Sport Physiology m Volume 13, No 51, 2021, Page 117-138

Research Paper

Effect of Different Models of Transcranial Direct Current Stimulation on Risky Decision-Making in Sports Referees

Sh. Ghayebzadeh[1], Sh. Zardoshtian[2], H. Sabouri Moghaddam[3], E. Amiri[4], L. Solal Giboin[5]

1. Department of Sports Management, Faculty of Sport Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran
2. Department of Sports Management, Faculty of Sport Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran (Corresponding Author)
3. Department of Cognitive Neuroscience, University of Tabriz, Tabriz, Iran
4. Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran
5. Human Performance Research Centre, Department of Sport Science, University of Konstanz, Konstanz, Germany

Received: 2021/04/14 Accepted: 2021/08/24

Abstract

The aim of the present study was to investigate the effects of different models of transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on risky decision-making in male team sports referees. Twenty-four Football, Futsal, Volleyball, Basketball and Handball referees aged 19-38 from level 3 to national level with 2-18 years of experience voluntarily took part in this study. After the familiarization session, in a double-blind, sham-controlled crossover design, each subject visited the laboratory on three different occasions separated by at least 72 hours in between and was exposed to Anodal, Cathodal, and Sham stimulation types over the right dorsolateral prefrontal cortex (L-DLPFC). Before and after each stimulation type, Iowa Gambling Task (IGT) and Impulsivity (IMP) Go/No Go psychological tasks were performed. The difference between the mean values of the variables (Delta) at pre and post-intervention were calculated and used for statistical analyses. The results showed that delta IGT was significantly higher in Anodal and Cathodal stimulation compared to Sham stimulation (*p=0.003, p=0.01,* respectively). On the other hand, a significantly higher delta IMP was observed in Anodal and Sham stimulation in comparison with Cathodal stimulation *(p=0.0001, p=0.002,* respectively). As a novel finding, these results indicated the positive effects of Anodal stimulations via the right DLPFC in factors associated with risky decision-making in male sports referees. To conclude, these results pave the path for using tDCS as a possible strategy to boost risky decision-making in male sports referees. However, more research is needed to ascertain this conjecture.

1. Email: sh.ghayebzadeh@yahoo.com
2. Email: zardoshtian2014@gmail.com
3. Email: sabourimoghaddam@yahoo.com
4. Email: e.amiri@razi.ac.ir
5. Email: louis-solal.giboin@uni-konstanz.de

Keywords: Brain Stimulation, Decision-Making, Impulsivity, Referees, Dorsolateral Prefrontal Cortex

Extended Abstract

Background and Purpose

Non-invasive brain stimulation (NIBS) or so-called "neurodoping" has recently been used as a new strategy to boost sports-related performance (1). It includes modulating the activity of neural circuits in different parts of the brain which in turn, changes the excitability of neurons in target areas and induces favorable effects on performance (2-4). Transcranial direct current stimulation (tDCS) is the most common brain stimulation method that uses a weak electrical current to alter the cortical excitability, producing facilitatory or inhibitory effects on athletic performance (5). Previous studies have shown the positive effects of tDCS on a variety of sports-related performance such as muscular strength, movement perception, motor learning, cognitive function, endurance performance, and muscular fatigue (1). These positive effects increased the intention to use tDCS in other sports-related areas such as sports referees to see if their ability to make fast and deliberate decisions is affected by tDCS intervention. Accordingly, the aim of the current study was to investigate the effects of different models of tDCS on risky decision-making in male team sports referees.

Materials and Methods

In a counterbalanced, double-blind, and sham-controlled study design, 24 male Football, Futsal, Volleyball, Basketball, and Handball referees voluntarily took part in this study. The inclusion criteria were defined as follows: they were right-handed, had no history of clinical impairments and neurological disorders, did not use any external or internal electrical stimulator in their bodies, had at least 3 years of experience at national and international sports competitions. All participants got familiar with the study protocol and then, written informed consent was obtained from each participant. The experimental procedure was reviewed and approved by the Ethics Committee on Biomedical Research at Razi University, Kermanshah, Iran (Regist #: IR.KUMS.REC.1398.653), and conducted in accordance with the declaration of Helsinki. Before commencing the experimental sessions, subjects participated in a familiarization session to be acquainted with the whole experimental procedure and also the tDCS intervention. Then, each subject visited the laboratory on 3 different occasions interspersed with 72 hours of rest in between. In each session, the impulsivity was first measured by the Go/ No Go impulsivity test and then, subjects were exposed to one of the three models of transcranial direct current stimulation (tDCS) including Anodal, Cathodal, and Sham stimulation for 20 minutes at 2 mA intensity over the right DLPFC area. After the cessation of the stimulation, impulsivity was again measured under a

similar condition. To deliver electrical stimulation over each subject's DLPFC area, we used a ***Neurostim*** battery-driven unit stimulator (*Medina Tebgostar*; Tehran, Iran). The impulsivity digital games (Medina Tebgostar; Tehran, Iran) involved 100 tasks that would be chosen at the discretion of the participant as "***Go***" orh"***No Go***". The Persian adaptation computerized IGT (Medina Tebgostar; Tehran, Iran) was used in the current study wherein, each participant was given a virtual loan of $ 2,000.00 and was expected to win as much as possible during the subsequent 100 trials.

Results

Overall results of the Impulsivity (IMP), Iowa Gambling Task (IGT), and Reaction Time (RT) scores at pre- and post- tDCS intervention under 3 different stimulation types are demonstrated in *Table 1*.

Table1- Overall results of IGT, IMP, and RT scores at pre- and post-intervention through three different stimulation types (Mean±SD)

		stimulation types (Mean±SD)					
		Anodal		**Cathodal**		**Sham**	
		Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
Variable	IGT	2481.25 ± 605.78	2729.16 ± 885.1	2337.5 ± 903.64	2523.95 ± 869.04	2586.45 ± 451.98	2225 ± 526.06
	IMP	435.62 ± 35.6	450.83 ± 47.01	431.25 ± 48.19	448.25 ± 53.87	438.54 ± 28.37	419.79 ± 23.93
	RT	604±60	589±70	603±70	598±70	620±40	600±60

IGT: Iowa gambling task; IMP: Impulsivity; RT: Reaction Time

The difference between mean values at pre- and post- tDCS intervention (Delta) was calculated for each variable and used for statistical analyses. The results by the use of one-way repeated measures ANOVA showed that delta IGT was significantly different among three different stimulation types *(F=6.71; p=0.003)*. Post hoc test revealed that delta IGT was significantly higher under Anodal and Cathodal stimulation compared to the Sham stimulation *(p=0.003; p=0.01, respectively)*, while no significant difference was observed in delta IGT between Anodal and Cathodal stimulation. A significant main effect of condition (stimulation types) was also observed for delta IMP *(F=11.158; p=0.001)*. Post hoc comparisons of delta IMP at three different stimulation types indicated the same trend as delta IGT in which a significant higher delta IMP score was seen under Anodal and Cathodal stimulation in comparison to the Sham stimulation type *(p=0.0001; p=0.002, respectively)*, while there was no significant difference

in delta IMP between Anodal and Cathodal stimulation. Finally, the results of the present study indicated that the stimulation types elicited no statistically significant changes in delta RT *(F=1.752; p=0.185).*

Conclusion

As a novel finding, the results of the current study demonstrated the effectiveness of non-invasive brain stimulation with tDCS in improving factors related to risky decision-making of male team sports referees. It seems that unilateral Anodal and Cathodal stimulation over the right DLPFC area increases the activity of the related neural circuits culminating in improved IMP and IGT scores compared with the Sham stimulation. On the other hand, the results of the ongoing study revealed that this stimulation paradigm had no effect on the reaction time of male referees, which raised the question of whether other stimulation paradigms could affect the reaction time of referees or the reaction time is not affected by tDCS.

Article Message

From a practical point of view, these results can pave the path for considering brain modulation or so-called neurodoping as a new strategy to enhance referees' performance. Nevertheless, it must take into consideration that more study with rigorous research design is required to generalize the results to the real situation in the field.

Keywords: Brain Stimulation, Decision-Making, Impulsivity, Referees, Dorsolateral Prefrontal Cortex

References

1. Lorenza S. Colzato MAN, Armin Kibele. Noninvasive Brain Stimulation and Neural Entrainment Enhance Athletic Performance—a Review. J Cogn Enhanc. 2017;1:73-9.
2. Davis NJ. Neurodoping: brain stimulation as a performance-enhancing measure. Sports Med. 2013;43(8):649-53.
3. Ehsan Amiri RG, Hamid Rajabi, Zahra Rezasoltani, Kamran Azma, Aboozar Kavehee. Changes in corticospinal excitability and motoneurones responsiveness during and within a time-course after submaximal fatiguing contractions (In Persian). Sport Physiology. 2019;10(39):33-50.
4. Hossein Ramezani ZFM, Somayeh Namdar Tajari, Reza Khanbabaie. The Acute Effect of Post-Activation Potentiation with Transcranial Random Noise Stimulation on Some Electrophysiological and Functional Variables of Athletic Men (In Persian). Sport Physiology. 2020;11(44):31-54.
5. Okano AH, Fontes EB, Montenegro RA, Farinatti Pde T, Cyrino ES, Li LM, et al. Brain stimulation modulates the autonomic nervous system, rating of perceived exertion and performance during maximal exercise. Br J Sports Med. 2015;49(18):1213-8.

فیزیولوژی ورزشی دوره ۱۳ ، شماره ۵۱ ،پاییز ۱۴۰۰ .صص ۱۳۸-۱۱۷

مقالهٔ پژوهشی

تأثیر مدل‌های مختلف تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر داوران ورزشی

شهروز غایب‌زاده[۱]، شیرین زردشتیان[۲]، حسن صبوری‌مقدم[۳]، احسان امیری[۴]، لوئیس سولال گیبوین[۵]

۱. گروه مدیریت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۲. گروه مدیریت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران (نویسندهٔ مسئول)
۳. گروه علوم اعصاب شناختی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۴. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۵. مرکز تحقیقات عملکرد انسان، گروه علوم ورزشی، دانشگاه کنستانس، کنستانس، آلمان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۵

چکیده

مطالعهٔ حاضر با هدف بررسی تأثیر مدل‌های مختلف تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر داورانِ رشته‌های ورزش تیمی انجام شد. تعداد ۲۴ داور مرد در ورزش‌های فوتبال، فوتسال، والیبال، بسکتبال و هندبال (با دامنهٔ سنی ۱۹ تا ۳۸ سال، درجهٔ داوری: درجهٔ سه تا ملی، سابقهٔ داوری: دو تا ۱۸ سال) به‌صورت داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند. بعد از جلسهٔ آشنایی، آزمودنی‌ها در سه جلسهٔ مجزا با فاصلهٔ حداقل ۷۲ ساعت در آزمایشگاه حضور یافتند. در یک طرح درون‌گروهی به شیوهٔ دوسویهٔ کور و به‌صورت موازنهٔ متقابل، هر آزمودنی سه نوع تحریک الکتریکی شامل تحریک آنُد، کاتُد و شَم را روی قشر خلفی-جانبی پیش‌پیشانی راست دریافت کرد. قبل و بعد از هر نوع تحریک، تکالیف روان‌شناختیِ تکانشگری برو/نرو و بازی قمار آیوا انجام شد. نتایج با استفاده از آزمون تحلیل واریانس دوراهۀ مرکب نشان داد که مقادیر دلتای IGT در شرایط آنُد و کاتد در مقایسه با شَم به‌طور معناداری بیشتر بود (به‌ترتیب، P = 0.003، P = 0.01). همچنین نتایج نشان داد که مقادیر دلتای IMP در شرایط آنُد و شَم در مقایسه با کاتُد افزایش معناداری داشت (به‌ترتیب، P = 0.0001، P = 0.002). به‌عنوان یافته‌ای جدید، این نتایج نشان‌دهندهٔ اثرات مثبت تحریک آنُد روی قشر خلفی-جانبی پیش‌پیشانی راست بر عوامل مرتبط با تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر در داوران ورزشی مرد است. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که tDCS احتمالاً می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای بهبود

1. Email: sh.ghayebzadeh@yahoo.com
2. Email: zardoshtian2014@gmail.com
3. Email: sabourimoghaddam@yahoo.com
4. Email: e.amiri@razi.ac.ir
5. Email: louis-solal.giboin@uni-konstanz.de

تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر داوران ورزشی استفاده شود؛ اگرچه برای تأیید نهایی این موضوع به انجام‌دادن پژوهش‌های متعدد نیاز است.

واژگان‌کلیدی: تحریک مغزی، تصمیم‌گیری، تکانشگری، داوران ورزشی، قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی.

مقدمه

توسعهٔ شگرف ورزش حرفه‌ای در سال‌های اخیر و فشار بی‌سابقه بر ورزشکاران به‌منظور حفظ آمادگی در بازه‌های زمانی طولانی‌مدت و کسب نتایج مطلوب، سبب تمایل به استفاده از روش‌ها و راهبردهای[1] جدید و مؤثر در بهبود عملکرد ورزشی شده است (۱). تحریک غیرتهاجمی مغز[2] (NIBS) یکی از این راهبردهای جدید است که در سال‌های اخیر در حیطهٔ ورزش استفاده شده است. NIBS در حوزهٔ ورزش که به‌تازگی از آن به‌عنوان دوپینگ عصبی[3] نیز نام برده می‌شود، شامل مداخله در فعالیت مدارهای نورونی نواحی مختلف مغز با هدف القای اثرات مطلوب بر عملکرد ورزشی است (۲). تحریک مغناطیسی فراجمجمه‌ای[4] (TMS) و تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای[5] (tDCS) از رایج‌ترین تکنیک‌ها در این زمینه هستند که می‌توانند با تغییر در تحریک‌پذیری[6] نورون‌های مغزی اثرات مورد انتظار را برجای بگذارند (۲-۴). نشان داده شده است که tDCS بسته به نوع تحریک می‌تواند سبب دپلاریزه یا هایپرپلاریزه‌شدن پتانسیل استراحتی غشاء در نواحی تحت تحریک شود. تحریک آنودال[7] سبب دپلاریزه‌شدن و افزایش تحریک‌پذیری و تحریک کاتودال[8] سبب هایپرپلاریزه‌شدن و کاهش تحریک‌پذیری نورون‌های نواحی هدف می‌شود . به نظر می‌رسد اصلی‌ترین مکانیسم اثر tDCS تغییر در مقادیر میانجی عصبی مهاری گابا آمینو بوتیریک اسید[9] (GABA) و کارآیی رسپتورهای N- متیل دی آسپارتات[10] (NMDA) باشد (۵).

مطالعات متعددی اثرات مطلوب tDCS بر بسیاری از متغیرهای مرتبط با جنبه‌های مختلف عملکرد ورزشی نظیر قدرت عضلانی، عملکرد استقامتی، حس حرکتی، یادگیری حرکتی، عملکرد شناختی و

1. Strategies
2. Non-Invasive Brain Stimulation
3. Neurodoping
4. Transcranial Magnetic Stimulation
5. Transcranial Direct Current Stimulation
6. Excitability
7. Anodal
8. Cathodal
9. Gamma-Aminobutyric acid
10. N-Methyl-D-aspartate

خستگی عضلانی را نشان داده‌اند (۱). در این راستا هانگ[1] و همکاران (۶) بیان کردند که دریافت ۲۰ دقیقه tDCS سبب افزایش توان خروجی در دوچرخه‌سواری سرعتی و نیز بهبود عملکرد شناختی در حین اجرای دوچرخه‌سواری سرعتی می‌شود. در مطالعهٔ دیگری، ویتور-کوستا[2] و همکاران (۷) نشان دادند که تحریک آنودال قشر حرکتی مغز سبب افزایش معنادار زمان رسیدن به واماندگی در فعالیت استقامتی با شدت نزدیک به بیشینه می‌شود. از سوی دیگر، توجه به این نکته نیز ضروری است که برخی از مطالعات این چنین آثار مثبتی را گزارش نکرده‌اند؛ به‌عنوان‌مثال، بالدری[3] و همکاران (۸) نتیجه گرفتند که تحریک حادِ آنودالِ قشر حرکتی مغز سبب تغییر معناداری در پاسخ‌های فیزیولوژیک، میزان درک فشار و عملکرد ورزشی در دوندگان استقامتی نش. به‌رغم وجود برخی تناقض‌ها در نتایج پژوهش‌ها در زمینهٔ تاثیر tDCS بر عملکرد ورزشی، نتایج طیف گسترده‌ای از مطالعات نشان‌دهندهٔ اثر مطلوب این راهبرد در حیطهٔ ورزشی است و این امر تنها به مطالعات علمی محدود نشده است؛ بلکه در شرایط کاربردی نیز ورزشکاران حرفه‌ای در سطح قهرمانان المپیک این راهبرد را به نحو مطلوب به کار برده‌اند (۶).

وجود نتایج مطلوب و امیدبخش دربارهٔ کاربرد tDCS در بهبود عملکرد ورزشی سبب توجه به این راهبرد در سایر حوزه‌های مرتبط با ورزش نیز شده است. داوران ورزشی یکی از ارکان اصلی هر رویداد ورزشی هستند که تصمیم‌های آنان تأثیر درخور توجهی بر نتایج یک رویداد ورزشی بر جای می‌گذارد؛ بنابراین بهبود و افزایش دقت تصمیم‌گیری داوران ورزشی یکی از حوزه‌هایی است که به‌تازگی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. در توصیف تصمیم‌گیری می‌توان گفت: تصمیم‌گیری بخشی از کنترل شناختی است که در ارزیابی خواسته‌ها نقش اساسی دارد و پاسخ‌های رفتاری را به‌صورت هدفمند تعدیل می‌کند. داوری در رقابت‌های ورزشی نیازمند تصمیم‌گیری مبتنی‌بر تفکر و تأمل بسیار سریع بر همهٔ پاسخ‌های محتمل است و این پاسخ دارای ابعاد چندگانه‌ای نظیر تعصب، صداقت، احساسات، تکانشگری، زمان واکنش و... است (۷). در این میان، تکانشگری[4] یکی از مهم‌ترین ابعاد داوری است که بر تصمیم گیری تأثیر می‌گذارد و فرد در مرحلهٔ قضاوت و داوری دچار اختلال می‌شود (۸). تکانشگری نوعی گرایش به نشان‌دادن واکنش بلافاصله و بدون برنامه‌ریزی به محرک‌های بیرونی و درونی است که به آثار و تبعات فردی و اجتماعی آن توجهی نمی‌شود (۹). برخی از پژوهش‌های انجام‌شده دربارهٔ ارتباط بین تکانشگری و عملکرد شناختی گویای آن هستند که پیام‌های تکانشگری می‌توانند در وضعیت‌های خاص مفید واقع شوند؛ برای مثال، وقتی محیط‌های پویا و پیچیده در اعمال

1. Huang
2. Vitor-Costa
1. Baldari
2. Impulsivity

افراد نظیر تصمیم‌گیری و مدتِ اتخاذ آن در حیطهٔ ورزشی اختلال ایجاد کنند، تکانشگری می‌تواند تأثیرگذار باشد (۱۰). زمان واکنش[1] نیز یکی دیگر از مهم‌ترین ابعاد داوری است که بر نحوهٔ تصمیم‌گیری در ورزش تأثیر می‌گذارد. در توصیف زمان واکنشِ داوران ورزشی می‌توان گفت که داوران ورزشی برای ارزیابی شرایط خاصی از یک رویداد لازم است تصمیم‌گیری‌های مناسب و صحیح را در حدود یک ثانیه ارائه دهند.

با توجه به موارد ذکرشده، می‌توان به این نکته اشاره کرد که تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر به‌عنوان یک کارکرد عالی شناختی، به‌علت طبیعت پیچیده‌اش مستلزم فعالیت نواحی مختلف مغز است؛ نواحی‌ای که در انتخاب پاسخ‌ها، تعارض آن‌ها، مکانیسم‌های تقویت، کنترل و توجه نیز نقش دارند. مطالعات اخیر در زمینهٔ علوم اعصاب شناختی نشان می‌دهند که فرایندهای تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر در بخش خاصی از مغز کدگذاری می‌شوند؛ چنانچه برخی مطالعات تصویربرداری عصبی نشان می‌دهند که قشر خلفی–جانبی پیش‌پیشانی[2] (DLPFC) در تصمیم‌گیری‌های ریسک‌پذیر نقش درخور توجهی دارد؛ با وجوداین، نتایج این مطالعات در افراد سالم، بیمار و ورزشکار متفاوت است (۱۱). در این راستا، فریز[3] و همکاران (۱۵) در مطالعه‌ای جدید نشان دادند که فرایندهای شناختی از جمله زمان واکنش، قدرت تصمیم‌گیری و عملکرد اجرایی تحت‌تأثیر تحریک آنودالِ ناحیهٔ DLPFC راست بهبود می‌یابد. اوتا[4] و همکاران (۱۶) نیز بهبود تصمیم‌گیری حرکتی را پس از القای تحریک آنودال روی ناحیهٔ DLPFC مشاهده کردند.

مطالعات متعددی به بررسی جنبه‌های مختلف تحریک غیرتهاجمی مغز در ارتباط با ورزش پرداخته‌اند، اما سؤال‌های متعددی در این زمینه بدون پاسخ مانده است و تأیید کاربرد این تکنیک در برخی حیطه‌های ورزشی به انجام‌دادن مطالعات بیشتری نیاز دارد؛ به‌عنوان‌مثال، نشان داده شده است که تفاوت‌های فردی یا تخصصی (نوع رشتهٔ ورزشی، ورزشکار، مربی یا داوربودن و...) و نیز جزئیات مداخله نظیر شدت تحریک، نوع تحریک و مدت زمان القای تحریک می‌توانند بر نتایج به‌دست‌آمده تأثیرگذار باشند، اما هنوز هیچ توافقی دربارهٔ حالت بهینه در این زمینه وجود ندارد (۲). از سوی دیگر، به‌رغم اینکه تصمیم‌های داوران ورزشی نقش بسیار مهم و تعیین‌کننده‌ای در رویدادهای ورزشی دارد، مطالعات علمی و هدفمند اندکی در حوزهٔ داوران ورزشی و عوامل مؤثر بر عملکرد آنان در مسابقات ورزشی انجام شده است؛ این امر مؤید نیاز به انجام‌دادن مطالعات متعدد در این زمینه است؛ به‌عنوان‌مثال، یکی از سؤال‌ها این است که آیا انواع مختلف تحریک غیرتهاجمی مغز می‌تواند بر عملکرد

3. Reaction Time
1. Dorsolateral Prefrontal Cortex
2. Friehs
3. Ota

داوران ورزشی نیز همانند سایر حیطه‌های ورزشی که پیش‌تر به آن اشاره شد، تأثیرگذار باشد؟ و در صورت اثرگذاری، بهینه‌ترین حالت تحریک از نظر نوع، شدت، تواتر و مدت تحریک برای استفادهٔ گسترده از این راهبرد چیست؟ با توجه به آنچه گفته شد، هدف از انجام‌شدن پژوهش حاضر، بررسی تأثیر مدل‌های مختلف تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای شامل تحریک آنودال، کاتودال و شَم روی ناحیهٔ DLPFC راست، بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر، تکانش‌گری و زمان واکنش داوران مرد رشته‌های ورزشی تیمی بود.

روش پژوهش

شرکت‌کنندگان

جامعهٔ آماری این پژوهش، داورانِ مرد رشته‌های ورزشی فوتبال، فوتسال، والیبال، بسکتبال و هندبال بودند که در سطح‌های مختلف لیگ‌های ورزشی کشور سابقهٔ داوری داشتند. علت انتخاب این رشته‌های ورزشی، سیستم یا آرایش تیمی بازیکنان است که مدام در حال تغییر به رویکرد تدافعی یا تهاجمی هستند. همچنین قضاوت داوران در این رشته‌های ورزشی از جنجالی‌ترین بحث‌های ورزشی است که همواره با انتقادهایی روبه‌روست. تعداد ۲۴ نفر از داوران این رشته‌های ورزشی به‌عنوان نمونهٔ آماری انتخاب شدند. همهٔ شرکت‌کنندگان رضایت‌نامهٔ شرکت در پژوهش را آگاهانه امضا کردند و پروتکل مطالعه توسط کمیتهٔ ملی اخلاق در تحقیقات زیست پزشکی ایران با کد IR.KUMS.REC.1398.653 تصویب شد. قبل از ارزیابی، شرکت‌کنندگان دربارهٔ هرگونه منع استفاده از tDCS از جمله وجود دستگاه‌های قابل کاشت یا ضربان‌سازهای قلبی و هرگونه سابقهٔ تشنج یا صرع بررسی شدند. همهٔ شرکت‌کنندگان از نظر جسمی سالم بودند و همهٔ افراد راست‌دست بودند.

طرح پژوهش

این پژوهش با استفاده از طرح پیش‌آزمون-پس آزمون همراه با گروه کنترل به شیوهٔ دوسویهٔ کور و به‌صورت موازنهٔ متقابل[1] انجام گرفت. بدین‌منظور، آزمودنی‌ها در چهار جلسهٔ مجزا با فاصلهٔ حداقل ۷۲ ساعت در آزمایشگاه حضور یافتند. جلسهٔ اول به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز از آزمودنی‌ها، آشنایی آنان با چگونگی اجرای پژوهش و همچنین آشنایی با تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای اجرا شد. سپس در جلسات دوم تا چهارم، ۲۴ آزمودنی در سه جلسهٔ مجزا با فاصلهٔ حداقل ۷۲ ساعت بین جلسات به‌منظور دریافت سه مدل مختلف از تحریک جریان مستقیم فراجمجمه ای در ناحیهٔ DLPFC شامل نیمکرهٔ راست تحریک آنودال، نیمکرهٔ راست تحریک کاتودال و تحریک شَم، در

1. Counterbalance

آزمایشگاه حضور یافتند. در هر جلسه متغیرهای مدنظر در پژوهش در قبل و بلافاصله بعد از تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای اندازه‌گیری شدند.

تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS)

برای اعمال تحریک مغزی در این پژوهش، از دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای مدل نوروِاستیم[1] محصول شرکت مدینا طب‌گستر[2] و مؤسسهٔ علوم شناختی سینا استفاده شد. از طریق دو الکترود که شامل صفحه‌هایی از جنس کربن در اندازهٔ ۷ × ۵ سانتی‌متر بود، در پوشش اسفنجی آغشته به محلول نمکی ۰/۹ درصد قرار داده شد (۱۲). سپس الکترودها با استفاده از سیستم بین‌المللی ۲۰-۱۰، توسط دو نوار باریک، در ناحیهٔ مغزی مدنظر برای آزمایش روی سر شرکت‌کنندگان بسته شد. در وضعیت تحریک فعال، جریان دو میلی‌آمپر به‌مدت ۲۰ دقیقه در ناحیهٔ قشر مغزی خلفی-جانبی پیش‌پیشانیِ راست، از طریق الکترودهای آند وکاتد اعمال شد، اما در وضعیت شَم، درحالی‌که الکترودها روی سر شرکت‌کننده و در ناحیهٔ قشر مغزی خلفی-جانبی پیش‌پیشانیِ راست قرار داشت، به‌مدت ۳۰ ثانیه روند صعودی افزایش جریان اعمال شد و پس از آن، روند نزولی را طی کرد و قطع شد. هدف این بود که فرد تحریک‌شدن اولیه را حس کند و از غیرفعال‌بودن تحریک آگاه نشود (۱۳).

تکلیف علوم اعصاب شناختی

-تصمیم‌گیری در وضعیت مخاطره یا ریسک‌پذیری[3]

بچارا[4] و همکاران در سال ۱۹۹۴ تکلیف قمار آیوا[5] را معرفی کردند (۱۴). این آزمون به‌وسیلهٔ نسخهٔ رایانه‌ای قمار آیوا (فارسی) توسط تیم تحقیق و توسعهٔ مدینا طب‌گستر[6] اندازه‌گیری شد. در این آزمون، برای شروع ۲۰۰۰ امتیاز (در آزمون اصلی دلار) به آزمودنی قرض داده می‌شود و از آزمودنی خواسته می‌شود که از ۱۰۰ کوشش طراحی‌شده در نرم‌افزار، میزان امتیاز بیشتری را جمع‌آوری کند. تکلیف قمار آیوا شامل چهار دسته کارت است که انتخاب هرکدام از دستهٔ کارت‌ها میزانی از سود و زیان به همراه دارد؛ یعنی با انتخاب هرکدام از دستهٔ کارت‌ها آزمودنی امکان دارد میزان خاصی از امتیاز را برنده شود یا برعکس مقداری از آن را از دست بدهد.

1. NeuroStim
2. Medina Teb Gostar
3. Risky Decision Making
4. Bechara
4. Iowa Gambling Task (IGT)
5. Medina Teb Gostar's R & D Team

دستهٔ کارت‌ها در آزمون‌های مختلف به اسامی گوناگونی معروف‌اند، ولی با استناد به مطالعهٔ اصلی بچارا و همکاران، بیشتر با عناوین A، B، C و D نام‌گذاری شده‌اند. دستهٔ کارت‌های A و B پاداش بزرگ‌تری به همراه دارند (بیش از ۱۰۰ امتیاز)، اما ضرر آن‌ها بیشتر است و انتخاب این کارت‌ها ریسک تلقی می‌شود. درمقابل، دستهٔ کارت‌های C و D دارای پاداش کمتری هستند (۵۰ امتیاز)، اما ضرر و زیان آن‌ها به‌نسبت کمتر است. در پایان، مؤلفه‌های آزمون به‌صورت دقیق توسط رایانه ثبت می‌شوند. آزمون ذکرشده شامل مؤلفه‌های امتیاز کل دریافت‌شده، امتیاز کل ازدست‌رفته، فراوانی در انتخاب کارت‌ها و امتیاز کل آزمون است. سپس امتیاز به‌دست آمده در هر مؤلفه ثبت و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار می‌گیرد.

-تکانشگری برو/نرو[1]

این آزمون به‌وسیلهٔ نسخهٔ رایانه‌ای (فارسی) مؤسسهٔ تحقیقات علوم رفتاری-شناختی سینا طراحی شده است. به شرکت‌کنندگان گفته شد که این بازی دارای یک محرک است که باید به آن پاسخ داده شود. همچنین به یک محرک نباید به آن پاسخ داده شود. به آن‌ها گفته شد، این بازی دارای ۱۰۰ کوشش است. در هر کوشش، صفحهٔ نمایش بازی به چهار قسمت تقسیم می‌شود که در یک قسمت آن کاراکتر "P" یا "R" نمایش داده می‌شود. به شرکت‌کنندگان گفته شد، روش کار به این صورت است که هر زمان کادر صفحهٔ نمایش بازی کاراکتر "P" را نشان داد، بلافاصله روی آن کلیک کنید و اگر کاراکتر "R" نمایش داده شد، کاری انجام ندهید. در سریع‌ترین زمان باید به بازی واکنش نشان دهید تا بیشترین امتیاز را کسب کنید. با فشاردادن "P" به شرکت‌کنندگان برای انتخاب صحیح امتیاز تعلق می‌گرفت و به‌دلیل اشتباه انتخاب کردن با فشاردادن "R"، خطا برایشان ثبت می‌شد. بعد از بازی، امتیاز تکانشگری، زمان واکنش، بهترین زمان واکنش و میانگین زمان واکنش نشان داده می‌شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس.[2] نسخهٔ ۲۳ انجام پذیرفت. برای بررسی پیش‌فرض طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک[3] و برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون کرویت موخلی[4] استفاده شد. پس از تأیید پیش‌فرض طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها، مقادیر اختلاف میانگین قبل و بعد از مداخله برای هر متغیر (دلتای داده‌ها) در سه شرایط موجود محاسبه شد و با استفاده از آزمون آنوای یک‌راهه با اندازه‌گیری تکراری تجزیه و تحلیل شد.

1. Impulsivity Go/No Go
2. SPSS
3. Shapiro-Wilk
4. Mauchly's Test of Sphericity

در صورت وجود تفاوت معنادار، از آزمون بنفرونی[1] برای مقایسه‌های زوجی استفاده شد. برای تمامی آزمون‌های آماری سطح معناداری $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

به‌طورکلی، ۲۴ نفر از داوران ورزشی مرد در رشته‌های تیمی فوتبال، فوتسال، والیبال، بسکتبال و هندبال استان کرمانشاه که سابقهٔ داوری در رده‌های مختلف سنی در لیگ‌های ورزشی ایران را داشتند، در این مطالعه شرکت کردند. در جدول شمارهٔ یک، میانگین سنی، میزان تحصیلات، رشتهٔ ورزشی، درجهٔ داوری و سابقهٔ داوری داوران ورزشی نشان داده شده است.

جدول ۱- مقایسهٔ میانگین اطلاعات جمعیت‌شناختی در گروه مطالعه‌شده

Table 1- Comparison of the Mean of Demographic Information in the Study Group

	سابقهٔ داوری Refereeing experience		درجهٔ داوری Degree of refereeing			رشتهٔ ورزشی Sports						سطح تحصیلات Education level			سن Age		
	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	ملی National	درجهٔ ۱ Grade 1	درجهٔ ۲ Grade 2	درجهٔ ۳ Grade 3	هندبال Handball	بسکتبال Basketball	والیبال Volleyball	فوتسال Futsal	فوتبال Football	دکتری PH.D	فوق لیسانس MA	لیسانس Bachelor	فوق دیپلم Associate	دیپلم Diploma	میانگین Average	حداکثر Maximum	حداقل Minimum
	15	1															28	38	18
فراوانی Frequency			5	6	5	8	4	4	4	6	6	3	6	9	4	2			
درصد Percentage			21%	25%	21%	33%	16.6%	16.6%	16.6%	25%	25%	12.5%	25%	37.5%	16.6%	8.4%			

میانگین و انحراف معیار متغیرهای IGT، IMP و RT در جدول شمارهٔ دو ارائه شده است. نتایج نشان داد که بین تفاضل میانگین پیش‌آزمون و پس‌آزمون (دلتا) متغیر IGT در سه شرایط مختلف تفاوت معناداری وجود داشت ($F = 6.71, P = 0.003$). نتایج آزمون بنفرونی به منظور مقایسه‌های زوجی نشان داد در شرایط تحریک آنودال دلتای متغیر IGT در مقایسه با شرایط شَم ($P = 0.003$) و همچنین

5. Bonferroni Post Hoc Test

در شرایط تحریک کاتودال در مقایسه با شرایط شَم (P = 0.01) به‌طور معناداری افزایش یافت. مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیر IGT در شرایط تحریک آنودال، کاتودال و شَم در شکل شمارهٔ یک نمایش داده شده است.

همچنین نتایج پژوهش نشان داد که در متغیر IMP نیز مشابه با متغیر IGT بین تفاضل میانگین پیش‌آزمون و پس‌آزمون (دلتا) در سه شرایط مختلف تفاوت معناداری وجود داشت (F = 11.158; P = 0.001)؛ به‌طوری‌که مقایسهٔ زوجی سه شرایط با استفاده از آزمون بنفرونی نشان داد که تغییرات چشمگیری بین تحریک آنُد و شم (p=0.0001) و شرایط تحریک کاتد و شَم (p=0.002) مشاهده شده است. در شکل شمارهٔ دو مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیر IMP در سه شرایط مختلف تحریکی نشان داده شده است.

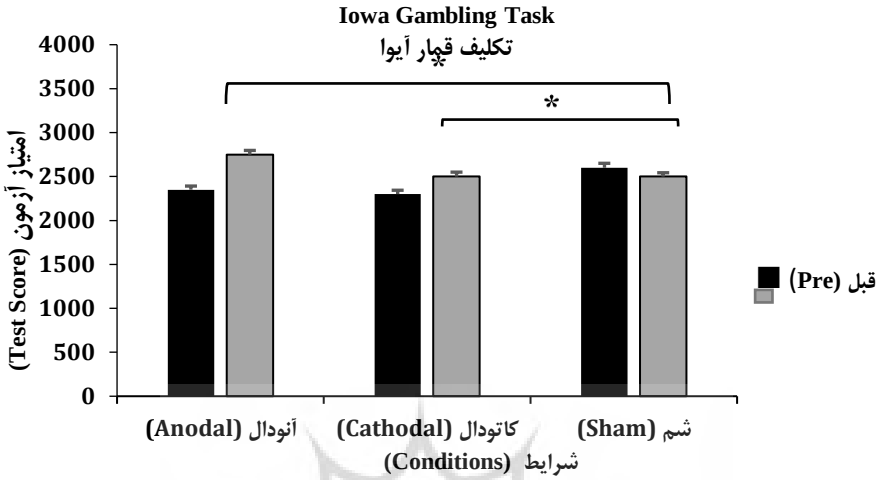
از سوی دیگر، دربارهٔ متغیر RT نیز هیچ تأثیر چشمگیری بین تفاضل میانگین پیش‌آزمون و پس‌آزمون (دلتا) در سه شرایط مختلفِ تحریک وجود نداشت (F=1.752; p=0.185). شکل شمارهٔ سه مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیر RT را در سه شرایط مختلف تحریکی نشان می‌دهد.

جدول ۲- نتایج کلی قمار آیوا، تکانشگری و زمان واکنش در قبل و بعد از مداخله از طریق سه نوع تحریک مختلف (Mean±SD)

Table2- Overall results of IGT, IMP, and RT at pre and post-intervention through three different stimulation types (Mean±SD)

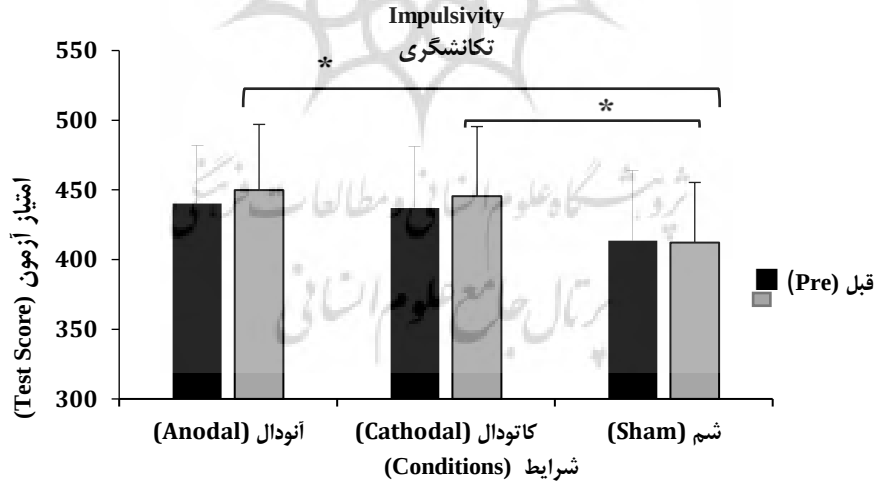
		stimulation types (Mean±SD) انواع تحریک					
		Anodal آنودال		Cathodal کاتودال		Sham شَم	
		Pre قبل	Postبعد	قبل Pre	بعد Post	قبل Pre	بعد Post
Variable متغیر	IGT قمار آیوا	2481.25 ± 605.78	2729.16 ± 885.1	2337.5 ± 903.64	2523.95 ± 869.04	2586.45 ± 451.98	2225 ± 526.06
	IMP تکانشگری	435.62 ± 35.6	450.83 ± 47.01	431.25 ± 48.19	448.25 ± 53.87	438.54 ± 28.37	419.79 ± 23.93
	RT زمان واکنش	604±60	589±70	603±70	598±70	620±40	600±60

IGT: Iowa gambling task تکلیف قمار آیوا; IMP: Impulsivity تکانشگری; RT: Reaction Time زمان واکنش



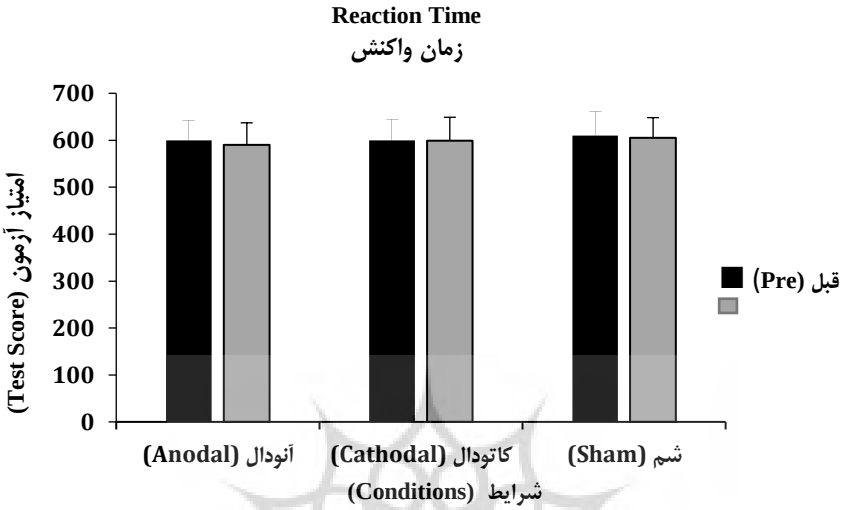
شکل ۱- امتیاز تکلیف قمار آیوا قبل و بعد از مداخله در سه مدل مختلف تحریک الکتریکی
(* = تفاوت معنادار دلتای تکلیف قمار آیوا (دلتا=تفاصل امتیاز پیش و پس آزمون))

Figure 1- Scores of Iowa Gambling Task at Pre and Post-Intervention in Three Different tDCS Modalities.
(* = Significant Difference of Delta Iowa Gambling Task between Stimulation types)



شکل۲- امتیاز تکانشگری قبل و بعد از مداخله در سه مدل مختلف تحریک الکتریکی
(* = تفاوت معنادار دلتای تکانشگری (دلتا=تفاصل امتیاز پیش و پس آزمون))

Figure 2- Scores of Imulsivity Test at pre and Post-Intervention in Three different tDCS modalities.
(* = significant Difference of Delta Impulsivity between Stimulation Types)



شکل ۳- زمان واکنش قبل و بعد از مداخله در سه مدل مختلف تحریک الکتریکی

Figure 3. Reaction Time at Pre and Post-Intervention in Three Different tDCS Stimulation Modalities

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر مدل‌های مختلف تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر داوران ورزشی انجام شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در تکلیف قمار آیوا و تکانشگری برو/نرو، بین تحریک آنودال راست و شَم و تحریک کاتودال راست و شَم تفاوت معنادار وجود داشت، اما در تکلیف زمان واکنش هیچ تفاوتی در حالت‌های مختلف تحریک الکتریکی مشاهده نشد.

مطالعات تصویربرداری عصبی نشان داده‌اند که ارتباط معناداری بین DLPFC با تصمیم‌گیری ریسک-پذیر و تکانشگری وجود دارد (۱۵-۱۷). نتایج این بخش از پژوهش حاضربا یافته‌های مطالعهٔ مولر[1] و همکاران (۲۲) همسوست. آن‌ها گزارش کردند عامل‌های تکانشگری نقش مؤثری در تصمیم‌گیری دارند. نتایج پژوهش مولر و همکاران حاکی از آن است که افرادی که تکانشگری بالایی دارند، تصمیم‌های سریع‌تری می‌گیرند و در اجرای حرکات آنی، فی‌البداهه و رسیدن به اوج سرعت در حرکات دستی از سایر افراد بهتر عمل می‌کنند و برای انجام‌دادن این فرایندها به برنامه‌ریزی قبلی نیاز ندارند؛

1. Moeller

بدین صورت که در انتخاب‌های خودشان پاداش‌های فوری را ترجیح می‌دهند. در پژوهش آن‌ها از تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای استفاده نشد (۱۸).

از طرفی نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های مطالعات اتا و همکاران (۱۶) و گیلمور[1] و همکاران (۲۳) که دربارۀ تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر و تکانشگری انجام شد، ناهمسوست. یافته‌های پژوهش گیلمور و همکاران (۲۳) نشان دادکه tDCS در ناحیۀ DLPFC باعث کاهش رفتارهای ریسک‌پذیر و تکانشگری درگروهی از جانبازان می‌شود. اُتا و همکاران (۱۶) نیز در مطالعه‌ای نقش DLPFC دوطرفه را در تصمیم‌گیری‌های حرکتی ریسک‌پذیر با استفاده از تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بررسی کردند. مطالعۀ آن‌ها شامل یک تکلیف زمان‌بندی انتخابی بود که آزمودنی‌ها را مجبور به تصمیم‌گیری مداوم می‌کرد تا زمان واکنش آن‌ها را درمعرض ریسک بدون پاداش بررسی کند. یافته‌های پژوهش اتا و همکاران نشان داد که تحریک هم‌زمان DLPFC دوطرفه باعث کاهش تصمیم‌گیری‌های حرکتی ریسک‌پذیر می‌شود. ازآنجاکه تحریک آند باعث افزایش قابلیت تحریک در مناطق قشری می‌شود، به نظر می‌رسد افرادی که در ناحیۀ DLPFC تحت‌تأثیر آنودال راست قرارگرفتند، سطح اطمینان آن‌ها در هنگام تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر و عملکردشان افزایش یافته است (۱۹). به نظر می‌رسد این تفاوت‌ها به‌دلیل تفاوت در نوع نمونه‌های آماری و تعداد آن‌ها، شدت، مدت و تعداد جلسات تحریک و نوع تکالیف ریسک‌پذیری است. از طرفی آن‌ها از تحریک دوطرفه (آنودال راست/کاتودال چپ) استفاده کردند؛ درحالی‌که در پژوهش حاضر از تحریک یک‌طرفۀ نیمکرۀ راست (آنودال راست) استفاده شد. شواهد فراوانی دربارۀ ارتباط بین تکانشگری و عملکردهای شناختی وجود دارد؛ به‌طوری‌که پاسخ آنی و بدون فکر در موقعیت‌های مختلف لزوماً حالتی منفی نیست؛ بلکه ممکن است ارزش سازگاری داشته باشد (۲۰)؛ چنانچه در بیشتر رویدادهای ورزشی، تکانشگری در وضعیت‌های خاص که با کمتربودن زمان واکنش همراه است، مفید واقع شده است (۲۱). برطبق این شواهد و مطابق با اهداف پژوهش حاضر، داورانی که ریسک‌پذیرهستند تکانشگری بالایی دارند.

زمانی هم که داوران ورزشی در ناحیۀ DLPFC مورد تحریک کاتودال راست قرار گرفتند، هرچند دارای تکانشگری بالایی بودند، تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر آن‌ها نیز تاحدودی افزایش یافت، اما تفاوت درخور ملاحظه‌ای در زمان واکنش آن‌ها مشاهده نشد. نتایج این بخش از پژوهش نیز مطابق با داده‌های حاصل از مطالعات تصویربرداری عصبی به‌کاررفته در شرکت‌کنندگان سالم بود که گزارش داده‌اند ناحیۀ DLPFC مورد تحریک کاتودال راست باعث افزایش تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر و افزایش تکانشگری می‌شود (۲۷). یانگ[2] و همکاران (۲۱) در پژوهشی گزارش کردند انسان‌ها به‌طور مداوم

1. Gilmore
2. Yang

درمعرض دو نوع شرایط تصمیم‌گیری نبود اطمینان و ریسک‌پذیر قرار دارند. یافته‌های پژوهش آن‌ها نشان داد تعدیل فعالیت قشر خلفی-جانبی پیش‌پیشانی با استفاده از تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای کاتودال راست یا چپ، ترجیحات شرکت‌کنندگان را برای ریسک‌پذیری به میزان چشمگیری افزایش داد؛ درحالی‌که تعدیل فعالیت قشر پیش‌پیشانی با استفاده از تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای کاتودال راست یا چپ، ترجیحات شرکت‌کنندگان را برای شرایط ابهام‌آمیز کاهش داد. به‌طورکلی، نتایج پژوهش یانگ و همکاران نشان داد فرایندهای تصمیم‌گیری در شرایط ریسک‌پذیری و ابهام‌آمیز پیچیده هستند و ممکن است در دو ناحیهٔ مجزا در مغز انسان کدگذاری شوند؛ به‌گونه‌ای‌که قشر خلفی-جانبی پیش‌پیشانی عمدتاً تحت‌تأثیر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر قرار می‌گیرد که با یافته‌های پژوهش حاضر همسوست و قشر پیش‌پیشانی نیز برتصمیم‌گیری ابهام‌آمیز تأثیرگذار بود (۱۷).

شواهد حکایت از آن دارد که فرایندهای شناختی (تصمیم‌گیری و تکانشگری) با یکدیگر مرتبط‌اند و بر هم کنش دارند. با توجه به افزایش تصمیم‌گیری و تکانشگری ناشی از تحریک کاتودال راست و آنودال راست می‌توان گفت که تصمیم‌گیری و تکانشگری (هم شناختی و هم حرکتی) فرایندهای پیچیده‌ای‌اند که به هم وابسته هستند و به شبکهٔ عصبی توزیع‌شده متکی هستند که شامل چندین ناحیهٔ قشری و زیرقشری مغز هستند (۸). همان‌طورکه در پژوهش‌های متعدد علوم اعصاب شناختی و تصویربرداری عصبی بررسی شده است، در بین آن‌ها، قشر خلفی جانبیِ پیش‌پیشانی (DLPFC) ارتباط خاصی با تصمیم‌گیری و تکانشکری دارد (۱۷). از سوی دیگر می‌توان اظهار کرد که تحریک الکتریکی آنودال راست و کاتودال راست ممکن است بر سایر جنبه‌های تکانشگری اثرات متفاوتی داشته باشند که در پژوهش حاضر به آن‌ها پرداخته نشده است.

نتایج دیگر پژوهش حاضر نشان داد در تکلیف زمان واکنش[1] هیچ تفاوتی در حالت‌های مختلف تحریک الکتریکی مشاهده نشد. بیشتر پژوهشگران تعدادی از متغیرهای اثرگذار بر زمان واکنش را تعیین کرده‌اند که عبارت‌اند از: تعداد محرک-پاسخ، سازگاری محرک-پاسخ و پیچیدگی حرکت؛ به‌طوری‌که هرکدام از این متغیرها بر مرحلهٔ خاصی از توالی پردازش اطلاعات (شناسایی محرک، گزینش پاسخ و مرحلهٔ برنامه‌ریزی پاسخ) تأثیر می‌گذارند (۲۲) و با تأثیر بر زمان واکنش موجب کاهش یا افزایش زمان واکنش می‌شوند؛ بنابراین با علم به این موضوع که تغییرات زمان واکنش بیانگر اتفاقاتی است که درون مراحل پردازش اطلاعات رخ می‌دهد (۲۳)، این سؤال مطرح می‌شود که تحریک الکتریکی بر کدام مرحله یا مراحل پردازش اطلاعات اثر می‌گذارد؟ درمجموع براساس یافته‌های مطالعات مبنی‌بر اثرگذاری زمان واکنش بر تصمیم‌گیری، می‌توان گفت که تکلیف زمان واکنش در پژوهش حاضر، زمان

1. Reaction Time

واکنش ساده بود؛ یعنی یک محرک به یک پاسخ نیاز داشته باشد؛ بنابراین تفاوت چشمگیری بین حالت‌های مختلف تحریک الکتریکی مشاهده نشد.

هنگامی که داوران ورزشی در ناحیهٔ DLPFC تحریک شَم شدند، محل قرارگیری الکترودها در گروه شَم همانند گروه تحریک واقعی بود، ولی جریان تحریک پس از ۳۰ ثانیه قطع می‌شد؛ بااین‌حال، نتایج یافته‌های به‌دست‌آمده از تحریک شَم که به‌عنوان گروه ساختگی استفاده شد، در تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر، تکانشگری و زمان واکنش تفاوت درخور ملاحظه‌ای را در حالت‌های مختلف تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای نشان نداد.

در پایان می‌توان چنین استنباط کرد که tDCS استفاده‌شده در مطالعهٔ حاضر، روش تحریک غیرتهاجمی مغز است که می‌تواند فعالیت منطقهٔ خاصی از قشر مغز را تعدیل کند و در مقایسه با تکنیک‌های تصویربرداری از مغز بهتر می تواند رابطهٔ علّی بین فعال‌شدن ناحیهٔ مدنظر و رفتار مرتبط را نشان دهد. داوران ورزشی در زمینهٔ توانایی‌های مغزی یا به‌طور خاص کارکردهای اجرایی‌شان همانند یکدیگر نیستند و از نظر ویژگی‌های رفتاری مثل ترس، استرس، اضطراب، ویژگی‌های شخصیتی و... با هم متفاوت‌اند. همچنین تصمیم‌هایی که می‌گیرند به‌وسیلهٔ محرک‌های خارجی، سیگنال‌های عاطفی و فیزیولوژیک درونی‌شان هدایت می‌شود (۲۴)؛ بنابراین گرایش مداوم به انتخاب‌های زودرس، کم‌تصور و پرخطر توسط داوران می‌تواند به تصمیم‌گیری ناهنجار منجر شود (۲۵).

مطالعهٔ حاضر اولین پژوهشی است که به بررسی ترکیبی از tDCS و تکالیف شناختی-حرکتی در داوران ورزشی پرداخته است؛ بنابراین مقایسهٔ یافته‌های این پژوهش با یافته‌های دیگر پژوهش‌های علوم اعصاب شناختی که از tDCS به‌عنوان روش غیرتهاجمی در تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر استفاده کرده‌اند، کمی دشوار به نظر می‌رسد؛ زیرا هیچ‌کدام از این پژوهش‌ها داوران ورزشی را مطالعه نکرده‌اند و هدف قرار نداده‌اند؛ به همین دلیل، تفاوت در نمونه‌های شرکت‌کننده و روش‌شناسی به‌طور بالقوه ناهمخوانی را در نتایج پژوهش‌ها به همراه خواهد داشت. از طرفی محدودیت‌هایی در تعمیم نتایج به‌دست‌آمده از شرکت‌کنندگان ورزشکار در مقایسه با افراد سالم عادی و بیماران نیز وجود دارد (۲۶)؛ زیرا مدت زمان تحریک، شدت تحریک، نوع تحریک و تعداد جلسات تحریک نیز می‌توانند با توجه به هدف پژوهش در ناحیهٔ قشر مغزی مدنظر متفاوت باشند. همچنین اختلافات مربوط به روش کار تکالیف ریسک‌پذیری قمار آیوا و بارت نیز ممکن است به تفاوت نتایج منجر شود؛ درحالی‌که هر دو تکلی برای تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر به کار می‌روند؛ با این‌حال، انجام‌شدن مطالعات بیشتری نیاز است تا این احتمالات بررسی شود.

پیام مقاله

به‌طورکلی، نتایج این پژوهش حاکی از آن است که تحریک آنودال و کاتودال ناحیهٔ DLPFC راست نسبت به تحریک شَم می‌تواند عملکردهای شناختی-حرکتی داوران ورزشی رشته‌های تیمی با ماهیت سریع و پویا را بهبود بخشد. از دیدگاه کاربردی این نتایج می‌تواند زمینه را برای استفاده از تحریک غیرتهاجمی مغز به‌منظور بهبود عملکرد داوران ورزشی فراهم کند؛ بااین‌حال، به نظر می‌رسد انجام‌دادن پژوهش‌هایی با استفاده از طرح پژوهش دقیق دربارهٔ سایر متغیرهای مؤثر در تصمیم‌گیری داوران ورزشی از جمله ویژگی‌های شخصیتی، هوش هیجانی، تعصب، مهارت‌های روانی و... به‌منظور تأیید کارایی تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر عملکرد داوران ورزشی ضروری است. در پایان امید است پژوهش حاضر برای انجام‌دادن پژوهش‌های آینده در زمینهٔ کاربرد tDCS در ورزش مفید باشد.

تشکر و قدردانی

از همهٔ داوران رشته‌های ورزشی فوتبال، فوتسال، والیبال، هندبال و بسکتبال که با مهربانی و صبر و حوصله در این مطالعه شرکت کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Lorenza S. Colzato, MAN, Armin Kibele. Noninvasive Brain Stimulation and Neural Entrainment Enhance Athletic Performance—a Review. J Cogn Enhanc. 2017;1:73-9.
2. Davis NJ. Neurodoping: brain stimulation as a performance-enhancing measure. Sports Med. 2013;43(8):649-53.
3. Ehsan Amiri RG, Hamid Rajabi, Zahra Rezasoltani, Kamran Azma, Aboozar Kavehee. Changes in corticospinal excitability and motoneurones responsiveness during and within a time-course after submaximal fatiguing contractions (In Persian). Sport Physiology. 2019;10(39):33-50.
4. Hossein Ramezani ZFM, Somayeh Namdar Tajari, Reza Khanbabaie. The Acute Effect of Post-Activation Potentiation with Transcranial Random Noise Stimulation on Some Electrophysiological and Functional Variables of Athletic Men (In Persian). Sport Physiology. 2020;11(44):31-54.
5. Okano AH, Fontes EB, Montenegro RA, Farinatti Pde T, Cyrino ES, Li LM, et al. Brain stimulation modulates the autonomic nervous system, rating of perceived exertion and performance during maximal exercise. Br J Sports Med. 2015;49(18):1213-8.
6. Reardon S. 'Brain doping' may improve athletes' performance. Nature. 2016;531:283-4.

7. Vazne Ž, Rudzītis A, Lāriņš V. Jauno basketbolistu psiholoģiskās sagatavotības faktoru struktūra. ATEE Spring University Teacher of the 21st Century: Quality Education for quality teaching. Newcastle: Cambridge Scholars Pulishing; 2008:126-34.
8. Ouellet J, McGirr A, Van den Eynde F, Jollant F, Lepage M, Berlim MT. Enhancing decision-making and cognitive impulse control with transcranial direct current stimulation (tDCS) applied over the orbitofrontal cortex (OFC): A randomized and sham-controlled exploratory study. J Psychiatr Res. 2015;69:27-34.
9. Stanford MS, Mathias CW, Dougherty DM, Lake SL, Anderson NE, Patton JH. Fifty years of the Barratt Impulsiveness Scale: An update and review. Per Individ Dif. 2009;47(5):385-95.
10. Dickman SJ. Functional and dysfunctional impulsivity: personality and cognitive correlates. J Pers Soc Psychol. 1990;58(1):95.
11. Bechara A, Tranel D, Damasio H, Damasio AR. Failure to respond autonomically to anticipated future outcomes following damage to prefrontal cortex. Cerebral cortex (New York, NY : 1991). 1996;6(2):215-25.
12. Woods AJ, Antal A, Bikson M, Boggio PS, Brunoni AR, Celnik P, et al. A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools. Clin Neurophysiol. 2016;127(2):1031-48.
13. Gandiga PC, Hummel FC, Cohen LG. Transcranial DC stimulation (tDCS): a tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation. Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology. 2006;117(4):845-50.
14. 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.
15. Soyata AZ, Aksu S, Woods4AJ, İşçen P, Saçar KT, Karamürsel S. Effect of transcranial direct current stimulation on decision making and cognitive flexibility in gambling disorder. European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience. 2019;269(3):275-84.
16. Ota K, Shinya M, Kudo K. Transcranial Direct Current Stimulation Over Dorsolateral Prefrontal Cortex Modulates Risk-Attitude in Motor Decision-Making. Front Hum Neurosci. 2019;13:297.
17. 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. Front Psychol. 2017;8:14-17.
18. Moeller FG, Barratt ES, Dougherty DM, Schmitz JM, Swann AC. Psychiatric aspects of impulsivity. Am J Psychiatry. 2001;158(11):1783-93.
19. Minati L, Campanhã C, Critchley HD, Boggio PS. Effects of transcranial direct-current stimulation (tDCS) of the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) during a mixed-gambling risky decision-making task. Cognitive neuroscience. 2012;3(2):80-8.
20. Dickman SJ. Impulsivity and information processing. In: McCown WG, Johnson JL, Shure MB. editors. The impulsive client: theory, research, and treatment. Washington, DC: American Psychological Association; 1993. pp. 151-84.

21. Richards JB, Zhang L, Mitchell SH, de Wit H. Delay or probability discounting in a model of impulsive behavior: effect of alcohol. J Exp Anal Behav. 1999;71(2):121-43.
22. Schmidt RA, Lee TD, Winstein C, Wulf G, Zelaznik HN. Motor control and learning: A behavioral emphasis. Sixth Edition. Champaign, IL: Human kinetics; 2018. 309-319.
23. Friehs MA, Güldenpenning I, Frings C, Weigelt M. Electrify your game! Anodal tDCS increases the resistance to head fakes in basketball. J Cogn Enhanc. 2020;4(1):62-70.
24. Damasio AR. The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. Philosophical transactions of the Royal Society of London Series B, Biological sciences. 1996;351(1346):1413-20.
25. León JJ, Sánchez-Kuhn A, Fernández-Martín P, Páez-Pérez MA, Thomas C, Datta A, et al. Transcranial direct current stimulation improves risky decision making in women but not in men: A sham-controlled study. Behav Brain Res. 2020;382:112485.
26. Vinogradov S, Fisher M, de Villers-Sidani E. Cognitive training for impaired neural systems in neuropsychiatric illness. Neuropsychopharmacology: official publication of the American College of Neuropsychopharmacology. 2012;37(1):43-76.

استناد به مقاله

غایب‌زاده شهروز، زردتشتیان شیرین، صبوری‌مقدم حسن، امیری احسان، سولال گیبوین لوئیس. تأثیر مدل‌های مختلف تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر داوران ورزشی. فیزیولوژی ورزشی. پاییز ۱۴۰۰؛ ۱۳(۵۱): ۳۸-۱۱۷. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/SPJ.2021.10363.2126

Ghayebzadeh S, Zardoshtian SH, Sabourimoghadam H, Amiri E, Giboin LS. The effect of different models of transcranial magnetic stimulation on risky decision-making in sports referees. Sport Physiology Fall 2021;13(51): 117-38. (In Persian). DOI: 10.22089/SPJ.2021.10363.2126