Article history:
Received: 2024/8/18
Revised: 2024/10/15
Accepted: 2024/11/11
Published: 2024/12/21

How to cite:
Esmaieli M, Rahimzadeh M, Karami E. Comparison of the effect of a period of physical fitness training with and without transcranial direct current stimulation (tDCS) on decision-making and pistol shooting performance. EBNESINA 2024;26(4):5-17.
DOI: 10.22034/26.4.5

1. Department of science, Shahid Sattari University of Aeronautical Engineering or Air Academy, Tehran, Iran
2. Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran
3. Exercise Physiology Research Center, Lifestyle Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

✉ Corresponding Author:
Mohammad Esmaeili
Address: Department of science, Shahid Sattari University of Aeronautical Engineering or Air Academy, Tehran, Iran
Tel: +98 (21) 64032282
E-mail: s_esmaeili20@yahoo.com

Original Article

Comparison of the effect of a period of physical fitness training with and without transcranial direct current stimulation (tDCS) on decision-making and pistol shooting performance

Mohammad Esmaieli [1]✉, Mehdi Rahimzadeh [2], Esmail Karami [3]

Abstract

Background and aims: Complete combat readiness is an emerging concept in the 21st century that is achieved by integrating mental and physical components. This study aimed to compare the effects of a period of physical fitness training with and without transcranial direct current stimulation (tDCS) on decision-making and pistol shooting performance among officer students.

Methods: The present study was semi-experimental with a pre-test and post-test design. A total of 36 students at Imam Ali University were randomly divided into three groups: physical fitness training without tDCS (n=12), physical fitness training with tDCS (n=12), and a sham group (n=12). In the pre-test phase, participants performed 10 pistol shots and completed a decision-making test, with their performance recorded. The training and stimulation period consisted of 10 sessions. The post-test was conducted 24 hours after the pre-test, following the same procedures. Data were analyzed using repeated measures analysis of variance, with the LSD post-hoc test used for pairwise comparisons.

Results: The results indicated that physical fitness training combined with tDCS significantly improved decision-making ($p<0.05$) and enhanced shooting performance and accuracy ($p<0.05$).

Conclusion: Based on the findings of this study, it is suggested that tDCS, could be utilized as a complementary technique to physical fitness training to enhance shooting performance and cognitive-perceptual factors, such as decision-making, in military student programs.

Keywords: Physical Fitness, tDCS, Decision Making, Guns, Military Personnel

OPEN ACCESS

Copyright© 2024. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms. Downloaded from: http://www.ebnesina.ajaums.ac.ir

Introduction

Research indicates that the effective execution of shooting skills depends not only on physical and motor fitness variables but also significantly on the mental abilities and cognitive performance of the individual at the time of shooting [6]. Scribner et al. demonstrated that impairments affecting weapon accuracy, reaction time, decision-making, and selective attention can impair a shooter's performance in detecting a target and firing [8]. One critical cognitive perceptual skill that is essential for successful shooting performance is decision-making. This function, which relies heavily on the dorsolateral prefrontal cortex (PFC), involves choosing between several options. A widely supported cognitive rehabilitation and performance enhancement technique that has emerged over the past two decades is transcranial direct current stimulation (tDCS) [11]. This form of modulation can lead to observable changes in behavioral functions or cognitive components such as attention, reaction time, decision-making, and working memory [12]. In tDCS, the placement of electrodes is crucial for determining the effectiveness of the stimulation. Consequently, the primary challenge related to tDCS is the positioning of the electrodes [13]. The superior lateral PFC is a key brain region involved in cognitive functions, and dysfunction in this area has been shown to impair cognitive abilities [14].

tDCS appears to be effective in enhancing performance and improving cognitive functions and related factors. Finding an approach that offers greater effectiveness (e.g., short duration, safety, low cost, and feasibility) while enhancing cognitive performance indicators is a priority. To date, our search has revealed no studies that simultaneously compare the effects of physical fitness training combined with tDCS on decision-making and shooting performance. Therefore, this study aimed to investigate the effects of a course of physical fitness training with and without tDCS on decision-making and pistol shooting performance.

Methods

This study employed a quasi-experimental design with pre-test and post-test assessments. The statistical population consisted of officer students at Imam Ali Officers' University. A total of 36 officer university students were purposefully selected based on inclusion and exclusion criteria. According to the research objectives, the participants were randomly divided into three groups: training without tDCS (12 participants), training with tDCS (12 participants), and a sham group (12 participants). Following 10 sessions of selected physical fitness exercises and tDCS stimulation for the experimental groups, a post-test was administered, mirroring the pre-test, and the results were analyzed using statistical methods. The preparatory exercises were performed over 10 sessions, each lasting 60 minutes. To assess decision-making, the Iowa Gambling Task, introduced by Bechara et al. in 1994, was utilized [21]. Additionally, a pistol shooting test was conducted to measure performance.

Results

Pairwise comparisons among the research groups regarding decision-making indicated a significant difference between the sham group and the tDCS+training group ($p<0.01$). Furthermore, a significant difference was observed between the tDCS+training group and the training group ($p<0.05$). No significant difference was found between the sham group and the training group ($p>0.05$). The pairwise comparison using the LSD test revealed significant differences in shooting performance between the sham group and the tDCS+ training group ($p<0.05$) and between the tDCS+ training group and the training group ($p<0.05$). However, no significant difference was

noted between the sham group and the physical fitness group.

Discussion and Conclusion

This study aimed to compare the effects of a period of physical fitness training with and without tDCS on decision-making and pistol shooting performance. The findings indicated a significant difference in decision-making between the tDCS+training group and both the sham and training (alone) groups. This suggests that combining physical fitness training with tDCS can enhance decision-making capabilities, a result that was statistically significant. Conversely, physical fitness training alone, as implemented in this study, did not significantly improve decision-making. Additionally, the tDCS+training group demonstrated a significant improvement in shooting performance compared to both the sham group and the training group, while the training group alone did not show a significant difference in shooting performance compared to the sham group. These results indicate that combining tDCS with physical fitness exercises can significantly enhance shooting performance among officer students.

In this context, Ghayebzadeh et al. [22] found that transcranial direct current stimulation (tDCS) applied to the dorsolateral prefrontal cortex over 20 sessions significantly improved decision-making and cognitive factors in elderly individuals aged 50 to 58 years. Similarly, Mancuso et al. [26] and Moslemi and Chalabianloo [27] reported findings that aligned with this study. However, the results from Yang et al. [28] were inconsistent with those of the present study. Potential reasons for this discrepancy may include differences in sample sizes, the intensity and duration of the stimulation, the number of sessions, and the types of tasks used in the other studies.

Ethical Considerations

Participation in the study was voluntary, with each participant completing an informed consent form. Respondents were assured that their responses would remain confidential and used solely for research purposes. To prevent bias, participants were informed that the study's results would not affect their selection.

This research was approved by the Research Ethics Committees of Sport Sciences Research Institute (SSRI) with code IR.SSRC.REC.1402.292. Also, this study has been registered with the clinical trial code IRCT20240213060991N1.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We would like to express our gratitude to the research team and the dedicated members of the executive and administrative groups at Shahid Sattari University of Aeronautical Engineering and Imam Ali Officers' University for their efforts.

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۳/۵/۲۸
ویرایش: ۱۴۰۳/۷/۲۴
پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۲۱
انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۱

مقاله تحقیقی

مقایسه تأثیر یک دوره تمرینات آمادگی جسمانی با و بدون تحریک الکتریکی جریان مستقیم (tDCS) بر تصمیم‌گیری و عملکرد تیراندازی با تپانچه

محمد اسماعیلی [۱]✉، مهدی رحیم‌زاده [۲]، اسماعیل کرمی [۳]

چکیده

زمینه و اهداف: آمادگی کامل رزم، مفهومی نوظهور در قرن بیست و یکم است که با یکپارچگی مؤلفه‌های ذهنی و بدنی محقق می‌شود. مطالعه حاضر با هدف مقایسه تأثیر یک دوره تمرینات آمادگی جسمانی با و بدون تحریک الکتریکی جریان مستقیم (tDCS) بر تصمیم‌گیری و عملکرد تیراندازی با تپانچه در دانشجویان افسری انجام گرفت.

روش بررسی: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی، با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. از دانشجویان افسری دانشگاه امام علی(ع)، ۳۶ نفر به عنوان نمونه به‌صورت تصادفی به ۳ گروه آمادگی جسمانی بدون tDCS (۱۲ نفر)، آمادگی جسمانی با tDCS (۱۲ نفر) و گروه شم (۱۲ نفر) تقسیم شدند. در مرحله پیش‌آزمون شرکت‌کنندگان به اجرای ۱۰ شلیک با تپانچه و آزمون تصمیم‌گیری 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 همراه tDCS تأثیر معنی‌داری بر تصمیم‌گیری دارد ($p<۰/۰۵$) و همچنین تمرینات آمادگی جسمانی همراه با تحریک الکتریکی جریان مستقیم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و دقت تیراندازی دارد ($p<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این مطالعه، می‌توان پیشنهاد کرد که tDCS به عنوان تکنیک و مکمل تمرینات آمادگی جسمانی برای افزایش عملکرد تیراندازی و عوامل شناختی-ادراکی همچون تصمیم‌گیری در برنامه‌های نظامی دانشجویان افسری مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: آمادگی جسمانی، تحریک الکتریکی جریان مستقیم، تصمیم‌گیری، تفنگ، نظامیان

۱. دانشکده علوم پایه، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری، تهران، ایران
۲. گروه رفتار حرکتی و روان شناسی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳. مرکز تحقیقات فیزیولوژی ورزشی، پژوهشکده سبک زندگی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌الله(عج)، تهران، ایران

✉نویسنده مسئول: محمد اسماعیلی
آدرس: دانشکده علوم پایه، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری، تهران، ایران
تلفن: ۶۴۰۳۲۲۸۲ (۲۱) ۹۸+
ایمیل: s_esmaeili20@yahoo.com

همه حقوق مادی و معنوی این اثر به فصلنامه علمی پژوهشی ابن‌سینا / اداره بهداشت، امداد و درمان نهاجا تعلق دارد.

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 [۱]. 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 [۲]. برای رسیدن به مشخصه‌های نیروی نظامی کامل با قابلیت عملکرد در ابعاد جهانی توجه به مؤلفه‌های آمادگی کامل رزم از اهمیت بسزایی 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 دسته ذهن، آمادگی معنوی، رفتاری و اجتماعی قرار دارد. در حالی که در دسته جسم، آمادگی فیزیکی، تغذیه، محیطی و پزشکی قرار دارد. آمادگی فیزیکی، از طریق انجام تمرینات فشار و تمرین استقامتی محقق می‌شود که بخشی از فرهنگ نظامی است. آمادگی پزشکی و محیطی نیز در نیروهای مسلح به طور گسترده مورد توجه است. اخیراً نیز تمرکز بر آمادگی روانی شروع شده است [۳]. 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 حوزه روان‌شناسی 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 [۴]. در واقع آموزش‌های نیروهای نظامی همیشه صورت می‌گیرد. یکی از این آموزش‌ها تعلیم و تربیت نیروهای زبده و حرفه‌ای تیرانداز است. این نیروها می‌توانند در همه سطوح و زمین‌های جنگی و نبرد به کار گرفته شوند. اهمیت نیروهای تیرانداز در هر نیروی نظامی بسیار مفید و مهم است [۵]. دقت و سرعت در تیراندازی، از مؤلفه‌های مهم در تعیین سرنوشت نبرد و غلبه بر دشمن است [۴].

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 عمل و عکس‌العمل) تا حد زیادی تحت تأثیر توانایی‌های ذهنی و عملکرد شناختی فرد (مانند دقت، تمرکز، آرامش و سطح برانگیختگی) به هنگام شلیک قرار دارد [۶]. اسکریبنر[1] و همکاران نشان دادند هرگونه اختلال تأثیرگذار بر موارد یاد شده مخصوصاً دقت استفاده از سلاح، زمان واکنش، تصمیم‌گیری و توجه انتخابی می‌تواند عملکرد تیرانداز را هنگام تشخیص هدف و شلیک تضعیف کند. سابق بر این تصور می‌شد که تنها راه کسب آمادگی در تیراندازی و حفظ آن در نیروهای نظامی، دوره های آموزشی با تأکید بر آموزش‌های نظامی و عملیاتی است و این نیروها از طریق دیگری نمی‌توانند خود را برای شرکت در فعالیت‌ها و مأموریت‌های 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

1. Scribner

قوانینی معین و مدون و توسط افرادی خبره و ماهر و با استفاده از تجهیزات، روش‌ها و وسایل مدرن و به‌روز، آموزش داده شود [۷، ۸]. یکی از مهارت‌های ادراکی شناختی مهمی که از ویژگی‌های کلیدی و زیربنایی عملکرد موفق در تیراندازی به حساب می‌آید، تصمیم‌گیری است که به معنای توانایی دریافت اطلاعات اساسی از محیط، تفسیر درست اطلاعات و سپس پاسخ مناسب است. اجرای سطح بالا در زمینه ورزشی نه تنها توسط اجرای مؤثر تکلیف حرکتی، بلکه توسط سطوح بالای تصمیم‌گیری مشخص شده است؛ به ویژه اینکه اجرای مهارت‌های باز در سطح خبرگی اغلب می‌تواند توسط کیفیت فرآیند تصمیم‌گیری تعریف شود [۹]. تصمیم‌گیری یکی از عالی‌ترین عملکردهای شناختی وابسته به قشر پیش‌پیشانی فوقانی جانبی (DLPFC)[1] محسوب می‌شود که در آن فرد بین چند گزینه یکی را انتخاب می‌کند. بررسی‌ها حاکی از آن است که DLPFC نیمکره چپ در پردازش اطلاعات برای تصمیم‌گیری مناسب، نقش مهمی ایفا می‌کند [۱۰].

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 روش‌های 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 نظریه‌های شناختی، مداخلات شناختی به عنوان عوامل مؤثر در بهینه‌سازی عملکرد، متشکل از سه نظام اثرپذیری کارکرد شناختی، روان‌شناختی و فیزیولوژیکی در نظر گرفته می‌شود که واکنش‌های بدنی، شناختی و رفتاری را متأثر می‌کند. یکی از تکنیک‌های 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 (tDCS)[2] است [۱۱]. این تکنیک کاملاً غیرتهاجمی است و عمدتاً برای تعدیل میزان تحریک‌پذیری 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 مؤلفه‌های شناختی از قبیل توجه، زمان واکنش، تصمیم‌گیری و حافظه کاری شود [۱۲]. 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 است [۱۳]. مهمترین منطقه مغزی دخیل در عملکردهای شناختی، ناحیه قشر فوقانی جانبی پیش‌پیشانی است. مشخص شده است که اختلال در عملکرد این ناحیه، باعث نقض در عملکردهای شناختی می‌شود [۱۴]. مطالعات در این زمینه نشان داده‌اند که تحریک DLPFC هوشیاری و توجه را حفظ می‌کند [۱۵]. tDCS در ناحیه DLPFC نیز با بهبود در جستجوی بصری مرتبط است. در همین راستا، مک‌اینتایر[3] و همکاران پیشنهاد می‌کند که tDCS در ابتدا موجب افزایش و سپس حفظ عملکرد هوشیاری می‌شود [۱۶]. به علاوه پژوهشگران مشخص کردند که tDCS می‌تواند سرعت و پردازش بصری را سریعتر کند [۱۷، ۱۸]. به تازگی، در یک مطالعه مروری کوفمن[4] و همکاران 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 [۱۹]. مطالعات انجام گرفته در این زمینه بیشتر عملکردهای شناختی دست بالا را مد نظر قرار داده‌اند و شاخص‌های 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 باشند (برای مثال، مدت زمان کوتاه، ایمنی، کم هزینه و قابل اجرا

1. dorsolateral prefrontal cortex
2. transcranial direct current stimulation
3. McIntire
4. Coffman

بودن) و شاخص‌های عملکرد شناختی را ارتقاء دهند در اولویت قرار می‌گیرند. به دانش ما تاکنون هیچ مطالعه‌ای انجام نشده است که به مقایسه همزمان تأثیر تمرینات آمادگی جسمانی همراه با tDCS بر تصمیم‌گیری و عملکرد تیراندازی بپردازد. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی مقایسه تأثیر یک دوره تمرینات آمادگی جسمانی با و بدون tDCS بر تصمیم‌گیری و عملکرد تیراندازی با تپانچه بود.

روش بررسی

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. اندازه حجم نمونه با نرم افزار G-power نسخه ۳.۱.۹.۲ با استفاده از آلفای ۵٪، بتای ۸۵٪ (توان آزمون ۰/۸۵) و اندازه اثر ۰/۳ بر اساس مقادیر از مطالعاتی که قبلاً انجام شده بود، اقتباس گردید. معیار ورود به پژوهش، دانشجویان سال سوم و چهارم (آشنا به فنون تیراندازی)، عدم شرکت در دوره‌های تحریک غیرتهاجمی مغز در زمان اجرای پژوهش، عدم مصرف داروهای تأثیرگذار بر عملکرد شناختی و حرکتی در زمان اجرای پژوهش و عدم شرکت در دوره‌های ورزشی دیگر بود. معیار خروج از مطالعه عبارت بود از اینکه مشارکت کننده، 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 سؤالات افراد، پرسشنامه سلامتی، فرم رضایتنامه و مشخصات فردی توسط مشارکت‌کننده‌ها تکمیل و مشارکت کننده‌ها بر اساس ویژگی‌های فردی ازجمله قد، سن و وزن بدن همگن شدند و سپس با توجه به اهداف پژوهش، ۳۶ دانشجوی به‌صورت تصادفی به ۳ گروه تمرین بدون tDCS (۱۲ نفر)، تمرین با tDCS (۱۲ نفر) و گروه شم (۱۲ نفر) تقسیم شد. پس از انجام هماهنگی‌های لازم و جلب همکاری داوطلبانه مشارکت‌کننده‌ها و تهیه ابزارهای لازم، پیش‌آزمون از مشارکت کننده‌ها گرفته شد. سپس بعد از ۱۰ جلسه تمرینات منتخب آمادگی جسمانی و tDCS برای ۳ گروه آزمایش، همانند پیش‌آزمون از مشارکت‌کننده‌ها، پس‌آزمون گرفته و نتایج با روش‌های آماری بررسی شد.

تمرینات منتخب آمادگی در۱۰ جلسه و هر جلسه ۶۰ دقیقه اجرا گردید. برنامه هر جلسه تمرین نیز شامل سه مرحله 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 انعطاف پذیری 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 [۲۰].

برای آزمون تصمیم‌گیری در این پژوهش از تکلیف قمار آیوا (IGT)[1] که بچارا[2] و همکاران در سال ۱۹۹۴ معرفی کردند، استفاده گردید [۲۱]. این آزمون به وسیله نسخه رایانه‌ای فارسی IGT توسط تحقیق و توسعه مدینا طب‌گستر اندازه‌گیری شد. در این آزمون، برای شروع ۲۰۰۰ امتیاز (در آزمون اصلی دلار) به مشارکت کننده قرض داده می‌شود و از مشارکت‌کننده خواسته می‌شود که از ۱۰۰ کوشش طراحی شده در نرم‌افزار، میزان امتیاز بیشتری را جمع‌آوری کند. IGT شامل چهار دسته کارت است که انتخاب هر کدام از دسته کارت‌ها میزانی از سود و زیان به همراه دارد. یعنی با انتخاب هر کدام از دسته کارت‌ها مشارکت‌کننده امکان دارد میزان خاصی از امتیاز را برنده شود یا برعکس مقداری از آن را از دست بدهد. دسته کارت‌ها در آزمون‌های مختلف به اسامی گوناگون معروفند، ولی با استناد به مطالعه اصلی بچارا و همکاران، بیشتر با عناوین A، B، C و D نام گذاری شده‌اند. دسته کارت‌های A و B پاداش

1. Iowa Gambling Task (IGT)
2. Bechara

بزرگتری به همراه دارند (بیش از ۱۰۰ امتیاز) اما ضرر آنها بیشتر است و انتخاب این کارت‌ها ریسک تلقی می‌شود. در مقابل، دسته کارت‌های C و D دارای پاداش کمتری هستند (۵۰ امتیاز)، اما ضرر و زیان آنها به نسبت کمتر است. در پایان، مؤلفه‌های آزمون به صورت دقیق توسط رایانه ثبت می‌شوند. آزمون ذکر شده شامل مؤلفه‌های امتیاز کل دریافت شده، امتیاز کل از دست رفته، فراوانی انتخاب کارت‌ها و امتیاز کل آزمون است. سپس امتیاز به دست آمده در هر مؤلفه ثبت و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار می‌گیرد [۲۲].

برای سنجش عملکرد از آزمون تیراندازی با تپانچه استفاده شد. تیراندازی به هدف با تپانچه‌ای از فاصله ۱۰ متری اجرا و به هر مشارکت کننده اجازه ۱۰ شلیک داده شد. نحوه امتیاز دهی به دقت تیراندازی به صورت مجموع امتیازات به دست آمده از کل شلیک‌ها (صفر تا ۱۰۰) در نظر گرفته شد [۲۳].

از دستگاه tDCS جهت تحریک الکتریکی مستقیم مغز استفاده گردید. دستگاه مورد استفاده در این پژوهش Dose Active و منبع جریان این دستگاه یک باطری ۹ ولت بود. حداکثر شدت جریان ۴ میلی‌آمپر 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 سانتی‌متر مربع قرار گرفت و سطح پدها با محلول کلرید سدیم ۹٪ 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 tDCS اجرا گردید که مدت زمان هر جلسه آن ۲۰ دقیقه بود [۲۴]. در پژوهش حاضر نیز تحریک در ناحیه DLPFC اجرا شد به این صورت که تحریک آنودی مغز از روی جمجمه در ناحیه DLPFC چپ و تحریک کاتدی در ناحیه DLPFC راست (به ترتیب ناحیه F3 و F4، بر اساس نگاشت سیستم ۱۰-۲۰) به مشارکت کننده ارائه شد [۲۵].

ملاحظات اخلاقی

مشارکت افراد به‌صورت 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.

تجزیه 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 شاپیرو-ویلک استفاده شد. همگنی واریانس‌ها نیز با استفاده از آزمون لوین ارزیابی شد. برای مقایسه شاخص‌ها از پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه‌های تحقیق از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. برای مقایسه زوجی گروه‌ها از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد. سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ جهت تحلیل داده‌ها استفاده شد.

یافته‌ها

در جدول ۱ نتایج مربوط به آمار توصیفی متغیرهای دموگرافیک را به تفکیک گروه نشان می‌دهد. جدول ۲ نتایج آمار توصیفی متغیرهای تحقیق را نشان می‌دهد. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در شاخص تصمیم‌گیری در پیش‌آزمون گروه آمادگی جسمانی کمترین میانگین را داشت و در پس‌آزمون گروه tDCS+تمرین بیشترین میانگین را داشت. در متغیر عملکرد تیراندازی در پیش‌آزمون گروه شم کمترین امتیاز را داشت و در پس‌آزمون گروه tDCS+تمرین بیشترین امتیاز را داشت.

جدول ۱- شاخص های آمار توصیفی متغیرهای دموگرافیک

شاخص	گروه		
	شم	tDCS+تمرین	تمرین
سن (سال)	۲۱/۵۸±۰/۷۹	۲۱/۸۳±۱/۱۱	۲۰/۵۳±۱/۲۶
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۱/۹۵±۱/۴۶	۲۲/۳۸±۰/۷۷	۲۱/۵۳±۱/۴۰

آزمون تحلیل واریانس چند متغیره در متغیر تصمیم‌گیری (p=۰/۵۴۱، F=۳۸/۸۹۱، Pillai's Trace=۰/۵۴۱) و عملکرد تیراندازی (p=۰/۰۸۱، F=۳/۲۴۹، Pillai's Trace =۰/۰۹۰) نشان داد که فرض همگنی ماتریس های کوواریانس برقرار است. همچنین آزمون موچلی نشان دادکه فرض کرویت برای این متغیرها برقرار است (p<۰/۰۵). داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر تحلیل شدند. نتایج این تحلیل در جدول ۳ گزارش شده است. همانطور که در این جدول گزارش شده است در منبع زمان تفاوت معنی‌داری در شاخص عملکرد تیراندازی (F=۳/۲۴ ،p=۰/۰۸۱ ،η2 =۰/۰۹۰) وجود ندارد، هر چند در مقایسه زوجی بین گروه‌ها بین گروه شم با tDCS+تمرین و tDCS+تمرین با تمرین تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در شاخص تصمیم‌گیری در منبع زمان (F=۳۸/۸۹ ،p=۰/۰۰۱ ،η2=۰/۵۴۱) تفاوت معنی‌دار بود و در منبع زمان×گروه نیز (F=۲۰/۶۱ ،p=۰/۰۰۱ ،η2=۰/۵۵۵) این تفاوت معنی‌دار بود. اما شاخص عملکرد تیراندازی در منبع زمان×گروه عدم معنی‌داری را نشان داد (η2=۰/۱۱۴، F=۲/۱۲ ،p=۰/۱۳۵).

بر اساس مقایسه زوجی بین گروه‌های تحقیق در متغیر تصمیم‌گیری مشخص شد که تفاوت معنی‌داری بین گروه شم با tDCS+تمرین وجود دارد (p<۰/۰۱). همچنین در این متغیر تفاوت معنی‌داری بین گروه tDCS+ تمرین با تمرین وجود داشت (p<۰/۰۵). بین گروه شم با گروه تمرین تفاوت معنی‌داری یافت نشد (نمودار ۱-الف).

در عملکرد تیراندازی بین گروه شم با tDCS+تمرین

جدول ۳- نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در متغیرهای تحقیق

منبع	شاخص	F	df	مقدار p	مربع اتای جزئی
زمان	تصمیم‌گیری	۳۸/۸۹	۱	۰/۰۰۱	۰/۵۴۱
	عملکرد تیراندازی	۳/۲۴	۱	۰/۰۸۱	۰/۰۹۰
زمان×گروه	تصمیم‌گیری	۲۰/۶۱	۲	۰/۰۰۱	۰/۵۵۵
	عملکرد تیراندازی	۲/۱۲	۲	۰/۱۳۵	۰/۱۱۴

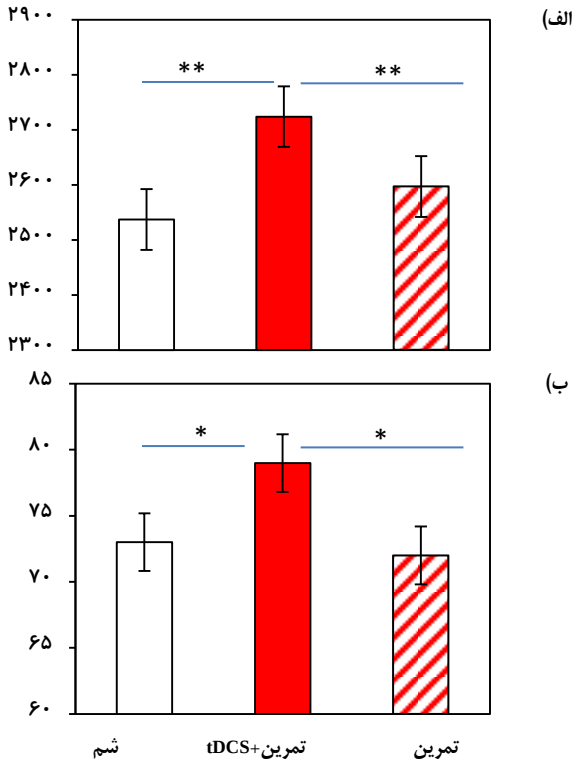
جدول ۲- نتایج آزمون توصیفی در متغیرهای تحقیق

شاخص	مرحله	گروه		
		شم	tDCS+تمرین	تمرین
تصمیم‌گیری	پیش‌آزمون	۲۵۱۶/۵۰±۶۷/۵۱	۲۵۳۳/۲۵±۸۱/۹۶	۲۵۱۰/۰±۷۷/۸۸
(امتیاز)	پس‌آزمون	۲۵۳۷/۰±۵۸/۸۳	۲۷۲۴/۷۵±۶۰/۱۱	۲۵۹۷/۹۱±۱۰۷/۹۹
عملکرد تیراندازی	پیش‌آزمون	۷۲/۱۷±۴/۵۲	۷۲/۷۵±۶/۸۷	۷۳/۰۸±۶/۱۱
(امتیاز)	پس‌آزمون	۷۳/۶۶±۶/۰۸	۷۹/۷۵±۶/۳۶	۷۲/۷۵±۵/۲۹

تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p<۰/۰۵) و نیز بین گروه tDCS+تمرین با تمرین تفاوت معنی‌داری به دست آمد (p<۰/۰۵). اما بین گروه شم با گروه تمرین تفاوت معنی‌داری یافت نشد (نمودار ۱-ب).

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی مقایسه تأثیر یک دوره تمرینات آمادگی جسمانی با و بدون tDCS بر تصمیم‌گیری و عملکرد تیراندازی با تپانچه انجام گرفت. یافته‌ها در ابتدا نشان داد که در متغیر تصمیم‌گیری تفاوت معنی‌داری بین گروه tDCS+تمرین با گروه شم (تحریک ساختگی) و تمرین (به تنهایی) بود و این نشانگر این نکته است که تمرینات آمادگی جسمانی همراه با tDCS می‌تواند باعث افزایش قدرت



نمودار ۱- مقایسه زوجی شاخص‌های تصمیم‌گیری (الف) و عملکرد تیراندازی (ب)

* معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱

تصمیم‌گیری شود و این افزایش از لحاظ آماری معنی‌داری بوده است. اما تمرینات آمادگی جسمانی به شیوه پروتکل این پژوهش به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر بهبود و افزایش متغیر تصمیم‌گیری نمی‌شود. با توجه به این که بررسی پیشینه پژوهشی نشان داد که تا کنون مطالعه‌ای در زمینه تأثیر tDCS بر تصمیم‌گیری در جامعه آماری افسران نظامی صورت نگرفته است، بنابراین در این بخش نتایج پژوهش حاضر با تحقیقات انجام گرفته در سایر جوامع آماری مقایسه شده است. در این زمینه غایب‌زاده و همکاران دریافتند که tDCS در ناحیه پیش‌پیشانی پشتی-جانبی به مدت ۲۰ جلسه بر روی سالمندان ۵۰ تا ۵۸ ساله، باعث افزایش تصمیم‌گیری و عوامل شناختی شده بود [۲۲]. همچنین مانکوسو و همکاران [۲۶] و مسلمی و چلبیانلو [۲۷] به نتایجی همسو با نتایج این پژوهش در مطالعات خود رسیدند. اما نتایج مطالعات یانگ و همکاران [۲۸] ناهمسو با نتایج پژوهش حاضر بود. از دلایل احتمالی برای ناهمسو بودن این نتایج، می‌توان به تفاوت در نمونه‌های آماری و تعداد آنها، شدت، مدت و تعداد جلسات تحریک و نوع تکلیف به کار برده شده در مطالعات دیگر نام برد. در تبیین یافته‌های فوق می‌توان گفت تحقیقات نشان داده است که ناحیه DLPFC مغز در تصمیم‌گیری نقش دارد. در حالی که DLPFC نیمکره راست در کنترل شناختی عواطف تکانشی درگیر است، سمت چپ در پردازش اطلاعات تعمدی برای تصمیم‌گیری مناسب، نقش مهمی ایفا می‌کند [۱۰]. بنابراین نوعی فعالیت و تعادل درون نیمکره‌ای در DLPFC وجود دارد که در عملکرد تصمیم‌گیری مهم و حیاتی است که این عملکرد نیز خود شامل متوقف کردن خطرپذیری در حضور فرصت‌های امن برای کسب پاداش است [۲۹].

به نظر می‌رسد تحریک tDCS باعث تنظیم فعالیت در ناحیه DLPFC و به دنبال آن تعدیل در رفتارهای منجر به تصمیم‌گیری و اتخاذ تصمیم‌گیری محتاطتر می‌شود. اگرچه مکانیسم دقیق تأثیر tDCS در مغز به طور کامل روشن نشده است، اما یافته‌ها نشان می‌دهد که tDCS با تغییر تحریک‌پذیری پتانسل غشای نورون‌های قشری، در جهت دپولاریزاسیون با هایپرپولاریزاسیون، باعث شلیک بیشتر یا کمتر سلول‌های مغز شده و در نتیجه باعث تعدیل شدن فعالیت مغز می‌شود. علاوه بر این، تحریک آندی tDCS به طور چشمگیری باعث افزایش سروتونین، دوپامین و استیل کولین و کاهش گابا [۳۰] و افزایش جریان خون ناحیه‌ای مغز (RCBF)[1] در ناحیه تحریک شده می‌شود. به بیان دیگر، تحریک آندی، بازداری درون قشری را کاهش و تسهیل قشری را افزایش می‌دهد [۳۱]. همچنین، گزارش شده است که قرار گرفتن الکترود آند بر روی ناحیه DLPFC باعث تحریک آن ناحیه و افزایش فعالیت مغز و آزاد شدن فاکتورهای نوروتروفیک به ویژه فاکتورهای نوروتروفیک مشتق شده از مغز (BDNF)[2] می‌شود. نوروتروفین‌ها باعث راه‌اندازی و برقراری ارتباط نورونی و همچنین تکثیر و تشکیل سیناپس‌ها و در نتیجه گسترش شبکه عصبی می‌شود [۳۲] که این امر باعث افزایش سرعت پردازش‌های مغزی و بهبود عملکردهای شناختی می‌شود. با توجه به مطالب فوق، می‌توان نتیجه گرفت که به دنبال تحریک الکتریکی ناحیه DLPFC، جریان خونی و میزان اکسیژن‌رسانی در ناحیه مذکور افزایش می‌یابد. همچنین تحریک آندی این ناحیه با افزایش تحریک‌پذیری نورون‌های قشری باعث افزایش فعالیت سلول‌های عصبی و به دنبال آن، تعدیل میزان نوروترانسمیترهایی چون دوپامین، استیل‌کولین و سروتونین، باعث بهبود سرعت پردازش و عملکرد شناختی فرد می‌شود.

از دیگر یافته‌های این پژوهش این بود که گروه tDCS+تمرین با گروه شم و گروه تمرین در عملکرد تیراندازی تفاوت معنی‌داری داشت اما گروه تمرین (به تنهایی) با گروه شم هیچ تفاوت معنی‌داری در عملکرد تیراندازی نداشت و این نتایج بیانگر آن است زمانی که tDCS با تمرینات آمادگی جسمانی به عنوان یک متغیر تمرینی ترکیب شود می‌تواند

1. Regional Cortical Blood Flow
2. Brain Derived Neurotrophic Factor

تفاوت حائز اهمیتی در عملکرد تیراندازی دانشجویان افسری ایجاد کند. این نتایج با یافته‌های مطالعه روکا[1] و همکاران [۳۳]، ترابی و همکاران [۲۴]، کمالی و همکاران [۳۴]، گودرزی و همکاران [۳۵] همسو بود. در این مطالعات یافته‌ها حاکی از تأثیرگذاری معنی‌دار tDCS بر روی عملکرد تیراندازی و دقت تیراندازی بود. از دلایلی که می‌توان برای این یافته‌ها آورد این است که tDCS موجب کاهش آستانه 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 بازداری می‌کند. tDCS روی ناحیه DLPFC می‌تواند موجب اصلاح دامنه وسیعی از رفتارها و عملکردهای شناختی شود. اگرچه سازوکار تأثیر tDCS بر عملکردهای شناختی پیچیده است، به صورت تئوری تحریک آندی tDCS موجب انگیختگی عملکرد آن ناحیه می‌شود[۳۶]. زمانی که محل تحریک به درستی انتخاب و پروتکل مناسب استفاده شود، می‌توان انتظار داشت که پتانسیل‌های برانگیخته حرکتی مغز در ناحیه الکترود 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 [۳۷]. با توجه به اینکه محل قرارگیری دوپامین در قشر پیش‌پیشانی است، تحریک الکتریکی با فرکانس مناسب در این ناحیه، 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 [۳۸]. یکی از یافته‌های دیگر این پژوهش، در متغیر عملکرد تیراندازی این بود که گروه آمادگی جسمانی در پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری با گروه شم 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 مطالعه احسان‌بخش [۳۹] و پلژا[2] و همکاران [۴۰] 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 غیرجنگی بودن) در این پژوهش با دیگر مطالعات باشد.

با توجه به یافته‌های به دست آمده در این پژوهش می‌توان گفت که ترکیب تمرینات آمادگی جسمانی معمول در پادگان‌ها و سازمان‌های نظامی با دوره‌هایی از tDCS، باعث افزایش عملکرد تیراندازی در دانشجویان افسری و افزایش و بهبود قدرت تصمیم‌گیری در آنها می‌شود. لذا پیشنهاد می‌شود در نهادهای نظامی برای اثربخشی بیشتر، ارتقاء و افزایش دقت تیراندازی و عملکردهای شناختی دانشجویان، روش‌های نوین، کم‌هزینه و ایمن و قابل اجرا مانند tDCS در اولویت قرار گیرد و به عنوان روش‌های مکمل در برنامه‌های نظامی گنجانده شود.

اگرچه نتایج پژوهش حاضر بر اهمیت تحریک غیرتهاجمی مغز بر بهبود تصمیم‌گیری و دقت تیراندازان نظامی تأکید دارد اما مطالعه حاضر دارای محدودیت‌هایی بود. اول اینکه مطالعه حاضر به دلیل شرایط امنیتی و زمانی فاقد دوره پیگیری بود، دوم می‌توان به عدم کنترل تغذیه و میزان خواب و فعالیت بدنی خارج از زمان پژوهش اشاره کرد، اگرچه در این خصوص به شرکت‌کنندگان تأکید شده بود. سوم اینکه پژوهش حاضر به دانشجویان سال سوم و چهارم افسری دانشگاه امام علی(ع) محدود شده بود و قابلیت تعمیم‌پذیری و تکرارپذیری نتایج در این خصوص محدود گشته بود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش به تصویب کارگروه اخلاق در پژوهش پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی با کد IR.SSRC.REC.1402.292 در تاریخ ۱۴۰۲/۱۰/۲۹ رسید. همچنین این مطالعه با کد کارآزمایی بالینی IRCT20240213060991N1 به ثبت رسیده است.

1. Rocha
2. Peljha

این پـژوهش بـه صـورت همکـاری مـابین دانشـگاه نیـرو دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید سـتاری و دانشـگاه افسـری امام علی(ع) صورت گرفت و با کمک گروه تربیت بدنی ایـن دو دانشگاه انجام پذیرفت که بدین وسیله مراتب تشکر و قـدردانی گروه پژوهش از زحمات عزیزان در گروه عوامل اجرایی و اداری این دانشگاه‌ها را اعلام می‌داریم.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که در ایـن پـژوهش هـیچ‌گونـه تعارض منافعی وجود ندارد.

سهم نویسندگان

همه نویسندگان در ایده‌پـردازی و انجـام طـرح، همچنـین نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بوده‌اند و همه با تأییـد نهایی مقاله حاضر مسئولیت دقت و صـحت مطالـب منـدرج در آن را می‌پذیرند.

منابع مالی

در این پژوهش از هیچ ارگانی کمک مالی دریافت نگردید.

References

1. Santtila M, Pihlainen K, Viskari J, Kyröläinen H. Optimal physical training during military basic training period. Journal of Strength and Conditioning Research. 2015;29 Suppl 11:S154-157. doi:10.1519/jsc.0000000000001035
2. Safari MA, Koushki Jahromi M, Foroughi A. Comparison of physical fitness factors among AJA graduates. Military Management Quarterly. 2019;18(72):110-121. [Persian]
3. Shakibaee A, Rahimi M, Bazgir B, Asgari A. A review on physical fitness studies in military forces. EBNESINA. 2014;16(4):64-79. [Persian]
4. Whitehead AL. Gendered organizations and inequality regimes: Gender, homosexuality, and inequality within religious congregations. Journal for the Scientific Study of Religion. 2013;52:476-493. doi:10.1111/jssr.12051
5. Najafi Mehri S., Sadeghian M., Tayyebi A., Karimi Zarchi A. A., Asgari A. R. Epidemiology of physical injuries resulted from military training course. Journal of Military Medicine. 2022;12(2):89-92. [Persian]
6. Mitchell L, Flin R. Shooting decisions by police firearms officers. Journal of Cognitive Engineering and Decision Making. 2007;1(4):375-390. doi:10.1518/155534307x264861
7. Yousefpour Dehaghani A, Akbari A, Amini A. The impact of a period of sleep deprivation on the selective attention, concentration, effortfulness and shooting scores of military personnel. Military Psychology. 2020;11(43):49-60. [Persian]
8. Scribner DR. Predictors of Shoot–Don't Shoot Decision-Making Performance:An Examination of Cognitive and Emotional Factors. Journal of Cognitive Engineering and Decision Making. 2016;10(1):3-13. doi:10.1177/1555343415608974
9. Alavinamvar P, Mmousavi MV, Namazizadeh M. The effect of instruction of basic football techniques on perceptual-cognitive skills in the field: Emphasizing on observational and implicit learning. Journal of Instruction and Evaluation. 2021;1(1):137-157. [Persian] doi:10.30495/jinev.2021.1921114.2401
10. Pripfl J, Neumann R, Köhler U, Lamm C. Effects of transcranial direct current stimulation on risky decision making are mediated by 'hot' and 'cold' decisions, personality, and hemisphere. The European Journal of Neuroscience. 2013;38(12):3778-3785. doi:10.1111/ejn.12375
11. 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. Experimental Brain Research. 2005;166(1):23-30. doi:10.1007/s00221-005-2334-6
12. Strobach T, Antonenko D. tDCS-Induced effects on executive functioning and their cognitive mechanisms: A review. Journal of Cognitive Enhancement. 2017;1(1):49-64. doi:10.1007/s41465-016-0004-1
13. Horvath JC, Forte JD, Carter O. Quantitative review finds no evidence of cognitive effects in healthy populations from single-session transcranial direct current stimulation (tDCS). Brain Stimulation. 2015;8(3):535-550. doi:10.1016/j.brs.2015.01.400
14. Kasschau M, Sherman K, Haider L, Frontario A, Shaw M, Datta A, et al. A Protocol for the use of remotely-supervised transcranial direct current stimulation (tDCS) in multiple sclerosis (MS). Journal of Visualized Experiments: JoVE. 2015(106):e53542. doi:10.3791/53542
15. Parasuraman R, McKinley RA. Using noninvasive brain stimulation to accelerate learning and enhance human performance. Human Factors. 2014;56(5):816-824. doi:10.1177/0018720814538815
16. McIntire LK, McKinley RA, Goodyear C, McIntire JP. The effects of anodal transcranial direct current stimulation on sleep time and efficiency. Frontiers in Human Neuroscience. 2020;14:357. doi:10.3389/fnhum.2020.00357
17. Fiori V, Coccia M, Marinelli CV, Vecchi V, Bonifazi S, Ceravolo MG, et al. Transcranial direct current stimulation improves word retrieval in healthy and nonfluent aphasic subjects. Journal of Cognitive Neuroscience. 2011;23(9):2309-2323. doi:10.1162/jocn.2010.21579

18. McIntire LK, McKinley RA, Nelson JM, Goodyear C. Transcranial direct current stimulation versus caffeine as a fatigue countermeasure. Brain stimulation. 2017;10(6):1070-1078. doi:10.1016/j.brs.2017.08.005
19. Coffman BA, Clark VP, Parasuraman R. Battery powered thought: Enhancement of attention, learning, and memory in healthy adults using transcranial direct current stimulation. NeuroImage. 2014;85:895-908. doi:10.1016/j.neuroimage.2013.07.083
20. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, et al. Physical activity and public health in older adults: Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2007;39(8):1435-1445. doi:10.1249/mss.0b013e3180616aa2
21. Bechara A, Damasio AR, Damasio H, Anderson SW. Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. Cognition. 1994;50(1-3):7-15. doi:10.1016/0010-0277(94)90018-3
22. Ghayebzadeh S, Zardoshtian S, Sabourimoghaddam H, Amiri E, Giboin l-s. The effect of different models of transcranial direct current stimulation on impulsivity in sports referees: The role of leadership styles. Sport Psychology Studies. 2022;10(38):1-22. [Persian] doi:10.22089/spsyj.2021.10300.2137
23. Swenson DX, Waseleski D, Hartl R. Shift work and correctional officers: Effects and strategies for adjustment. Journal of Correctional Health Care. 2008;14(4):299-310. doi:10.1177/1078345808322585
24. Torabi F, Mortazaeedarsara Z. The effect of direct brain electrical stimulation on concentration and the record of pistol shooter. Journal of Sports and Motor Development and Learning. 2022;13(4):407-425. [Persian] doi:10.22059/jmlm.2021.328654.1601
25. De Witte S, Klooster D, Dedoncker J, Duprat R, Remue J, Baeken C. Left prefrontal neuronavigated electrode localization in tDCS: 10–20 EEG system versus MRI-guided neuronavigation. Psychiatry Research: Neuroimaging. 2018;274:1-6. doi:10.1016/j.pscychresns.2018.02.001
26. Mancuso LE, Ilieva IP, Hamilton RH, Farah MJ. Does transcranial direct current stimulation improve healthy working memory?: A meta-analytic review. Journal of Cognitive Neuroscience. 2016;28(8):1063-1089. doi:10.1162/jocn_a_00956
27. Moslemi B, Chalabianloo G. The effectiveness of transcranial direct current stimulation over prefrontal cortex on attention, working memory, decision-making, social cognition and quality of life in older adults. Aging Psychology. 2024;9(4):399-417. [Persian] doi:10.22126/jap.2024.9693.1738
28. Yang X, Gao M, Shi J, Ye H, Chen S. Modulating the activity of the DLPFC and OFC has distinct effects on risk and ambiguity decision-making: A tDCS study. Frontiers in Psychology. 2017;8:1417. doi:10.3389/fpsyg.2017.01417
29. Gorini A, Lucchiari C, Russell-Edu W, Pravettoni G. Modulation of risky choices in recently abstinent dependent cocaine users: a transcranial direct-current stimulation study. Frontiers in Human Neuroscience. 2014;8:661. doi:10.3389/fnhum.2014.00661
30. Stagg CJ, Nitsche MA. Physiological basis of transcranial direct current stimulation. The Neuroscientist : A Review Journal Bringing Neurobiology, Neurology and Psychiatry. 2011;17(1):37-53. doi:10.1177/1073858410386614
31. Moradi Kelardeh S, Yaryari F, Abdollahi MH. Effectiveness of transcranial direct current stimulation on dorsolateral prefrontal cortex in cigarette craving and stress. Journal of Research in Psychological Health. 2016;10(3):30-37. [Persian] doi:10.18869/acadpub.rph.10.3.30
32. Borzou Z, Edalatmanesh MA. The evaluation of brain derived neurotrophic factor and working memory in valproic acid animal model of autism. The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam. 2015;3(4):10-16. [Persian] doi:10.18869/acadpub.shefa.3.4.10
33. Rocha K, Marinho V, Magalhães F, Carvalho V, Fernandes T, Ayres M, et al. Unskilled shooters improve both accuracy and grouping shot having as reference skilled shooters cortical area: An EEG and tDCS study. Physiology & Behavior. 2020;224:113036. doi:10.1016/j.physbeh.2020.113036
34. Kamali A-M, Nami M, Yahyavi S-S, Saadi ZK, Mohammadi A. Transcranial direct current stimulation to assist experienced pistol shooters in gaining even-better performance scores. The Cerebellum. 2019;18(1):119-127. doi:10.1007/s12311-018-0967-9
35. Goodarzi N, Nosratabadi M, Ahmadi H. The effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on attention and shooting performance in shooters. Journal of Biochemical Technology. 2019;10(2):140-144.
36. Vitor-Costa M, Okuno NM, Bortolotti H, Bertollo M, Boggio PS, Fregni F, Altimari LR. Improving cycling performance: Transcranial direct current stimulation increases time to exhaustion in cycling. PLoS One. 2015;10(12):e0144916. doi:10.1371/journal.pone.0144916
37. Brunoni AR, Nitsche MA, Bolognini N, Bikson M, Wagner T, Merabet L, et al. Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): challenges and future directions. Brain Stimulation. 2012;5(3):175-195. doi:10.1016/j.brs.2011.03.002
38. Ketcham CJ. Cerebellar transcranial direct current stimulation and dual-task performance. Neurology & Neurotherapy Open Access Journal. 2018;3(1):1-8. doi:10.23880/NNOAJ-16000122
39. Ehsanbakhsh H. 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. 2018;13(42):169-184. [Persian]
40. Peljha Z, Michaelides M, Collins D. The relative importance of selected physical fitness parameters in Olympic clay target shooting. Journal of Human Sport and Exercise. 2018;13(3):541-552. doi:10.14198/jhse.2018.133.06