



Sport Psychology Studies

Journal homepage: <https://spsyj.ssrc.ac.ir>



Article Type: Original

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

Shahrouz Ghayebzadeh¹, 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



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
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
IGT	The boys	2237/5	2753/57	2537/5	2283/92	2298/21	2380/35
		±	±	±	±	±	±
	The girls	329/44	418/77	403/32	357/42	697/69	621/73
		±	±	±	±	±	±

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.



مطالعات روان‌شناسی ورزشی

Journal homepage: <https://spsyj.ssric.ac.ir>



نوع مقاله: پژوهشی اصیل

تأثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجه‌ای بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر: تفاوت‌های جنسیتی در شطرنج

شهرزاد 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 قطعیت وجود تفاوت‌های جنسیتی در حوزه 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 فراجمجه‌ای بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر دانش‌آموزان رشته ورزشی شطرنج براساس جنسیت بود. **مواد و روش‌ها:** از این رو، تعداد ۲۸ دانش‌آموز متوسطه دوم؛ ۱۴ دانش‌آموز دختر (16 ± 0.87) و ۱۴ دانش‌آموز پسر (16 ± 0.51) که در مسابقات لیگ استانی و کشوری شطرنج حضور داشتند، شرکت نمودند. هر آزمودنی در سه جلسه مجزا در آزمایشگاه با فاصله 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 شَم به مدت ۲۰ دقیقه با شدت ۲ میلی آمپر بر روی قشر خلفی جانبی پیش پیشانی)، تکلیف شرط بندی آیوا و بازی رایانه‌ای لیچز را انجام دادند. **یافته‌ها:** تحلیل داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس مرکب نشان داد بین تحریک الکتریکی آنودال راست/کاتودال چپ و کاتودال راست/آنودال چپ تفاوت معناداری وجود داشت ($P=0.001$) در حالی که؛ بین جنسیت و انواع مختلف تحریک الکتریکی تفاوت معناداری وجود نداشت.

نتیجه‌گیری: به عنوان یک یافته جدید، این نتایج مؤید امکان استفاده از تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجه‌ای؛ به عنوان ابزاری برای بهبود تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر در ورزش است.

کلیدواژه‌ها: دانش‌آموزان، علوم اعصاب شناختی، عملکرد شناختی، مدیریت عصبی، قشر خلفی جانبی پیش پیشانی.



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^۱، زمان واکنش^۲ و ... مورد مطالعه قرار گرفته است (بل و دیوال^۳، 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^۴، 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 می‌شوند؛ تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر در قشر خلفی-جانبی پیش‌پیشانی^۵ و تصمیم‌گیری تحت ابهام^۶ در قشر پیشین حدقه ای^۷. تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر شامل موقعیت‌هایی 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 نمی‌توان به آسانی نتیجه‌گیری کرد (بچارا و همکاران^۸، ۱۹۹۶). با این حال؛ نتایج این دو تصمیم‌گیری نیز در مطالعات علوم اعصاب شناختی متفاوت است (چنگ و لی^۹، 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 رقابت‌های ورزشی، بسیاری از موقعیت‌ها، نیازمند تصمیم‌گیری سریع و تفکر انتقادی بر روی گزینه‌های ممکن هستند (بارت^{۱۰}، ۱۹۹۳؛ بچارا و همکاران، ۲۰۰۵). از این‌رو، سطح عملکرد ورزشی به میزان زیادی به توانایی ورزشکاران در تصمیم‌گیری سریع و ریسک‌پذیر بستگی دارد.

در میان انواع مختلفی از ورزش‌ها که دقیقاً ذهن را درگیر می‌سازند، شطرنج به عنوان یک ورزش فکری، اهمیت ویژه‌ای 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 اندیشه‌ها، پیکار شخصیت‌ها و جنگ روان‌ها نیز نامیده‌اند. در واقع کنکاش و تدبیر به وسیله 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^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۱). شطرنج یک ورزش ذهنی است که توانایی تمرکز، پیش‌بینی، تصمیم‌گیری 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^{۱۲}، ۲۰۲۲).

مطالعه فرآیند تصمیم‌گیری می‌بایست با در نظر گرفتن تمامی خصوصیات انسان 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 زمینه‌های تجربه زیسته در بین مردان و زنان است که در سرتاسر جوامع و فرهنگ‌ها وجود دارد و تقسیم نقش‌های جنسیتی از دوران کودکی و در مرحله جامعه‌پذیری آغاز و در همه عرصه‌های زندگی نمود می‌یابد (اکبری و همکاران، ۲۰۲۰). یک دیدگاه کلی در اکثر پژوهش‌ها مشاهده شده که مردان تمایل دارند در طیف گسترده‌ای از موقعیت‌های زندگی واقعی نسبت به زنان، تصمیم‌های پرمخاطره‌تری بگیرند در حالی که زنان تمایل دارند تصمیمات ایمن‌تر و ریسک‌گریزتر^{۱۳} بگیرند (دریر و همکاران^{۱۴}، ۲۰۲۲). چندین مطالعه به بررسی تفاوت‌های جنسیتی در تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر پرداخته‌اند (تومینک^{۱۵} و همکاران، ۲۰۰۷؛ جیاناکوپلوس^{۱۶} و همکاران، ۱۹۹۸؛ بُرغس^{۱۷} و همکاران، ۲۰۰۹؛ پاچکو^{۱۸} و همکاران، ۲۰۲۳).

لوبائو^{۱۹}، ۲۰۲۲ در مطالعه‌ای به این نتیجه رسید که در شاخه‌های مالی به خصوص سرمایه‌گذاری، زنان به طور قابل توجهی ریسک‌گریزتر از مردان هستند (لوبائو، ۲۰۲۲). آلوکا^{۲۰} و همکاران، ۲۰۱۳ در

11. valea
12. More risk averse
13. Dreyer et al
14. Tominc
15. Jianakoplos
16. Borghans
17. Pacheco
18. Lobão
19. Aloka

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

در ورزش تمرکز کنند (نواکس^۷، 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 فراجمعه‌ای بر تصمیم‌گیری و تکانشگری داوران ورزشی زن پرداخته‌اند. نتایج یافته‌های آن‌ها نشان داد که تحریک الکتریکی آنودال روی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی 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 اس^۸ 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 فراجمعه‌ای بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر داوران ورزشی مرد پرداختند. تجزیه و تحلیل یافته‌های آن‌ها نشان داد که تکانشگری در شرایط آند و شم در مقایسه با کاتد افزایش معناداری داشت. نتایج یافته‌های پژوهش آن‌ها نشان دهنده اثرات مثبت تحریک آند بر روی قشر خلفی-جانبی پیش‌پیشانی راست بر عوامل مرتبط با تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر در داوران ورزشی مرد بود. این مطالعه استفاده بالقوه از تی دی سی اس را به عنوان یک کمک نیروزا در بهبود تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر در داوران ورزشی مرد برجسته می‌کند (غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، پژوهش ادگامپ و همکاران^۹، ۲۰۱۹؛ نشان داد افرادی که در قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی^{۱۰} تحت تأثیر آنودال راست مورد تحریک الکتریکی قرار گرفتند تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر و عملکردشان بعد از تحریک الکتریکی بهبود یافت (ادگامپ و همکاران، ۲۰۱۹). در مطالعه دیگری، اوتا و همکاران^{۱۱}، ۲۰۱۹ نشان دادند که تحریک آنودال ناحیه دی ال پی اف سی سبب بهبود تصمیم‌گیری حرکتی می‌شود (اوتا و همکاران،

پژوهشی؛ تفاوت‌های جنسیتی، سن و تجربیات آموزشی را در رفتارهای تصمیم‌گیری اعضای هیئت‌های انضباطی منتخب دبیرستان کنیا مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. نتایج یافته‌های آن‌ها نشان داد که شرکت‌کنندگان مرد به رفتارهای تصمیم‌گیری پرخطر تمایل دارند، در حالی که شرکت‌کنندگان زن به رفتارهای تصمیم‌گیری محتاطانه تمایل داشتند. همچنین مشخص شد که شرکت‌کنندگان جوان‌تر و کم‌تجربه‌تر در رفتارهای تصمیم‌گیری، ریسک‌پذیرتر هستند (آلوا و همکاران، ۲۰۱۳). با مطالعات انجام گرفته در خصوص تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر و جنسیت، می‌توان استدلال کرد که احتمال مشاهده تفاوت‌های جنسیتی در تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر، 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^۱ 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 ریسک‌پذیر و هم عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر را مورد هدف قرار داده است (گیلمور^۲ و همکاران، ۲۰۱۸).

در این میان، تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمعه‌ای^۳ که اخیراً با عنوان دوپینگ عصبی^۴ از آن نام برده می‌شود یک روش غیرتهاجمی است که می‌تواند با استفاده از یک جریان ضعیف الکتریکی بر جمجمه، تغییرات موقتی در تحریک‌پذیری مناطق قشری مغز ایجاد نماید که از این طریق، نتایج امیدوارکننده‌ای را در حیطه اثرگذاری بر روی بیماران، افراد سالم عادی و افراد ورزشکار نشان داده است به طوری که باعث بهبود عملکرد شناختی افراد و- کاهش درد مزمن بیماران شده است (آهن^۵ و همکاران، ۲۰۰۸؛ غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۳).

علاوه بر این، ایده ترکیب علوم اعصاب شناختی با ورزش باعث شده تا پژوهشگران ورزشی بر روی مطالعات مغزی و تحریکات الکتریکی

7. tDCS

8. Edgcumbe et al.

9. Dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC)

10. Ota et al

1. Byrnes

2. Gilmore

3. Transcranial direct current stimulation

4. Neuro Doping

5. Ohen

6. Noakes

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش با استفاده از طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون همراه با گروه کنترل به شیوه دوسویه کور و به صورت همتراسازی متقابل^۴ انجام گرفت. بدین منظور، آزمودنی‌ها در ۴ جلسه مجزا با فاصله حداقل ۷۲ ساعت (گیبوی^۵ و همکاران، ۲۰۱۸). در آزمایشگاه هنرستان تربیت بدنی سایپا حضور یافتند که جلسه اول به منظور جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از آزمودنی‌ها، آشنایی آنان با چگونگی اجرای پژوهش، و همچنین آشنایی با تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجهای در نظر گرفته شد. سپس در جلسات دوم تا چهارم، ۲۸ آزمودنی، بر اساس جنسیت، به دو گروه ۱۴ نفره تقسیم شدند. به دنبال آن، هر آزمودنی در ۳ جلسه مجزا به منظور دریافت ۳ مدل مختلف تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجهای دو طرفه در ناحیه اف چهار و اف سه^۶، شامل (۱) آنودال راست/ کاتودال چپ؛ (۲) کاتودال راست/ آنودال چپ؛ (۳) تحریک شَم همانند گروه تجربی؛ آند و کاتد به ترتیب بر روی اف چهار و اف 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

جامعه آماری این پژوهش شامل دانش‌آموزان پسر و دختر مدارس متوسطه دوم ناحیه ۳ کرج در رشته ورزشی شطرنج بودند که در رده‌های سنی مختلف در مسابقات استانی و کشوری سابقه بازی داشتند. با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند و در دسترس تعداد ۴۶ دانش‌آموز برای حضور در این پژوهش انتخاب شدند که در نهایت تعداد ۲۸ نفر شامل ۱۴ دانش‌آموز دختر (۱۶ ± ۸۷) و ۱۴ دانش‌آموز پسر (۱۶ ± ۱۷۲) به عنوان نمونه آماری انتخاب شدند. دلیل علمی کفایت حجم نمونه بدین شرح می‌باشد 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:

۲۰۱۹). همچنین چنگ و لی^۱، ۲۰۱۵؛ در پژوهشی؛ تأثیر تکانش‌گری بر تعدیل عصبی قشر پیش‌پیشانی^۲ را در تغییر تصمیم‌گیری ریسک-پذیر مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که تحریک الکتریکی آنودال راست و کاتودال راست نسبت به تحریک شَم رفتارهای ریسک‌پذیر را کاهش می‌دهد و این کاهش در افراد با تکانش‌گری بالا بیشتر است (چنگ و لی، ۲۰۱۵).

با توجه به مطالب فوق، می‌توان گفت که پژوهش حاضر می‌تواند به شناخت بیشتر از اثر تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجهای بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر دانش‌آموزان رشته 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 متعددی به بررسی جنبه‌های مختلف تحریک غیرتهاجمی مغز در ارتباط با ورزش پرداخته‌اند (غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۱؛ نوکس و همکاران، ۲۰۱۱؛ نوکس، ۲۰۱۲)، این در حالی است که علی‌رغم تلاش‌های صورت گرفته در این زمینه، مطالعات علمی و هدفمند اندکی در حوزه ورزش و عوامل مؤثر بر بهبود تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر انجام شده است (فریز^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). هدف از انتخاب رشته 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 رشته ورزشی شطرنج برای تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجهای 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 فراجمجهای می‌تواند براساس تفاوت‌های جنسیتی اثر متفاوتی بر روی تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر دانش‌آموزان رشته ورزشی شطرنج بگذارد؟

4. Counterbalance

5. Giboin

6. F4 & F3

1. Cheng & Lee

2. prefrontal cortex

3. Friehs

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^۴ و همکاران، ۲۰۰۶).

تکلیف علوم اعصاب شناختی

تصمیم‌گیری در وضعیت مخاطره یا ریسک‌پذیری^۵

تکلیف شرط بندی آیوا^۶ توسط بچارا و همکاران در سال ۱۹۹۴ معرفی شد (بچارا و همکاران، ۱۹۹۴). این آزمون به وسیله نسخه رایانه‌ای شرط بندی آیوا (فارسی)، توسط تیم تحقیق و توسعه مدینا طب گستر^۷ در یک محیط برنامه نویسی، دقیقاً براساس نسخه اصلی انگلیسی آزمون آیوا طراحی شده است و بانک اطلاعاتی آن نیز با استفاده از برنامه آکسس ایجاد می‌گردد. این نسخه مانند اکثر برنامه‌های 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 تأیید 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 می‌باشد (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 هر کدام از دسته کارت‌ها، میزانی از سود و زیان را به همراه دارد. یعنی با انتخاب هر کدام از دسته کارت‌ها، آزمودنی امکان دارد که میزان خاصی از امتیاز را برنده شود و یا برعکس، مقداری از آن را از دست بدهد. دسته کارت‌ها در آزمون‌های مختلف به اسامی گوناگونی معروفند ولی با استناد به مطالعه اصلی بچارا و همکاران؛ اکثراً آن را با عناوین A، B، C و D نام‌گذاری کرده‌اند. دسته کارت‌های A و B پاداش بزرگتری به همراه دارند (بیش از ۱۰۰ امتیاز) اما ضرر آن‌ها بالاتر است و انتخاب این کارت‌ها ریسک تلقی می‌شود. در مقابل، دسته کارت‌های C و D دارای پاداش کمتری هستند (۵۰ امتیاز) اما، ضرر و زیان آن‌ها به نسبت کمتر است. باتوجه به این که در ابتدای بازی به آزمودنی ۲۰۰۰ امتیاز قرض داده می‌شود و از آزمودنی خواسته

حداقل یکبار سابقه حضور در مسابقات استانی و بالاتر، راست دست بودن، عدم داشتن قطعات پیوندی فلزی در بدن، نداشتن بیماری‌های سایکوتیک، عدم سابقه تشنج و صرع به عنوان معیارهای ورود به پژوهش و معیارهایی همچون: سابقه درمان تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای برای هر درمانی، استفاده از داروهای کاربازمپین 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 نظر گرفته شد (غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۱). همه شرکت کنندگان از نظر جسمی سالم بودند و کلیه شرکت کنندگان فرم رضایت نامه آگاهانه را امضا کردند. پروتکل مطالعه توسط کمیته 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 نورواستیم^۱ محصول شرکت مدینا طب گستر^۲ و مؤسسه 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 می‌باشد (اختیاری و همکاران، ۱۳۸۳). دو الکترود که شامل صفحه‌هایی از جنس کربن در اندازه ۵×۷ سانتی‌متر بود در پوشش اسفنجی آغشته به محلول نمکی ۰/۹٪ (نه دهم درصد) قرار داده شد (وودز^۳ و همکاران، ۲۰۱۶). سپس الکترودها با استفاده از سیستم بین المللی ۱۰-۲۰، توسط دو نوار باریک، در ناحیه مغزی مورد آزمایش (اف چهار و اف سه)، روی سر شرکت کنندگان بسته شد. در وضعیت تحریک فعال، جریان ۲ میلی آمپر به مدت ۲۰ دقیقه در ناحیه قشر خلفی- جانبی پیش‌پیشانی، از طریق الکترودهای آند و کاتد اعمال گردید. اما در تحریک شم، محل قرارگیری الکترودها همانند گروه تحریک واقعی بود ولی جریان

5. Risky Decision Making
6. Iowa gambling task (IGT)
7. Medina Teb Gostar's R & D team

1. NeuroStim
2. Medina Teb Gostar
3. Woods
4. Gandiga

بررسی پیش‌فرض طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک^۴ و برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون کرویت ماوخلی^۵ 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 مقایسه بین‌گروهی و آزمون آنوای یک راهه با اندازه‌گیری‌های تکراری برای مقایسه 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 درون‌گروهی، برای مقایسه‌های زوجی از تصحیح بونفرونی استفاده شد. برای کلیه 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^۶ نسخه ۲۳ انجام پذیرفت. برای تمام آزمون‌های آماری، سطح معناداری $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

در جدول ۱، میانگین سنی، مقطع تحصیلی و سابقه بازی شطرنج نشان داده شده است. میانگین و انحراف معیار متغیر تصمیم‌گیری ریسک پذیر در سه مدل مختلف تحریک به تفکیک جنسیت در جدول شماره ۲ ارائه شده است. نتایج آزمون تحلیل واریانس دوره‌ها 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 تصمیم‌گیری 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

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

بازی رایانه‌ای لیچز^۷

جهت بررسی عملکرد اجرایی شرکت‌کنندگان از بازی رایانه‌ای لیچز استفاده شد. به شرکت‌کنندگان گفته شد که در بازی شطرنج بولت^۸ یا گلوله که سریع‌ترین 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 می‌شود که با رایانه بازی کنند. بعد از اتمام ۳ دقیقه بازی با رایانه، امتیازی که شرکت‌کنندگان 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 اندازه‌گیری کنند. علاوه بر این، سطح مهارت بازیکنان در زمان‌های مختلف را نشان می‌دهد و امتیازات آن‌ها را به طور مداوم به روز رسانی می‌کند که می‌تواند معیار خوبی برای سنجش پیشرفت بازیکنان باشند (سانجایا^۹ و همکاران، ۲۰۲۲).

روش پردازش داده‌ها

به‌طور کلی ۲۸ نفر داوطلب از دانش‌آموزان پسر و دختر متوسطه دوم ناحیه ۳ کرج که سابقه 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 دانش‌آموز دختر (16 ± 87) و ۱۴ دانش‌آموز پسر ($16/5 \pm 1/22$) برابر بود. برای

4. Shapiro-Wilk
5. Mauchly's Test of Sphericity
6. SPSS

1. Lichess
2. Bullet
3. Sanjaya

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 غیرمعتاد 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 حالی که اثر اصلی عامل درون‌گروهی (انواع تحریک) نشان داد که بین سه مدل مختلف تحریک تفاوت معناداری وجود دارد $F(2, 25) =$

جدول ۱- مقایسه میانگین اطلاعات جمعیتی در گروه مورد مطالعه

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

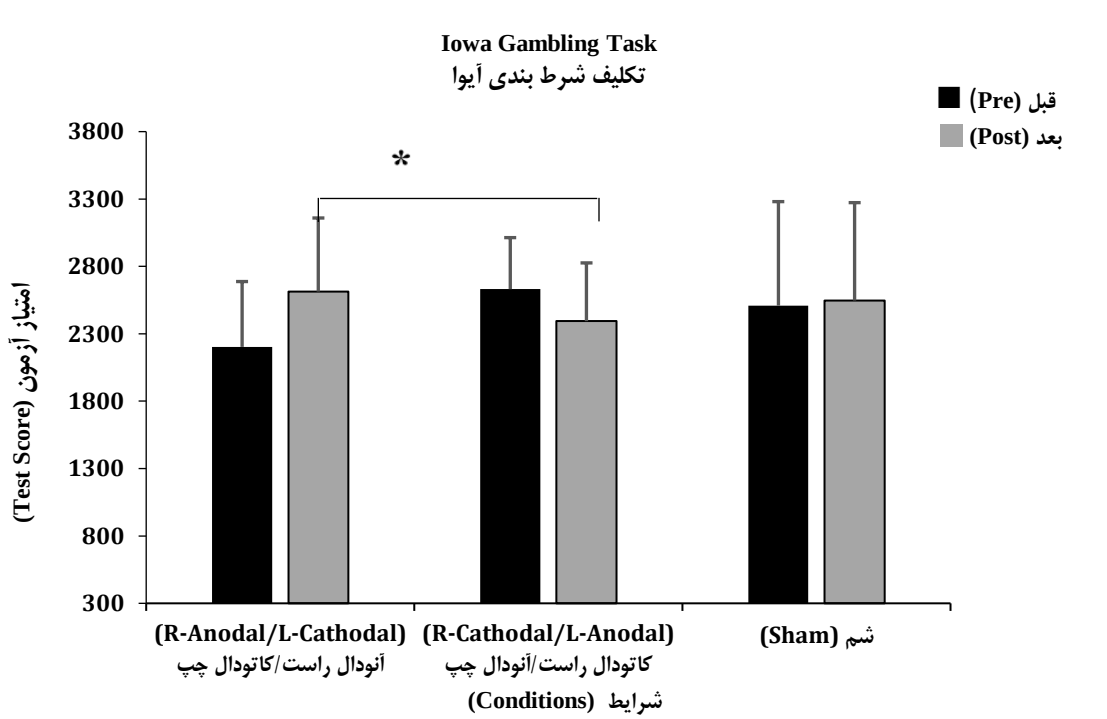
		پسران The boys	دختران The girls
سابقه experience	Max حداکثر	7	6
	Min حداقل	3	2
مقطع تحصیلی Education level	a twelfth-grade دوازدهم	7	5
	an eleventh-grade یازدهم	4	4
	a tenth-grade دهم	3	5
سن Age	Average میانگین	16/5	16
	Max حداکثر	18	17
	Min حداقل	15	15

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

Table 2. Results of IGT based on gender at pre- and post-intervention through three different stimulation types (Mean $\pm$ SD)

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

IGT: Iowa gambling task تکلیف شرط بندی آیوا



شکل ۱- مقادیر کلی امتیاز تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر قبل و بعد از مداخله تحت سه مدل مختلف تحریک الکتریکی (* = تفاوت معنادار دلتای تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر در حالت‌های آنودال راست/ کاتودال چپ و کاتودال راست/ آنودال چپ (دلتا=تفاضل امتیاز پیش و پس آزمون))

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش، بررسی تأثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجه‌ای بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر دانش‌آموزان رشته ورزشی شطرنج بر اساس جنسیت بود. لازم به ذکر است که عملکرد هر دانش‌آموز، به تنهایی در شرایط مختلف تحریک بررسی شده است به عبارت دیگر در کدام یک از حالت‌های تحریک، دانش‌آموز 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 شم تفاوت معناداری وجود نداشت. همچنین، هیچ تفاوت معناداری بین حالت‌های مختلف تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمجه‌ای و جنسیت مشاهده نشد.

مطالعات تصویربرداری عصبی نشان داده‌اند که ارتباط معناداری بین دی ال پی ای سی^۱ با تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر وجود دارد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد زمانی که دانش‌آموزان در ناحیه قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی تحت تحریک آنودال راست/ کاتودال چپ قرار گرفتند، تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر آنان افزایش یافت. از آنجا که تحریک آند باعث افزایش تحریک‌پذیری قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی می‌شود (نیچه^۲ و همکاران، ۲۰۰۵)، به نظر می‌رسد این مکانیسم سبب افزایش تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر دانش‌آموزان رشته ورزشی شطرنج در پاسخ به تحریک آنودال باشد. نتایج این بخش از

2. Nitsche

1. DLPFC

تأثیر تعادل بین پردازش پاداش و مجازات است که با واسطه سیستم های عصبی مختلف انجام می شود. از آنجا که اثر ترکیبی تی دی سی اس آنودال راست / کاتودال چپ بر روی دی ال پی اف سی، منجر به تغییر در تعادل پاداش / تنبیه می شود و پاداش را بر مجازات ترجیح می دهد، از این رو؛ تصمیم گیری ریسک پذیر در شطرنج را افزایش می دهد.

زمانی هم که دانش آموزان در ناحیه دی ال پی اف سی مورد تحریک کاتودال راست / آنودال چپ قرار گرفتند، تفاوت درخور ملاحظه ای در تصمیم گیری ریسک پذیر آن ها مشاهده شد، به طوری که تصمیم گیری ریسک پذیر آن ها کاهش یافت. با توجه به این که تحریک کاتودال برخلاف تحریک آنودال نقش مهاری دارد، چنین استنباط می شود که اثرات تی دی سی اس ممکن است به تفاوت های فردی (استرس، هیجان، تکانشگری و ...) و ویژگی های شخصیتی افراد بستگی داشته باشد که می توانند در وضعیت های خاص اثر متفاوتی (تسهیل، بازدارندگی و یا بی اثر) داشته باشند. یافته های این بخش از نتایج، مغایر با یافته های پژوهش های غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۱ و آتا و همکاران، ۲۰۱۹ می باشد. نتایج یک بخش از یافته های غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۱؛ نشان داد زمانی که داوران ورزشی در ناحیه قشر خلفی جانبی پیش پیشانی، تحت تحریک کاتودال راست قرار گرفتند، هر چند دارای تکانشگری بالایی بودند، تصمیم گیری ریسک پذیر آنها نیز تاحدودی افزایش یافت. نتایج یافته های آن ها حائز این اهمیت است که بین تصمیم گیری و تکانشگری که فرایندهای شناختی هستند ارتباط و تعامل وجود دارد. از طرفی؛ این فرایندهای شناختی پیچیده اند و به هم وابسته اند و از شبکه ای از نواحی مختلف قشری و زیرقشری مغز استفاده می کنند در نتیجه؛ تحریک الکتریکی آنودال راست و کاتودال راست بر روی قشر خلفی جانبی پیش پیشانی باعث افزایش تصمیم گیری ریسک پذیر 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 آتا و همکاران، ۲۰۱۹؛ در مطالعه ای بررسی کردند که چگونه تحریک تی

پژوهش حاضر با مطالعات غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۲ و یی^۱ و همکاران، ۲۰۱۵ همسوست. غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۲ گزارش کردند که مقادیر دلتای آی جی تی (IGT) در شرایط آند در مقایسه با شم در داوران ورزشی مرد به طور معناداری بیشتر بود. این نتایج نشان دهنده اثرات مثبت تحریک آند روی قشر خلفی-جانبی پیش-پیشانی راست بر عوامل مرتبط با تصمیم گیری ریسک پذیر (تکانشگری و زمان واکنش) در داوران ورزشی مرد بود (غایب زاده و همکاران، ۲۰۲۲) یی و همکاران، ۲۰۱۵؛ در مطالعه ای تأثیر تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمعه ای روی قشر خلفی جانبی پیش پیشانی راست و چپ بر روی تصمیم گیری ریسک پذیر در دو چارچوب سود و زیان را مورد بررسی قرار دادند. آن ها با استفاده از یک جدول اندازه گیری ریسک، اولویت ریسک پذیری شرکت کنندگان را سنجیدند و با استفاده از یک شاخص ریسک گریزی وزنی^۲ میزان ریسک گریزی^۲ آن ها را اندازه گیری کردند. نتایج نشان داد که شرکت کنندگان پس از دریافت تحریک الکتریکی آنودال راست/کاتودال چپ، در چارچوب سود گزینه های ریسک پذیرتر و در چارچوب زیان گزینه های ایمن تر را انتخاب می کردند. همچنین مشاهده شد که تحریک الکتریکی آنودال راست/کاتودال چپ، مقادیر شاخص ریسک گریزی وزنی را نسبت به تحریک شم یا کنترل، به طور معناداری کاهش می دهد. آن ها به این نتیجه رسیدند که فعالیت قشر خلفی جانبی پیش پیشانی برای تصمیم گیری ریسک پذیر حیاتی است و این که؛ دی ال پی اف سی راست (r-DLPFC)، نقش نامتقارنی در چارچوب سود در مقابل چارچوب زیان تصمیم گیری ریسک پذیر دارد (یی و همکاران، ۲۰۱۵).

در توضیح این بخش از یافته های پژوهش حاضر می توان گفت که با توجه به این که شطرنج، یک بازی استراتژیک و فکری می باشد، از این رو؛ نیاز به تصمیم گیری ریسک پذیر در شرایط و جریان بازی می باشد به طوری که این نوع تصمیم گیری در شطرنج؛ شامل انتخاب حرکت و جابه جایی مهره هایی است که احتمال موفقیت یا شکست وجود دارد مانند قربانی کردن یک مهره، یا شروع یک حمله، که تحت

3. Risk aversion

1. Ye

2. Weighted risk aversion (WRA)

الکتریکی جریان مستقیم فراجمعه‌ای قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی بر رفتار جستجو در یک تکلیف جستجوی متوالی با در نظر گرفتن نقش جنسیت در تعدیل اثر تی دی سی اس بررسی شد. نتایج نشان داد که تحریک آنودال راست/کاتودال چپ بر روی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی، منجر به افزایش مدت زمان جستجو و امتیاز پذیرفته شده افراد می‌شود، که نشان‌دهنده 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 فراجمعه‌ای نشان دادند. این نتایج نشان داد که تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمعه‌ای می‌تواند فعالیت عصبی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی را تغییر دهد و بر رفتار جستجوی افراد تأثیر بگذارد. نتایج مطالعه آن‌ها می‌تواند به درک مکانیسم‌های عصبی رفتار جستجو و کاربردهای بالقوه تی دی سی اس در تقویت عملکردهای شناختی کمک کنند (یانگ و همکاران، ۲۰۱۸).

سینگ^۱ و همکاران (۲۰۲۰)، نیز در مطالعه‌ای با "عنوان تفاوت‌های جنسیتی و کشوری (عوامل اجتماعی- فرهنگی کشور) در تصمیم‌گیری 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 ریسک‌پذیر در تکلیف شرط بندی آیوا در سه کشور آلمان^۴، ایالات متحده^۵ و هند^۶ که دارای سطوح مختلف برابری جنسیتی هستند، دارند و گزارش کردند که برتری مرد در تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر برجسته‌ترین 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-

دی سی اس بر روی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی، بر نگرش ریسک افراد در یک تکلیف تصمیم‌گیری حرکتی تأثیر می‌گذارد. این تکلیف، شامل انتخاب زمان‌بندی بهینه برای پاسخ به یک محرک تحت ریسک بدون پاداش بود. نویسندگان دریافتند که تحریک آنودال راست/کاتودال چپ بر روی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی، 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 ال پی اف سی در تعدیل انتخاب عمل در تصمیم‌گیری حرکتی تحت ریسک نقش دارد و تی دی سی اس می‌تواند با تغییر تعادل فعالیت بین دی ال پی اف سی چپ و راست، نگرش ریسک افراد را تغییر دهد (آتا و همکاران، ۲۰۱۹).

در توضیح این بخش از یافته‌های پژوهش حاضر نیز می‌توان به این نکته اشاره کرد که اثر ترکیبی تی دی سی اس کاتودال راست / آنودال چپ بر روی دی ال پی اف سی نیز، منجر به تغییر در تعادل پاداش- تنبیه می‌شود. به طوری که تأثیر بازدارندگی بر روی سیستم پاداش را افزایش می‌دهد و با این عمل، منجر به افزایش حساسیت به ضرر و کاهش 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، حافظه کاری، تکانشگری، توجه و استراتژی بر عملکرد شطرنج تأثیر بگذارد که می‌تواند توسط تی دی سی اس تعدیل شوند بنابراین، تأثیر تحریک کاتودال راست / آنودال چپ بر روی دی ال پی اف 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 حالت‌های مختلف تحریک الکتریکی جریان مستقیم فراجمعه‌ای با جنسیت، تفاوت معناداری وجود ندارد که مغایر با یافته‌های پژوهش‌های سینگ^۱ و همکاران، ۲۰۲۰؛ یانگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۸ می‌باشد. در یک مطالعه توسط یانگ و همکاران (۲۰۱۸)، تأثیر تحریک

4. Germany
5. USA
6. India

1. Singh
2. Yang
3. Singh

- پروتکل تحریک: پژوهش حاضر از تحریک دو طرفه بر روی قشر خلفی جانبی پیش‌پیشانی 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.

پیشنهادهات

- 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، تکالیف سنجش تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر، عوامل نورویولوژیکی (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 ریسک‌پذیر تأثیرگذار هستند بنابراین؛ مطالعات آینده باید به بررسی و ارتباط بین تی دی سی اس، تی ام اس، نوروفیدبک و ...؛ با هریک از عوامل ذکر شده در تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر بپردازند تا تعمیم‌پذیری 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 ریسک‌پذیری و تصمیم‌گیری آن‌ها داشته باشد.
- همچنین تأثیر تی دی سی اس بر روی سایر متغیرهای رفتاری-شناختی (الگوهای فکری از قبیل نحوه تفکر فرد، باورهای وی و عوامل هیجانی شامل احساسات و عواطف) دانش آموزان در سایر رشته‌های 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 ورزش‌های گروهی و انفرادی گرفته می‌شوند به عوامل مختلفی مثل نوع ورزش، جو ورزشگاه، سر و صدای تماشاگران، شرایط آب و هوایی به خصوص در ورزش فوتبال، سطح

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، پیروز 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؛ می‌توان 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 ریسک‌پذیری مسئله‌ای پیچیده است و ممکن است به موارد متفاوتی وابسته باشد عواملی مثل هنجارهای فرهنگی، ویژگی‌های شخصیتی و تربیت اجتماعی و ... هر یک از این‌ها به نحوی بر تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر 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.

محدودیت‌های پژوهش

- نمونه‌گیری کم: با توجه به تعداد کم آزمودنی‌ها، به طور قطعی و یقین نمی‌توان 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 ریسک‌پذیر اثرگذار باشند.

تشکر و قدردانی

در پایان از همه دانش‌آموزان رشته ورزشی شطرنج ناحیه 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.

استرس، سطح تمرکز و ... می‌تواند 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 می‌باشد.

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](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., Guldenpenning, 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, L.S. (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, L.S.. (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/spsvj.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., Pérez-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.0b013e3282f2adf>
 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 Educație 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>