند سالم که در دو گروه مداخله و کنترل جای گرفتند.	کارآزمایی بالینی	بررسی اثر تحریک الکتریکی ناحیه تمپوروپریتال بر میزان یادگیری حرکتی	۲ جلسه در گروه مداخله تحریکات برای ۲۰ دقیقه و در گروه کنترل ۳۰ ثانیه	زمان واکنش و میزان خطا	Comprehensive Neuropsychological test battery, PANAS(Positive,Negative Affective Schodule)	p <۰/۰۵	ارزیابی بلافاصله بعد و پس از یک هفته	در هر دو گروه پارامترهای یادگیری حرکتی بهبود یافته بود اما در گروه مداخله، میزان یادگیری حرکتی کسب شده پس از یک هفته ارزیابی به طور معنی داری در مقایسه با گروه کنترل حفظ شده بود
Hardwick ۲۰۱۴	۳۳ فرد سالمند سالم که در سه زیر گروه ۱۱ نفره قرار گرفتند	کارآزمایی بالینی	بررسی اثر تحریکات الکتریکی مخچه بر روی میزان یادگیری حرکتی	تنها در مدت انجام تکلیف سریالی به مدت ۱۵ دقیقه در گروه مداخله ۳۰ ثانیه برای گروه کنترل	میزان خطا	KINARM robot Exoskeleton Error Bars	p <۰/۰۵ p <۰/۰۱	ارزیابی بلافاصله بعد از مداخله و مجددا پس از ۱۵ دقیقه	اعمال تحریکات الکتریکی ناحیه مخچه، بر کاهش میزان خطا و بهبود یادگیری حرکتی تطابقی اثر معنی داری داشت

مربوط به جدول شماره ۴، در یک مطالعه، اثر تحریکات الکتریکی ناحیه مخچه(۲۱)، در یک مطالعه، ناحیه پره‌فرونتال مغز(۲۰)، در یک مطالعه، ناحیه تمپوروپریئتال مغز(۱۸) و در مطالعه دیگر اثر تحریکات به صورت متناوب در نواحی پره فرونتال و پریئتال(۱۷) بر میزان یادگیری و کسب مهارت حرکتی افراد سالمند مورد بررسی قرار گرفته بود.

در اغلب مطالعات ورودی از زمان واکنش به عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی میزان یادگیری استفاده شده بود(۱۵،۲۰-۱۷). هم‌چنین از بین مطالعات ورودی، در ۵ مطالعه با استفاده از تست‌های بالینی و ارزیابی‌های کیفی (Jebsen-Taylor Hand function test)، میزان عملکرد حرکتی افراد شرکت‌کننده قبل و بعد از تحریکات الکتریکی اندازه‌گیری شد(۱،۱۵،۱۸،۱۹،۲۱). تنها در یک مطالعه، علاوه بر ارزیابی‌های کیفی، با بررسی الکترومایوگرافی عضلات اندام فوقانی، تغییرات فعالیت عضلات این ناحیه را نیز قبل و بعد از تحریکات الکتریکی مورد ارزیابی قرار داده و مهارت حرکتی را به شکل عینی سنجیده بودند(۱۹). هم‌چنین در دو مطالعه میزان آگاهی از خطا و کاهش خطای تکلیف مورد آزمون قبل و بعد از تحریکات الکتریکی به عنوان شاخص‌های اندازه‌گیری میزان یادگیری حرکتی مورد ارزیابی قرار گرفت(۲۰،۲۱).

در دو مطالعه از بین ۷ مطالعه، شاخص سطح درد (مقیاس بصری اندازه‌گیری درد–Visual assessment scale) به عنوان شاخص اندازه‌گیری عوارض جانبی تحریکات الکتریکی حین و بعد از مداخله استفاده شده بود(۱۵،۱۹) و در دیگر مطالعات از شاخص میزان خستگی جهت اندازه‌گیری عوارض جانبی تحریکات الکتریکی حین و بعد از تحریکات الکتریکی استفاده گردید(۱،۱۷،۱۸،۲۰،۲۱). در هر سه مطالعه که تحریکات الکتریکی بر نواحی حرکتی مغز استفاده شده بود، بهبودی قابل توجهی در تسریع عملکرد حرکتی پس از اعمال تحریکات الکتریکی در افراد سالمند و سالم مشاهده گردید، به‌طوری‌که زمان واکنش به تکالیف سریالی آزمون به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یافت(۱،۱۵،۱۹). البته در هر سه این مطالعات، تحریکات الکتریکی در یک جلسه ۱۵ الی ۳۰ دقیقه اعمال گردیده و جلسات پیگیری و ارزیابی حداکثر تا زمان ۳۰ دقیقه بعد از اعمال تحریکات انجام می‌گرفت که میزان یادگیری حرکتی آفلاین و کوتاه مدت را پس از مداخله مورد ارزیابی قرار داده بودند. هم‌چنین در دو مطالعه از ۷ مطالعه حاضر نشان داد که تحریکات الکتریکی مغز (چه در ناحیه حرکتی مغز و چه در ناحیه مخچه) در مقایسه با گروه کنترل، بهبود قابل ملاحظه ای بر میزان کاهش خطا و افزایش آگاهی بر خطا طی انجام تکلیف حرکتی سریالی خواهد داشت(۲۰،۲۱). در مطالعه دیگری که از تحریکات الکتریکی بر ناحیه تمپوروپریئتال مغز افراد سالمند استفاده شده بود، مشاهده گردید که اگر چه بلافاصله بعد از تحریکات الکتریکی، میزان یادگیری موقعیت اشیاء در افراد سالمند تفاوت معنی‌داری با قبل از مداخله نداشت، اما بر یادگیری آفلاین بلند مدت اثر معنی‌داری می‌گذارد(۱۷). هم‌چنین نتایج مطالعه Jones و همکارانش نیز نشان داد افراد سالمندی که تحریکات الکتریکی را به مدت ۱۰ جلسه در ناحیه پره فرونتال و پریئتال مغز دریافت کرده بودند، سطح حافظه کار و یادگیری تکلیف به مدت طولانی باقی مانده و حفظ می‌گردید(۱۸).

بحث

نتایج مطالعه مروری حاضر نشان داد اگر چه در برخی مطالعات که به بررسی اثر جریانات الکتریکی مغز بر فرایند یادگیری حرکتی افراد سالمند پرداخته اند، تناقضاتی در نتایج گزارش گردیده است، اما مشاهده این تناقضات به دلیل متفاوت بودن روش کار، منطقه مغزی مورد درمان و زمان بررسی اثرات (کوتاه مدت و بلند مدت) می باشد.

بررسی اثرات تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی مغز بر فرایند یادگیری و مهارت حرکتی افراد سالمند:

در مطالعه ای که توسط Hummel و همکارانش در سال ۲۰۱۱ انجام شد، اثر تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی اولیه سمت چپ مغز بر میزان مهارت عملکرد حرکتی دست راست در افراد سالمند سالم مورد بررسی قرار گرفت. دوره ی پیگیری این مطالعه یک بار و بلافاصله بعد از اعمال مداخله بود. در این مطالعه، عملکرد حرکتی دست راست افراد سالمند با استفاده از تست Jebsen-Taylor قبل و بعد از اعمال تحریکات الکتریکی که به مدت ۳۰ دقیقه اعمال می گردید، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که اعمال یک جلسه تحریکات الکتریکی در ناحیه حرکتی اولیه سمت چپ افراد سالمند سالم منجر به بهبود قابل توجه و معنی داری در عملکرد حرکتی افراد شرکت کننده می گردد. این مطالعه اثرات مثبت و آنلاین تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی اولیه مغز را بر بهبود عملکرد حرکتی افراد سالمند نشان داد(۱۵). در مطالعه ای که توسط Goodwill و همکارانش در سال ۲۰۱۳ انجام گرفت، اثر تحریکات الکتریکی در ناحیه حرکتی اولیه به صورت یک طرفه و دوطرفه را بر سطح پلاستی سیتی مغز و میزان فعالیت عضلات اندام فوقانی غیرغالب مورد ارزیابی قرار داد. در این مطالعه، تحریکات الکتریکی به مدت ۱۵ دقیقه اعمال شده و پس از ۵ دقیقه از افراد شرکت کننده خواسته می شد که یک تکلیف سریالی (بینایی- حرکتی) را به مدت ۵ دقیقه انجام داده و میزان خطا در انجام تکلیف بلافاصله و ۳۰ دقیقه بعد از مداخله مورد ارزیابی قرار می گرفت. این مطالعه تنها مطالعه ای بود که به صورت کمی و با استفاده از ابزار الکترومایوگرافی عملکرد عضله اکستنسور کارپی رادیالیس را به دنبال اعمال تحریکات مورد بررسی قرار داده بود. هم‌چنین با استفاده از ابزار تحریکات مغناطیسی (Trans Magnetic Stimulation) سطح فعالیت سلول‌های مغزی به دنبال مداخله بررسی می گردید. این مطالعه نشان داد که تحریکات الکتریکی یک طرفه و دو طرفه به طور مشابهی باعث بهبودی معنی دار بر افزایش سطح فعالیت مغز و افزایش در سطح فعالیت عضلات اندام فوقانی و افزایش عملکرد حرکتی در افراد سالمند می گردد(۱۹). مطالعه‌ای که توسط Zimmerman و همکارانش نیز درسال ۲۰۱۳ صورت گرفت، اثر تحریکات الکتریکی در ناحیه حرکتی اولیه بر میزان عملکرد حرکتی دست و یادگیری حرکتی بررسی گردید. در این مطالعه نیز افراد بعد از اعمال تحریکات الکتریکی ۲۰ دقیقه ای، یک تکلیف سریالی حرکتی که با حرکت انگشتان (Finger tapping task) همراه بود، را انجام داده و میزان خطا در انجام تکلیف بلافاصله، ۹۰ دقیقه و ۲۴ ساعت بعد مورد ارزیابی قرار می گرفت. نتایج این مطالعه، اثرات مثبت آنلاین و آفلاین تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی اولیه مغز بر افزایش سطح عملکرد دست و یادگیری حرکتی افراد سالمند را نشان داد(۱). در هر سه مطالعه‌ای که تحریکات الکتریکی در ناحیه حرکتی اولیه مغز در افراد سالمند استفاده شده بود، میزان یادگیری حرکتی و عملکرد حرکتی اندام فوقانی مورد ارزیابی قرار گرفته بود(۱۹،۱۵،۱). هر سه مطالعه نشان دادند که تحریکات الکتریکی در ناحیه حرکتی اولیه مغز اثرات مثبتی را بر بهبود عملکرد حرکتی اندام فوقانی افراد سالمند خواهد داشت(۱۹،۱۵،۱). این موضوع می‌تواند دیدگاه جدید و روشنی را در به کارگیری تحریکات الکتریکی ناحیه حرکتی مغز جهت بهبود یادگیری و مهارت حرکتی افراد سالمند بگشاید. به نظر می‌رسد که باتوجه به تغییرات ساختاری و عملکردی نواحی مختلف مغز افراد سالمند و مشاهده اختلالات یادگیری در آن‌ها، به کارگیری این نوع مداخله درمانی، اثر مثبت و معنی‌داری بر کنترل اختلالات سالمندی در پی خواهد داشت.

بررسی اثرات تحریکات الکتریکی دیگر نواحی مغز بر فرایند یادگیری و مهارت حرکتی افراد سالمند:

در مطالعه‌ای که توسط Hardwick و همکارانش

در سال ۲۰۱۴ انجام گردید، اثر جریان تحریکی مخچه بر روی میزان یادگیری حرکتی افراد سالمند همزمان با انجام تکلیف سریالی حرکتی صورت گرفت. در این مطالعه، میزان خطای انجام تکلیف بلافاصله و تا ۱۵ دقیقه بعد مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که اعمال تحریکات الکتریکی روی مخچه، یادگیری حرکتی تطابقی را در افراد سالمند سالم به طور معنی‌داری بهبود می‌بخشد(۲۱). البته در این مطالعه فقط یادگیری حرکتی آنلاین و آفلاین کوتاه مدت مورد ارزیابی قرار گرفت، ولی اثرات طولانی مدت آن بررسی نگردید. در مطالعه‌ای که توسط Jones در سال ۲۰۱۵ انجام گرفت، هدف بررسی اثر استفاده ی همزمان تحریکات الکتریکی بر روی پره‌فرونتال، پریئتال و یا روی پره‌فرونتال-پریئتال به صورت متناوب طی ۱۰ جلسه استفاده از تحریکات الکتریکی بر میزان یادگیری و حافظه‌کار (Working memory) در بزرگسالان سالم سالمند بود. دوره‌ی پیگیری این مطالعه در جلسه اول و دهم و مجدداً یک ماه پس از مداخله بود. نتایج این مطالعه نشان داد که در گروه‌هایی که تحریکات الکتریکی دریافت کرده بودند، اثرات مثبت مداخله بر بهبود شناخت عملکرد و تکلیف شناختی مورد آزمون (بینایی-موقعیت‌یابی) به مدت طولانی باقی می‌اند. به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که اعمال تحریکات الکتریکی در ناحیه فرونتوپاریئتال به طور چشمگیری باعث افزایش عملکرد حافظه حرکتی و بهبود شناخت تکلیف می گردد و جلسات پیگیری یک ماهه نیز اثرات مثبت و بلندمدت این نوع مداخله را نشان داد(۱۷). هم‌چنین مطالعه‌ای که توسط Harty و همکارانش در سال ۲۰۱۴ انجام شد، تحریکات الکتریکی روی ناحیه پره‌فرونتال دورسال خارجی خلفی (Dorsolateral Prefrontal Cortex) بر روی بهبود آگاهی خطا در انجام تکلیف شناختی در افراد سالم سالمند بود. اگرچه این مطالعه فاقد دوره پیگیری بود، ولی نشان داد که روش تحریکات الکتریکی در این ناحیه در مقایسه با گروه شاهد بهبود معنی‌داری بر آگاهی در خطای تکلیف شناختی به شکل آنلاین دارد(۲۰). از طرفی در مطالعه‌ای که توسط Flöela و همکارانش صورت گرفت، اثر تحریک الکتریکی ناحیه تمپوروپاریئتال را بر یادگیری موقعیت اشیاء در سالمندان بررسی کردند. این مطالعه دوره‌ی پیگیری یک هفته‌ای داشته و افراد دوباره ارزیابی می‌شدند. این مطالعه نشان داد که تحریکات الکتریکی بر افزایش میزان یادگیری آنلاین مکان قرارگیری اشیاء تأثیر معنی‌داری نخواهد گذاشت، اما بر میزان یادگیری افراد سالمند در جلسه پیگیری یک هفته‌ای اثر معنی‌داری دارد(۱۸). نتایج این بخش از مطالعات نشان داد که استفاده از تحریکات الکتریکی در هر سه ناحیه پره‌فرونتال، پاریئتال و مخچه اثرات مفید و معنی‌داری بر بهبود عملکرد افراد سالمند در انجام تکالیف شناختی و سریالی حرکتی خواهد داشت(۱۷،۲۱،۲۰)، در حالی‌که به نظر می‌رسد به کارگیری این نوع تحریکات در ناحیه تمپوروپاریئتال، اثرات آنلاین معنی‌داری بر یادگیری فضایی نداشته باشد و جلسات طولانی مدت و بیش‌تری جهت مشاهده اثرات نیاز باشد. بنابراین تناقض مشاهده شده در نتایج مطالعات موجود می‌توانست به علت ناحیه مغزی مورد درمان و تفاوت در روش اجرا و نوع تکلیف مورد بررسی باشد. مطالعه Flöela و همکارانش تنها مطالعه‌ای بود که در منطقه تمپوروپاریئتال از تحریکات الکتریکی استفاده شده بود و اثرات آنلاین معنی‌داری مشاهده نشده بود(۱۸). در این مطالعه تأکید بر یادگیری موقعیت اشیاء و ارزیابی مکانی بود که نیاز به استدلال بیش‌تر و همزمانی فعالیت چندین ناحیه از مغز را خواهد داشت و احتمالاً افزایش عملکرد همان ناحیه از مغز تأثیری بر یادگیری فضایی آنلاین نداشته باشد. بر این اساس، به نظر می‌رسد که جهت بهبود مهارت در انجام برخی از تکالیف عملکردی، جلسات بیش تری از مداخلات الکتریکی مغز نیاز باشد. مجموع این بخش از مطالعات نشان می‌داد که استفاده از تحریکات الکتریکی در نواحی مختلف مغز می‌تواند مداخله موثری در افزایش قابلیت عملکرد این نواحی در

طولانی مدت محسوب شده و اختلالات مشاهده شده در دوره سالمندی که شامل کاهش ظرفیت یادگیری حرکتی، شناخت و حافظه می‌باشد را کنترل نماید. بنابراین به‌کارگیری از آن باعث افزایش قدرت یادگیری حرکتی، یادگیری فضایی، شناختی و سریالی افراد سالمند می‌گردد. البته با توجه به محدودیت مطالعات موجود و تفاوت‌های موجود در روش اجرای مطالعات، انجام مطالعات گسترده‌تر در زمینه استفاده از تحریکات الکتریکی در نواحی مختلف مغز افراد سالمند ضرورت دارد.

پیشنهاد می گردد که در مطالعات آینده، اثرات این مداخلات بر عملکرد حرکتی اندام فوقانی و هم‌چنین اندام تحتانی بررسی گردد و هم‌چنین مدت اثر این نوع مداخلات نیز بر تغییرات ایجاد شده در عملکرد حرکتی افراد سالمند به دنبال این نوع مداخله ارزیابی گردد. هم‌چنین مرور مطالعات نشان داد که استفاده از تحریکات الکتریکی در نواحی پره فرونتال، پاریئتال و تمپوروپریئتال اثرات معنی‌دار، طولانی مدت و مشهودی بر بهبود شناخت و توجه و هم‌چنین بهبود حافظه کاری افراد سالمند خواهد داشت. بر اساس شواهد و نتایج مطالعات موجود به نظر می‌رسد که استفاده از تحریکات الکتریکی نواحی مخچه یا ناحیه حرکتی با نواحی پره فرونتال/ پاریئتال بتواند به صورت همزمان هر دو بعد عملکرد شناختی و عملکرد حرکتی یک تکلیف حرکتی شناختی را در افراد سالمند افزایش دهد. پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات آینده این بعد از مداخلات نیز مورد بررسی قرار گیرند.

سپاسگزاری

از مرکز تحقیقات توانبخشی عصبی عضلانی دانشگاه علوم پزشکی سمنان بابت همکاری و تامین تسهیلات لازم برای انجام این تحقیق تقدیر و تشکر می‌شود.

References

1. Zimmerman M, Nitsch M, Giraux P, Gerloff C, Cohen LG, Hummel FC. Neuroenhancement of the Aging Brain: Restoring Skill Acquisition in Old Subjecte. Ann Neurol 2013; 73(1): 10-15.
2. Seidler RD, Bernard JA, Burutolu TB, Fling BW, Gordon MT, Gwin JT, et al. Motor control and aging: links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. Neurosci Biobehav Rev 2010; 34(5): 721-733.
3. Nitsche MA, Schauenburg A, Lang N, Liebetanz D, Exner C, Paulus W, et al. Facilitation of implicit motor learning by weak transcranial direct current stimulation of the primary motor cortex in the human. J Cogn Neurosci 2003; 15(4): 619-626.
4. Ehsani F, Abdollahi I, Mohseni-Bandpei MA. A Comparative Study on middle age and older adult's implicit learning in serial reaction time task. PTJ 2012; 2(1): 9-16 (Persian).
5. Ehsani F, Abdollahi I, Mohseni Bandpei MA. Comparing young and elderly serial reaction time task performance on repeated and random conditions. Salmand 2012; 7(2): 68-74 (Persian).
6. Ehsani F, Abdollahi I, Mohseni-Bandpei MA. The study of explicit knowledge effects on implicit motor learning in older adults. J Rehab 2012; 13(2): 56-63 (Persian).
7. Ehsani F, Abdollahi I, Mohseni Bandpei MA, Zahiri N, Jaberzadeh Sh. Motor learning and movement performance: older versus younger adults. Basic Clin Neurosci 2015; 6(4): 231-238.
8. Burke SN, Barnes CA. Neural plasticity in the ageing brain. Nat Rev Neurosci 2006; 7(1): 30-40.

9. Berardelli A, Inghilleri M, Rothwell JC, Romeo S, Curra A, Gilio F, et al. Facilitation of muscle evoked responses after repetitive cortical stimulation in man. Exp Brain Res 1998; 122(1): 79-84.
10. Ehsani F, Bakhtiary A, Jaberzadeh S, Talimkhani A, Hajihasani A. Differential effects of primary motor cortex and cerebellar transcranial direct current stimulation on motor learning in healthy individuals: A randomized double-blind sham-controlled study. Neurosci Res 2016; 112: 10-19.
11. Kuo MF, Paulus W, Nitsche MA. Therapeutic effects of non-invasive brain stimulation with direct currents (tDCS) in neuropsychiatric diseases. Neuroimage 2014; 85 Pt 3: 948-960.
12. Jeffery DT, Norton JA, Roy FD, Gorassini MA. Effects of trans cranial direct current stimulation on the excitability of the leg motor cortex. Exp Brain Res 2007; 182(2): 281-287.
13. Stagg CJ, Jayaram G, Pastor D, Kincses ZT, Matthews PM, Johansen-Berg H. Polarity and timing-dependent effects of trans cranial direct current stimulation in explicit motor learning. Neuropsychologia 2011; 49(5): 800-804.
14. Reis J, Schambra HM, Cohen LG, Buch ER, Fritsch B, Zarahn E, et al. Noninvasive cortical stimu- lation enhances motor skill acquisition over multiple days through an effect on consolidation. Proc Natl Acad Sci USA 2009; 106(5): 1590-1595.
15. Hummel FC, Heise K, Celnik P, Floel A, Gerioff C, Cohen LG. Facilitating skilled right hand motor function in older subjects by anodal polarization over the left primary motor cortex. Neurobiol Aging 2009; 31(12): 2160-2168.
16. Nitsche MA, Cohen LG, Wassermann EM, Priori A, Lang M, Antal A, et al. Trans cranial direct current stimulation: state of the art 2008. Brain Stimul 2008; 1(3): 206-223.
17. Jones KT, Stephens JA, Alam M, Bikson M, Berryhill ME. Longitudinal Neurostimulation in Older Adults Improves Working Memory. PLoS One 2015; 10: eD121904.
18. Flöela A, Suttorpd W, Kohld O, Kürtend J, Lohmannd H, Breitensteind C, et al. Non-invasive brain stimulation improves object-location learning in the elderly. Neurol Aging 2012; 33(8): 1682-1689.
19. Goodwill AM, Reynolds J, Daly RM, Kidgell DJ. Formation of cortical plasticity in older adults following tDCS and motor training. Front Aging Neurosci 2013; 5: 87.
20. Harty S, Robertson IH, Miniussi C, Sheehy OC, Devine CA, McCreery S, et al. Transcranial Direct Current Stimulation over Right Dorsolateral Prefrontal Cortex Enhances Error Awareness in Older Age. J Neurosci 2014; 34(10): 3646-3652.
21. Hardwick RM, Celnik PA. Cerebellar direct current stimulation enhances motor learning in older adults. Neurobiol Aging 2014; 35(10): 2217-2221.