Sport. Psychol. Stud, 2024, 13(50): 77-93, Doi: 10.22089/SPSYJ.2024.16544.2465

Sport Psychology Studies

Journal hompage: https://spsyj.ssrc.ac.ir

Article Type: Original

The Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Risky Decision-Making: Gender Differences in Chess

Shahrouz Ghayebzadeh[1], Mehrdad Moharramzadeh*[2]

1. Post-doctoral Researcher of Sport Management, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. Sport Management Department, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Received: 08/04/2024, Revised: 02/09/2024, Accepted: 10/09/2024

* Corresponding Author: Mehrdad Moharramzadeh, E-mail: mmoharramzadeh@yahoo.com

How to Cite: Ghayebzadeh, S., Moharramzadeh, M. (2024). The effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Risky Decision-Making: Gender Differences in Chess. *Sport Psychology Studies*, *13*(50), 77-93.

Extended Abstract

Background and Purpose

Decision-making is a critical aspect of cognitive control that involves evaluating desires and modulating behavioral responses (Coutlee & Huettel, 2012). Neuroscientific research has identified two main types of decision-making: risky decision-making, linked to the dorsolateral prefrontal cortex, and decision-making under ambiguity, linked to the orbitofrontal cortex (Bechara et al., 1996). In sports, the decision-making process is influenced by environmental, temporal, and regulatory conditions that athletes face (Ghayebzadeh et al., 2021). Chess, as a cognitive sport, enhances skills such as decision-making, problem-solving, and judgment.

Gender differences are one factor that can impact decision-making; men tend to take more risks than women, and younger, less experienced individuals are more prone to risk-taking. Recent studies have suggested that transcranial direct current stimulation (tDCS) can enhance cognitive functions in sports (Ghayebzadeh et al., 2023). This study aims to explore how tDCS affects risk-taking decisions in chess players, taking into account gender differences. The ultimate objective is to improve cognitive and strategic performance in chess through non-invasive brain stimulation techniques.

Materials and Methods

In a counterbalanced, double-blind, and sham-controlled study design, 28 high school students, 14 females (16±0.87) and 14 males (16.5±1.22), who actively participated in regional and national chess competitions, volunteered for this study. Inclusion criteria

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

required participants to be right-handed, have no history of clinical impairments or neurological disorders, not use any external or internal electrical stimulators, and have at least 1 year of experience in sports competitions at various levels. All participants were briefed on the study protocol, and written informed consent was obtained from each individual. The experimental procedure was approved by the Ethics Committee on Biomedical Research at the University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (IR. UMA.REC.1402.103), and conducted following the declaration of Helsinki guidelines. Prior to the experimental sessions, participants underwent a familiarization session to understand the entire experimental process and the tDCS intervention. Subsequently, each participant visited the laboratory on three different occasions with 72-hour intervals between sessions. During each session, before and after each type of stimulation (right anodal/left cathodal, right cathodal/left anodal, and sham, each applied for 20 minutes at 2 mA intensity on the dorsolateral prefrontal cortex), participants completed the Iowa Gambling Task and the Lichess computer game.

Results

The overall results of the Iowa Gambling Task (IGT) based on gender before and after tDCS intervention under three different stimulation types are presented in Table 1.

Given the non-significant interaction effect, the main effect of the between-group factor was analyzed. The results showed no significant difference between the two groups (boys and girls) in terms of gender across any of the stimulation types ($F(1, 26) = 0.674$, $P= 0.419$). However, the main effect of the within-group factor revealed a significant difference among the three stimulation models ($F(2, 25) = 11.06$, $P=0.001$), with an eta coefficient of 0.470, indicating a very large effect size. Pairwise comparisons of the three stimulation models using Bonferroni correction indicated that the risk-taking decision score in the right anodal/left cathodal stimulation condition was significantly higher than in the right cathodal/left anodal stimulation condition ($P=0.001$).

Table1. Overall Results of IGT based on gender at pre- and post-intervention ***stimulation types (Mean±SD)***

		R-Anodal/L-Cathodal		L-Cathodal/R-Anodal		Sham	
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
IGT	The boys	2237/5 ± 329/44	2753/57 ± 418/77	2537/5 ± 403/32	2283/92 ± 357/42	2298/21 ± 697/69	2380/35 ± 621/73
	The girls	2167/85 ± 640/49	2473/21 ± 672/57	2725 ± 361/08	2503/57 ± 506/86	2719/64 ± 845/75	2714/28 ± 829/71

IGT: Iowa gambling task

Conclusion

Neuroimaging studies have demonstrated a significant correlation between the DLPFC and risky decision-making in chess players following right anodal/left cathodal stimulation. Chess, being a strategic and mental game, involves risk-taking decisions, such as sacrificing a piece or initiating an attack. Right anodal/left cathodal stimulation on the DLPFC alters the reward/punishment balance, leading to an increase in risk-taking decisions. Conversely, right cathodal/left anodal stimulation reduces risk-taking decisions. This study suggests that these differences are influenced by personality traits, with extroverted individuals tending to take more risks, while introverted individuals act more cautiously. Other factors like stress, emotions, and impulsivity can also play a role. Furthermore, the findings indicated no significant difference between different tDCS conditions and gender. The relationship between gender and risk-taking is complex and may be influenced by cultural norms, individual differences, and social upbringing. From a practical perspective, these results suggest that brain modulation or "neurodoping" could be a potential strategy to enhance athletes' performance.

Keywords: Brain Stimulation, Risky Decision-making, Gender, Dorsolateral Prefrontal Cortex, Students.

Ethical Considerations

All procedures were approved by the Ethics Committee on Biomedical Research at the University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (Code: IR.UMA.REC.1402.103), and conducted following the declaration of Helsinki guidelines.

Funding

This project has been supported by the "University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran"

Authors' contributions

All authors contributed equally to the data collection, conceptualization, data analysis; presentation of the idea, authorship of the introduction, discussion and methodology, writing and revision of the article.

Conflicts of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We sincerely thank and appreciate all the people who participated in this research.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مطالعات روان‌شناسی ورزشی، پاییز ۱۴۰۳، دوره ۱۳، شماره ۵۰، صص ۹۳-۷۷. Doi: 10.22089/SPSYJ.2024.16544.2465

مطالعات روان‌شناسی ورزشی

Journal hompage: https://spsyj.ssrc.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی اصیل

تأثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر: تفاوت های جنسیتی در شطرنج

شهروز غایب زاده[۱]، مهرداد محرم زاده*[۲]

۱. پژوهشگر پسادکتری مدیریت ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. گروه مدیریت ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰ ، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۶/۱۲ ، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۰

* Corresponding Author: Mehrdad Moharramzadeh, E-mail: mmoharramzadeh@yahoo.com

How to Cite: Ghayebzadeh, S., Moharramzadeh, M. (2024). The effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Risky Decision-Making: Gender Differences in Chess. *Sport Psychology Studies*, *13*(50), 77-93.

چکیده

هدف: با توجه به عدم قطعیتِ وجود تفاوت‌های جنسیتی در حوزهٔ تصمیم‌گیری، این مسأله به ذهن می‌آید که آیا زنان و مردان در پاسخ به تحریک الکتریکی و تأثیر آن بر رفتارهای ریسک‌پذیر به صورت متفاوت عمل می‌کنند یا خیر؟ هدف پژوهش حاضر، تعیین تأثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر تصمیم‌گیری ریسک پذیر دانش‌آموزان رشتهٔ ورزشی شطرنج براساس جنسیت بود.

مواد و روش ها: از این رو، تعداد ۲۸ دانش‌آموز متوسطهٔ دوم؛۱۴ دانش آموز دختر (۱۶±۰/۸۷) و ۱۴ دانش آموز پسر (۱/۲۲±۱۶/۵) که در مسابقات لیگ استانی و کشوری شطرنج حضور داشتند، شرکت نمودند. هر آزمودنی در سه جلسهٔ مجزا در آزمایشگاه با فاصلهٔ حداقل ۷۲ ساعت استراحت بین جلسات حضور یافت. آزمودنی‌ها در هر جلسه، قبل و بعد از هر نوع تحریک (تحت یکی از ۳ نوع تحریک الکتریکی؛ شامل آنودال راست/کاتودال چپ، کاتودال راست/آنودال چپ و شم به مدت ۲۰ دقیقه با شدت ۲ میلی آمپر بر روی قشر خلفی‌جانبی پیش پیشانی)، تکلیف شرط بندی آیوا و بازی رایانه‌ای لیچز را انجام دادند.

یافته ها: تحلیل داده ها با استفاده از تحلیل واریانس مرکب نشان داد بین تحریک الکتریکی آنودال راست/کاتودال چپ و کاتودال راست/آنودال چپ تفاوت معناداری وجود داشت (P=۰/۰۰۱) در حالی‌که؛ بین جنسیت و انواع مختلف تحریک الکتریکی تفاوت معناداری وجود نداشت.

نتیجه گیری: به عنوان یک یافتهٔ جدید، این نتایج مؤید امکان استفاده از تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای؛ به عنوان ابزاری برای بهبود تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر در ورزش است.

کلید واژه ها: دانش آموزان، علوم اعصاب شناختی، عملکرد شناختی، مدیریت عصبی، قشر خلفی جانبیِ پیش پیشانی.

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

پیشرفت‌های مهم در علوم اعصاب، با کار در سطوح مختلف سازمان صورت می‌گیرد؛ به طوری که، استفاده از رویکرد علوم اعصاب در مسائل رفتاری–شناختی در مدیریت؛ مانند تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر[1]، زمان واکنش[2]و ... مورد مطالعه قرار گرفته است (بِل و دیوال[3]، ۲۰۱۸). در توصیف تصمیم‌گیری می‌توان گفت: تصمیم‌گیری بخشی از کنترل شناختی است که در ارزیابی خواسته‌ها، نقش اساسی داشته و پاسخ–های رفتاری را به صورت هدفمند تعدیل می‌کند (کوتلی و هیوتل[4]، ۲۰۱۲). مطالعات عصب شناختی که بر روی تصمیم‌گیری انجام شده است معمولاً دو نوع تصمیم‌گیری را مقایسه کرده‌اند که به طور جداگانه در مغز انسان کدگذاری می شوند؛ تصمیم‌گیری ریسک پذیر در قشر خلفی– جانبی پیش پیشانی[5] و تصمیم‌گیری تحت ابهام[6] در قشر پیشین حدقه ای[7]. تصمیم‌گیری ریسک پذیر شامل موقعیت هایی است که احتمال‌های موجود شناخته شده اند یا می‌توان آن‌ها را شناخت ولی در تصمیم‌گیری تحت ابهام؛ احتمال‌های موجود در آن موقعیت، شناخته شده نیستند و نمی توان به آسانی نتیجه‌گیری کرد (بچارا و همکاران[8]، ۱۹۹۶). با این حال؛ نتایج این دو تصمیم‌گیری نیز در مطالعات علوم اعصاب شناختی متفاوت است (چِنگ و لی، ۲۰۱۵). در ورزش، فرایند تصمیم‌گیری تحت تأثیر شرایط محیطی، زمانی و قوانینی قرار می‌گیرد که ورزشکار بر اساس آن‌ها عمل می‌کند. این شرایط، با توجه به ماهیت ورزش‌ها متفاوت است (غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۱). در رقابت های ورزشی، بسیاری از موقعیت‌ها، نیازمند تصمیم‌گیری سریع و تفکر انتقادی بر روی گزینه های ممکن هستند (بارات[9]، ۱۹۹۳؛ بچارا و همکاران، ۲۰۰۵). از این‌رو، سطح عملکرد ورزشی به میزان زیادی به توانایی ورزشکاران در تصمیم–گیری سریع و ریسک‌پذیر بستگی دارد.

در میان انواع مختلفی از ورزش ها که دقیقاً ذهن را درگیر می سازند، شطرنج به عنوان یک ورزش فکری، اهمیت ویژه ای در پرورش مهارت‌های شناختی به‌ویژه در تصمیم‌گیری، حل مسئله و قضاوت دارد (راسخ و همکاران، ۲۰۲۰). شطرنج ورزشی است که؛ تفکر، مهارت‌های حل مسئله و خلاقیت را توسعه می‌بخشد. همچنین، به طور مداوم، فرد را وادار به قضاوت‌هایی بر اساس ترکیبی از استدلال منطقی و درک خلاق می‌کند. شطرنج را ورزش ذهن، نبرد اندیشه ها، پیکار شخصیت‌ها و جنگ روان‌ها نیز نامیده‌اند. در واقع کنکاش و تدبیر به وسیلهٔ قوای فکری، جزء لاینفک شطرنج است. از ورزش شطرنج در آموزش و پرورش به عنوان ابزاری برای آموزش مهارت–های تفکر، قضاوت، برنامه‌ریزی، صبر، تصمیم‌گیری، حل مسئله و مهارت‌های اجتماعی استفاده می‌شود (باریت[10]و همکاران، ۲۰۱۱). شطرنج یک ورزش ذهنی است که توانایی تمرکز، پیش‌بینی، تصمیم–گیری سریع و خوب و تصویرسازی را در ورزشکاران توسعه می‌دهد. این مهارت‌ها در ورزش بسیار حیاتی هستند و اغلب بر برد یا باخت یک مسابقه تأثیر دارند (والیا[11]، ۲۰۲۲)

مطالعهٔ فرآیند تصمیم‌گیری می بایست با در نظرگرفتن تمامیِ خصوصیات انسانِ تصمیم‌گیرنده انجام گیرد. نقش محوری تفاوت‌های جنسیتی در تصمیم‌گیری مدت‌هاست شناخته شده و مورد توجه قرار گرفته است. تفاوت در نقش‌های جنسیتی یکی از مهمترین زمینه های تجربهٔ زیسته در بین مردان و زنان است که در سرتاسر جوامع و فرهنگ‌ها وجود دارد و تقسیم نقش‌های جنسیتی از دوران کودکی و در مرحلهٔ جامعه پذیری آغاز و در همهٔ عرصه‌های زندگی نمود می‌یابد (اکبری و همکاران، ۲۰۲۰). یک دیدگاه کلی در اکثر پژوهش ها مشاهده شده که مردان تمایل دارند در طیف گسترده‌ای از موقعیت‌های زندگیِ واقعی نسبت به زنان، تصمیم‌های پرمخاطره‌تری بگیرند در حالی که زنان تمایل دارند تصمیمات ایمن تر و ریسک گریزتر[12] بگیرند (دریر و همکاران[13]، ۲۰۲۲). چندین مطالعه به بررسی تفاوت‌های جنسیتی در تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر پرداخته‌اند (تومینک[14]و همکاران، ۲۰۰۷؛ جیاناکوپلوس[15] و همکاران، ۱۹۹۸؛ بُرغِنس[16] و همکاران، ۲۰۰۹؛ پاچکو[17] و همکاران، ۲۰۲۳).

لوبائو[18]، ۲۰۲۲ در مطالعه ای به این نتیجه رسید که در شاخه های مالی به خصوص سرمایه گذاری، زنان به طور قابل توجهی ریسک گریزتر از مردان هستند (لوبائو، ۲۰۲۲). آلوکا[19]و همکاران، ۲۰۱۳ در

1. Risky decision making
2. impulsivity
3. Bell & DeWall
4. Coutlee & Huettel
5. Dorsolateral prefrontal cortex
6. Ambiguous decision making
7. Orbital frontal cortex
8. Bechara et al
9. Barratt
10. Barrett
11. valea
12. More risk averse
13. Dreyer et al
14. Tominc
15. Jianakoplos
16. Borghans
17. Pacheco
18. Lobão
19. Aloka

پژوهشی؛ تفاوت‌های جنسیتی، سن و تجربیات آموزشی را در رفتارهای تصمیم‌گیری اعضای هیئت‌های انضباطی منتخب دبیرستان کنیا مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. نتایج یافته های آن‌ها نشان داد که شرکت‌کنندگان مرد به رفتارهای تصمیم‌گیری پرخطر تمایل دارند، در حالی‌که شرکت‌کنندگان زن به رفتارهای تصمیم‌گیری محتاطانه تمایل داشتند. همچنین مشخص شد که شرکت‌کنندگان جوان‌تر و کم‌تجربه‌تر در رفتارهای تصمیم‌گیری، ریسک پذیرتر هستند (آلوکا و همکاران، ۲۰۱۳). با مطالعات انجام گرفته در خصوص تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر و جنسیت، می‌توان استدلال کرد که احتمال مشاهدهٔ تفاوت های جنسیتی در تصمیم‌گیری ریسک پذیر، به طور اساسی به ویژگی‌های کار مورد استفاده برای استنتاج ترجیحات ریسک، شامل نوع و میزان ریسک، احتمال و پاداش، مدت زمان و پیچیدگی بستگی دارد (بیرنز [1] و همکاران، ۱۹۹۹).

طی سال‌های اخیر، مطالعات متعددی اثرات tDCS بر بسیاری از متغیرهای مرتبط با عملکردهای شناختی در ورزش را نشان داده‌اند (غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۱ و ۲۰۲۳) که هم موضوعات کنترل شناختی- حرکتی مرتبط با تصمیم‌گیری ریسک پذیر و هم عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری ریسک پذیر را مورد هدف قرار داده است (گیلمور [2] و همکاران، ۲۰۱۸).

در این میان، تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه ای [3] که اخیراً با عنوان دوپینگ عصبی [4] از آن نام برده می‌شود یک روش غیرتهاجمی است که می‌تواند با استفاده از یک جریان ضعیف الکتریکی بر جمجمه، تغییرات موقتی در تحریک پذیریِ مناطقِ قشریِ مغز ایجاد نماید که از این طریق، نتایج امیدوارکننده ای را در حیطهٔ اثرگذاری بر روی بیماران، افراد سالمِ عادی و افراد ورزشکار نشان داده است به طوری‌که باعث بهبود عملکرد شناختیِ افراد و- کاهش درد مزمنِ بیماران شده است (اُهن [5] و همکاران، ۲۰۰۸؛ غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۳).

علاوه بر این، ایدهٔ ترکیب علوم اعصاب شناختی با ورزش باعث شده تا پژوهشگران ورزشی بر روی مطالعات مغزی و تحریکات الکتریکی در ورزش تمرکز کنند (نواکس [6]، ۲۰۱۲) و بررسی کنند که چگونه تحریک الکتریکی غیرتهاجمی می‌تواند عملکرد ورزشی را بهبود یا محدود کند (نواکس و همکاران، ۲۰۱۱؛ نواکس، ۲۰۱۲).

در مطالعات اخیر، غایب زاده و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی تأثیر تحریک جریان الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر تصمیم‌گیری و تکانشگری داوران ورزشی زن پرداخته اند. نتایج یافته‌های آن‌ها نشان داد که تحریک الکتریکی آنودال روی قشر خلفی‌جانبی پیش پیشانی سمت راست می‌تواند توانایی تصمیم‌گیری و تکانشگری داوران ورزشی زن را افزایش و زمان واکنش را کاهش دهد. نتایج پژوهش حاکی از این است که تی دی سی اِس [7] می‌تواند به عنوان یک روش کمکی در بهبود تصمیم‌گیری داوران ورزشی زن مورد استفاده قرار گیرد (غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۳). در پژوهش دیگری غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۱؛ به بررسی تأثیر مدل‌های مختلف تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر داوران ورزشی مرد پرداختند. تجزیه و تحلیل یافته‌های آن‌ها نشان داد که تکانشگری در شرایط اَنُد و شَم در مقایسه با کاتُد افزایش معناداری داشت. نتایج یافته‌های پژوهش آن ها نشان دهندهٔ اثرات مثبت تحریک اَنُد بر روی قشر خلفی-جانبی پیش پیشانی راست بر عوامل مرتبط با تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر در داوران ورزشی مرد بود. این مطالعه استفاده بالقوه از تی دی سی اِس را به عنوان یک کمک نیروزا در بهبود تصمیم گیری ریسک پذیر در داوران ورزشی مرد برجسته می کند (غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، پژوهش ادگامپ و همکاران [8]، ۲۰۱۹؛ نشان داد افرادی که در قشر خلفی جانبی پیش پیشانی [9] تحت تأثیر آنودال راست مورد تحریک الکتریکی قرارگرفتند تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر و عملکردشان بعد از تحریک الکتریکی بهبود یافت (ادگامپ و همکاران، ۲۰۱۹). در مطالعهٔ دیگری، اوتا و همکاران [10]، ۲۰۱۹ نشان دادند که تحریک آنودال ناحیهٔ دی اِل پی اِف سی سبب بهبود تصمیم‌گیری حرکتی می‌شود (اوتا و همکاران،

1. Byrnes
2. Gilmore
3. Transcanial direct current stimulation
4. Neuro Doping
5. Ohen
6. Noakes
7. tDCS
8. Edgcumbe et al.
9. Dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC)
10. Ota et al

۲۰۱۹). همچنین چنگ و لی[1]، ۲۰۱۵؛ در پژوهشی؛ تأثیر تکانش‌گری بر تعدیل عصبی قشر پیش‌پیشانی[2] را در تغییر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که تحریک‌الکتریکی آنودال راست و کاتودال راست نسبت به تحریک شَم رفتارهای ریسک‌پذیر را کاهش می‌دهد و این کاهش در افراد با تکانش‌گری بالا بیشتر است (چِنگ و لی، ۲۰۱۵).

با توجه به مطالب فوق، می‌توان گفت که پژوهش حاضر می‌تواند به شناخت بیشتر از اثر تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر دانش‌آموزان رشتهٔ ورزشی شطرنج بر اساس جنسیت کمک کند. شطرنج یک بازی استراتژیک و انتزاعی است که نیازمند تفکر منطقی، تحلیلی، خلاق و ریسکپذیر است. بازیکنان شطرنج باید بتوانند در شرایط عدم قطعیت و با توجه به حرکات ممکن خود و حریف، بهترین گزینه را انتخاب کنند و از فرصت‌ها و ضعف‌های حریف استفاده کنند.

گرچه مطالعات متعدّدی به بررسی جنبه‌های مختلف تحریک غیرتهاجمی مغز در ارتباط با ورزش پرداخته‌اند (غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۱؛ نواکس و همکاران، ۲۰۱۱؛ نواکس، ۲۰۱۲)، این در حالی است که علی‌رغم تلاش‌های صورت گرفته در این زمینه، مطالعات علمی و هدفمند اندکی در حوزهٔ ورزش و عوامل مؤثر بر بهبود تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر انجام شده است (فریز[3] و همکاران، ۲۰۲۰). هدف از انتخاب رشتهٔ ورزشی شطرنج در پژوهش حاضر این است که شطرنج یک بازی استراتژیک است که نیازمند تفکر منطقی، تحلیلی، خلاق و ریسک‌پذیر است. بنابراین، می‌توان گفت که علت انتخاب دانش‌آموزان رشتهٔ ورزشی شطرنج برای تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر روی تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر این است که این روش ممکن است عملکرد شناختی و استراتژیک آن‌ها را در بازی شطرنج بهبود بخشد. بنابراین، سؤال اصلی پژوهش این است که آیا تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای می‌تواند براساس تفاوت های جنسیتی اثر متفاوتی بر روی تصمیم‌گیری ریسک پذیر دانش آموزان رشتهٔ ورزشی شطرنج بگذارد؟

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش با استفاده از طرح پیش آزمون- پس آزمون همراه با گروه کنترل به شیوهٔ دوسویه کور و به صورت همترازسازی متقابل[4] انجام گرفت. بدین منظور، آزمودنی‌ها در ۴ جلسهٔ مجزا با فاصلهٔ حداقل ۷۲ ساعت (گیبوین[5] و همکاران، ۲۰۱۸). در آزمایشگاه هنرستان تربیت بدنی سایپا حضور یافتند که جلسهٔ اول به منظور جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از آزمودنی‌ها، آشنایی آنان با چگونگی اجرای پژوهش، و همچنین آشنایی با تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در نظر گرفته شد. سپس در جلسات دوم تا چهارم، ۲۸ آزمودنی، بر اساس جنسیت، به دو گروه ۱۴ نفره تقسیم شدند. به‌دنبال آن، هر آزمودنی در ۳ جلسهٔ مجزا به منظور دریافت ۳ مدل مختلف تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای دو طرفه در ناحیهٔ اِف چهار و اِف سه[6]، شامل ۱) آنودال راست/ کاتودال چپ؛ ۲) کاتودال راست/ آنودال چپ؛ ۳) تحریک شَم همانند گروه تجربی؛ آند و کاتد به ترتیب بر روی اِف چهار و اِف سه (فکتو و همکاران، ۲۰۰۷)؛ در آزمایشگاه هنرستان تربیت بدنی سایپا حضور یافتند. در هر جلسه، قبل و بلافاصله پس از اعمال تحریک الکتریکی، متغیرهای مورد نظر پژوهش در شرایط یکسان مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

شرکت‌کنندگان

جامعهٔ آماری این پژوهش شامل دانش آموزان پسر و دختر مدارس متوسطهٔ دوم ناحیهٔ ۳ کرج در رشتهٔ ورزشی شطرنج بودند که در رده‌های سنیِ مختلف در مسابقات استانی و کشوری سابقهٔ بازی داشتند. با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند و در دسترس تعداد ۴۶ دانش آموز برای حضور در این پژوهش انتخاب شدند که در نهایت تعداد ۲۸ نفر شامل ۱۴ دانش آموز دختر (۱۶ ±/۸۷) و ۱۴ دانش آموز پسر (۱۶/۵±۱/۲۲) به عنوان نمونهٔ آماری انتخاب شدند. دلیل علمی کفایت حجم نمونه بدین شرح می باشد که روش نمونه‌گیری بر اساس روش ملاک محور بود؛ روشی که در آن تمام افراد یک مجموعه که یک معیار خاص (معیارهای ورود به پژوهش) را داشته باشند مورد بررسی قرار می‌گیرند. در نتیجه؛ تعداد افراد مورد مطالعه که شرایط ورود به پژوهش را داشته باشند کاهش پیدا کرد. معیارهایی همچون:

1. Cheng & Lee
2. prefrontal cortex
3. Friehs
4. Counterbalance
5. Giboin
6. F4 & F3

حداقل یکبار سابقهٔ حضور در مسابقات استانی و بالاتر، راست دست بودن، عدم داشتن قطعات پیوندی فلزی در بدن، نداشتن بیماری های سایکوتیک، عدم سابقهٔ تشنج و صرع به عنوان معیارهای ورود به پژوهش و معیارهایی همچون: سابقهٔ درمان تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای برای هر درمانی، استفاده از داروهای کاربازماپین و فلوناریزین به دلیل مداخله در اثر بخشی تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای، اسکیزوفرنی، اختلالات سوء مصرف مواد، اختلالات روان پزشکی، اختلالات شخصیت و هرگونه شرایط وخیم پزشکی و ایمپلنت درون جمجمه و وجود هر گونه شی فلزی در بدن به عنوان معیارهای خروج از پژوهش در نظرگرفته شد (غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۱). همهٔ شرکت کنندگان از نظر جسمی سالم بودند و کلیهٔ شرکت‌کنندگان فرم رضایت نامهٔ آگاهانه را امضا کردند. پروتکل مطالعه توسط کمیتهٔ ملی اخلاق در تحقیقات زیست پزشکی ایران (IR.UMA.REC.1402.103) تصویب شد.

ابزارهای پژوهش

تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای

برای اعمال تحریک مغزی در این پژوهش، از دستگاه تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای مدل نوروِاستیم[1] محصول شرکت مدینا طب گستر[2] و مؤسسهٔ علوم شناختی سینا استفاده شد. پایایی این آزمون با روش آلفای کرونباخ ۰/۸۷ و به روش باز آزمایی ۰/۸۵ گزارش شده است و روایی همزمان آن نیز با آزمون کارکرد اجرایی بارکلی ۰/۵۸ گزارش شده است که مطلوب می باشد (اختیاری و همکاران، ۱۳۸۳). دو الکترود که شامل صفحه‌هایی از جنس کربن در اندازهٔ ۷×۵ سانتی‌متر بود در پوشش اسفنجی آغشته به محلول نمکی ۰/۹ ٪ (نه دهم درصد) قرار داده شد (وودز[3] و همکاران، ۲۰۱۶). سپس الکترودها با استفاده از سیستم بین المللی ۲۰-۱۰، توسط دو نوار باریک، در ناحیهٔ مغزی مورد آزمایش (اِف چهار و اِف سه)، روی سر شرکت‌کنندگان بسته شد. در وضعیت تحریک فعال، جریان ۲ میلی آمپر به مدت ۲۰ دقیقه در ناحیهٔ قشر خلفی- جانبی پیش پیشانی، از طریق الکترودهای آند و کاتد اعمال گردید. اما در تحریک شَم، محل قرارگیری الکترودها همانند گروه تحریک واقعی بود ولی جریان تحریک پس از ۳۰ ثانیه قطع می‌شد. هدف این بود که فرد، تحریک شدن اولیه را حس کند و از غیرفعال بودن تحریک آگاه نشود (گاندیگا[4] و همکاران، ۲۰۰۶).

تکلیف علوم اعصاب شناختی

تصمیم گیری در وضعیت مخاطره یا ریسک پذیری[5]

تکلیف شرط بندیآیوا[6] توسط بچارا و همکاران در سال ۱۹۹۴ معرفی شد (بچارا و همکاران، ۱۹۹۴). این آزمون به وسیلهٔ نسخهٔ رایانه‌ای شرط بندی آیوا (فارسی)، توسط تیم تحقیق و توسعه مدینا طب گستر[7] در یک محیط برنامه نویسی، دقیقاً براساس نسخهٔ اصلی انگلیسی آزمون آیوا طراحی شده است و بانک اطلاعاتی آن نیز با استفاده از برنامهٔ اَکسس ایجاد می‌گردد. این نسخه مانند اکثر برنامه های کاربردی جدید، در محیط عامل ویندوز با اجرای اولیه نصب می‌شود و پس از ساخته شدن فایل اجرایی آن به راحتی قابل اجراست. میزان روایی و پایایی آن نیز توسط تیم تحقیق و توسعه مدینا طب گستر مورد تأئید قرار گرفته است به طوری که؛ پایایی این آزمون با روش آلفای کرونباخ ۰/۸۷ و به روش باز آزمایی ۰/۸۵ گزارش شده است و روایی همزمان آن نیز با آزمون کارکرد اجرایی بارکلی ۰/۵۸ گزارش شده است که مطلوب می باشد (اختیاری و همکاران، ۱۳۸۳). 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 طراحی شده در نرم افزار، میزان امتیاز بیشتری را جمع آوری کند. تکلیف قمار آیوا شامل چهار دسته کارت است که انتخاب هرکدام از دسته کارت ها، میزانی از سود و زیان را به همراه دارد. یعنی با انتخاب هر کدام از دسته کارت ها، آزمودنی امکان دارد که میزان خاصی از امتیاز را برنده شود و یا برعکس، مقداری از آن را از دست بدهد. دسته کارت ها در آزمون های مختلف به اسامی گوناگونی معروفند ولی با استناد به مطالعهٔ اصلی بچارا و همکاران؛ اکثراً آن را با عناوین A، B، C و D نام‌گذاری کرده اند. دسته کارت های A و B پاداش بزرگتری به همراه دارند (بیش از ۱۰۰ امتیاز) اما ضرر آن ها بالاتر است و انتخاب این کارت ها ریسک تلقی می شود. در مقابل، دسته کارت های C و D دارای پاداش کمتری هستند (۵۰ امتیاز) اما، ضرر و زیان آن ها به نسبت کمتر است. باتوجه به این که در ابتدای بازی به آزمودنی ۲۰۰۰ امتیاز قرض داده می شود و از آزمودنی خواسته

1. NeuroStim
2. Medina Teb Gostar
3. Woods
4. Gandiga
5. Risky Decision Making
6. Iowa gambling task (IGT)
7. Medina Teb Gostar's R & D team

می‌شود در ۱۰۰ کوشش طراحی شده در نرم افزار، میزان امتیاز بیشتری جمع کند. آزمودنی ها عموماً بعد از ۲۰ کوشش از پارامترهای ریسک و تصمیمات مخاطره آمیز آگاه می‌شوند. به این معنا که اغلب آزمودنی ها از احتمال از دست دادن و زیان خود مطلع می‌شوند. هرچه فرد در بازی امتیاز بالاتری بدست آورد میزان ریسک پذیری بالایی دارد. در پایان، مؤلفه های آزمون به صورت دقیق توسط رایانه ثبت می شوند. آزمون مذکور شامل مؤلفه های امتیاز کل دریافت شده، امتیاز کل از دست رفته، فراوانی در انتخاب کارت ها و امتیاز کل آزمون است. سپس مؤلفه های تحقیقی مورد ارزیابی آماری قرار می‌گیرند.

بازی رایانه‌ای لیچز[1]

جهت بررسی عملکرد اجرایی شرکت کنندگان از بازی رایانه‌ای لیچز استفاده شد. به شرکت‌کنندگان گفته شد که در بازی شطرنج بولت[2] یا گلوله که سریع ترین مدل از انواع شطرنج است، شرکت کنند. بازی شطرنج بولت یا گلوله نوعی از بازی برق آسا است که به هر بازیکن کمتر از ۳ دقیقه زمان داده می شود که با رایانه بازی کنند. بعد از اتمام ۳ دقیقه بازی با رایانه، امتیازی که شرکت کنندگان کسب می‌کردند عملکردشان مورد ارزیابی قرار می‌گرفت. این پلتفرم یک سرور شطرنج آنلاین رایگان است که به بازیکنان امکان می‌دهد در مقابل حریفان واقعی یا کامپیوتر بازی کنند و مهارت‌های خود را بهبود ببخشند. لیچز؛ همچنین امکاناتی مانند تحلیل بازی‌ها، تمرینات تاکتیکی و مسابقات مختلف را فراهم می‌کند که می‌تواند به بازیکنان کمک کند تا سطح بازی خود را ارتقا دهند و عملکرد خود را به صورت دقیق‌تری اندازه گیری کنند. علاوه بر این، سطح مهارت بازیکنان در زمان‌های مختلف را نشان می‌دهد و امتیازات آن ها را به طور مداوم به روز رسانی می‌کند که می‌تواند معیار خوبی برای سنجش پیشرفت بازیکنان باشند (سانجایا[3] و همکاران، ۲۰۲۲).

روش پردازش داده ها

به‌طورکلی ۲۸ نفر داوطلب از دانش آموزان پسر و دختر متوسطهٔ دوم ناحیهٔ ۳ کرج که سابقهٔ حضور در مسابقات در رده‌های مختلف سنی در لیگ‌های ورزشی استانی و کشوری شطرنج را داشتند در این مطالعه انتخاب شدند. نسبت آن‌ها در دو گروه ۱۴ دانش آموز دختر (۱۶ ±/۸۷) و ۱۴ دانش آموز پسر (۱۶/۵±۱/۲۲) برابر بود. برای بررسی پیش‌فرض طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو–ویلک[4] و برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون کرویت ماوخلی[5] استفاده شد. پس از تأیید پیش‌فرض طبیعی بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها، از روش آماری تحلیل واریانس مرکب جهت بررسی عامل بین‌گروهی (جنسیت) و عامل درون‌گروهی (انواع تحریک) استفاده شد. در صورت وجود اثر تعامل بین عامل درون‌گروهی و بین‌گروهی، از آزمون تی مستقل برای مقایسهٔ بین‌گروهی و آزمون آنوای یک راهه با اندازه‌گیری‌های تکراری برای مقایسهٔ درون‌گروهی در سه شرایط موجود استفاده و در صورت عدم وجود تعامل بین عامل درون‌گروهی و بین‌گروهی، اثر اصلی درون‌گروهی و بین‌گروهی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در صورت وجود تفاوت معنادار در عامل درون–گروهی، برای مقایسه‌های زوجی از تصحیح بونفرونی استفاده شد. برای کلیهٔ مقایسه‌ها مقادیر اختلاف بین میانگین قبل و بعد از مداخله (دلتا) محاسبه شد و مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس[6] نسخهٔ ۲۳ انجام پذیرفت. برای تمام آزمون‌های آماری، سطح معناداری $P\leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

در جدول۱، میانگین سنی، مقطع تحصیلی و سابقهٔ بازی شطرنج نشان داده شده است. میانگین و انحراف معیار متغیر تصمیم‌گیری ریسک پذیر در سه مدل مختلف تحریک به تفکیک جنسیت در جدول شمارهٔ ۲ ارائه شده است. نتایج آزمون تحلیل واریانس دوراهۀ مرکب نشان داد که اثر تعامل بین عامل بین‌گروهی (جنسیت) و عامل درون‌گروهی (نوع تحریک) از لحاظ آماری معنادار نبود ($p=0.676$). در تحلیل واریانس مرکب، انتظار می‌رود که اثرات متقابل بین دو عامل مستقل (مانند جنسیت و نوع مداخله) بر روی متغیر وابسته (مانند تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر) مورد بررسی قرار گیرد. این انتظار بر این فرض استوار است که هر عامل ممکن است به تنهایی یا در ترکیب با عامل دیگر، تأثیر متفاوتی بر متغیر وابسته داشته باشد. به عبارت دیگر، محققان ممکن است انتظار داشته باشند که مداخله بر دختران و پسران به طور متفاوتی تأثیر بگذارد، حتی اگر در شرایط عادی تفاوتی در تصمیم–گیری بین آنها وجود نداشته باشد. از این رو؛ اگر در نتایج آزمون، اثر تعاملی معنادار نباشد، این می‌تواند به این معنا باشد که مداخله بر هر دو جنسیت به طور یکسان تأثیر گذاشته است. با این حال، این نتیجه لزوماً به این معنا نیست که انتظارات محققان نادرست بوده است، بلکه

1. Lichess
2. Bullet
3. Sanjaya
4. Shapiro-Wilk
5. Mauchly's Test of Sphericity
6. SPSS

ممکن است به دلایل مختلفی از جمله نمونه‌گیری، طراحی مطالعه، یا حتی تفاوت‌های فردی که در مطالعه لحاظ نشده اند، اثر تعاملی مشاهده نشده باشند.

با توجه به غیرمعنادار بودن اثر تعامل، اثر اصلی عامل بین‌گروهی (جنسیت) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج نشان داد که بین دو گروه پسران و دختران به لحاظ جنسیت در هیچ‌یک از انواع مختلف تحریک تفاوت معناداری وجود ندارد ($F_{(1, 26)}= 0.674, p=0. 419$) در حالی‌که اثر اصلی عامل درون گروهی (انواع تحریک) نشان داد که بین سه مدل مختلف تحریک تفاوت معناداری وجود دارد $F_{(2, 25)}= 11.06, \eta^2=0.47, p= 0.001$، ضریب اِتا نیز برابر با ۰/۴۷۰ می‌باشد که این نتیجه، اندازهٔ اثر خیلی بزرگی را نشان می دهد). مقایسهٔ زوجی سه مدل تحریک با استفاده از تصحیح بونفرونی نشان داد که امتیاز تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر در حالت تحریک آنودال راست/کاتودال چپ به شکل معناداری بالاتر از حالت تحریک کاتودال راست/آنودال چپ بود ($p= 0.001$). در شکل ۱، مقادیر پیش و پس‌آزمون متغیر تصمیم‌گیری در سه شرایط مختلف تحریکی نشان داده شده است.

جدول۱- مقایسهٔ میانگین اطلاعات جمعیتی در گروه مورد مطالعه

Table 1- Comparison of the mean of demographic information in the study group

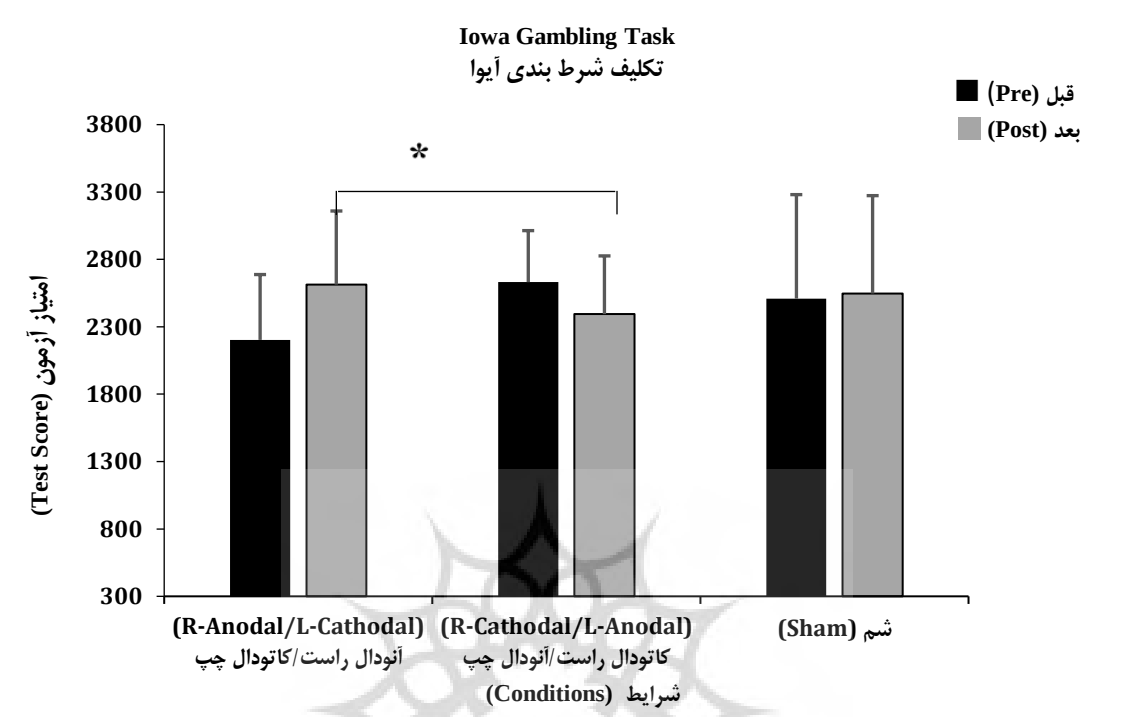
		پسران The boys	دختران The girls
سابقه experience	Max حداکثر	7	6
	Min حداقل	3	2
مقطع تحصیلی Education level	a twelfth-grade دوازدهم	7	5
	an eleventh-grade یازدهم	4	4
	a tenth-grade دهم	3	5
سن Age	Average میانگین	16/5	16
	Max حداکثر	18	17
	Min حداقل	15	15

جدول ۲- نتایج تکلیف شرط بندی آیوا به تفکیک جنسیت قبل و بعد از مداخله از طریق سه نوع تحریک مختلف (میانگین ± انحراف استاندارد)

Table2. Results of IGT based on gender at pre- and post-intervention through three different stimulation types (Mean±SD)

تکلیف شرط بندی آیوا IGT											
The boys پسران						The girls دختران					
آنودال راست/کاتودال‌چپ R-Anodal/L-Cathodal		کاتودال راست/آنودال چپ L-Cathodal/R-Anodal		شَم Sham		آنودال راست/کاتودال‌چپ R-Anodal/L-Cathodal		کاتودال راست/آنودال‌چپ L-Cathodal/R-Anodal		شَم Sham	
Pre قبل	Post بعد	Pre قبل	Post بعد	Pre قبل	Post بعد	Pre قبل	Post بعد	Pre قبل	Post بعد	Pre قبل	Post بعد
2237/5 ± 329/44	2753/57 ± 418/77	2537/5 ± 403/32	2283/92 ± 357/42	2298/21 ± 697/69	2380/35 ± 621/73	2167/85 ± 640/49	2473/21 ± 672/57	2725 ± 361/08	2503/57 ± 506/86	2719/64 ± 845/75	2714/28 ± 829/71

IGT: Iowa gambling task تکلیف شرط بندی آیوا



شکل ۱- مقادیر کلی امتیاز تصمیم گیری ریسک پذیر قبل و بعد از مداخله تحت سه مدل مختلف تحریک الکتریکی (* = تفاوت معنادار دلتای تصمیم‌گیری ریسک پذیر در حالت های آنودال راست/ کاتودال چپ و کاتودال راست/ آنودال چپ (دلتا=تفاصل امتیاز پیش و پس آزمون)

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش، بررسی تأثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر دانش‌آموزان رشتهٔ ورزشی شطرنج بر اساس جنسیت بود. لازم به ذکر است که عملکرد هر دانش آموز، به تنهایی در شرایط مختلف تحریک بررسی شده است به عبارت دیگر در کدام یک از حالت های تحریک، دانش آموز عملکرد بهتری داشته است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در تکلیف شرط بندی آیوا بین تحریک آنودال راست/ کاتودال چپ و کاتودال راست/ آنودال چپ تفاوت معناداری وجود دارد. اما در گروه کنترل یا شَم تفاوت معناداری وجود نداشت. همچنین، هیچ تفاوت معناداری بین حالت‌های مختلف تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای و جنسیت مشاهده نشد.

مطالعات تصویربرداری عصبی نشان داده‌اند که ارتباط معناداری بین دی اِل پی اِف سی[1] با تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر وجود دارد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد زمانی که دانش‌آموزان در ناحیهٔ قشر خلفی جانبی پیش پیشانی تحت تحریک آنودال راست/ کاتودال چپ قرار گرفتند، تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر آنان افزایش یافت. از آنجا که تحریک آند باعث افزایش تحریک‌پذیری قشر خلفی‌جانبی پیش پیشانی می‌شود (نیچه[2] و همکاران، ۲۰۰۵)، به نظر می‌رسد این مکانیسم سبب افزایش تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر دانش آموزان رشتهٔ ورزشی شطرنج در پاسخ به تحریک آنودال باشد. نتایج این بخش از

1. DLPFC
2. Nitsche

پژوهش حاضر با مطالعات غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۲ و یی[1] و همکاران، ۲۰۱۵ همسوست. غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۲ گزارش کردند که مقادیر دلتای آی جی تی (IGT) در شرایط اَنُد در مقایسه با شَم در داوران ورزشی مرد به‌طور معناداری بیشتر بود. این نتایج نشان‌دهندهٔ اثرات مثبت تحریک اَنُد روی قشر خلفی-جانبی پیش-پیشانی راست بر عوامل مرتبط با تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر (تکانشگری و زمان واکنش) در داوران ورزشی مرد بود (غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۲) یی و همکاران، ۲۰۱۵؛ در مطالعه‌ای تأثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای روی قشر خلفی جانبیِ پیش پیشانی راست و چپ بر روی تصمیم‌گیری ریسک پذیر در دو چارچوب سود و زیان را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با استفاده از یک جدول اندازه‌گیری ریسک، اولویت ریسک‌پذیری شرکت‌کنندگان را سنجیدند و با استفاده از یک شاخص ریسک گریزی وزنی[2] میزان ریسک گریزی[3]، آن‌ها را اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که شرکت-کنندگان پس از دریافت تحریک الکتریکی آنودال راست/کاتودال چپ، در چارچوب سود گزینه‌های ریسک پذیرتر و در چارچوب زیان گزینه‌های ایمن‌تر را انتخاب می‌کردند. همچنین مشاهده شد که تحریک الکتریکی آنودال راست/کاتودال چپ، مقادیر شاخص ریسک‌گریزی وزنی را نسبت به تحریک شَم یا کنترل، به طور معناداری کاهش می‌دهد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که فعالیت قشر خلفی جانبیِ پیش پیشانی برای تصمیم‌گیری ریسک پذیر حیاتی است و این که؛ دی اِل پی اِف سی راست (r-DLPFC)، نقش نامتقارنی در چارچوب سود در مقابل چارچوب زیانِ تصمیم‌گیری ریسک پذیر دارد (یی و همکاران، ۲۰۱۵).

در توضیح این بخش از یافته های پژوهش حاضر می توان گفت که با توجه به این‌که شطرنج، یک بازی استراتژیک و فکری می باشد، از این رو؛ نیاز به تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر در شرایط و جریان بازی می باشد به طوری که این نوع تصمیم‌گیری در شطرنج؛ شامل انتخاب حرکت و جابه‌جایی مهره‌هایی است که احتمال موفقیت یا شکست وجود دارد مانند قربانی کردن یک مهره، یا شروع یک حمله، که تحت تأثیر تعادل بین پردازش پاداش و مجازات است که با واسطهٔ سیستم های‌عصبی مختلف انجام می‌شود. از آنجا که اثر ترکیبی تی دی سی اِس آنودال راست / کاتودال چپ بر روی دی اِل پی اِف سی، منجر به تغییر در تعادل پاداش/ تنبیه می‌شود و پاداش را بر مجازات ترجیح می دهد، از این رو؛ تصمیم‌گیری ریسک پذیر در شطرنج را افزایش می‌دهد.

زمانی هم که دانش‌آموزان در ناحیهٔ دی اِل پی اِف سی مورد تحریک کاتودال راست/ آنودال چپ قرار گرفتند، تفاوت درخور ملاحظه‌ای در تصمیم‌گیری ریسک پذیر آن‌ها مشاهده شد، به طوری که تصمیم-گیری ریسک پذیر آن‌ها کاهش یافت. با توجه به این‌که تحریک کاتودال برخلاف تحریک آنودال نقش مهاری دارد، چنین استنباط می‌شود که اثرات تی دی سی اِس ممکن است به تفاوت‌های فردی (استرس، هیجان، تکانشگری و ...) و ویژگی‌های شخصیتی افراد بستگی داشته باشد که می‌توانند در وضعیت‌های خاص اثر متفاوتی (تسهیل، بازدارندگی و یا بی‌اثر) داشته باشند. یافته‌های این بخش از نتایج، مغایر با یافته‌های پژوهش‌های غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۱ و اُتا و همکاران، ۲۰۱۹ می‌باشد. نتایج یک بخش از یافته‌های غایب‌زاده و همکاران، ۲۰۲۱؛ نشان داد زمانی که داوران ورزشی در ناحیهٔ قشر خلفی جانبی پیش پیشانی، تحت تحریک کاتودال راست قرار گرفتند، هر چند دارای تکانشگری بالایی بودند، تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر آنها نیز تاحدودی افزایش یافت. نتایج یافته های آن ها حائز این اهمیت است که بین تصمیم‌گیری و تکانشگری که فرایندهای شناختی هستند ارتباط و تعامل وجود دارد. از طرفی؛ این فرایندهای شناختی پیچیده‌اند و به هم وابسته‌اند و از شبکه‌ای از نواحی مختلف قشری و زیرقشری مغز استفاده می‌کنند در نتیجه؛ تحریک الکتریکی آنودال راست و کاتودال راست بر روی قشر خلفی جانبی پیش پیشانی باعث افزایش تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر و تکانشگری در داوران ورزشی مرد شد که این موضوع به بررسی ابعاد تکانشگری مورد مطالعه در پژوهش آن ها بستگی داشت (غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین اُتا و همکاران، ۲۰۱۹؛ در مطالعه‌ای بررسی کردند که چگونه تحریک تی

1. Ye
2. Weighted risk aversion (WRA)
3. Risk aversion

دی سی اِس بر روی قشر خلفی‌جانبی پیش پیشانی، بر نگرش ریسک افراد در یک تکلیف تصمیم‌گیری حرکتی تأثیر می‌گذارد. این تکلیف، شامل انتخاب زمان‌بندی بهینه برای پاسخ به یک محرک تحت ریسکِ بدون پاداش بود. نویسندگان دریافتند که تحریک آنودال راست/کاتودال چپ بر روی قشر خلفی‌جانبی پیش پیشانی، شرکت‌کنندگان را محافظه‌کارتر و ریسک‌گریزتر می‌کند، در حالی که تحریک مخالف یا تحریک ساختگی (شَم) هیچ اثر قابل‌توجهی نداشت. نویسندگان به این نتیجه رسیدند که دی اِل پی اِف سی در تعدیل انتخاب عمل در تصمیم‌گیری حرکتی تحت ریسک نقش دارد و تی دی سی اِس می تواند با تغییر تعادل فعالیت بین دی اِل پی اِف سی چپ و راست، نگرش ریسک افراد را تغییر دهد (أتا و همکاران، ۲۰۱۹).

در توضیح این بخش از یافته های پژوهش حاضر نیز می توان به این نکته اشاره کرد که اثر ترکیبی تی دی سی اِس کاتودال راست / آنودال چپ بر روی دی اِل پی اِف سی نیز، منجر به تغییر در تعادل پاداش- تنبیه می شود. به طوری که تأثیر بازدارندگی بر روی سیستم پاداش را افزایش می‌دهد و با این عمل، منجر به افزایش حساسیت به ضرر وکاهش حساسیت به پاداش دارد. با این حال، این تنها یک سناریوی فرضی است و شواهد تجربی بیشتری برای آزمایش این فرضیه مورد نیاز است. علاوه بر این، ممکن است عوامل دیگری مانند کنترل شناختی، حافظهٔ‌کاری، تکانشگری، توجه و استراتژی بر عملکرد شطرنج تأثیر بگذارد که می‌تواند توسط تی دی سی اِس تعدیل شوند بنابراین، تأثیر تحریک کاتودال راست / آنودال چپ بر روی دی اِل پی اِف سی در بازی شطرنج، ممکن است به خصوصیات فردی و ترجیحات بازیکنان نیز بستگی داشته باشد.

در نهایت بخش دیگر یافته‌های این پژوهش نشان داد که بین حالت- های مختلف تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای با جنسیت، تفاوت معناداری وجود ندارد که مغایر با یافته‌های پژوهش- های سینگ[1] و همکاران، ۲۰۲۰؛ یانگ[2] و همکاران، ۲۰۱۸ می‌باشد. در یک مطالعه توسط یانگ و همکاران (۲۰۱۸)، تأثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ایِ قشر خلفی جانبی پیش پیشانی بر رفتار جستجو در یک تکلیفِ جستجوی متوالی با در نظر گرفتن نقش جنسیت در تعدیل اثر تی دی سی اِس بررسی شد. نتایج نشان داد که تحریک آنودال راست/کاتودال چپ بر روی قشر خلفی جانبی پیش پیشانی، منجر به افزایش مدت زمان جستجو و امتیاز پذیرفته شدهٔ افراد می‌شود، که نشان‌دهندهٔ تغییر در نگرش ریسک آن‌هاست. علاوه بر این، گزارش شده که این اثر عمدتاً بر روی زنان می‌باشد که افزایش قابل توجهی در عملکرد جستجوی خود پس از تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای نشان دادند. این نتایج نشان داد که تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجمه‌ای می‌تواند فعالیت عصبیِ قشر خلفی جانبی پیش پیشانی را تغییر دهد و بر رفتار جستجوی افراد تأثیر بگذارد. نتایج مطالعهٔ آن‌ها می‌تواند به درک مکانیسم‌های عصبیِ رفتارِ جستجو و کاربردهای بالقوهٔ تی دی سی اِس در تقویت عملکردهای شناختی کمک کنند (یانگ و همکاران، ۲۰۱۸).

سینگ[3] و همکاران (۲۰۲۰)، نیز در مطالعه‌ای با "عنوان تفاوت های جنسیتی و کشوری (عوامل اجتماعی- فرهنگی کشور) در تصمیم- گیری تحت عدم اطمینان و ریسک‌پذیر با استفاده از تکلیف شرط بندی آیوا" گزارش کردند که مردان برتری بیشتری نسبت به زنان؛ در تصمیم‌گیری تحت عدم اطمینان و ریسک پذیر در تکلیف شرط بندی آیوا در سه کشور آلمان[4]، ایالات متحده[5] و هند[6] که دارای سطوح مختلفِ برابری جنسیتی هستند، دارند و گزارش کردند که برتریِ مرد در تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر برجسته ترین است. نتایج پژوهش نشان داد که میان سه کشور مورد بررسی، مردان آلمانی بیشترین ریسک‌پذیری را از خود نشان دادند. این در حالی است که آلمان محیطی با برابری جنسیتی بالا است. این یعنی؛ عوامل ملی و محیطی می‌توانند بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر تأثیر داشته باشند. این مطالعه نشان می‌دهد که تعامل جنس، سن و عوامل اجتماعی- فرهنگی کشور در تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر مهم است و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان با تصمیم‌گیری در شرایط ریسک متفاوت می-

1. Singh
2. Yang
3. Singh
4. Germany
5. USA
6. India

باشد. به طور کلی؛ نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در حالی که عوامل ملی و محیطی بر تصمیم‌گیری تأثیر می‌گذارند، ممکن است در واقع به جای کاهش تفاوت‌های جنسیتی، تفاوت‌های جنسیتی را برجسته کنند. این اثر ضد شهودی نشان می‌دهد که رابطه بین برابری جنسیتی و تصمیم‌گیری پیچیده است و مستلزم بررسی بیشتر است (سینگ و همکاران،۲۰۲۰).

در تحلیل این قسمت از یافته‌های پژوهش، می‌توان گفت که شطرنج یک بازی تصادفی نیست و قطعاً پیش‌بینی ناپذیر است. بنابراین؛ هر بازیکن شطرنج، قبل از شروع بازی، هدف خود را می‌داند و می‌خواهد با بالاترین کارآمدی ممکن، پیروزِ بازی شود. ولی مهم این است که این هدف، فقط یک استراتژی و راهنمای مسیر است و یک بازیکن با دنبال کردن آن، در هر زمان از بازی، هدف‌های کوچک‌تر خود را بر اساس وضعیت بازی تنظیم خواهد کرد. از این رو؛ می توان نتیجه گرفت که بازیکنان شطرنج بیشتر به توانایی و دانش خود در این حوزه نسبت به نگرش کلی ریسک خود اتکا دارند. به بیان دیگر؛ بازیکنان شطرنج ممکن است استراتژی و نقشه‌های خود را برای ارزیابی عواقب و خطرات هر حرکت، بر اساس سابقه و مهارت خود، ایجاد کنند. از این رو؛ ارتباط بین جنسیت و ریسک پذیری مسئله ای پیچیده است و ممکن است به موارد متفاوتی وابسته باشد عواملی مثل هنجارهای فرهنگی، ویژگی‌های شخصیتی و تربیت اجتماعی و ... هر یک از این ها به نحوی بر تصمیم‌گیری ریسک پذیر تأثیر دارند یا حتی ممکن است به نوع، شدت تحریک، پروتکل تحریک و همچنین تفاوت‌های فردی در ساختار مغز و عملکرد آن بستگی داشته باشد.

محدودیت های پژوهش

- نمونه‌گیری کم: با توجه به تعداد کم آزمودنی‌ها، به طور قطعی و یقین نمی توان گفت که قابل تعمیم به سایر بازیکنان شطرنج می‌باشد.
- عدم کنترل برخی عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر: پژوهش حاضر، جنسیت را به عنوان یک عامل متغیر در نظر گرفته است ولی ممکن است عوامل دیگری نیز بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر تأثیر داشته باشند. برای مثال؛ وضعیت اقتصادی، ویژگی‌های شخصیتی، وضعیت روانی، و عوامل محیطی می‌توانند بر تصمیم‌گیری ریسک پذیر اثرگذار باشند.
- پروتکل تحریک: پژوهش حاضر از تحریک دو طرفه بر روی قشر خلفی جانبی پیش پیشانی استفاده کرده که ممکن است برخی پژوهش‌ها از پروتکل تحریک یکطرفه و یا دوطرفه با تحریک سایر نواحی مغزی که شدت و مدت زمان تحریک متفاوت از پژوهش حاضر بوده، استفاده کرده باشند.

پیشنهادات

- تاکنون، ادبیات موجود در مطالعات مختلف؛ تفاوت‌های سنی، جنسیتی، کشوری و تفاوت‌های فردی تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر را به صورت جداگانه بررسی کرده اند، و هیچ گونه توضیحی درباره ارتباط و تعامل بین جنسیت، سن، تفاوت‌های کشوری، عوامل فرهنگی و محیطی، تکالیفِ سنجشِ تصمیم‌گیریِ ریسک‌پذیر، عوامل نوروبیولوژیکی (به عنوان مثال: یکی از این عوامل؛ فاکتورهای نوروتروفیک هستند که گروهی از زیست‌مولکول‌ها می‌باشند که می‌توانند بر روی رفتار، حالات عاطفی، توانایی‌های یادگیری و سایر جنبه‌های رفتاری و عاطفی اثر بگذارند)، ارائه نداده‌اند. از آنجا که تمامی این عوامل بر روی تصمیم‌گیری ریسک پذیر تأثیرگذار هستند بنابراین؛ مطالعات آینده باید به بررسی و ارتباط بین تی دی سی اِس، تی اِم اِس، نوروفیدبک و ... ؛ با هریک از عوامل ذکر شده در تصمیم‌گیری ریسک پذیر بپردازند تا تعمیم پذیری پژوهش با دقت بیشتری انجام گیرد.
- پیشنهاد می‌شود که در آینده، این پژوهش با تحریک الکتریکی یکطرفه و دوطرفه بر روی افراد بزرگسال نیز انجام گیرد و نتایج آن با نتایج پژوهش حاضر مقایسه گردد. زیرا به لحاظ تفاوت در سن و تجربه؛ افراد بزرگسال در ورزش شطرنج معمولاً دارای تجربه و دانش بیشتری نسبت به دانش آموزان دارند و این تفاوت می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر رفتار ریسک پذیری و تصمیم‌گیری آن‌ها داشته باشد.
- همچنین تأثیر تی‌دی‌سی‌اِس بر روی سایر متغیرهای رفتاری-شناختی (الگوهای فکری از قبیل نحوهٔ تفکر فرد، باورهای وی و عوامل هیجانی شامل احساسات و عواطف) دانش آموزان در سایر رشته های ورزشی گروهی و انفرادی با استفاده از روش تحریک الکتریکی دو طرفه و یک طرفه انجام شود و نتایج آن دو باهم مقایسه گردد. لازم به ذکر است که نوع تصمیماتی که در ورزش های گروهی و انفرادی گرفته می شوند به عوامل مختلفی مثل نوع ورزش، جو ورزشگاه، سر و صدای تماشاگران، شرایط آب و هوایی به خصوص در ورزش فوتبال، سطح

استرس، سطح تمرکز و ... می تواند بستگی داشته باشد. از طرف دیگر، در ورزش‌های گروهی مانند فوتبال یا بسکتبال، تصمیم‌گیری ممکن است بیشتر بر اساس تعامل با دیگر اعضای تیم باشد، اما در ورزش‌های انفرادی مانند تنیس یا شطرنج، تصمیم‌گیری بیشتر بر اساس تحلیل و تفکر استراتژیک فردی می باشد.

تشکر و قدردانی

در پایان از همهٔ دانش‌آموزان رشتهٔ ورزشی شطرنج ناحیهٔ ۳ شهرستان کرج که با مهربانی و صبر و حوصله در این مطالعه شرکت کردند تشکر و قدردانی می‌شود. در ضمن، این مقاله تحت حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی بوده است.

References

1. Aloka, P. J., & Bojuwoye, O. (2013). Gender, age and teaching experiences differences in decision-making behaviours of members of selected Kenyan secondary school disciplinary panels. https://doi.org/10.5539/ass.v9n10p43
2. Barrett, D. C., & Fish, W. W. (2011). Our Move: Using Chess to Improve Math Achievement for Students Who Receive Special Education Services. *International Journal of Special Education*, *26*(3), 181-193.
3. Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H., & Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, *50*(1-3), 7-15. https://doi.org/10.1016/0010-0277(94)90018-3
4. Bechara, A., Tranel, D., Damasio, H., & Damasio, A. R. (1996). Failure to respond autonomically to anticipated future outcomes following damage to prefrontal cortex. *Cereb Cortex*, *6*(2), 215-225. https://doi.org/10.1093/cercor/6.2.215
5. Bechara, A., & Van Der Linden, M. (2005). Decision-making and impulse control after frontal lobe injuries. *Current Opinion in Neurology*, *18*(6), 734-739. https://doi.org/10.1097/01.wco.0000194141.56429.3c
6. Bell, S. B., & DeWall, N. (2018). Does transcranial direct current stimulation to the prefrontal cortex affect social behavior? A meta-analysis. *Social cognitive and affective neuroscience*, *13*(9), 899-906. https://doi.org/10.1093/scan/nsy069
7. Borghans, L., Heckman, J. J., Golsteyn, B. H., & Meijers, H. (2009). Gender differences in risk aversion and ambiguity aversion. *Journal of the European Economic Association*, *7*(2-3), 649-658. https://doi.org/10.1162/jeea.2009.7.2-3.649
8. Byrnes, J. P., Miller, D. C., & Schafer, W. D. (1999). Gender differences in risk taking: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, *125*(3), 367–383. https://doi.org/10.1037/0033-2909.125.3.367.
9. Cheng, G. L., & Lee, T. M. (2016). Altering risky decision-making: Influence of impulsivity on the neuromodulation of prefrontal cortex. *Social Neuroscience*, *11*(4), 353-364. https://doi.org/10.1080/17470919.2015.1085895
10. Coutlee, C. G., & Huettel, S. A. (2012). The functional neuroanatomy of decision making: prefrontal control of thought and action. *Brain Research*, *1428*, 3-12. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.05.053
11. Dreyer, A. J., Stephen, D., Human, R., Swanepoel, T. L., Adams, L., O'Neill, A., . . . Thomas, K. G. (2022). Risky decision making under stressful conditions: men and women with smaller cortisol elevations make riskier social and economic decisions. *Frontiers in psychology*, *13*, 810031. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.810031
12. Edgcumbe, D. R., Thoma, V., Rivolta, D., Nitsche, M. A., & Fu, C. H. (2019). Anodal transcranial direct current stimulation over the right dorsolateral prefrontal cortex enhances reflective judgment and decision-making. *Brain stimulation*, *12*(3), 652-658. https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.12.003
13. Ekhtiari, H., Behzadi, A., Jannati, A., & Mokri, A. (2005). Frequency of Losing or The Sum Lost: Which One Makes Us More Negative? *icss*, *6*(3), 17-27. In Persian

14. Fecteau, S., Pascual-Leone, A., Zald, D. H., Liguori, P., Théoret, H., Boggio, P. S., & Fregni, F. (2007). Activation of prefrontal cortex by transcranial direct current stimulation reduces appetite for risk during ambiguous decision making. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, *27*(23), 6212–6218. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0314-07.2007
15. Friehs, M. A., Güldenpenning, I., Frings, C., & Weigelt, M. (2020). Electrify your Game! Anodal tDCS Increases the Resistance to Head Fakes in Basketball. *Journal of Cognitive Enhancement*, *4*(1), 62–70. https://doi.org/10.1007/s41465-019-00133-8.
16. Gandiga, P. C., Hummel, F. C., & Cohen, L. G. (2006). Transcranial DC stimulation (tDCS): a tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation. *Clinical neurophysiology*, *117*(4), 845-850. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.12.003
17. Ghayebzadeh, S., Zardoshtian, S., Amiri, E., Giboin, L.-S., & Machado, D. G. d. S. (2023). Anodal Transcranial Direct Current Stimulation over the Right Dorsolateral Prefrontal Cortex Boosts Decision Making and Functional Impulsivity in Female Sports Referees. *Life*, *13*(5), 1131. https://doi.org/10.3390/life13051131
18. Ghayebzadeh, S., Zardoshtian, S., sabourimoghaddam, H., Amiri, E., & Giboin, LS. (2021). The effect of Different Models of Transcranial Direct Current Stimulation on Risky Decision-Making in Sports Referees. *Sport Physiology*, *13*(51), 117-138. In Persian https://doi.org/10.22089/spj.2021.10363.2126
19. Ghayebzadeh, S., Zardoshtian, S., sabourimoghaddam, h., Amiri, E., & Giboin, LS.. (2022). The Effect of Different Models of Transcranial Direct Current Stimulation on Impulsivity in Sports Referees: The Role of Leadership Styles. *Sport Psychology Studies*, *10*(38), 1-22. In Persian https://doi.org/10.22089/spsyj.2021.10300.2137
20. Ghayebzadeh, S., Zardoshtian, S., sabourimoghaddam, H., Amiri, E., Giboin, L. (2021). The Interventional Effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) on the factors influencing in risky decision-making of sport referees based on leadership styles. (Ph.D. thesis), Razi university, Kermanshah, Iran.,
21. Giboin, L. S., & Gruber, M. (2018). Anodal and cathodal transcranial direct current stimulation can decrease force output of knee extensors during an intermittent MVC fatiguing task in young healthy male participants. *J Neurosci Res*, *96*(9), 1600-1609. https://doi.org/10.1002/jnr.24254
22. Gilmore, C. S., Dickmann, P. J., Nelson, B. G., Lamberty, G. J., & Lim, K. O. (2018). Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) paired with a decision-making task reduces risk-taking in a clinically impulsive sample. *Brain stimulation*, *11*(2), 302-309. https://doi.org/10.1016/j.brs.2017.11.011
23. Jianakoplos, N. A., & Bernasek, A. (1998). Are women more risk averse? *Economic inquiry*, *36*(4), 620-630. https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1998.tb01740.x
24. León, J., Sánchez-Kuhn, A., Fernández-Martín, P., Páez-Pérez, M., Thomas, C., Datta, A., Flores, P. (2020). Transcranial direct current stimulation improves risky decision making in women but not in men: a sham-controlled study. *Behavioural Brain Research*, *382*, 112485. https://doi.org/10.1016/j.bbr.2020.112485
25. Lobão, J. (2022). Gender differences in risk tolerance: New evidence from a survey of postgraduate students. In *Handbook of Research on New Challenges and Global Outlooks in Financial Risk Management* (pp. 64-82): IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-7998-8609-9.ch004
26. Nitsche, M. A., Seeber, A., Frommann, K., Klein, C. C., Rochford, C., Nitsche, M. S., . . . Antal, A. (2005). Modulating parameters of excitability during and after transcranial direct current stimulation of the human motor cortex. *The Journal of physiology*, *568*(1), 291-303. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2005.092429
27. Noakes, T. D. (2011). Time to move beyond a brainless exercise physiology: the evidence for complex regulation of human exercise

performance. *Applied physiology, Nutrition, and Metabolism*, *36*(1), 23-35. https://doi.org/10.1139/h10-082
28. Noakes, T. D. (2012). Fatigue is a brain-derived emotion that regulates the exercise behavior to ensure the protection of whole body homeostasis. *Frontiers in Physiology*, *3*, 82. https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00082
29. Ohn, S. H., Park, C.-I., Yoo, W.-K., Ko, M.-H., Choi, K. P., Kim, G.-M., Kim, Y.-H. (2008). Time-dependent effect of transcranial direct current stimulation on the enhancement of working memory. *Neuroreport*, *19*(1), 43-47. https://doi.org/10.1097/wnr.0b013e3282f2adfd
30. Ota, K., Shinya, M., & Kudo, K. (2019). Transcranial Direct Current Stimulation Over Dorsolateral Prefrontal Cortex Modulates Risk-Attitude in Motor Decision-Making. *Front Hum Neurosci*, *13*, 297. https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00297
31. Pacheco, L., Lobão, J., & Coelho, S. (2023). Gender and risk aversion: Evidence from a natural experiment. *Games*, *14*(3), 49. https://doi.org/10.3390/g14030049
32. Rasekh, S., Khoshbakht, F., & Alborzi, M. (2020). The Effect of Chess Game on Decision Making Process and Academic Achievement in Mathematics: The Moderating Role of Gender. *Studies in Learning & Instruction*, *12*(1), 296-312. In Persian
33. Sanjaya, R., Wang, J., & Yang, Y. (2022). Measuring the non-transitivity in chess. *Algorithms*, *15*(5), 152. https://doi.org/10.3390/a15050152
34. Singh, V., Schiebener, J., Müller, S. M., Liebherr, M., Brand, M., & Buelow, M. T. (2020). Country and sex differences in decision making under uncertainty and risk. *Frontiers in Psychology*, *11*, 486. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00486
35. Tominc, P., & Rebernik, M. (2007). Gender differences in early-stage entrepreneurship in three European post-socialist countries. *Društvena istraživanja: časopis za opća društvena pitanja*, *16*(3 (89)), 589-611.
36. Velea, T. (2022). The Influence of Playing Chess on Football Performance in Children Aged 10-12. *Revista Românească pentru Educaţie Multidimensională, 14*(4 Sup. 1), 421-437. https://doi.org/10.18662/rrem/14.4sup1/680
37. Woods, A. J., Antal, A., Bikson, M., Boggio, P. S., Brunoni, A. R., Celnik, P., Kappenman, E. S. (2016). A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools. *Clinical neurophysiology*, *127*(2), 1031-1048. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.11.012
38. Yang, X., Lin, Y., Gao, M., & Jin, X. (2018). Effect of modulating activity of DLPFC and gender on search behavior: a tDCS experiment. *Frontiers in human neuroscience*, *12*, 325. https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00325
39. Ye, H., Chen, S., Huang, D., Wang, S., & Luo, J. (2015). Modulating activity in the prefrontal cortex changes decision-making for risky gains and losses: A transcranial direct current stimulation study. *Behavioural Brain Research*, *286*, 17-21. doi:https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.02.037