University of Tehran Press

Journal of
Sports and Motor Development and Learning

Online ISSN: 2676-4547

Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation on Reaction Time and Performance of Skilled Soccer Players

Hassan Gharayagh Zandi [1], Mahdi Mollazadeh [2]✉, Mahbobeh Ghayour [3], Ali Moghadamzadeh[4]

1. Department of Motor Behavior and Sports Psychology, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: ghzandi110@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Motor Behavior and Sports Psychology, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: mahdi.mollazadeh@ut.ac.ir
3. Department of Motor Behavior and Sports Psychology, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: m.ghayournaj@ut.ac.ir
4. Department of Educational and Curriculum Methods and Programs, Faculty of Psychology and Educational Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran. mogaddamzadeh.ali@ut.ac.ir

Article Info

Article type: Research

Article history:
Received:
17 December 2022
Received in revised form:
31 March 2023
Accepted:
22 April 2023
Published online:
20 May 2023

Keywords:
Performance of soccer players, Primary motor cortex, Reaction time, Transcranial direct current Stimulation.

ABSTRACT

Introduction: The present study aimed to investigate the effect of the transcranial direct current stimulation of the motor cortex on the reaction time and performance of skilled soccer players.

Methods: The current study was a quasi-experimental study with a pre-test and a post-test design. The statistical population of this research was the skilled male soccer players of Tehran province in 1401, 36 of whom were selected through convenience sampling and randomly divided into three Primary Motor Cortex Stimulation (N=12), Sham Stimulation (N=12) and Control (N=12) groups. For the primary motor cortex stimulation during transcranial direct current stimulation intervention, the anode electrode was placed at the C3, and the cathode electrode was placed at Fp2. To check and analyze the research hypotheses, the dependent t and the analysis of covariance (ANCOVA) tests with Bonferroni posthoc test were used via SPSS version 22 software.

Results: The results showed that in the Motor Cortex tDCS group, the average reaction time after electrical stimulation decreased from 354.25 ± 71.58 to 256.41 ± 63.72 milliseconds, and the average performance increased from 46.00 ± 6.14 to 5.83 ± 68.41. So, according to the significance level of 0.05, a significant difference was observed in reaction time and performance (P <0.05).

Conclusion: The results showed that the electrical stimulation of the primary motor cortex affects the reaction time and the performance of skilled soccer players. Since the current research was conducted on skilled soccer players, it is suggested to be as cautious as possible in generalizing the results of this research to novice soccer players and athletes.

Cite this article: Gharayagh Zandi, H., Mollazadeh, M., Ghayour, M., & Moghadamzadeh, A. (2023). Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation on Reaction Time and Performance of Skilled Soccer Players. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, 15 (1), 31-44.
DOI: http//doi.org/10.22059/jsmdl.2023.352595.1692

Journal of Sports and Motor Development and Learning by University of Tehran Press is licensed under CC BY-NC 4| web site: https://jsmdl.ut.ac.ir/ | Email: jsmdl@ut.ac.ir.

© The Author(s). Publisher: University of Tehran Press.

University of Tehran Press

Journal of
Sports and Motor Development and Learning

Online ISSN: 2676-4547

Extended Abstract

Introduction

Sports psychologists help to increase sports performance by using their intervention programs. Recently, a large number of these intervention programs have been developed by governing bodies and sports institutes around the world to improve the performance of athletes. The present study aimed to investigate the effect of the transcranial direct electrical stimulation (tDCS) of the motor cortex on the reaction time and performance of skilled soccer players.

Methods

The current study was a quasi-experimental study with a pre-test and post-test design. The statistical population of this study was the elite male soccer players of Tehran province in 1401, 36 of whom were selected through convenience sampling and were randomly divided into three Primary Motor Cortex Stimulation (N=12), Sham Stimulation (N=12), and Control (N=12) groups. The control group had their daily exercises and the two intervention groups entered the research process. First, to measure sports performance, the percentage of correct passes sent by each player was recorded during the official matches by recording and analyzing video images, and after the matches were over, the performance was analyzed by a group of professional soccer coaches with grade-A coaching license To measure the reaction time, the YB-1000 reaction time measuring device was used. After this step, their scores were recorded as a pre-test. After the pre-test phase, the intervention phase was conducted for six consecutive days. In the direct current stimulation of the primary motor cortex group, the participants received transcranial electrical stimulation of the primary motor cortex (anode at C3 and cathode at Fp2) every day before training for 15 minutes, so that in the anodal electrical stimulation, a direct current of 1.5 milliamperes was applied to the individual throughout the stimulation, and then they continued their daily training and competitions. In the sham stimulation group, after connecting the electrodes, an electric current of 1.5 milliamperes was applied to the individual. But after 30 seconds, the electric current was cut off without informing the person, and then they started their daily training and competitions. After six consecutive days of intervention, the post-test phase was conducted on the seventh day. The tools used in this research were a YB-1000 reaction time measurement device, a tDCS device, a tDCS health screening questionnaire, and an informed consent form. The dependent t and the analysis of covariance (ANCOVA) tests with Bonferroni posthoc test were used to analyze data using SPSS version 22 software at α=0.05 level of significance.

Results

The results showed that in the Motor Cortex tDCS group, the average reaction time after electrical stimulation decreased from 354.25 ± 71.58 to 256.41 ± 63.72 milliseconds, and the average performance increased from 46.00 ± 6.14 to 5.83 ± 68.41. So, according to the significance level of 0.05, a significant difference was observed in reaction time and performance ($P < 0.05$). In the other two groups, there was no significant difference between the pre-test and the post-test ($P > 0.05$).

Conclusion

The results showed that the electrical stimulation of the primary motor cortex affects the reaction time and the performance of skilled soccer players. Therefore, it is suggested that coaches and sports psychologists consider electrical stimulation as much as possible in addition to their physical programs to reduce reaction time and improve soccer players' performance.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: The present article is extracted from a Ph.D. thesis in the field of sports psychology in 1401 with IR.SSRI.REC.1397.291-45975 ethical code. The present research was conducted in compliance with ethical principles, including obtaining a written consent form to participate in the research, compliance with the principle of confidentiality of the participants' information, and their freedom to withdraw from the research process. The research was designed in such a way that its implementation does not involve any physical or psychological harm to the participants. Also, the participants received training for free.

Funding: All expenses for this research were paid by the first author.

Authors' contribution: This article was extracted from the doctoral thesis of the first author, who was responsible for the implementation of the project, sample collection, intervention sessions, and analysis and review of the results. The corresponding author supervises the implementation stages of the research and revision of the article. Other authors were in charge of guidance in the field of research methods and data analysis. They provided up-to-date information and ideas during the formulation of the research topic and guidance in writing the article.

Conflict of interest: The authors of this article declare no conflicts of interest.

Acknowledgments: Dear coaches and soccer players of Tehran province who cooperated in the implementation of this research and respected professors who gave guidance and advice in this work, are thanked and appreciated.

رشد و یادگیری حرکتی و ورزشی
شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۵۴۷
انتشارات دانشگاه تهران

اثربخشی تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر زمان واکنش و عملکرد فوتبالیست‌های ماهر

حسن غرایاق زندی[۱]، مهدی ملازاده[۲] ✉، محبوبه غیور نجف‌آبادی[۳]، علی مقدم زاده[۴]

۱. گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: ghzandi110@ut.ac.ir
۲. نویسندهٔ مسؤول، گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: mahdi.mollazadeh@ut.ac.ir
۳. گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: m.ghayournaj@ut.ac.ir
۴. گروه روش‌ها و برنامه‌های آموزشی و درسی، دانشکدهٔ روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: mogaddamzedeh@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/ ۲۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۲/۳۰

کلیدواژه‌ها:
جریان مستقیم فراجمجمه‌ای، زمان واکنش، عملکرد فوتبالیست‌ها، قشر حرکتی اولیه.

چکیده

مقدمه: هدف پژوهش حاضر تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای از قشر حرکتی بر زمان واکنش و عملکرد فوتبالیست‌های ماهر است.

روش پژوهش: تحقیق حاضر از نوع مطالعات نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون است. جامعهٔ آماری پژوهش فوتبالیست‌های ماهر مرد استان تهران در سال ۱۴۰۱ بودند که ۳۶ تن از آنها به‌صورت نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به‌صورت تصادفی به سه گروه تحریک قشر حرکتی اولیه (۱۲ نفر)، تحریک ساختگی (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. مداخلهٔ تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بدین‌صورت بود که در تحریک قشر حرکتی اولیه الکترودها در آند C3 و کاتد Fp 2 قرار می‌گیرند. برای بررسی و تجزیه‌وتحلیل فرضیه‌های تحقیق، از آزمون تی همبسته و تحلیل کوواریانس به همراه آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. نرم‌افزار اس پی اس اس نسخهٔ ۲۲ جهت تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد میانگین زمان واکنش پس از تحریک الکتریکی در گروه tDCS قشر حرکتی از ۷۱/۵۸ ± ۳۵۴/۲۵ به ۶۳/۷۲ ± ۲۵۶/۴۱ هزارم ثانیه کاهش و میانگین عملکرد از ۶/۱۴ ± ۴۶/۰۰ به ۵/۸۳ ± ۶۸/۴۱ افزایش یافته است که با توجه به سطح معناداری ۰/۰۵ تفاوت معنادار در زمان واکنش و عملکرد قابل مشاهده است ($P<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که تحریک الکتریکی از قشر حرکتی اولیه بر زمان واکنش و عملکرد فوتبالیست‌های ماهر مؤثر است. از آنجا که پژوهش حاضر روی فوتبالیست‌های ماهر انجام گرفته است، پیشنهاد می‌شود تا حد امکان در تعمیم نتایج به فوتبالیست‌ها و ورزشکاران مبتدی احتیاط شود.

استناد: غرایاق زندی، حسن؛ ملازاده، مهدی؛ غیور نجف‌آبادی، محبوبه؛ و مقدم‌زاده، علی (۱۴۰۲). اثربخشی تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر زمان واکنش و عملکرد فوتبالیست‌های ماهر. *نشریهٔ رشد و یادگیری حرکتی ورزشی*، (۱)۱۵، ۳۱-۴۴.
DOI: http//doi.org/10.22059/jsmdl.2023.352595.1692

این نشریه علمی رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کریتیو کامنز CC BY-NC 4 به نویسندگان واگذار کرده است. تارنما: https://jsmdl.ut.ac.ir | رایانامه : jsmdl@ut.ac.ir

مقدمه

با پیشرفت علم روانشناسی ورزشی، بحث مهارت‌های ذهنی در اجرای عملکرد ورزشی اهمیت زیادی پیدا کرده است، درحالی‌که در گذشته تنها بر اهمیت آمادگی جسمانی تأکید می‌شد، اما امروزه روانشناسان ورزشی، مربیان و ورزشکاران توجه بیشتری به آمادگی ذهنی دارند (گولدبرگ[1]، ۱۹۹۸). مطالعات همبستگی متعددی به‌منظور بررسی رابطهٔ میان راهبردهای روانی و سطح مهارت انجام گرفته است (کراست[2]وهمکاران،۲۰۱۲). پژوهش‌های اخیر، کارامدی تمرینات افزایش مهارت روانی را به‌عنوان تکنیکی تخصصی در رشد مهارت‌های ورزشی در ورزشکاران جوان نشان داده‌اند (گاسیدری[3] و همکاران،۲۰۰۹)؛ ورزش فوتبال نیز از قاعده مستثنا نیست. فوتبال امروزه به‌عنوان یک فرا ورزش مستلزم نگاه عمیق و آکادمیک‌تری است، به‌گونه‌ای که باشگاه‌های بزرگ فوتبال دنیا به اهمیت این موضوع واقف‌اند و از علم روانشناسی ورزش در زمینه‌های مختلف استفاده می‌کنند. یکی از تأثیرگذارترین حوزه‌های روانشناسی در فوتبال جایی است که به دنبال ایجاد آمادگی روانی برای بازیکنان و همچنین تأثیرگذاری بر عملکرد مهارت‌های فنی فوتبال است. اثربخشی ابزارهای تمرین ذهنی بر مهارت‌های فوتبال از جمله شوت، دریبل و ... در سال‌های اخیر به همگان نشان داده شده است (صادقی و همکاران، ۲۰۱۹). لیدور و بلومنستین[4] (۲۰۰۸) هم در پژوهش‌های خود با فوتبالیست‌ها به این نتیجه رسیدند که آموزش مهارت‌های روانی مانند تصویرسازی ذهنی، تن‌آرامی و خودگویی استرس ورزشکاران را هنگام ورزش کاهش می‌دهد و عملکرد آنها را ارتقا می‌بخشد. بدیهی است که هرچه بازیکن فوتبال در استفاده از ابزارهای تمرین ذهنی به‌خوبی آموزش ببیند و مهارت‌های روانی مورد نیاز در بازی خود را کسب کند، در اجرای فنون فوتبال موفق‌تر خواهد بود و عملکرد خود را بهبود می‌بخشد. انجام بازی فوتبال به عوامل مختلفی وابسته است، از جمله می‌توان به مهارت‌های تکنیکی و تاکتیکی، توان بدنی و توانایی‌های شناختی اشاره کرد. بیشتر این عوامل را می‌توان به‌وسیلهٔ تمرین توسعه داد (دیلول[5]، ۲۰۱۰).

ورزشکاران به عملکرد در سطوح بالاتر شناختی نیاز دارند. آنها باید تصمیم‌گیری‌ها را در حالتی انجام دهند که اطلاعات متفاوتی از توپ، هم‌بازی‌ها و حریف دریافت می‌کنند و فرایند تصمیم‌گیری تحت فشار حریف که سعی در محدود کردن زمان و فضای در دسترس بازیکن دارد، انجام می‌گیرد. ورزشکاران باید توجه خود را تنها به مهم‌ترین و مربوط‌ترین منبع اطلاعاتی معطوف دارند تا اجرای موفق و مؤثری داشته باشند (کاسانو[6] وهمکاران، ۲۰۱۰). کارشناسان علوم ورزشی پیوسته به‌دنبال بهبود عملکرد ورزشی بهینهٔ ورزشکاران در رشته‌های مختلف‌اند. عملکرد مطلوب در شرایطی اتفاق می‌افتد که مغز بهترین عملکرد را با بهترین استفاده از منابع خود دارد. ورزشکاران در ورزش‌های تیمی مانند والیبال و فوتبال در محیطهای کاملاً پویا تحت محدودیت زمانی قرار دارند، بنابراین باید در کمترین زمان ممکن بهترین عملکرد خود را در مقابل حریفان خود داشته باشند. این تمرینات مکرر در میادین ورزشی ممکن است موجب تغییر در توانایی‌های ادراکی ورزشکاران شود (نوری و مقدم، ۲۰۱۲). زمان واکنش، عمل مهمی در بسیاری از ورزش‌هاست و کاهش آن موجب کسب موفقیت در اجرا می‌شود. با توجه به اهمیت زیاد سرعت واکنش، هر عاملی که موجب کوتاه‌تر شدن زمان واکنش می‌شود، اجرای بهتری در مهارت‌هایی که سرعت عمل عامل تعیین‌کننده است، صورت می‌گیرد (وانگ[7]، ۲۰۰۹).

هر روشی که موجب بهبود عملکرد شناختی افراد به‌ویژه ورزشکاران شود، از اهمیت و ضرورت خاصی برخوردار است و می‌توان با مداخلات ایمنی بالا، نسبتاً ارزان، در دسترس و به‌ویژه جذاب، عملکرد اجرایی ورزشکاران را افزایش داد (ادواردز وکارترز[8]، ۲۰۱۷). یکی از تکنیک‌هایی که امروزه در بهبود فرایندهای شناختی، حسی، میزان توجه و کارکردهای حرکتی و غیره مورد توجه پژوهشگران حوزهٔ علوم شناختی و نوروساینس قرار گرفته است، استفاده از تحریک الکتریکی مغز با جریان مستقیم (tDCS) است که به‌منزلهٔ روش درمانی

---

1. Goldberg
2. Crust
3. Gucciardi
4. Blumenstein & Lidor
5. Thelwell RC
6. Casanova
7. Wang
8. Edwards & Cortes

غیرتهاجمی، بدون درد و ارزان شناخته می‌شود (کراس و کادوش[1]،۲۰۱۳). تحقیقات اخیر نشان می‌دهد تحریک غیرتهاجمی مغز با روش تحریک فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم، روش مؤثری در افزایش عملکرد شناختی است (چنگ و همکاران، ۲۰۱۵) در این روش یک جریان الکتریکی ضعیف به‌طور معمول ۱ تا ۴ میلی‌آمپر به نواحی خاصی از مغز وارد می‌شود تا با تغییر پتانسیل غشایی، قشر مغز را تحریک کند. تحریک آنودال تحریک‌پذیری قشر مغز را و تحریک کاتدی آن را کاهش می‌دهد (نجاتی و همکاران، ۲۰۲۰). آرکان[2] (۲۰۱۹) در تحقیقی روی دانشجویان ۱۸ تا ۲۳ سال بدین نتیجه رسید که تحریک آندی قشر مغز می‌تواند موجب بهبود حافظهٔ کاری و زمان واکنش شود.

پژوهش‌ها و تحقیقات پیشین نتایج و تأثیرات مثبتی از تحریک از ناحیهٔ قشر حرکتی اولیه بر روی زمان واکنش و عملکرد گزارش نکرده‌اند که احتمالاً بیشتر به دلیل این باشد که پژوهش‌های پیشین بیشتر روی ورزشکاران مبتدی یا غیرورزشکار انجام گرفته است که متفاوت از ورزشکاران ماهر است. از آنجایی که در حرکات کمتر آموخته‌شده برنامه‌ریزی و انتخاب نوع عضله حرکت به‌وسیلهٔ پیش‌حرکتی مکمل انجام می‌گیرد تا قشر حرکتی اولیه، در نتیجه می‌توان گفت پژوهش حاضر در پی پاسخ به این مورد است که آیا تحریک از ناحیهٔ قشر حرکتی اولیه بر زمان واکنش و عملکرد ورزشی فوتبالیست‌های ماهر تأثیرگذار است یا خیر.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر، با توجه به اهداف پیش‌بینی‌شده، از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی و با توجه به طول زمان اجرای تحقیق از نوع مقطعی بود. طرح پژوهش پیش‌آزمون–پس‌آزمون و از لحاظ هدف از دستهٔ تحقیقات کاربردی بود. همچنین پژوهش حاضر به لحاظ اجرا به‌صورت میدانی اجرا شد.

جامعه و نمونهٔ آماری

جامعه آماری این پژوهش فوتبالیست‌های ماهر مرد استان تهران در سال ۱۴۰۱ بود که ۳۶ تن از آنها به‌صورت نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به‌صورت تصادفی به سه گروه تحریک قشر حرکتی (۱۲ نفر)، تحریک ساختگی (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شد. در تعریف فوتبالیست‌های ماهر در پژوهش حاضر، ورزشکاری فوتبالیست ماهر به‌حساب آمد که حداقل هفت سال سابقهٔ فعالیت در این رشتهٔ ورزشی را داشت یا عضو تیم‌های باشگاهی استان تهران بود. شایان ذکر است که به‌علت مصدومیت یکی از ورزشکاران به‌سبب طبیعت رشتهٔ فوتبال، گروه ساختگی از ۱۲ نفر در ابتدای پژوهش به ۱۱ نفر تقلیل یافت. معیارهای ورود به پژوهش عبارت بود از: تمامی شرکت‌کنندگان مرد بودند؛ دامنهٔ سنی آنها بین ۱۸ تا ۳۵ سال بود؛ تمامی شرکت‌کنندگان فوتبالیست بودند؛ تمامی آنها از سلامت کامل برخوردار بودند؛ همگی حداقل هفت سال سابقهٔ فوتبال حرفه‌ای در سطح یکی از لیگ‌های کشور داشتند و همهٔ آنها از لحاظ روانی سالم بودند. معیارهای خروج شامل عدم تکمیل کامل پرسشنامه‌های پژوهش و عدم دریافت هرگونه برنامه و تمرینات روانشناسی ورزشی پیش و در حین انجام پژوهش، عدم تمایل به شرکت در تحقیق، غیبت در روز انجام تحقیق و آسیب‌دیدگی در مراحل مختلف تحقیق بود.

ابزار

برگهٔ رضایت آگاهانه: از این برگه به‌منظور جلب رضایت شرکت‌کنندگان برای شرکت در تحقیق استفاده شد.

پرسشنامهٔ غربالگری سلامت تی دی سی اس: پرسشنامهٔ غربالگری سلامت تی دی سی اس[3] که برای بررسی شاخص‌های مورد نیاز جهت ایمن و مناسب بودن استفاده از تی دی سی اس برای شرکت‌کننده‌ها استفاده خواهد شد. پرسشنامهٔ غربالگری سلامت برای اولین بار با عنوان پرسشنامهٔ غربالگری سلامت تی ام اس توسط کیل[4] و همکاران (۲۰۰۱) تدوین شد.

---

[1] Krause & Kadosh

[2]. Arkan

[3]. Safety Screening Questionnaire for tDCS

[4]. Keel

تحریک الکتریکی مغز: برای تحریک الکتریک مغز از دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای استفاده می‌شود. دستگاه مورد استفاده در این پژوهش Dose Active و منبع جریان این دستگاه یک باتری ۹ ولت است. حداکثر شدت جریان ۴ میلی‌آمپر DC بود 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 کرد (جان وهان[1]،۲۰۱۲). در این پژوهش، الکترودها درون پدهای اسفنجی ۳۵ سانتی‌متر مربعی قرار گرفتند 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، اندازهٔ الکترود و مدت زمان تحریک قابل کنترل بود. ناحیهٔ تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای در پژوهش حاضر قشر حرکتی اولیه بود، بدین‌صورت که محل قرارگیری الکترود مثبت توسط درمانگر متخصص، طبق سیستم‌های بین‌المللی قرارگیری الکترود 10-20، روی محل موردنظر (C3) در M1 چپ تعیین و قرار داده شد و الکترود منفی روی ناحیهٔ فوق‌چشمی (Fp2) سمت راست بسته شد. در این تحقیق، از تحریک الکتریکی با جریان ۱/۵ میلی‌آمپر و به مدت ۱۵ دقیقه استفاده شد.

زمان واکنش: برای سنجش زمان واکنش از دستگاه زمان سنجش واکنش YB-1000 استفاده می‌شود. این دستگاه ساخت شرکت Yagami ژاپن و شامل سه واحد اصلی است که عبارت‌اند از: واحد اصلی کنترل، واحد نمایش‌دهندهٔ تحریک و واحد اعمال پاسخ صفحه کلید (این دستگاه می‌تواند زمان واکنش را با دقت یک‌هزارم ثانیه نشان دهد). همچنین شامل یک جعبهٔ بزرگ است که تجهیزات و کلیدهای کنترل روی آن تعبیه شده است و دو شاسی که با سیم به دستگاه متصل‌اند. دستگاه شامل دو بخش محرک نوری و صوتی است که محرک نوری آن را سه رنگ سبز، قرمز و زرد تشکیل می‌دهد و محرک صوتی آن صدای بوق کوتاهی است که از لحاظ شدت و زمان قابل تنظیم است. قابلیت دستگاه به‌گونه‌ای است که می‌توان آن را به‌طور خودکار یا دستی تنظیم کرد و آزمایش را انجام داد. روی دستگاه شش گروه کلید وجود دارد؛ تنظیم نوع واکنش (ساده، انتخابی و تشخیصی)، انتخاب رنگ نور برای هر دو سمت چپ و راست، انتخاب فرکانس صدا، انتخاب حالت خودکار و دستی آزمایش، کلید پاک کردن اعداد ثبت‌شده و تنظیمات و کلید شروع آزمایش و همچنین روی دستگاه صفحهٔ نمایشگر اعداد نصب شده است که زمان واکنش را با دقت یک‌هزارم ثانیه مشخص می‌کند.

عملکرد فوتبالیست‌ها: عملکرد ورزشی بازیکنان فوتبال با تعداد پاس‌های صحیح در طول مسابقات، پیش و پس از مداخله اندازه‌گیری شد. متغیر وابسته‌ای که در تحقیق ارزیابی شد، درصد ارسال پاس‌های صحیح توسط هر بازیکن، در جریان مسابقات بود. به‌عبارتی نسبت پاس‌های صحیح ارسالی توسط هر بازیکن به کل پاس‌هایی که یک بازیکن در جریان مسابقات رسمی داده بود، محاسبه شد. ارزیابی این متغیر به روش فیلم‌برداری و آنالیز تصاویر ویدئویی پس از اتمام مسابقه توسط گروه مربیان حرفه‌ای مربی فوتبال با درجهٔ مربی‌گری A فوتبال، صورت گرفت. در هر مورد، رأی نهایی کمیتهٔ مذکور به‌عنوان نمرهٔ ارزیابی عملکرد بازیکن محسوب شد. شایان ذکر است به‌منظور کورسازی یکطرفهٔ مطالعه، افراد حاضر در کمیتهٔ نمره‌دهی نسبت به شرکت‌کنندگان در سه گروه تحریک قشر حرکتی، تحریک ساختگی و کنترل کور شدند. ارزیابی اولیه به کمک فیلم‌برداری از سه بازی رسمی بازیکنان در ابتدای فصل صورت گرفت؛ توسط گروه مربیان، کیفیت هر سه مورد از فیلم‌ها برای هریک از مطالعات جهت آنالیز عملکردی[2] تأیید شد. فیلم‌برداری نهایی نیز همانند مرحلهٔ اول و پس از مداخله صورت گرفت و مشابه با ارزیابی اولیه، سه مورد از بازی‌های رسمی به‌عنوان مرجع آنالیز نهایی انتخاب شد.

روند اجرای پژوهش

برای جمع‌آوری داده‌ها ابتدا از شرکت‌کنندگان رضایت‌نامهٔ آگاهانهٔ کتبی کسب شد. پس از آن شرکت‌کنندگان با اهداف تحقیق و نحوهٔ امتیازدهی و اجرای آزمون‌های موردنظر آشنا شدند.

پس از انتخاب نمونهٔ آماری شرکت‌کنندگان به‌صورت تصادفی به سه گروه ۱۲ نفره (یک گروه تحریک قشر حرکتی، یک گروه ساختگی و یک گروه کنترل) تقسیم شدند. گروه کنترل تمرینات روزانه خود را داشتند و دو گروه مداخله نیز وارد فرایند تحقیق شدند. ابتدا برای سنجش عملکرد ورزشی، درصد ارسال پاس‌های صحیح توسط هر بازیکن، در جریان مسابقات رسمی به روش فیلم‌برداری و آنالیز

[1]. Jeon SY, Han SJ
[2]. performance analysis

تصاویر ویدئویی مسابقهٔ رسمی آنها پس از اتمام مسابقه توسط گروه مربیان حرفه‌ای فوتبال با درجهٔ مربی‌گری A آنالیز شد. در هر مورد، رأی نهایی کمیتهٔ مذکور به‌عنوان نمرهٔ ارزیابی عملکرد بازیکن محسوب شد. پس از این مرحله برای سنجش زمان واکنش با استفاده از دستگاه زمان سنجش واکنش YB-1000 نمرات آنها به‌عنوان پیش‌آزمون ثبت شد.

پس از مرحلهٔ پیش‌آزمون، مرحلهٔ مداخله انجام گرفت. مرحلهٔ مداخله در شش روز پشت سر هم انجام گرفت. مطالعات قبلی نشان داده بودند که روند این مدت تأثیرات امیدوارکننده‌ای را به‌دنبال دارد و از آن می‌توان به‌عنوان روندی مؤثر سود جست (بادامی و محمدزاده،۲۰۲۰). در گروه تحریک الکتریکی مستقیم قشر حرکتی اولیهٔ شرکت‌کنندگان در هر روز پیش از تمرین به مدت ۱۵ دقیقه تحریک الکتریکی مغز فراجمجمه‌ای قشر حرکتی اولیه (آند C3 و کاتد Fp 2) را دریافت کردند، بدین‌صورت که در تحریک الکتریکی آندی جریان مستقیم ۱/۵ میلی‌آمپر در تمام طول مدت تحریک به فرد وارد شد و سپس به تمرینات و مسابقات روزانهٔ خود پرداختند.

در گروه تحریک الکتریکی ساختگی تصنعی شرکت‌کنندگان در هر روز پیش از تمرین به مدت ۱۵ دقیقه تحریک الکتریکی ساختگی را دریافت کردند. در این گروه پس از اتصال الکترودها جریان الکتریکی ۱/۵ میلی‌آمپر به فرد وارد شد؛ اما پس از گذشت ۳۰ ثانیه بدون اینکه به فرد اطلاعی داده شود، جریان الکتریکی قطع شد و سپس به تمرینات و مسابقات روزانهٔ خود پرداختند.

پس از شش روز متوالی تمرینات، در روز هفتم مرحلهٔ پس‌آزمون انجام گرفت که در آن شرکت‌کنندگان اقدام به انجام یک مسابقهٔ رسمی کردند که پاس‌های صحیح آن توسط مربیان حرفه‌ای آنالیز شد و سپس زمان واکنش آنها با استفاده از آزمون‌های مرتبط اندازه‌گیری و ثبت شد. این پژوهش با شناسهٔ اخلاق IR.SSRI.REC.1397.291 –۴۵۹۷۵ توسط پژوهشگاه تربیت بدنی مصوب شد و در وبگاه کمیتهٔ اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی نیز قابل مشاهده است.

روش آماری

به منظور تجزیه‌وتحلیل اطلاعات، از روش‌های آمار توصیفی برای محاسبهٔ شاخص‌های مرکزی و پراکندگی و از آزمون شاپیروویلک برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. از آزمون لون برای بررسی برابری واریانس متغیرهای موردنظر استفاده شد. در آمار استنباطی، برای بررسی و تجزیه‌وتحلیل فرضیه‌های تحقیق، از آزمون تی همبسته و تحلیل کواریانس به همراه آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری اس پی اس اس نسخهٔ ۲۴ در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام گرفت.

یافته‌های پژوهش

شاخص‌های آماری مربوط به سن و سابقهٔ ورزشی شرکت‌کنندگان در پژوهش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها

متغیر	tDCS قشر حرکتی	tDCS ساختگی	کنترل	تحلیل واریانس
سن (سال)	۲۶/۵۸ ± ۳/۸۷	۲۷/۱۸ ± ۴/۱۱	۲۷/۰۸ ± ۳/۶۸	($F_{۵۲,۴}$=۰/۰۸۰، sig=۰/۹۳۲)
تجربه (سال)	۹/۷۵ ± ۲/۴۱	۱۰/۸۱ ± ۲/۴۸	۱۱/۲۵ ± ۲/۳۴	($F_{۵۲,۴}$=۱/۲۲۶، sig=۰/۳۰۷)

همان‌طورکه در جدول ۱ مشاهده می‌شود، گروه‌های مورد بررسی در متغیرهای سن (P =۰/۹۳۲) و تجربه یا سابقهٔ ورزشی (P =۰/۳۰۷) همگن بودند.

بررسی مستقل متغیرها در گروه‌های مورد بررسی

با توجه به این نکته که پژوهش از نوع مداخله‌ای با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بوده است، برای آزمون هر گروه به‌طور مستقل از آزمون تی همبسته استفاده شد. جدول ۲ نتایج حاصل از این آزمون را برای بررسی متغیرهای زمان واکنش و عملکرد در گروه tDCS قشر حرکتی، ساختگی و کنترل نشان می‌دهد.

جدول ۲. نتایج آزمون تی همبسته برای گروه‌های tDCS قشر حرکتی، ساختگی و کنترل

			مرحله	تعداد	میانگین	انحراف معیار	آمارهٔ t	Sig
tDCS قشر حرکتی	زمان واکنش		پیش‌آزمون	۱۲	۳۵۴/۲۵	۷۱/۵۸	۱۸/۷۰۳	۰/۰۰۰*
			پس‌آزمون	۱۲	۲۵۶/۴۱	۶۳/۷۲		
	عملکرد		پیش‌آزمون	۱۲	۴۶/۰۰	۶/۱۴	-۲۰/۱۷۸	۰/۰۰۰*
			پس‌آزمون	۱۲	۶۸/۴۱	۵/۸۳		
tDCS ساختگی	زمان واکنش		پیش‌آزمون	۱۱	۳۳۴/۷۲	۵۰/۸۴	۱/۶۶۹	**۰/۱۲۶**
			پس‌آزمون	۱۱	۳۲۴/۶۳	۴۹/۲۲		
	عملکرد		پیش‌آزمون	۱۱	۴۹/۳۶	۶/۷۵	-۰/۸۵۲	**۰/۴۱۴**
			پس‌آزمون	۱۱	۵۰/۰۹	۶/۳۴		
کنترل	زمان واکنش		پیش‌آزمون	۱۲	۳۳۳/۰۸	۵۱/۶۶	-۰/۸۶۳	**۰/۴۰۶**
			پس‌آزمون	۱۲	۳۴۱/۲۵	۴۶/۲۳		
	عملکرد		پیش‌آزمون	۱۲	۴۸/۰۰	۶/۸۶	-۰/۶۹۵	**۰/۵۰۱**
			پس‌آزمون	۱۲	۴۸/۸۳	۶/۱۶		

*تفاوت معنادار (P <۰/۰۵)

نتایج نشان داد میانگین زمان واکنش پس از تحریک الکتریکی در گروه tDCS قشر حرکتی از ۷۱/۵۸ ± ۳۵۴/۲۵ به ۶۳/۷۲ ± ۲۵۶/۴۱ هزارم ثانیه کاهش و میانگین عملکرد از ۶/۱۴ ± ۴۶/۰۰ به ۵/۸۳ ± ۶۸/۴۱ افزایش یافته است که با توجه به سطح معناداری ۰/۰۵ تفاوت معنادار در زمان واکنش و عملکرد قابل مشاهده است (P <۰/۰۵). در دو گروه دیگر تفاوت معنادار میان پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشاهده نشد (P >۰/۰۵).

به‌منظور بررسی نرمال بودن داده‌های این پژوهش از آزمون شاپیروویلک استفاده شد و نتایج نشان داد که تمامی متغیرهای تحقیق با (P >۰/۰۵). از توزیع نرمال پیروی می‌کنند.

پیش‌فرض یکسانی واریانس‌ها نیز با آزمون لوین و سطح معناداری آماره‌های F بزرگ‌تر از ۰/۰۵ بود که نشان می‌دهد فرض برابری واریانس‌ها رد نشده و واریانس‌های گروه‌های پژوهش برابر است.

تحلیل کوواریانس

جدول ۳ نتایج آزمون تحلیل کوواریانس اثر تحریک tDCS از قشر حرکتی بر زمان واکنش و عملکرد گروه‌های پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس اثر تحریک tDCS قشر حرکتی

	منبع	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	sig	مجذور ایتا
زمان واکنش	گروه	۶۹۱۲۸/۸۲	۲	۳۴۵۶۴/۴۱۳	۶۶/۵۲۱	۰/۰۰۰*	۰/۸۱۱
	خطا	۱۶۱۰۷/۶۶	۳۱	۵۱۹/۶۰۲			
	کل	۳۴۳۸۰۹۹/۰۰	۳۵				
عملکرد	گروه	۳۳۵۷/۶۳	۲	۱۶۷۸/۸۱۷	۱۴۳/۸۰۵	۰/۰۰۰*	۰/۹۰۳
	خطا	۳۶۱/۹۰	۳۱	۱۱/۶۷۴			
	کل	۱۱۳۵۸۲/۰۰	۳۵				

*تفاوت معنادار (P<۰/۰۵)

با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که پس از تعدیل امتیازات پیش‌آزمون، آزمون تحلیل کوواریانس مربوط به متغیر زمان واکنش معنادار است (F=۶۶/۵۲۱، sig=۰/۰۰۰). میزان تأثیر یا تفاوت برابر با ۰/۸۱۱ است. به‌عبارت دیگر، ۸۱ درصد میزان واریانس متغیر زمان واکنش مربوط به تأثیر متغیر مستقل پژوهش است. همچنین مشاهده شد که پس از تعدیل امتیازات پیش‌آزمون، آزمون تحلیل کوواریانس برای متغیر عملکرد معنادار است (F=۱۴۳/۸۰۵، sig=۰/۰۰۰). میزان تأثیر یا تفاوت برابر با ۰/۹۰۳ است. به‌عبارت دیگر، ۹۰ درصد میزان واریانس متغیر عملکرد مربوط به تأثیر متغیر مستقل پژوهش است.

به‌منظور مقایسهٔ دوبه‌دوی میانگین‌های تعدیل‌شده گروه‌ها از آزمون بونفرونی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۴ مشاهده می‌شود.

جدول ۴. نتایج آزمون بونفرونی جهت مقایسهٔ جفتی گروه‌های تحقیق

	گروه (I)	گروه (J)	اختلاف میانگین (I-J)	خطای استاندارد	sig
زمان واکنش	tDCS قشر حرکتی	tDCS ساختگی	-۸۴/۳۶۴*	۹/۶۰۸	۰/۰۰۰
		کنترل	-۱۰۲/۳۳۷*	۹/۴۱۷	۰/۰۰۰
عملکرد	tDCS قشر حرکتی	tDCS ساختگی	۲۰/۹۳۰*	۱/۵۴۹	۰/۰۰۰
		کنترل	۲۱/۱۳۲*	۱/۴۰۷	۰/۰۰۰

*تفاوت معنادار (P <۰/۰۵)

نتایج حاصل از آزمون بنفرونی (جدول ۴) در گروه‌های مورد بررسی نشان داد که بین میانگین زمان واکنش و عملکرد در گروه tDCS قشر حرکتی با سایر گروه‌ها در پس‌آزمون تفاوت معنادار وجود دارد (P <۰/۰۵)؛ بنابراین می‌توان گفت تحریک الکتریکی tDCS قشر حرکتی بر زمان واکنش و عملکرد شرکت‌کنندگان تأثیرگذار بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

اخیراً محققان به استفاده از tDCS برای افزایش عملکرد ورزشی و تسهیل انعطاف‌پذیری عصبی و سازگاری تمرینی علاقهٔ زیادی پیدا کرده‌اند (داویس[1]، ۲۰۱۳). تحقیق حاضر با هدف اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم مغز از قشر حرکتی بر زمان واکنش و عملکرد فوتبالیست‌های ماهر انجام گرفت. نتایج نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم مغز از ناحیهٔ قشر حرکتی در مقایسه با تحریک ساختگی موجب بهبود عملکرد فوتبالیست‌ها و کاهش زمان واکنش شد.

بهبود زمان واکنش فوتبالیست‌ها با تحریک قشر حرکتی اولیه در پژوهش حاضر با نتایج تحقیق زمانی و همکاران (۲۰۱۸) که روی ۳۰ نفر از ورزشکاران دختر شهرستان شادگان انجام گرفت، همراستاست. ایشان نشان دادند که تحریک مغناطیسی مغز به‌صورت دو جلسه و یک روز در میان سبب کاهش زمان واکنش ساده و انتخابی و سبب بهبود حافظهٔ کاری پیش‌رونده، پس‌رونده، کنترل ذهنی، حافظهٔ منطقی، بازنگری و یادگیری تداعی‌ها شده است (زمانی و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین نتایج پژوهش ما با نتایج پژوهش ارسطو و همکاران (۲۰۱۹) با عنوان «بررسی تأثیر تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای یکطرفهٔ مغز بر زمان واکنش جانبازان و ورزشکاران با معلولیت» که در بین تمامی جانبازان و ورزشکاران با معلولیت عضو هیأت جانبازان و معلولان شهر شیراز انجام گرفت، همراستاست. نتایج این پژوهش نشان داد در مرحلهٔ پس‌آزمون، زمان واکنش ساده و زمان واکنش انتخابی بین گروه تجربی و ساختگی تفاوت معناداری داشت و عملکرد گروه تجربی بهتر از گروه ساختگی بود (ارسطو وهمکاران،۲۰۱۹). در پژوهش دیگر تعو و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که ۲۰ دقیقه تحریک آندی، با شدت جریان یک و دو میلی‌آمپر در انجام تکلیف تأثیر معناداری نداشت، اما زمان واکنش افراد در انجام این تکلیف کاهش یافت. با این حال، بسیاری از نویسندگان هیچ تفاوتی در زمان واکنش پس از tDCS آندال در قشر حرکتی پیدا نکردند

[1]. Davis

(هارواث[1] و همکاران ۲۰۱۶) برای مثال سیدل و راجرت[2] (۲۰۱۹) تحقیقی با عنوان «اثرات تحریک جریان مستقیم جریان جمجمه از قشر قشر حرکتی اولیه بر زمان واکنش و عملکرد بین ورزشکاران و غیر ورزشکاران» انجام دادند. در این تحقیق، تأثیر تحریک جریان مستقیم tDCS در ناحیهٔ قشر حرکتی اولیه (M1) زمان واکنش به‌عنوان مقایسه‌ای بین فوتبال آموزش‌دیده و بازیکنان هندبال و غیر ورزشکاران بررسی شد. نتایج نشان داد که نه ورزشکاران و نه غیرورزشکاران از یک دورهٔ کوتاه کاربرد tDCS در کارهای حرکتی مرتبط با سرعت بهره‌مند نمی‌شوند. تأثیرات متناقض tDCS که در مطالعات تجربی قبلی یافت شد، ممکن است تا حدی ناشی از ولتاژهای مختلف الکترود اتخاذشده باشد (آنجیوس و همکاران، ۲۰۱۸). یا ناحیه تحریک مناسب‌ترین ناحیهٔ هدف مغزی برای بهبود عملکرد شناختی در ورزشکاران نباشد، زیرا زمان واکنش با شناسایی محرک، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری سریع‌تر مرتبط است (گالپین[3] و همکاران، ۲۰۰۸).

از دیگر نتایج پژوهش حاضر بهبود عملکرد پاس صحیح فوتبالیست‌های ماهر بر اثر تحریک آندی tDCS از قشر حرکتی بود که با تحقیقات ماچودو[4] و همکاران (۲۰۱۹) و هولگادو[5] و همکاران (۲۰۱۹) که نشان دادند tDCS آندال بر روی نواحی مرتبط با حرکت مغز می‌تواند به بهبود عملکرد فیزیکی منجر شود، همراستاست.

مطالعات اخیر علاقه به استفاده از تحریک جریان مستقیم ترانس کرانیال (tDCS) را برای افزایش اثربخشی تمرینات فیزیکی و شناختی (بلوگنین[6] و همکاران، ۲۰۰۹؛ سیدل[7] و همکاران، ۲۰۱۹) در ورزشکاران نشان داده‌اند. علاوه‌بر این، tDCS ممکن است میزان شلیک عصبی را در طول تحریک تعدیل کند (جان و هان، ۲۰۱۲)، فعال شدن قشر مغز را در انسان افزایش دهد و بر توانایی‌های حرکتی و شناختی تأثیر بگذارد (استک و همکاران،۲۰۱۱).

پنا[8](۲۰۱۵) در تحقیقی با بازیکنان فوتبال کالج، در یک برنامهٔ تمرین بدنی شش‌هفته‌ای بهبود چشمگیری را در عملکرد بینایی حرکتی و عملکرد بازیکنان نشان داد (پنا، ۲۰۱۵). در تبیین یافته‌های پژوهش حاضر با توجه به تحقیق هانتر[9] و همکاران (۲۰۱۵) می‌توان گفت که tDCS آندی به افزایش موضعی در گلوتامات و گلوتامین همچنین- N استیل- D آسپارتات در زیر الکترود تحریکی منجر می‌شود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که tDCS آندی تغییراتی را در انتقال‌دهنده‌های عصبی تحریکی موضعی ایجاد می‌کند، که فعالیت مغزی را به‌طور گسترده‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهند (هانتر و همکاران، ۲۰۱۵) افزون‌بر این tDCS ممکن است اجرا را در تکالیف خاص از جمله انقباضات عضلانی ارادی در نتیجهٔ افزایش تحریک‌پذیری قشر حرکتی و افزایش بعدی در تحریک حرکتی از قشر مغز به ذخیرهٔ حرکتی نخاعی بهبود دهد که می‌تواند به به‌کارگیری واحدهای حرکتی اضافی و تضعیف خستگی فوق نخاعی مرتبط با درد عضلانی منجر شود (فرتونامی و مینیوسی[10]،۲۰۱۷؛ ویلیامز وکامینگ[11]، ۲۰۱۶). پس مداخلاتی که تحریک‌پذیری ناحیهٔ قشر حرکتی اولیه (M1) را افزایش می‌دهند، ممکن است برونداد M1 را افزایش دهند (افزایش تحریک نزولی) و به این ترتیب گسترش خستگی فوق‌نخاعی را به تأخیر اندازند و در نتیجه ظرفیت ورزشی و درصد پاس صحیح را در فوتبالیست‌ها بهبود بخشند (منتگرو[12] وهمکاران،۲۰۱۵) . در این زمینه آنجیوس و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که افزایش تحریک‌پذیری ناحیهٔ M1 می‌تواند میزان فعالیت عضلات فعال را افزایش دهد (آنجیوس و همکاران ،۲۰۱۶).

به‌طور کلی نتایج نشان داد که تحریک الکتریکی از قشر حرکتی اولیه بر زمان واکنش و عملکرد فوتبالیست‌های ماهر مؤثر است. لذا پیشنهاد می‌شود مربیان و روانشناسان ورزشی تا حد امکان تحریک الکتریکی را در کنار برنامه‌های جسمانی خود برای کاهش زمان

---

1. Horvath
2. Seidel O, Ragert P
3. Galpin
4. Machado
5. Holgado
6. Bolognini
7. Seidel
8. Penna
9. Hunter
10. Fertonani A, Miniussi C
11. Williams SE, Cumming J
10. Montenegro

واکنش و بهبود عملکرد فوتبالیست‌ها مدنظر قرار دهند. از محدودیت‌های پژوهش حاضر ناتوانی کنترل سطح حریف بود که عملکرد خوب یا ضعیف یا پرس کردن یا نکردن آنها در روز مسابقه می‌تواند در درصد پاس صحیح بازیکنان تأثیر بگذارد. همچنین تفاوت پست‌های دروازه‌بان، دفاع، حمله و هافبک با یکدیگر می‌تواند در میزان درصد صحیح پاس تأثیرگذار باشد که محقق نتوانست آنها را کنترل کند. ازاین‌رو پیشنهاد می‌شود این موارد در پژوهش‌های آتی مدنظر قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود این پژوهش روی ورزشکاران مبتدی انجام گیرد تا نتایج قابل تعمیم تری حاصل شود.

تقدیر و تشکر

از مربیان و فوتبالیست‌های عزیز استان تهران که در اجرای این پژوهش همکاری کردند و استادان محترمی که در این کار به راهنمایی و مشاوره پرداختند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Angius, L., Pageaux, B., Hopker, J., Marcora, S. M., & Mauger, A. R. (2016). Transcranial direct current stimulation improves isometric time to exhaustion of the knee extensors. *Neuroscience*, *339*, 363-375. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.10.028

Angius, L., Mauger, A. R., Hopker, J., Pascual-Leone, A., Santarnecchi, E., & Marcora, S. M. (2018). Bilateral extracephalic transcranial direct current stimulation improves endurance performance in healthy individuals. *Brain stimulation*, *11*(1), 108-117. https://doi.org/10.1016/j.brs.2017.09.017

Arastoo, A. A., Zahednajad, S., Parsaei, S., & Alboghebish, S. (2020). The effect of transcranial Direct Current Stimulation on anxiety in Veteran and Disabled Athletes. medical journal of mashhad university of medical sciences, 63(3), 2278-2286. https://doi.org/ 10.22038/mjms.2020.16380 (In Persian)

Arkan, A. (2019). Effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) on working memory in healthy people. *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation*, *12*(2), 385. https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.12.231

Blumenstein, B., & Lidor, R. (2008). Psychological preparation in the Olympic village: A four-phase approach. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, *6*(3), 287-300. https://doi.org/10.1080/1612197X.2008.9671873

Bolognini, N., Pascual-Leone, A., & Fregni, F. (2009). Using non-invasive brain stimulation to augment motor training-induced plasticity. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, *6*(1), 1-13. https://doi.org/10.1186/1743-0003-6-8

Casanova, F., Oliveira, J., Williams, M., & Garganta, J. (2009). Expertise and perceptual-cognitive performance in soccer: a review. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, *9*(1), 115-122. https://doi.org/ org/10.5628/rpcd.09.01.115

Cheng, C. P., Chan, S. S., Mak, A. D., Chan, W. C., Cheng, S. T., Shi, L., . & Lam, L. C. W. (2015). Would transcranial direct current stimulation (tDCS) enhance the effects of working memory training in older adults with mild neurocognitive disorder due to Alzheimer's disease: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, *16*, 1-7. http://doi.org/ 10.1186/s13063-015-0999-0

Crust, L., Clough, P., Earle, K., Nabb, S., & Clough, A. (2012). From the sports field to the classroom: relationships between mental toughness, achievement, and progression in first-year university sports students. https://doi.org/10.1016/j.paid.2014.05.016

Davis, N. J. (2013). Neurodoping: brain stimulation as a performance-enhancing measure. *Sports Medicine*, *43*, 649-653. https://doi.org/10.1007/s40279-013-0027-z

Edwards, D. J., Cortes, M., Wortman-Jutt, S., Putrino, D., Bikson, M., Thickbroom, G., & Pascual-Leone, A. (2017). Transcranial direct current stimulation and sports performance. *Frontiers in human neuroscience*, 243. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00243

Fertonani, A., & Miniussi, C. (2017). Transcranial electrical stimulation: what we know and do not know about mechanisms. *The Neuroscientist*, *23*(2), 109-123. https://doi.org/ 10.1177/1073858416631966

Galpin, A. J., Li, Y., Lohnes, C. A., & Schilling, B. K. (2008). A 4-week choice foot speed and choice reaction training program improves agility in previously non-agility trained, but active men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *22*(6), 1901-1907. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181887e3f

Goldberg, A. S. (1998). Sports Slump Busting: 10 Steps to Mental Toughness and Peak Performance. Champaign, IL: Human Kinetics.

Gucciardi, D. F., Gordon, S., & Dimmock, J. A. (2009). Evaluation of a mental toughness training program for youth-aged Australian footballers: I. A quantitative analysis. *Journal of applied sport psychology*, *21*(3), 307-323. https://doi.org/10.1080/10413200903026066

Holgado, D., Vadillo, M. A., & Sanabria, D. (2019). The effects of transcranial direct current stimulation on objective and subjective indexes of exercise performance: A systematic review and meta-analysis. *Brain Stimulation*, *12*(2), 242-250. https://doi.org/10.31236/osf.io/e2buc

Horvath, J. C., Carter, O., & Forte, J. D. (2016). No significant effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) found on simple motor reaction time comparing 15 different simulation protocols. *Neuropsychologia*, *91*,544-552. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.09.017

Hunter, M. A., Coffman, B. A., Gasparovic, C., Calhoun, V. D., Trumbo, M. C., & Clark, V. P. (2015). Baseline effects of transcranial direct current stimulation on glutamatergic neurotransmission and large-scale network connectivity. *Brain research*, 1594, 92-107. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.09.066

Jeon, S. Y., & Han, S. J. (2012). Improvement of the working memory and naming by transcranial direct current stimulation. *Annals of rehabilitation medicine*, *36*(5), 585-595. https://doi.org/10.5535/arm.2012.36.5.585

Keel, J. C., Smith, M. J., & Wassermann, E. M. (2001). A safety screening questionnaire for transcranial magnetic stimulation. *Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, *112*(4), 720. https://doi.org/ 10.1016/s1388-2457(00)00518-6

Krause, B., & Kadosh, R. C. (2013). Can transcranial electrical stimulation improve learning difficulties in atypical brain development? A future possibility for cognitive training. *Developmental cognitive neuroscience*, *6*, 176-194. https://doi.org/10.1016%2Fj.dcn.2013.04.001

Machado, D. G. D. S., Unal, G., Andrade, S. M., Moreira, A., Altimari, L. R., Brunoni, A. R., ... & Okano, A. H. (2019). Effect of transcranial direct current stimulation on exercise performance: A systematic review and meta-analysis. *Brain Stimulation*, *12*(3), 593-605. https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.12.227

Montenegro, R., Okano, A., Gurgel, J., Porto, F., Cunha, F., Massaferri, R., & Farinatti, P. (2015). Motor cortex tDCS does not improve strength performance in healthy subjects. *Motriz: Revista de Educação Física*, *21*, 185-193. https://doi.org/10.1590/S1980-65742015000200009

Nejati, V., Salehinejad, M. A., Nitsche, M. A., Najian, A., & Javadi, A. H. (2020). Transcranial direct current stimulation improves executive dysfunctions in ADHD: implications for inhibitory control, interference control, working memory, and cognitive flexibility. *Journal of attention disorders*, *24*(13), 1928-1943. https://doi.org/10.1177/1087054717730611

Nuri, L., Shadmehr, A., Attarbashi Moghaddam, B., & Ghotbi, N.(2012). Comparison of reaction time and prediction skill in female athletes and non-athletes. *New Rehabilitation Quarterly*,6(3),43-37. (In Persian)

Penna, E. M., de Mello, M. T., Ferreira, R. M., Moraes, L. C. C. D. A., & Costa, V. T. D. (2015). Relative age effect on the reaction time of soccer players under 13 years old. *Motriz: Revista de educação física*, *21*, 194-199. https://doi.org/10.1590/S1980-65742015000200010

Mahdipour, R., Namazizadeh, M., Badami, R., & Mirhosseini, H. (2020). A Comparison of the Effect of the Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) of Vision and Motor Cortex on Learning of Basketball Free Throw Skill. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, *12*(2), 153-168. https://doi.org/10.22059/jmlm.2020.293682.1474 (In Persian)

Sadeghi, N., Zamani Sani, S. H., & Hasanzadeh, N. (2019). The effect of mental skills training on mental profile and performance of teenager soccer players in preparation phase. *Sports Psychology*, 4(1), 14-27. https://doi.org/ 10.29252/mbsp.4.1.14 (In Persian)

Seidel, O., & Ragert, P. (2019). Effects of transcranial direct current stimulation of primary motor cortex on reaction time and tapping performance: A comparison between athletes and non-athletes. *Frontiers in human neuroscience*, *13*, 103. https://doi.org/ 10.3389/fnhum.2019.00103

Stagg, C. J., Jayaram, G., Pastor, D., Kincses, Z. T., Matthews, P. M., & Johansen-Berg, H. (2011). Polarity and timing-dependent effects of transcranial direct current stimulation in explicit motor learning. *Neuropsychologia*, *49*(5), 800-804. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.02.009

Thelwell, R. C., Greenlees, I. A., & Weston, N. J. (2010). Examining the use of psychological skills throughout soccer performance. *Journal of sport behavior*, 33(1).

Wang, J. (2009). Reaction-Time Training for Elite Athletes: A Winning Formula for Champions. International journal of coaching science, 3(2).

Williams, S. E., & Cumming, J. (2016). Athlete imagery ability: A predictor of confidence and anxiety intensity and direction. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, *14*(3), 268-280. https://doi.org/10.1080/1612197X.2015.1025809

Zamani, G., & Doostan, M. R. (2018). The effect of transcranial direct current stimulation on working memory and reactiontime in athlete girls. *Neuropsychology*, *3*(10), 51-62. https://doi.org/20.1001.1.24765023.1396.3.10.4.5 (In Persian)