

ORIGINAL ARTICLE

The effect of a selected physical fitness with and without transcranial direct current stimulation (tDCS) on reaction time and shooting performance in officer students

Mehdi Rahim Zadeh¹ (ORCID:0000000336254443), Mohammad Esmaili² (ORCID:0000000248505417), Sajjad Mohammad Yari³ (ORCID:0000000318444032)

1. PhD in Sports Psychology, University of Tehran, Tehran, Iran
2. Assistant Professor of the Department of Basic Sciences, University of Shahid Sattari air force, Tehran, Iran.
3. Department of Sports Science, Imam Ali Officer University, Tehran, Iran

Correspondence:
Mehdi Rahim Zadeh
Email:
mehdirahimzadeh52@gmail.com

Received: 13/Nov/2023

Accepted: 27/Feb/2024

How to cite:

Rahim Zadeh, M. , Esmaili, M. and Mohammad Yari, S. (2024). The Effect of a Selected Physical Fitness with and without Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on Reaction Time and Shooting Performance in Officer Students. *Neuropsychology*, 10(36), 33-45. doi: 10.30473/clpsy.2024.71554.1748

ABSTRACT

Background and Aims: The purpose of this study was to compare the effect of a selected physical fitness with and without transcranial direct current stimulation (tDCS) on reaction time and shooting performance in officer students. The statistical population of the present study was all the students of Imam Ali University. **Methods:** Due to the type and purpose of the research, 36 students were randomly divided into 3 groups (physical fitness without TDCS (12), physical fitness with TDCS (12) and Sham (12)) as a sample of the research. The study included the pre-test and post-test steps. In the pre -test, the participants performed 10 pistol shootings and 20 efforts for each of the simple and selective reaction times and their performance was recorded. The training and stimulation period consisted of 10 sessions. The next step was similar to the pre -test and with a 24 -hour difference. The statistical method of variance analysis was used for recruitment. LSD follow-up test was used to compare couples. **Findings:** The results showed that physical fitness and transcranial direct current stimulation (TDCS) had a significant effect on simple and selective reaction time. Also, physical fitness with TDCS has a significant effect on shooting performance and accuracy. **Conclusion** According to the results of this study, it can be suggested that transcranial direct current stimulation (TDCS), which is a kind of brain stimulation, as a technique and complement to physical fitness exercises to enhance performance and cognitive-perceptual factors in military student programs Be used.

KEYWORDS

Physical Fitness, tDCS, reaction time, shooting performance, officer students



«مقاله پژوهشی»

مقایسه یک دوره تمرینات منتخب آمادگی جسمانی با و بدون تحریک الکتریکی
مستقیم فراجمجمه‌ای مغز بر زمان واکنش و عملکرد تیراندازی در دانشجویان
افسری

مهدی رحیم زاده^۱ (ارکید: ۰۰۰۰۰۰۳۳۶۲۵۴۴۳)، محمد اسماعیلی^۲ (ارکید: ۰۰۰۰۰۰۲۴۸۵۰۵۴۱۷)، سجاد محمد یاری^۳ (ارکید: ۰۰۰۰۰۰۳۱۸۴۴۰۳۲)

چکیدہ

هدف: مطالعه حاضر با هدف مقایسه تأثیر یک دوره تمرینات منتخب آمادگی جسمانی با و بدون تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز بر زمان واکنش و عملکرد تیراندازی در دانشجویان افسری انجام گرفت. جامعه آماری پژوهش حاضر کلیه دانشجویان افسری دانشگاه امام علی (ع) بودند. روش: با توجه به نوع و هدف تحقیق، ۳۶ دانشجو به صورت تصادفی به ۳ گروه آمادگی جسمانی بدون tDCS (۱۲ نفر)، آمادگی جسمانی با tDCS (۱۲ نفر) و گروه شم یا پلاسیبو (۱۲ نفر) به عنوان نمونه‌ی پژوهش، تقسیم شدند. مطالعه شامل مراحل پیش‌آزمون - پس‌آزمون بود. در مرحله پیش‌آزمون شرکت‌کنندگان به اجرای ۱۰ شلیک با تپانچه و ۲۰ کوشش برای هر یک از زمان‌های واکنش ساده و انتخابی پرداختند و عملکرد آن‌ها ثبت شد. دوره تمرینی و تحریک شامل ۱۰ جلسه بود. مرحله پس‌آزمون مشابه با پیش‌آزمون و با اختلاف ۲۴ ساعت از همدیگر صورت گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. برای مقایسه زوجی گروه‌ها از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد. یافته‌ها: نتایج نشان داد که تمرینات آمادگی جسمانی و تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای مغز (tDCS) تأثیر معنی‌داری بر زمان واکنش ساده و انتخابی دارد، هم‌چنین آمادگی جسمانی همراه با تحریک الکتریکی مستقیم مغز تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و دقت تیراندازی دارد. نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این مطالعه، می‌توان پیشنهاد کرد که تحریک الکتریکی مستقیم جمجمه (tDCS)، که نوعی تحریک مغزی است، به عنوان تکنیک و مکمل تمرینات آمادگی جسمانی برای افزایش عملکرد و عوامل شناختی - ادراکی در برنامه‌های نظامی دانشجویان افسری مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی

آمادگی جسمانی، تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه ای مغز، زمان واکنش، عملکرد، دانشجویان افسری

۱. دکترای روان‌شناسی ورزش، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. استادیار گروه علوم پایه، دانشگاه نیرو هوایی شهید ستاری، تهران، ایران.
۳. استادیار گروه علوم ورزشی، دانشگاه افسری امام علی (ع)، تهران، ایران

نویسنده مسئول:

مهدی رحیمزاده

رایانامه: mehdrachimzadeh52@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۲

استناد به این مقاله:

رحیم زاده، مهدی، اسماعیلی، محمد و محمدیاری، سجاد. (۱۴۰۳). مقایسه یک دوره تمرینات منتخب آمادگی جسمانی با و بدون تحریر الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز بر زمان واکنش و عملکرد تیراندازی در دانشجویان افسری. *عصب روان شناسی* ۳۳-۴۵ (۱/۳۶)

doi:

10.30473/clpsy.2024.71554.1748



مقدمه

نیروی انسانی ارزشمندترین گنجینه ارتش‌های جهان و از ارکان سازمان‌های نظامی محسوب می‌شود و موفقیت یا ناکامی در مأموریت‌ها و عملیات‌ها علاوه بر تسلیحات و تکنولوژی گران قیمت، به سلامت جسمی و روانی و میزان آمادگی جسمانی نیروها، بستگی دارد (Santtila et al., 2015). از گذشته تا کنون، آمادگی جسمانی نظامیان نقش مهمی در پیروزی یا شکست داشته است. هدف مهم تمرینات بدنی، کسب و نگهداری آمادگی عملی است. آمادگی کامل، باید شامل فعالیت‌های بدنی و بدنسازی افراد باشد تا بتوانند تحت هر شرایط آب و هوایی و محیطی عمل کنند. برای هر نظامی، درجه‌ای از آمادگی جسمانی لازم است که آن را فقط می‌توان از طریق انجام فعالیت‌های بدنی به دست آورد. هدف برنامه‌های آمادگی جسمانی تقویت افراد است تا بتوانند وظایف محوله و مأموریت‌های خود را هنگام جنگ یا مانور، به خوبی انجام دهند (Safari et al., 2019). برای رسیدن به مشخصه‌های نیروی نظامی کامل با قابلیت عملکرد در ابعاد جهانی توجه به مؤلفه‌های آمادگی کامل رزم از اهمیت به سزایی برخوردار است. آمادگی کامل رزم مفهومی نوظهور در قرن بیست و یکم است که با الزام به یکپارچگی مؤلفه‌های آمادگی کامل رزم در ذهن و بدن محقق می‌شود. در دسته‌ی ذهن؛ فیتنس معنوی، رفتاری و اجتماعی قرار دارد. در حالی که در دسته‌ی جسم؛ فیتنس فیزیکی، تغذیه، محیطی و پزشکی قرار دارد. فیتنس فیزیکی، از طریق انجام تمرینات فشار و تمرین استقامتی محقق می‌شود که بخشی از فرهنگ نظامی است. فیتنس پزشکی و محیطی نیز در نیروهای مسلح به طور گسترده مورد توجه است. اخیراً نیز تمرکز بر فیتنس روانی شروع شده است (Shakibae et al., 2015). با این حال، هر یک از این مؤلفه‌ها معمولاً متخصصان و روش‌های ارائه مختص خود را دارد. به طور سنتی، توجه به آمادگی در افراد نظامی فقط به حوزه جسمانی محدود بوده است اما تحقیقات نشان می‌دهد که عوامل دیگری در حوزه‌ی روان - شناسی می‌توانند روی آمادگی جسمانی و فاکتورهای مرتبط با آن تأثیر بگذارد.

دفاع از دیرباز به عنوان یک غریزه برای حفظ موجودیت و هویت در تمامی موجودات زنده برای مقابله با تمامی تجاوزات صورت می‌گیرد و به عنوان یک فرهنگ در نظام خلقت بنا شده است بنابراین، انسان‌ها با به کارگیری تمامی تدارکات و تدابیر، هم‌چنین نیروی عقل و منطق تمهیدات لازم برای دفاع را انجام می‌دهند (Whitehead, 2013). در واقع آموزش‌های نیروهای نظامی همیشه صورت می‌گیرد. یکی از این آموزش‌ها تعلیم و تربیت نیروهای زنده و حرفه‌ای تیراندازی است. نیروهای زنده تیرانداز می‌توانند در همه‌ی سطوح و زمین‌های جنگی و نبرد به کار گرفته شوند. اهمیت نیروهای تیرانداز در هر نیروی نظامی بسیار مفید و مهم است (Najafi Mehri et al., 2010). دقت و سرعت در تیراندازی، از مؤلفه‌های مهم در تعیین سرنوشت نبرد و غلبه بر دشمن است (Whitehead, 2013). از جمله نکات قابل توجه و مهم در روان‌شناسی ورزشی برای فعالیت‌های نظامی زمان واکنش نظامیان است که نقش بسیار مهمی در عملکردشان دارد. زمان واکنش شاخص دقیقی برای سرعت و کارایی تصمیم‌گیری است و به مدت زمان سپری‌شده بین ارائه محرک حسی و پاسخ رفتاری پس‌از آن گفته می‌شود. زمان واکنش به عوامل متعددی بستگی دارد که مهم‌ترین آن‌ها نوع محرک، شدت محرک، تعداد محرک، محل و موقعیت محرک هست. خستگی ذهنی و فیزیکی فرد هم بر زمان واکنش تأثیر منفی دارد (Mitchell & Flin, 2007). طبق نتایج به دست آمده از تحقیقات، انجام صحیح مهارت تیراندازی علاوه بر وابستگی به متغیرهای آمادگی جسمانی و حرکتی (مانند تعادل، هماهنگی عصب و عضله، سرعت العمل و عکس العمل) تا حد زیادی تحت تأثیر توانایی‌های ذهنی و عملکرد شناختی (مانند دقت، تمرکز، آرامش و سطح برانگیختگی) فرد به هنگام شلیک قرار دارد (Yousefpour Dehaghani et al., 2020).

اسکرینر^۱ و همکاران نشان دادند هرگونه اختلال تأثیرگذار بر موارد یادشده مخصوصاً دقت استفاده از سلاح، زمان واکنش و توجه انتخابی می‌تواند عملکرد تیرانداز را هنگام تشخیص هدف و شلیک تضعیف کند (Scribner et al., 2007). سابق بر این تصور می‌شد که تنها راه کسب آمادگی در تیراندازی و حفظ آن در نیروهای نظامی، دوره های آموزشی با تاکید بر آموزش های نظامی و عملیاتی است و این نیروها از طریق دیگری نمی‌توانند خود را برای شرکت در فعالیت ها و مأموریت های دشوار عملیاتی آماده کنند. در نتیجه آنچه در این میان نادیده گرفته می‌شود عوامل شناختی و روانی است که می‌تواند بر آمادگی جسمانی و مهارت تیراندازی تأثیر بسزایی بگذارد. فنون تیراندازی با توجه به اهمیت آن باید با تأمل و تعمقی خاص و در شرایطی مناسب و تحت ضوابط و قوانینی معین و مدون و توسط افرادی خبیر و ماهر و با استفاده از تجهیزات، روش ها و وسایل مدرن و به روز، آموزش داده شود (Kayihan et al., 2013).

در سال های اخیر دانشمندان علوم ورزشی شروع به مطالعه مغز به عنوان فرمانده اصلی بدن نمودند و به دنبال آن بودند تا عملکرد ورزشی را از طریق اعمال روش های ایمن توسعه دهند؛ فرآیندی که به نظر می‌رسد می‌توان از طریق توسعه کارکردهای شناختی و به دنبال آن بهبود عملکرد بدن، دنبال نمود. در واقع بر طبق نظریه های شناختی، مداخلات شناختی به عنوان عوامل موثر در بهینه سازی عملکرد، متشکل از سه نظام اثر پذیری کارکرد شناختی، روان شناختی و فیزیولوژیکی در نظر گرفته می‌شود که واکنش های بدنی، شناختی و رفتاری را متأثر می‌کند (Amini & Vaezmousavi, 2021). یکی از تکنیک‌هایی توانبخشی شناختی و ارتقای عملکرد رایج که در طی دو دهه گذشته طرفداران زیادی داشته است، استفاده از تحریک مستقیم الکتریکی مغز از روی جمجمه^۲ (tDCS) است (Fregni et al., 2005). این تکنیک کاملاً غیر تهاجمی است و عمدتاً برای تعدیل میزان تحریک پذیری

قشر مغز استفاده می‌شود. تحریک الکتریکی مستقیم مغز فعالیت نورون‌های عصبی که فرآیندهای شناختی را اجرا می‌کنند، تعدیل می‌نماید. این تعدیل ممکن است منجر به تغییر قابل مشاهده در تابع رفتار یا مولفه‌های شناختی از قبیل توجه، زمان واکنش، تصمیم‌گیری و حافظه کاری شود (Strobach & Antonenko, 2017).

در تحریک الکتریکی مستقیم مغز موقعیت الکترودها در تعیین اثربخشی تحریک بسیار مهم است. پس اولین چالش در ارتباط با تحریک الکتریکی مستقیم مغز، مربوط به مکان تحریک می‌باشد (Horvath et al., 2015). مهم‌ترین منطقه مغزی دخیل در عملکردهای شناختی، ناحیه قشر فوقانی جانبی پیش‌پیشانی^۳ DLPFC است. مشخص شده است که اختلال در عملکرد این ناحیه، باعث نقض در عملکردهای شناختی می‌شود (Kasschau et al., 2015).

مطالعات در این زمینه نشان داده‌اند که تحریک DLPFC هوشیاری و توجه را حفظ می‌کند (Parasuraman & McKinley, 2014). تحریک tDCS در ناحیه DLPFC نیز با بهبود در جستجوی بصری مرتبط است. در همین راستا، مک اینتایر^۴ و همکاران پیشنهاد می‌کند که تحریک tDCS در ابتدا موجب افزایش و سپس حفظ عملکرد هوشیاری می‌شود (McIntire et al., 2020). به علاوه پژوهشگران مشخص کردند که تحریک tDCS می‌تواند سرعت و پردازش بصری را سریعتر کند (Fiori et al., 2011; McKinley et al., 2017). به تازگی، در یک مطالعه مروری کوفمن، کلارک و پاراسورامن^۵ (۲۰۱۴) نتیجه گرفتند که tDCS می‌تواند یادگیری و حافظه را بهبود بخشد. البته این تحریک می‌تواند عملکردهای شناختی دست بالا مثل تصمیم‌گیری و حل مسئله را نیز ارتقا دهد (Coffman et al., 2014). مطالعات انجام گرفته در این زمینه بیشتر عملکردهای شناختی دست بالا را مد نظر قرار داده‌اند و شاخص‌های

4 . McIntire

5 . Coffman, Clark, Parasuraman

1 . Scribner

2 . transcranial direct current stimulation

3 . dorsolateral prefrontal cortex

و مشخصات فردی توسط آزمودنی‌ها تکمیل و آزمودنی‌ها بر اساس ویژگی‌های فردی از جمله قد، سن و وزن بدن همگن شدند و سپس با توجه به اهداف پژوهش، ۳۶ دانشجوی به‌صورت تصادفی به ۳ گروه آمادگی جسمانی بدون tDCS (۱۲ نفر)، آمادگی جسمانی با tDCS (۱۲ نفر) و گروه شم یا پلاسیبو (۱۲ نفر) تقسیم شد. پس از انجام هماهنگی‌های لازم و جلب همکاری داوطلبانه‌ی آزمودنی‌ها و تهیه ابزارهای لازم، پیش‌آزمون از آزمودنی‌ها گرفته شد. سپس بعد از ۱۰ جلسه تمرینات منتخب آمادگی جسمانی و تحریک tDCS برای ۳ گروه آزمایش، همانند پیش‌آزمون از آزمودنی‌ها، پس‌آزمون گرفته و نتایج با روش‌های آماری بررسی شد.

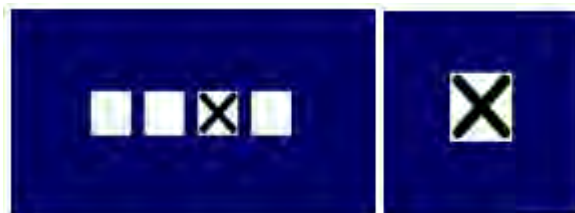
تمرینات منتخب آمادگی در ۱۰ جلسه و هر جلسه ۶۰ دقیقه اجرا گردید. برنامه هر جلسه تمرین نیز شامل سه مرحله‌ی گرم کردن و حرکات کششی به مدت ۱۰ دقیقه، ترکیب تمرینات مقاومتی با وزن بدن همراه با تمرین هوازی تداومی جمعاً به مدت ۴۰ دقیقه و مرحله سوم، سرد کردن و تمرینات انعطاف‌پذیری به مدت ۱۰ دقیقه بود. تمرینات مقاومتی با وزن بدن به روش دایره‌ای انجام گردید. برنامه هوازی تداومی نیز بر اساس راهنمای کالج آمریکایی طب ورزش اجرا شد (Nelson et al., 2007). برای سنجش زمان واکنش در این پژوهش از آزمون دری-لیوالد^۱ استفاده شد. این آزمون به وسیله‌ی کامپیوتر و برای سنجش زمان واکنش ساده (فشار دادن دکمه هر زمان که هدف ظاهر شد) و انتخابی (فشار دادن دکمه مرتبط با جعبه‌های ۱ تا ۴، جایی که هدف نمایش داده می‌شود) صورت گرفت. در مطالعه‌ی اصلی، همسانی درونی (۰/۹۴) برای زمان واکنش ساده و ۰/۹۷ برای زمان واکنش انتخابی پایایی آزمون و روایی آزمون بررسی و مطلوب گزارش شده است (Deary et al., 2011). این آزمون از دو بخش تشکیل شده است، آزمون شامل ۸ کوشش تمرینی و ۲۰ کوشش اصلی برای هر بخش بود (Jones-Odeh et al., 2016). در تصویر شماره ۱ محیط نرم‌افزاری آزمون نشان داده شده است.

عملکردی (برای مثال، سرعت پردازش شناختی) بررسی نشده‌اند.

به نظر می‌رسد tDCS می‌تواند برای بهبود عملکرد مفید باشد و عملکرد شناختی و عوامل وابسته را ارتقا دهد. همچنین، پی بردن به رویکردی که بتواند اثر بخشی بهتری داشته باشد (برای مثال، مدت زمان کوتاه، ایمنی، کم هزینه و قابل اجرا بودن) و شاخص‌های عملکرد شناختی را ارتقاء دهند در اولویت قرار می‌گیرند. به دانش ما تاکنون هیچ مطالعه‌ای انجام نشده است که به اثربخشی تمرینات آمادگی جسمانی همراه با tDCS بر زمان واکنش، و عملکرد تیراندازی بپردازد. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی اثر یک دوره تمرینات منتخب آمادگی جسمانی با و بدون تحریک الکتریکی مستقیم فرا مجمله‌ای مغز (tDCS) بر زمان واکنش و عملکرد تیراندازی در دانشجویان افسری بود.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی، با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. جامعه آماری تحقیق حاضر نیز شامل دانشجویان افسری دانشگاه امام علی (ع) است که نمونه آماری این تحقیق شامل ۳۶ نفر از دانشجویان دانشگاه افسری بود که به‌صورت هدفمند و بر اساس معیارهای ورود و خروج از تحقیق انتخاب شدند (کفایت این حجم از نمونه با استفاده از نرم‌افزار G-power برآورد شد). از جمله معیار ورود به پژوهش، دانشجویان سال سوم و چهارم (آشنا به فنون تیراندازی)، عدم مصرف دخانیات، عدم سابقه بیماری قلبی-عروقی، بیماری‌های خونی، کبدی، کلیوی، تنفسی و عدم استفاده از مکمل‌های نیروزا و داروهای آندروژنیک به مدت حداقل نه ماه بود. معیار خروج از مطالعه عبارت بود از اینکه آزمودنی، آزمون آمادگی جسمانی را تا انتها انجام ندهد و یا هم‌زمان با مداخلات روان‌شناختی تمرینات روان‌شناختی دیگری انجام دهد. در ابتدای پژوهش با ارائه توضیح درباره اهداف، جزئیات، مراحل انجام کار و همچنین پاسخ به سوالات افراد، پرسشنامه سلامتی، فرم رضایت‌نامه



تصویر ۱. تصویری از شکل ساده (سمت راست) و انتخابی (سمت چپ) آزمون دری-لیوال

ملاحظات اخلاقی

مشارکت افراد به صورت داوطلبانه بود به این صورت که هر یک از افراد فرم رضایت آگاهانه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند. همچنین به پاسخ‌دهندگان اطمینان داده شد که پاسخ آن‌ها محرمانه شمرده می‌شود و تنها برای اهداف پژوهشی از آنان بهره گرفته می‌شود. علاوه بر این موارد، برای جلوگیری از سوگیری در بین پاسخ‌دهندگان، به آن‌ها اطلاع داده شد که نتایج پژوهش هیچ تأثیری در گزینش و انتخاب آن‌ها ندارد. همچنین مفاد اجرای این پژوهش با عنوان "مقایسه یک دوره تمرینات منتخب آمادگی جسمانی با و بدون تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز بر زمان واکنش و عملکرد تیراندازی در دانشجویان افسری" به تصویب کارگروه اخلاق در پژوهش، پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی با کد IR.SSRC.REC.1402.292 در تاریخ ۱۴۰۲/۱۰/۳۰ رسید.

تجربه و تحلیل آماری

در این مطالعه از روش‌های آمار توصیفی شامل شاخص‌های گرایش به مرکز و پراکندگی (میانگین و انحراف معیار) استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. همگنی واریانس‌ها نیز با استفاده از آزمون لوین ارزیابی شد. برای مقایسه شاخص‌ها از آزمون و پس آزمون در گروه‌های تحقیق از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. برای مقایسه زوجی گروه‌ها از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد. سطح معنی داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. نرم افزار تحلیل داده‌ها نسخه ۱۸ نرم افزار SPSS بود.

در ادامه نیز برای سنجش عملکرد از آزمون تیراندازی با تپانچه استفاده شد. تیراندازی به هدف با تپانچه‌ای از فاصله ۱۰ متری اجرا و به هر آزمودنی اجازه ۱۰ شلیک داده شد. نحوه امتیاز دهی به دقت تیراندازی به صورت مجموع امتیازات به دست آمده از کل شلیک‌ها (۰-۱۰۰) در نظر گرفته شد (Swenson et al., 2008). در شکل ۲ اجرای آزمون به نمایش گذاشته شده است.

از دستگاه tDCS جهت تحریک الکتریکی مستقیم مغز استفاده گردید. دستگاه مورد استفاده در این پژوهش Active Dose و منبع جریان این دستگاه یک باتری ۹ ولت بود. حداکثر شدت جریان ۴ میلی آمپر DC که از طریق اتصال الکترودهایی با قطبیت متفاوت (آند و کاتد) روی پوست سر نصب شد و جریان ثابت الکتریکی را از روی جمجمه به مغز منتقل نمود. در این پژوهش، الکترودها درون پدهای اسفنجی ۳۵ سانتی متر مربع قرار گرفت و سطح پدها با محلول کلرید سدیم ۹ درصد آغشته شد تا ضمن افزایش رسانایی جریان الکتریکی از افزایش حرارت پیشگیری شود، دستگاه از لحاظ شدت جریان، اندازه الکترود و مدت زمان تحریک قابل کنترل بود. در این پژوهش برای گروه تحریک و شم تعداد ۱۰ جلسه تحریک tDCS اجرا گردید که مدت زمان هر جلسه آن ۲۰ دقیقه بود (Torabi & Mortazaeedarsara, 2022). در پژوهش حاضر نیز تحریک در ناحیه DLPFC مغز اجرا شد به این صورت که تحریک آنودی مغز از روی جمجمه در ناحیه DLPFC چپ و تحریک الکتریکی مستقیم مغز از روی جمجمه کاتدی در ناحیه DLPFC راست (به ترتیب ناحیه F3 و F4، بر اساس نگاشت سیستم ۱۰-۲۰) به آزمودنی ارائه شد (De Witte et al., 2018).

یافته‌های پژوهش

در جدول ۱ نتایج مربوط به آمار توصیفی متغیرهای دموگرافیک را به تفکیک گروه نشان می‌دهد.

جدول ۱. شاخص‌های آمار توصیفی متغیرهای دموگرافیک

گروه Sham (n=۱۲)		گروه tDCS+آمادگی جسمانی (n=۱۲)		گروه آمادگی جسمانی (n=۱۲)		شاخص/گروه
میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
۲۱/۵۸	۰/۷۹	۲۱/۸۳	۱/۱۱	۲۰/۵۳	۱/۲۶	سن (سال)
۲۱/۹۵	۱/۴۶	۲۲/۳۸	۰/۷۷	۲۱/۵۳	۱/۴۰	BMI

همانگونه که در جدول فوق مشاهده می‌شود میانگین سن در گروه tDCS+ آمادگی جسمانی بالاتر است و در شاخص BMI میانگین گروه آمادگی جسمانی از سایر گروه‌ها پایین‌تر بود. در ادامه به بررسی متغیرهای تحقیق به صورت توصیفی پرداخته شده است. جدول ۲ نتایج آمار توصیفی متغیرهای تحقیق را نشان می‌دهد.

جدول ۲. شاخص‌های آمار توصیفی متغیرهای زمان واکنش و تیراندازی

گروه Sham (n=۱۲)		گروه tDCS+آمادگی جسمانی (n=۱۲)		گروه آمادگی جسمانی (n=۱۲)		شاخص/گروه
پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	
SD	میانگین	SD	میانگین	SD	میانگین	
۸/۰۱۵	۲۹۷/۳۳	۱۰/۵۰	۳۰۲/۱۶	۱۰/۴۳	۲۴۰/۶۶	زمان واکنش ساده (میلی ثانیه)
۲۲/۰۵	۳۶۰/۸۳	۱۰/۵۳	۳۶۸/۴۱	۱۰/۳۶	۳۰۴/۵	زمان واکنش انتخابی (میلی ثانیه)
۶/۰۸	۷۳/۶۶	۴/۵۲	۷۲/۱۷	۶/۳۶	۷۹/۷۵	عملکرد تیراندازی (امتیاز)

زمان واکنش انتخابی ($F=۷۱۱/۷۷$, $p=۰/۰۰۱$)، زمان واکنش انتخابی (Trace Pillai's Trace = $۰/۹۵۶$) و عملکرد تیراندازی (Trace Pillai's Trace = $۰/۰۹۰$, $F=۳/۲۴۹$, $p=۰/۰۸۱$) نشان داد که فرض همگنی ماتریس‌های کوواریانس برقرار است. همچنین آزمون مویلی نشان داد که فرض کورویت برای این متغیرها برقرار است ($p<۰/۰۵$). در ادامه داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر تحلیل شدند. نتایج این تحلیل در جدول ۳ گزارش شده است.

همانگونه که در جدول فوق مشاهده می‌شود در شاخص زمان واکنش ساده در پیش آزمون گروه آمادگی جسمانی کمترین میانگین را داشت و در پس آزمون گروه tDCS+ آمادگی جسمانی پایین‌ترین میانگین را داشت. در شاخص زمان واکنش انتخابی گروه آمادگی جسمانی کمترین میانگین را در پیش و پس آزمون داشت. در متغیر عملکرد تیراندازی در پس آزمون گروه tDCS+ آمادگی جسمانی بیشترین امتیاز را داشت.

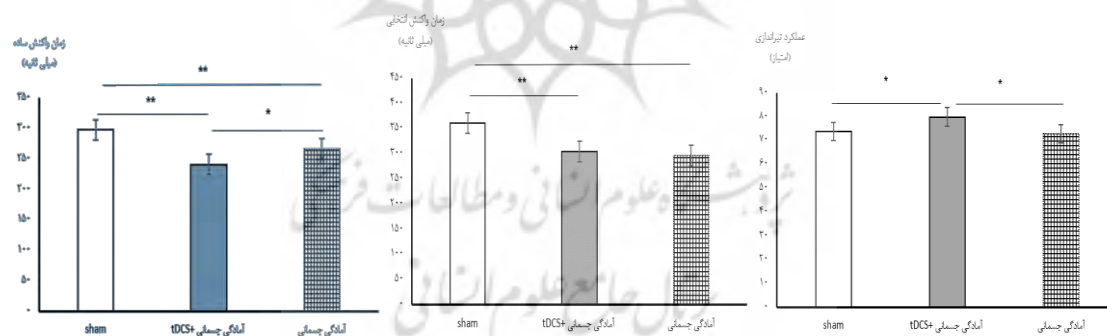
نتایج آزمون تحلیل واریانس چند متغیره در متغیر زمان واکنش ساده ($F=۲۴۲/۵۵$, $p=۰/۰۰۱$)، $F=۰/۸۸۰$ Pillai's

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر در متغیرهای تحقیق

منبع	شاخص	F	df	Sig	Partial Eta Squared
زمان	زمان واکنش ساده (میلی ثانیه)	۳۴۲/۵۵	۱	۰/۰۰۱	۰/۸۸۰
	زمان واکنش انتخابی (میلی ثانیه)	۷۱۱/۷۷	۱	۰/۰۰۱	۰/۹۵۶
	عملکرد تیراندازی (امتیاز)	۳/۲۴	۱	۰/۰۸۱	۰/۰۹۰
زمان × گروه	زمان واکنش ساده (میلی ثانیه)	۶۴/۵۶	۲	۰/۰۰۱	۰/۷۹۶
	زمان واکنش انتخابی (میلی ثانیه)	۱۲۵/۹۹	۲	۰/۰۰۱	۰/۸۸۴
	عملکرد تیراندازی (امتیاز)	۲/۱۲	۲	۰/۱۳۵	۰/۱۱۴

واکنش انتخابی این تفاوت معنی دار بود ($\eta^2 = ۰/۹۵۶$) و تفاوت معنی داری در شاخص عملکرد تیر اندازی ($\eta^2 = ۰/۰۹۰$) وجود ندارد، هر چند در مقایسه زوجی بین گروه ها بین گروه sham با tDCS+ آمادگی جسمانی و tDCS+ آمادگی جسمانی با آمادگی جسمانی تفاوت معنی داری وجود داشت. در شاخص زمان واکنش ساده ($\eta^2 = ۰/۸۸۰$)، $p = ۰/۰۰۱$ ، $F = ۳۴۲/۵۵$ و زمان واکنش انتخابی ($\eta^2 = ۰/۸۸۴$)، $p = ۰/۰۰۱$ ، $F = ۷۱۱/۷۷$ ، در منبع زمان × گروه نیز زمان واکنش ساده ($\eta^2 = ۰/۷۹۶$)، $p = ۰/۰۰۱$ ، $F = ۶۴/۵۶$ و زمان واکنش انتخابی ($\eta^2 = ۰/۸۸۴$)، $p = ۰/۰۰۱$ ، $F = ۱۲۵/۹۹$ معنی دار بود؛ اما شاخص عملکرد تیراندازی عدم معنی داری را نشان داد ($\eta^2 = ۰/۱۱۴$)، $p = ۰/۱۳۵$ ، $F = ۲/۱۲$.

همانطور که در جدول ۳ گزارش شده است در منبع زمان تفاوت معنی داری در شاخص عملکرد تیر اندازی ($\eta^2 = ۰/۰۹۰$) وجود ندارد، هر چند در مقایسه زوجی بین گروه ها بین گروه sham با tDCS+ آمادگی جسمانی و tDCS+ آمادگی جسمانی با آمادگی جسمانی تفاوت معنی داری وجود داشت. در شاخص زمان واکنش ساده ($\eta^2 = ۰/۸۸۰$)، $p = ۰/۰۰۱$ ، $F = ۳۴۲/۵۵$ و زمان واکنش انتخابی ($\eta^2 = ۰/۸۸۴$)، $p = ۰/۰۰۱$ ، $F = ۷۱۱/۷۷$ ، در منبع زمان × گروه نیز زمان واکنش ساده ($\eta^2 = ۰/۷۹۶$)، $p = ۰/۰۰۱$ ، $F = ۶۴/۵۶$ و زمان واکنش انتخابی ($\eta^2 = ۰/۸۸۴$)، $p = ۰/۰۰۱$ ، $F = ۱۲۵/۹۹$ معنی دار بود؛ اما شاخص عملکرد تیراندازی عدم معنی داری را نشان داد ($\eta^2 = ۰/۱۱۴$)، $p = ۰/۱۳۵$ ، $F = ۲/۱۲$.



نمودار ۱. از چپ به راست، مقایسه زوجی شاخص های زمان واکنش ساده، انتخابی و عملکرد تیراندازی

tDCS+ آمادگی جسمانی و sham با آمادگی جسمانی تفاوت معنی داری وجود دارد ($p < ۰/۰۱$). اما بین گروه tDCS+ آمادگی جسمانی با آمادگی جسمانی وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$). در عملکرد تیراندازی بین گروه sham با tDCS+ آمادگی جسمانی تفاوت معنی داری وجود داشت ($p < ۰/۰۵$) و نیز بین گروه tDCS+ آمادگی جسمانی با آمادگی جسمانی تفاوت معنی داری به دست آمد ($p < ۰/۰۵$).

بر اساس مقایسه زوجی بین گروه های تحقیق در متغیر زمان واکنش ساده مشخص شد که تفاوت معنی داری بین گروه sham با tDCS+ آمادگی جسمانی و sham با آمادگی جسمانی وجود دارد ($p < ۰/۰۱$). همچنین در این متغیر تفاوت معنی داری بین گروه tDCS+ آمادگی جسمانی با آمادگی جسمانی وجود داشت ($p < ۰/۰۵$). در زمان واکنش انتخابی نیز مشخص شد بین گروه sham با

(2016). این موضوع باعث می‌شود که جریان خون مغزی در ناحیه تحریک شده توزیع شود و در آن ناحیه جریان خون بیشتری جاری شود و هموگلوبین در ناحیه‌ای که ارتباط در آن تقویت شده، افزایش یابد (Polanía et al., 2011). که این موضوع موجب رفلکس سریع‌تر و انجام عکس‌العمل سریع‌تر نسبت به محرک خارجی شده و بنابراین زمان واکنش فرد نیز به دنبال این فعل و انفعالات کاهش می‌یابد. تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای می‌تواند بر پتانسیل غشای سلول‌های گلیال و در نتیجه تعادل انتقال دهنده‌های عصبی تأثیرگذار باشد. این تغییر شبیه آن چیزی است که به طور فیزیولوژیک در آستروسیت‌ها حین فعال‌سازی سلول‌های عصبی مشاهده می‌شود (Ruohonen & Karhu, 2012). از طرفی دیگر، بهبود زمان واکنش را می‌توان ناشی از افزایش توانایی پردازش سیستم عصبی مرکزی و عملکردهای حسی‌آوران رسیده به مغز دانست. بدین صورت که ارائه مداخلات به شکل‌های مختلف از قبیل تحریک مستقیم الکتریکی، برنامه نوروفیدبک یا تمرینات ورزشی (آمادگی جسمانی) مختلف می‌تواند موجب بهبود کارایی پردازش اطلاعات در سیستم عصبی مرکزی شود که این موضوع خود می‌تواند بر قدرت تمرکز فرد قبل از اجرای حرکت بیفزاید و فرد از طریق نادیده گرفتن اطلاعات نامرتبط و تمرکز بر اطلاعات مرتبط، بتواند بهترین و سریع‌ترین عکس‌العمل ممکن را در هنگام ارائه محرک خارجی اجرا کرده و نهایتاً زمان عکس‌العمل سریع‌تری داشته باشد.

از دیگر یافته‌های این پژوهش این بود که نشان داد گروه tDCS+آمادگی جسمانی با گروه sham و گروه آمادگی جسمانی در عملکرد تیراندازی تفاوت معنی‌داری داشت اما گروه آمادگی جسمانی (به تنهایی) با گروه شم هیچ تفاوت معنی‌داری در عملکرد تیراندازی نداشت و این نتایج بیانگر آن است، زمانی که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای می‌تواند موجب تغییر ترکیب شود می‌تواند تفاوت حائز اهمیت در عملکرد

$p < 0.05$). اما بین گروه sham با آمادگی جسمانی تفاوت معنی داری به دست نیامد ($p > 0.05$)

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر یک دوره تمرینات منتخب آمادگی جسمانی با و بدون تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (tDCS) بر زمان واکنش (ساده و انتخابی) و عملکرد تیراندازی در دانشجویان افسری انجام گرفت. یافته‌ها در ابتدا نشان داد که در متغیر زمان واکنش ساده، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های tDCS+آمادگی جسمانی و آمادگی جسمانی با گروه sham (تحریک ساختگی) بود و این نشانگر این نکته است که تمرینات آمادگی جسمانی با و بدون تحریک الکتریکی مستقیم مغز می‌تواند باعث بهبود زمان واکنش ساده شود و این بهبود زمان از لحاظ آماری معنی‌داری بوده است اما زمانی که با تحریک tDCS همراه شود تأثیر بیشتری بر کوتاه شدن زمان واکنش ساده می‌شود که حتی نسبت به گروه آمادگی جسمانی نیز این تفاوت معنی‌دار است. همچنین این یافته‌ها در ادامه نشان داد که گروه آمادگی جسمانی و گروه tDCS+آمادگی جسمانی نسبت به گروه شم تفاوت معنی‌داری در زمان واکنش انتخابی داشتند اما بین دو گروه تفاوت معنی‌دار نبود. نتایج این پژوهش با نتایج مطالعه گلدوین^۱ و همکاران (Gladwin et al., 2012)، بوگیو^۲ و همکاران (Boggio et al., 2008)، فردریکسون^۳ و همکاران (Fridriksson et al., 2011)، زمانی و همکاران و آریاس^۴ و همکاران (Arias et al., 2016) هم‌سو بود. در پژوهش زمانی همکاران (۱۳۹۶) تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای طی دو جلسه باعث کاهش زمان واکنش ساده و انتخابی در گروه تجربی شد. یافته بهبود زمان واکنش گروه آزمایش نسبت به گروه شم را می‌توان اینگونه تعبیر کرد که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) می‌تواند موجب تغییر شکل‌پذیری عصبی شود که احتمال دارد این مطلب با تغییرات اتصالات عملکردی در مغز انسان در ارتباط باشد (Takai et al.,

تفاوت معنی‌داری با گروه sham نداشت و این به آن معنی است که تمرینات منتخب آمادگی جسمانی بر روی عملکرد و دقت تیراندازی تأثیرگذار نبوده است و نتایج ناهم‌سویی با مطالعه‌ی احسان بخش (Ehsanbakhsh, 2018) و پلژا^۲ و همکاران (Peljha et al., 2018) داشت. از دلایل احتمالی این ناهم‌سو بودن می‌توان به نوع تمرینات آمادگی جسمانی، تعداد جلسات تمرین آمادگی جسمانی در این پژوهش و تفاوت آن با دیگر پژوهش‌ها و یا نوع سلاح استفاده شده برای عملکرد تیراندازی (جنگی و غیر جنگی بودن) در این پژوهش با دیگر مطالعات باشد. نتیجه‌گیری کلی در این پژوهش با توجه به یافته‌های به دست آمده می‌تواند این باشد که، ترکیب تمرینات آمادگی جسمانی معمول در پادگان‌ها و سازمان‌های نظامی با دوره‌های از تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز (tDCS)، باعث افزایش عملکرد تیراندازی در دانشجویان افسری و کاهش زمان واکنش (ساده و انتخابی) در آن‌ها می‌شود. در نهایت پیشنهاد می‌شود در نهادهای نظامی برای اثر بخشی بیشتر، ارتقاء و افزایش دقت تیراندازی و عملکردهای شناختی دانشجویان، روش‌های نوین، کم هزینه و ایمن و قابل اجرا مانند تحریک الکتریکی مستقیم مغز در اولویت قرار گیرد و به عنوان روش‌های مکمل در برنامه‌های نظامی گنجانده شود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش به صورت همکاری مابین دانشگاه‌های نیرو هوایی شهید ستاری و دانشگاه نیرو زمینی امام علی (ع) صورت گرفت و با کمک گروه تربیت بدنی دانشگاه امام علی (ع) و دانشکده علوم پایه دانشگاه شهید ستاری انجام پذیرفت که بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی گروه پژوهش از زحمات عزیزان در گروه عوامل اجرایی و اداری این دانشگاه‌ها را اعلام می‌داریم.

تعارض منافع

تیراندازی دانشجویان افسری ایجاد کند. این نتایج با یافته‌های مطالعه کالین^۱ و همکاران (Rocha et al., 2020)، کمالی و همکاران (Kamali et al., 2019)، گودرزی و همکاران (Goodarzi et al., 2019)، ترابی و همکاران (Torabi & Mortazaeedarsara, 2022) هم‌سو بود. در این مطالعات یافته‌ها حاکی از تأثیرگذاری معنی‌دار تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مغز بر روی عملکرد تیراندازی و دقت تیراندازی بود. از دلایلی که می‌توان برای این یافته‌ها آورد این است که tDCS موجب کاهش آستانه‌ی فعالیت سیستم عصبی مرکزی می‌شود و جریان مستقیم ضعیفی به مناطق قشری با توجه به هدف پژوهش می‌فرستد که فعالیت مربوط به حرکت مورد نظر را از نظر عصبی تسهیل و بازدار می‌کند. tDCS روی ناحیه‌ی قشر پیش‌پیشانی پشتی-جانبی (DLPFC) می‌تواند موجب اصلاح دامنه‌ی وسیعی از رفتارها و عملکردهای شناختی شود. اگرچه سازوکار تأثیر tDCS بر عملکردهای شناختی پیچیده است، به صورت تئوری تحریک آندی tDCS موجب انگیزتگی عملکرد آن ناحیه می‌شود (Vitor-Costa et al., 2015). زمانی که محل تحریک به درستی انتخاب و پروتکل مناسب استفاده شود، می‌توان انتظار داشت که پتانسیل‌های برانگیخته‌ی حرکتی مغز در ناحیه‌ی الکتروود آنودال تسهیل شود و شکل‌پذیری قشری در ارتباط با بهبود اجرای حرکتی صورت گیرد و از این طریق بر اجرای حرکت مورد نظر تأثیر مستقیم بگذارد (Brunoni et al., 2012). باتوجه به اینکه محل قرارگیری دوپامین در قشر پیش‌پیشانی است، تحریک الکتریکی با فرکانس مناسب در قشر پیش‌پیشانی، رهاسازی دوپامین را افزایش می‌دهد که می‌تواند سطح گلوتامات، آمینو اسید مرتبط با تمرکز و حافظه را افزایش دهد و موجب بهبود عملکرد تمرکز و در نتیجه دقت تیراندازی می‌شود (Oberle & Ketcham, 2014).

یکی از یافته‌های دیگر این پژوهش، در متغیر عملکرد تیراندازی این بود که گروه آمادگی جسمانی در پیش آزمون

- programme: the Deary-Liewald reaction time task. *Behavior research methods*, 43, 258-268.
- Ehsanbakhsh, H. (2018). The effect of physical fitness exercises on improving the shooting performance of military personnel (Case study: One of the army ranger units). *Military Science and Tactics*, 13(42), 169-184. (in Persian)
- Fiori, V., Coccia, M., Marinelli, C. V., Vecchi, V., Bonifazi, S., Ceravolo, M. G., ... Marangolo, P. (2011). Transcranial direct current stimulation improves word retrieval in healthy and nonfluent aphasic subjects. *Journal of cognitive neuroscience*, 23(9), 2309-2323.
- Fregni, F., Boggio, P. S., Nitsche, M., Bermpohl, F., Antal, A., Feredoes, E., ... Paulus, W. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Experimental brain research*, 166, 23-30.
- Fridriksson, J., Richardson, J. D., Baker, J. M., & Rorden, C. (2011). Transcranial direct current stimulation improves naming reaction time in fluent aphasia: a double-blind, sham-controlled study. *Stroke*, 42(3), 819-821.
- Gladwin, T. E., den Uyl, T. E., Fregni, F. F., & Wiers, R. W. (2012). Enhancement of selective attention by tDCS: interaction with interference in a Sternberg task. *Neuroscience letters*, 512(1), 33-37.
- Goodarzi, N., Nosratabadi, M., & Ahmadi, H. (2019). The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on Attention and Shooting Performance in Shooters. *J Biochem Tech*, 140-144. (in Persian)
- Horvath, J. C., Forte, J. D., & Carter, O. (2015). Quantitative review finds no evidence of cognitive effects in healthy populations from single-session transcranial direct current stimulation (tDCS). *Brain stimulation*, 8(3), 535-550.
- Jones-Odeh, E., Yonova-Doing, E., Bloch, E., Williams, K. M., Steves, C. J., & Hammond, C. J. (2016). The correlation between cognitive performance and
- نویسندگان اعلام می‌دارند که در این پژوهش هیچ گونه تعارض منافی وجود ندارد.
- ### منابع
- Amini, A., & Vaezmousavi, M. (2021). The Effect of Transcranial Electrical Stimulation on Athletic Performance Optimization: Systematic Review, Meta-Analysis, and Proposing a Theoretical Model. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*, 9(4), 81-104. (in Persian)
- Arias, P., Corral-Bergantiños, Y., Robles-García, V., Madrid, A., Oliviero, A., & Cudeiro, J. (2016). Bilateral tDCS on primary motor cortex: effects on fast arm reaching tasks. *PLoS One*, 11(8), e0160063.
- Boggio, P. S., Sultani, N., Fecteau, S., Merabet, L., Mecca, T., Pascual-Leone, A., ... Fregni, F. (2008). Prefrontal cortex modulation using transcranial DC stimulation reduces alcohol craving: a double-blind, sham-controlled study. *Drug and alcohol dependence*, 92(1-3), 55-60.
- Brunoni, A. R., Nitsche, M. A., Bolognini, N., Bikson, M., Wagner, T., Merabet, L., ... Pascual-Leone, A. (2012). Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): challenges and future directions. *Brain stimulation*, 5(3), 175-195.
- Coffman, B. A., Clark, V. P., & Parasuraman, R. (2014). Battery powered thought: enhancement of attention, learning, and memory in healthy adults using transcranial direct current stimulation. *Neuroimage*, 85, 895-908.
- De Witte, S., Klooster, D., Dedoncker, J., Duprat, R., Remue, J., & Baeken, C. (2018). Left prefrontal neuronavigated electrode localization in tDCS: 10-20 EEG system versus MRI-guided neuronavigation. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 274, 1-6.
- Deary, I. J., Liewald, D., & Nissan, J. (2011). A free, easy-to-use, computer-based simple and four-choice reaction time

- Journal Mil Med*, 12(2), 89-92. (in Persian)
- Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., ... Castaneda-Sceppa, C. (2007). Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1094.
- Oberle, K., & Ketcham, C. Cerebellar Transcranial Direct Current Stimulation and Dual-Task Performance.
- Parasuraman, R., & McKinley, R. A. (2014). Using noninvasive brain stimulation to accelerate learning and enhance human performance. *Human factors*, 56(5), 816-824.
- Peljha, Z., Michaelides, M., & Collins, D. (2018). The relative importance of selected physical fitness parameters in Olympic clay target shooting.
- Polanía, R., Paulus, W., Antal, A., & Nitsche, M. A. (2011). Introducing graph theory to track for neuroplastic alterations in the resting human brain: a transcranial direct current stimulation study. *Neuroimage*, 5, ۲۲۸۷-۲۲۹۶, (۳)۴
- Rocha, K., Marinho, V., Magalhães, F., Carvalho, V., Fernandes, T., Ayres, M., ... Cagy, M. (2020). Unskilled shooters improve both accuracy and grouping shot having as reference skilled shooters cortical area: An EEG and tDCS study. *Physiology & behavior*, 224, 113036.
- Ruohonen, J., & Karhu, J. (2012). tDCS possibly stimulates glial cells. *Clinical neurophysiology*, 123(10), 2006-2009.
- Safari, M. A., Koushki Jahromi, M., & Foroughi, A. (2019). Comparison of Physical Fitness Factors among AJA Graduates. *Military Management Quarterly*, 18(72), 110-121. (in Persian)
- Santtila, M., Pihlainen, K., Viskari, J., & Kyröläinen, H. (2015). Optimal physical training during military basic training period. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29, S154-S15.
- retinal nerve fibre layer thickness is largely explained by genetic factors. *Scientific reports*, 6(1), 34116.
- Kamali, A.-M., Nami, M., Yahyavi, S.-S., Saadi, Z. K., & Mohammadi, A. (2۰۱۹). Transcranial direct current stimulation to assist experienced pistol shooters in gaining even-better performance scores. *The Cerebellum*, 18, 119-127. (in Persian)
- Kasschau, M., Sherman, K., Haider, L., Frontario, A., Shaw, M., Datta, A., ... Charvet, L. (2015). A protocol for the use of remotely-supervised transcranial direct current stimulation (tDCS) in multiple sclerosis (MS). *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*(106), e53542.
- Kayihan, G., Ersöz, G., Özkan, A., & Koz, M. (2013). Relationship between efficiency of pistol shooting and selected physical-physiological parameters of police. *Policing: an international journal of police strategies & management*, 36(4), 819-832.
- McIntire, L. K., McKinley, R. A., Goodyear, C., & McIntire, J. P. (2020). The effects of anodal transcranial direct current stimulation on sleep time and efficiency. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 357.
- McKinley, R. A., McIntire, L., Nelson, J., Nelson, J., & Goodyear, C. (2017). The effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on training during a complex procedural task. *Advances in Neuroergonomics and Cognitive Engineering: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Neuroergonomics and Cognitive Engineering*, July 27-31, 2016, Walt Disney World®, Florida, USA,
- Mitchell, L., & Flin, R. (2007). Shooting decisions by police firearms officers. *Journal of cognitive engineering and decision making*, 1(4), 375-390.
- Najafi Mehri, S., Sadeghian, M., Tayyebi, A., Karimi Zarchi, A., & Asgari, A. (2010). Epidemiology of physical injuries resulted from military training course.

Effortfulness and Shooting Scores of Military Personnel. *Military Psychology*, 11(43), 49-60. (in Persian)

Scribner, D. R., Wiley, P. H., & Harper, W. H. (2007). The effect of continuous operations and various secondary task displays on soldier shooting performance. *Army research lab Aberdeen proving ground*.

Shakibae, A., Rahimi, M., Bazgir, B., & Asgari, A. (2015). A review on physical fitness studies in military forces. *Ebnesina*, 16(4), 64-79. (in Persian)

Strobach, T., & Antonenko, D. (2017). tDCS-induced effects on executive functioning and their cognitive mechanisms: a review. *Journal of Cognitive Enhancement*, ۶۴-۴۹, ۱

Swenson, D. X., Waseleski, D., & Hartl, R. (2008). Shift work and correctional officers: Effects and strategies for adjustment. *Journal of Correctional Health Care*, 14(4), 299-310.

Takai, H., Tsubaki, A., Sugawara, K., Miyaguchi, S., Oyanagi, K., Matsumoto, T., ... Yamamoto, N. (2016). Effect of transcranial direct current stimulation over the primary motor cortex on cerebral blood flow: a time course study using near-infrared spectroscopy. *Oxygen Transport to Tissue XXXVII*,

Torabi, F., & Mortazaedarsara, Z. (2022). The effect of direct brain electrical stimulation on concentration and the record of pistol shooter. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, 13(4), 407-425. (in Persian)

Vitor-Costa, M., Okuno, N. M., Bortolotti, H., Bertollo, M., Boggio, P. S., Fregni, F., & Altimari, L. R. (2015). Improving cycling performance: transcranial direct current stimulation increases time to exhaustion in cycling. *PLoS One*, 10(12), e0144916.

Whitehead, A. L. (2013). Gendered organizations and inequality regimes: Gender, homosexuality, and inequality within religious congregations. *Journal for the Scientific Study of Religion*, 52(3), 476-493.

Yousefpour Dehaghani, A., Akbari, A., & Amini, A. (2020). The Impact of a Period of Sleep Deprivation on the Selective Attention, Concentration,