

## Impact of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on The Visual Sustained Attention of ADHD Student-Athletes

Fereshteh Amouzadeh<sup>1</sup> , Hadi Moradi<sup>2</sup> , Hassan Gharayagh zandi<sup>3</sup> ,  
Reza Rostami<sup>4</sup> , Ali Moghadamzadeh<sup>5</sup> 

1. Department of Motor Behavior and Sports Psychology, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: [famouzadeh@ut.ac.ir](mailto:famouzadeh@ut.ac.ir)
2. Department of Machine Intelligence and Robotics, Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: [moradih@ut.ac.ir](mailto:moradih@ut.ac.ir)
3. Corresponding Author, Department of Motor Behavior and Sports Psychology, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: [ghzandi@ut.ac.ir](mailto:ghzandi@ut.ac.ir)
4. Department of Psychology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: [rostami@ut.ac.ir](mailto:rostami@ut.ac.ir)
5. Department of Curriculum Development & Instruction Methods, Faculty of Psychology and Educational Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: [amoghadamzadeh@ut.ac.ir](mailto:amoghadamzadeh@ut.ac.ir)

### Article Info

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received:

18 March 2022

Received in revised form:

29 November 2021

Accepted:

16 June 2022

Published online:

22 September 2022

#### Keywords:

ADHD student-athletes,

tDCS,

visual sustained attention.

### ABSTRACT

**Introduction:** Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) is common in the general and sports population. The prime objective of the current study was to compare the impact of transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on the visual sustained attention of ADHD student-athletes.

**Methods:** In this study, among the 79 children diagnosed with ADHD, 45 students were randomly selected and divided into three 15-person Sham, control, and experimental groups. All subjects in the Sham and experimental groups received ten sessions of two different types of anodal and sham stimulations over the F3 area and cathode excitation over the Supraorbital (SO) area with 1 mA current for 15 minutes. After ten sessions, each group was re-examined. After 40 days, a follow-up test was performed according to the post-test using the Continuous Performance Test, Repeated Measures Analysis of Variance, and Paired Sample t-test was used to test statistical hypotheses ( $p \leq 0.05$ ).

**Results:** The results revealed that applying tDCS is effective in improving the visual sustained attention of ADHD student-athletes.

**Conclusion:** The findings of the study indicated that the protocol of applying 1 mA tDCS can improve the visual sustained attention of ADHD student-athletes.

**Cite this article:** Amouzadeh, F., Moradi, H., Gharayagh Zandi, H., Rostemi, R., & Moghadam Zadeh A. (2022). Impact of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on the Visual Sustained Attention of ADHD Student-Athletes. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, 14 (2), 17-33.  
DOI:<http://doi.org/10.22059/JMLM.2021.325671.1586>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran, Faculty of Sport Sciences and Health.

## Extended Abstract

### Introduction

Attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD) can have many effects on athletes and sports participation (Han et al., 2019). Most studies showed defects in visual sustained attention in people with this disorder (Wolraich et al., 2019). Visual sustained attention is the ability to focus on an activity or visual stimulus for a long time (Sierawska et al., 2019), which has an important role in every day, sports, and, non-sports activities (Thomson et al., 2020). The researchers investigated new treatment options and tools such as transcranial direct current stimulation (tDCS) (Canady et al., 2020). The tDCS is a non-invasive and painless brain stimulation therapy that uses direct electrical currents to stimulate specific areas of the brain (Dubreuil et al., 2020). Therefore, considering the effect of visual sustained attention on improving athletic performance and considering the existing necessities due to the contradictions of previous studies, the researchers in this study intend to examine the effect of tDCS on the visual sustained attention of ADHD student-athletes.

### Methods

The method of the current study was quasi-experimental with a pre-test, post-test, follow-up design. In this study, 45 students with ADHD were randomly selected and divided into three 15-person Sham, control, and experimental groups. All subjects in the Sham and experimental groups

received ten sessions of two different types of anodal and sham stimulations over the F3 area with cathode excitation over the supraorbital (SO) area with 1 mA current for 15 minutes and after ten sessions, each group was re-examined. After 40 days, a follow-up test was performed according to the post-test using the Continuous Performance Test. Repeated Measures Analysis of Variance and Paired Sample t-test was used to test statistical hypotheses ( $p \leq 0.05$ ).

### Results

Table 1 presents statistical indicators related to research variables in different groups. The analysis of the variance test with repeated measurement showed that in the within-subject effects section, the main effect of the measurement steps ( $F_{\text{response presentation error}} = 0.0001$ ,  $P_{\text{omission error}} = 0.0001$ ,  $\eta^2 = 0.26$ ) and the interaction of measurement time the comparison with a group ( $F_{\text{response presentation error}} = 0.0001$ ,  $P_{\text{omission error}} = 0.0001$ ,  $\eta^2 = 0.64$ ) is significant in two components of continuous attention. In the following, the paired t-test was used as a follow-up test to compare visual sustained attention between the stages of the study. The findings of the paired t-test showed that the score of the component related to visual sustained attention (error of omission) in the post-test compared to the pre-test ( $P_{\text{error of omission}} = 0.001$ ) and also in the follow-up compared to the pre-test ( $P_{\text{error of omission}} = 0.002$ ) was decreased significantly in the experimental group. In addition, as a result of tDCS intervention, no significant difference was observed in the component related to visual sustained attention (omission error) of hyperactive athlete-students from post-test to follow-up ( $P_{\text{omission error}} = 0.323$ ).

**Table 1. Statistical indicators of visual sustained attention in different groups**

Variable	group	steps	Mean different	Standard deviation	t	P
visual sustained attention	Experimental	Pretest-Posttest	0.40	0.84	3.546	0.001
		Pretest-Follow-up	0.40	0.839	3.376	0.002
		Posttest -Follow-up	-0.02	0.149	-1.00	0.323
	Control	Pretest-Posttest	0.20	0.774	1.00	0.334
		Pretest-Follow-up	0.26	0.798	1.29	0.217
		Posttest -Follow-up	0.066	0.258	1.00	0.340
	Sham	Pretest-Posttest	-0.66	0.258	-1.00	0.334
		Pretest-Follow-up	-0.66	0.257	-1.00	0.334
		Posttest -Follow-up	-0.65	0.256	-1.00	0.333

### Conclusion

The results of the current study showed that tDCS has a significant effect on the visual sustained attention of ADHD student-athletes. The findings of this research were inconsistent with the results of Valenzuela et al. (2019), Lambez et al. (2020), and Molavi et al. (2020) that showed transcranial stimulation does not affect sports performance and visual sustained attention of hyperactive adults and children due to the effect of learning on attention score, response timing score, reaction time and distraction factors in the environment. Also, the findings of this research were inconsistent with the results of Kadish (2018) study in which tDCS does not affect all executive functions as a result of the dependence of the effect of brain stimulation on the arrangement of the electrodes and the intensity of the inconsistent current. The reason can be seen in the difference between the protocols. Thus, the results of the current study showed that tDCS over the F3 and SO area can improve visual sustained attention of ADHD student-athletes.

### Ethical Considerations

**Compliance with ethical guidelines:** The present study was extracted from the doctoral dissertation approved by the research committee of the University of Tehran and with IR.UT.SPORT.REC.1399.004 ethical code is approved by the ethics committee of the Physical Education and Sports Science Research Institute. This study was conducted following voluntary participation of ADHD student-athletes, after initial interviews with participants and their parents and filling out a form of informed consent to participate in this study.

**Funding:** The present study is supported by Cognitive Science and Technologies Council (CSTC).

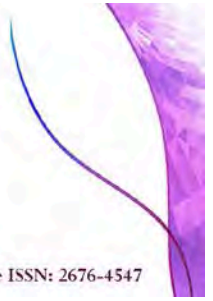
**Authors' contribution:** The first author was the main researcher of this research and the second author was the supervisor. The third author was the Corresponding Author and supervisor. The fourth and fifth authors were also present as advisors.



University of Tehran  
Faculty of  
Sport Sciences and Health

# Journal of Sports and Motor Development and Learning

Online ISSN: 2676-4547



**Conflict of interest:** The authors do not express any conflict of interest in this study.

**Acknowledgments:** We appreciate all the participants and their parents in this study and the Educational Psychological Counseling Center.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی



# رشد و یادگیری حرکتی ورزشی



## اثربخشی تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای بر توجه مداوم دیداری دانش‌آموزان بیش-فعال/نقص توجه ورزشکار

فرشته عموزاده<sup>۱</sup>، هادی مرادی<sup>۲</sup>، حسن غرایاق زندی<sup>۳</sup>، رضا رستمی<sup>۴</sup>، علی مقدم زاده<sup>۵</sup>

۱. گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: [famouzadeh@ut.ac.ir](mailto:famouzadeh@ut.ac.ir)

۲. گروه هوش مصنوعی و رباتیک، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: [moradih@ut.ac.ir](mailto:moradih@ut.ac.ir)

۳. نویسندهٔ مسؤول، گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: [ghzandi@ut.ac.ir](mailto:ghzandi@ut.ac.ir)

۴. گروه روان‌شناسی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: [rrostami@ut.ac.ir](mailto:rrostami@ut.ac.ir)

۵. گروه روش‌ها و برنامه‌های درسی و آموزشی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: [amoghdamzadeh@ut.ac.ir](mailto:amoghdamzadeh@ut.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	<b>مقدمه:</b> اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی (ADHD) در جمعیت عمومی و ورزشی رایج است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثربخشی تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای بر توجه مداوم دیداری دانش‌آموزان بیش‌فعال ورزشکار است.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲۶	<b>روش پژوهش:</b> در این پژوهش از بین ۷۹ دانش‌آموز ورزشکار دارای اختلال بیش‌فعال/نقص توجه تعداد ۴۵ دانش‌آموز به شکل تصادفی انتخاب و به سه گروه ۱۵ نفری کنترل، شم و آزمایش تقسیم شدند. تمامی آزمودنی‌ها گروه شم و آزمایش، دو نوع مختلف تحریک آند تک موضعی و ساختگی بر روی ناحیه (F3) همراه با تحریک کاتد در ناحیه (SO) با شدت جریان ۱ میلی‌آمپر و به مدت ۱۵ دقیقه طی ده جلسه دریافت کردند سپس هر گروه به‌طور مجدد مورد بررسی قرار گرفت. پس از چهل روز آزمون پیگیری مطابق با پس‌آزمون و با استفاده از آزمون عملکرد پیوسته (CPT) صورت گرفت و از آزمون t زوجی برای بررسی فرضیه استفاده شد ( $p \leq 0.05$ ).
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۹/۰۸	<b>یافته‌ها:</b> نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون t زوجی نشان داد که اعمال تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای بر بهبود توجه مداوم دیداری دانش‌آموز ورزشکار دارای اختلال بیش‌فعال/نقص توجه اثربخش بوده است.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۱۱	<b>نتیجه‌گیری:</b> یافته‌های به‌دست‌آمده حاکی از این است که پروتکل اعمال تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای ۱ میلی‌آمپر، توانایی بهبود توجه مداوم دیداری دانش‌آموزان ورزشکار دارای اختلال بیش‌فعال/نقص توجه دارد.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۶/۳۱	
<b>کلیدواژه‌ها:</b> تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای، توجه مداوم دیداری، ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه.	

**استناد:** عموزاده، فرشته؛ مرادی، هادی؛ غرایاق زندی، حسن؛ رستمی، رضا؛ و مقدم زاده، علی. (۱۴۰۱). اثربخشی تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای بر توجه مداوم دیداری دانش‌آموزان بیش‌فعال/نقص توجه ورزشکار. نشریه رشد و یادگیری حرکتی ورزشی، ۱۴ (۲)، ۳۳-۱۷.

DOI: <http://doi.org/10.22059/JMLM.2021.325671.1586>



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه تهران، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی.

## مقدمه

استرس، افسردگی و اضطراب در ورزشکاران نخبه بسیار شایع است که می‌تواند نتیجه اختلالات مهم تشخیص و یا درمان‌نشده‌ای همچون اختلال بیش‌فعالی/ نقص توجه باشد (لوند، ۲۰۱۹؛ وایت، هریس و گیسون؛ ۲۰۱۴؛ زاور، مایکل، اریش و کریستین؛ ۲۰۲۰).

اختلال بیش‌فعالی/نقص توجه نوعی اختلال عصبی تحولی است که منجر به نتایج منفی در زندگی فرد از جمله عملکرد ضعیف تحصیلی و ورزشی، رفتار جنسی پرخطر، مصرف مواد و مرگ‌ومیر زودرس می‌شود. و با شیوع تخمینی ۳-۵٪ در طول عمر ادامه دارد و در بین ورزشکاران بسیار شایع است (پرنس، مجتهدی، سینوت و یوانو؛ ۲۰۱۸؛ وایت و همکاران، ۲۰۱۴؛ یانگ؛ ۲۰۲۰). عدم تمرکز و توجه، رفتار مخالف، نگرش استدلالی، ناامیدی، کاهش عزت‌نفس و خلق‌وخوی ناپایدار مرتبط با اختلال بیش‌فعالی/ نقص توجه می‌تواند عملکرد ورزشی را مختل کند (شارفن و ممرت، ۲۰۱۹؛ پرنس و همکاران، ۲۰۱۸). با این حال ممکن است که در ورزش‌های شامل حرکات سریع و تصمیم‌گیری لحظه‌ای با انگیزش ورزشکار مرتبط باشد و منجر به بهبود عملکرد شود (جاکوبی و لاویدور؛ ۲۰۱۸؛ پرنس و همکاران، ۲۰۱۸؛ والنزوتلا و همکاران، ۲۰۱۹؛ وایت و همکاران، ۲۰۱۴). این اختلال از تعامل پیچیده بین عوامل ژنتیکی و محیطی مثل عوامل روانی-اجتماعی، مشکلات تغذیه‌ای، وزن کم زمان تولد، بیماری‌های عصبی، آسیب‌های مغزی و ناهنجاری‌های ساختاری، عملکردی و نورشیمیایی ایجاد می‌شود که باید در مداخلات درمانی در نظر گرفته شود. (هان و همکاران، ۲۰۱۹؛ لو، ویمن، هالپرین و لی؛ ۲۰۱۹؛ ولرایچ و همکاران، ۲۰۱۹). برای کنترل این اختلال به اصلاح ناهنجاری‌های عصبی شیمیایی و تنظیم هیجانات و رفتارهای ناشی از این اختلال می‌پردازند بخش زیادی از این مطالعات به بهبود مهارت‌های حرکتی و کاهش علائم پرداختند حال آنکه در افراد مبتلابه این اختلال نقص در توجه مداوم دیداری دیده می‌شود (هان و همکاران، ۲۰۱۹؛ لو و همکاران، ۲۰۱۹؛ سالو؛ ۲۰۱۷؛ وایت و همکاران، ۲۰۱۴؛ ولرایچ و همکاران، ۲۰۱۹).

توجه مداوم دیداری توانایی تمرکز روی یک فعالیت یا محرک دیداری برای مدت‌زمان طولانی است. که باعث می‌شود تمرکز روی یک فعالیت را برای مدت‌زمانی که لازم است فعالیت انجام شود نگه می‌دارد، حتی اگر محرک‌های حواس‌پرتی دیگری نیز وجود داشته باشد (سیراوسکا و همکاران، ۲۰۱۹؛ اشتاین مایر، زیگلر و تروبل؛ ۲۰۱۰).

توجه مداوم دیداری نقش مهمی در فعالیت‌های روزمره، ورزشی و غیرورزشی دارد و بر توانایی حفظ یک پاسخ رفتاری ثابت در ضمن محرک دیداری با فعالیتی مکرر و پایدار دلالت دارد به علت اینکه همه افراد از جمله مبتلایان به این اختلال در مراحل مختلف زندگی از جمله زندگی روزمره، آموزشی و ورزشی نیازمند سازگاری در توجه، مواجهه با محیط، درک و سازگاری تغییرات آن

1. Lund

2. White, Harris, & Gibson

3. Xaver, Michael, Erich, & Christian

4. Prince, Mojtahedi, Synnot, & Ioannou,

5. White

6. Young

7. Scharfen & Memmert

8. Jacoby & Lavidor

9. Valenzuela

10. Han

11. Luo, Weibman, Halperin, & Li

12. Wolraich

13. Salo

14. Sierawska

15. Steinmayr, Ziegler, & Träuble

هستند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌شود (نورحیاتی و همکاران، ۲۰۱۹؛ سان<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ تامسون<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). تامپسون (۲۰۲۰) و سالو (۲۰۱۹) و سایر مطالعات انجام شده بر اهمیت انواع توجه مخصوصاً توجه مداوم در زندگی روزمره و... و همراهی عوارضی خاص مانند تأثیرات محدود، بی‌قراری، سردرد، تپش قلب و ... با روش‌های درمانی تأکید می‌کنند (عموزاده و همکاران، ۱۳۹۹؛ اندرسون<sup>۳</sup>؛ بالف<sup>۴</sup>؛ ۲۰۲۰؛ بوچین، بن دیوید و باس<sup>۵</sup>؛ کی، سوانسون، کوگیل و روهد<sup>۶</sup>؛ ۲۰۱۹؛ کارسیا<sup>۷</sup>؛ ۲۰۲۰؛ کیریتو دی اولیویرا<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ کلمبو، ایانلو، و کریستنسن<sup>۹</sup>؛ ۲۰۱۹؛ کاف<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ فولن، جونز، امرسون، و آدامو<sup>۱۱</sup>؛ ۲۰۲۰؛ گروس<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ پاناگیوتیدی<sup>۱۳</sup>؛ ووری<sup>۱۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ ولریچ و همکاران، ۲۰۱۹؛ وونگ و زمان<sup>۱۵</sup>) از طرف دیگر با توجه به اهمیت توجه مداوم دیداری بر عملکرد شناختی در کودکان مبتلا به این اختلال خصوصاً کودکان بیش‌فعال ورزشکار نیاز به درمان جدید جهت کمک به مدیریت بیشتر این کودکان است (برونخورست-کنان<sup>۱۶</sup> و همکاران، ۲۰۲۱؛ کاندی<sup>۱۷</sup>؛ ۲۰۲۰؛ کارسیا، ۲۰۲۰؛ کادیش<sup>۱۸</sup>؛ ۲۰۱۸)؛ بنابراین محققان با در نظر گرفتن مشکلات ناشی از بیش‌فعالی / نقص توجه از جمله نقص در توجه به بررسی گزینه‌ها و ابزارهای درمانی جدیدی مانند تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه پرداختند که با استفاده از آن‌ها مشکلات شناختی و رفتاری ناشی از بیش‌فعالی / نقص توجه را درمان کنند.

تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه (tDCS)، یک درمان تحریک مغز غیرتهاجمی و بدون درد است که از جریان‌های الکتریکی مستقیم برای تحریک قسمت‌های خاص مغز استفاده می‌کند و این امر به افراد کمک می‌کند تا مهارت‌های حل مسئله، توجه مداوم و... را بهبود دهد (آفاجانی، طاهری فرد، و علیزاده گورادل، ۱۳۹۸؛ آفاجانی، طاهری فرد، و علیزاده گورادل، ۱۳۹۸؛ بافنده و یوسفی، ۲۰۲۰؛ بریتلینگ<sup>۱۹</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ چارست، ماروا، و باستین<sup>۲۰</sup>؛ ۲۰۱۹؛ دنیسون، گاٹو، لیم، استگ، و آکویلی<sup>۲۱</sup>؛ ۲۰۱۹؛ دوپرو وال<sup>۲۲</sup>؛ ۲۰۲۰؛ عبادی و همکاران، ۱۳۹۶؛ جانگ<sup>۲۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ لامبز، هاروود-گراس، گلوببیک، و راسوفسکی<sup>۲۴</sup>؛ ۲۰۲۰؛ مولوی و همکاران، ۱۳۹۹؛ حسینی، و همکاران، ۱۳۹۸؛ سویاتا<sup>۲۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ وست وود، اشرسون، کادوش، و کسلر و روییا<sup>۲۶</sup>؛ ۲۰۱۹؛ وانگ و زمان، ۲۰۲۰).

1. Sun

2. Thomson

3. Anderson

4. Balfe

5. Beauchaine, Ben-David, &amp; Bos

6. Caye, Swanson, Coghill, &amp; Rohde

7. Carroccia

8. Chierrito de Oliveira

9. Colombo, Iannello, &amp; Christensen

10. Cuffe

11. Fullen, Jones, Emerson, &amp; Adamou

12. Groß

13. Panagiotidi

14. Vuori

15. Wong &amp; Zaman

16. Brunkhorst-Kanaan

17. Canady

18. Kadish

19. Breitling

20. Charest, Marois, &amp; Bastien

21. Dennison, Gao, Lim, Stagg, &amp; Aquili

22. Dubreuil-Vall

23. Jung

24. Lambez, Harwood-Gross, Golumbic, &amp; Rassovsky

25. Soyata

26. Westwood Radua, Rubia

بافنده (۲۰۲۰) و والنسولا (۲۰۱۹)، گرین<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۰)، دنیسون<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که جریان ثابت الکتریکی با تغییر غلظت یونی محلی سبب تغییر پروتئین‌های عبوری از غشا و تغییرات یون هیدروژن مثبت می‌شود که منجر به بهبود عملکرد نواحی موردنظر می‌شود به عبارتی دیگر با دپولاریزاسیون سطح نورون‌ها یا سلول‌های مغزی در نواحی زیر الکتروود آند و هیپریپولاریزاسیون ناحیه زیر الکتروود کاتد تحریک‌پذیری مغز بیشتر و عملکرد فرد بهتر می‌شود اما کمتر پژوهشی ورزشکاران بیش فعال/نقص توجه را مورد بررسی قرار داده است.

با توجه به نتایج مطالعات پیشین و عوارض ناشی از روش‌های درمانی مختلف و عدم پایداری و یا استفاده از آن‌ها برای درمان ورزشکاران بیش فعال/نقص توجه و نیازی که به تحقیقات بیشتر در مورد کاربردهای درمانی تحریک فراجمجمه‌ای لازم و ضروری است. پژوهش حاضر با استفاده از تحریک فراجمجمه‌ای به دنبال بررسی کارایی این روش به عنوان روشی امن و کم‌خطر در کمک به ورزشکاران بیش فعال/نقص توجه است تا از این طریق گامی در جهت بهبود زندگی و عملکرد ورزشی این ورزشکاران برداشته شود و از طرف دیگر، با ایجاد آگاهی برای پژوهشگران و مربیان و تیم پزشکی، نگاهی نو و ویژه به مشکلات و چگونگی کنترل و درمان ورزشکاران بیش فعال/نقص توجه در برنامه‌ریزی‌های ورزشی انجام گیرد. بنابراین هدف کلی این پژوهش بررسی اثربخشی تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر توجه مداوم دیداری دانش‌آموزان بیش فعال ورزشکار ۹ تا ۱۶ سال بود.

## روش‌شناسی پژوهش

### طرح پژوهش و شرکت‌کنندگان

روش پژوهش حاضر از نوع شبه آزمایشی از نوع پیش‌آزمون - پس‌آزمون و پیگیری با گروه کنترل و ازلحاظ هدف از نوع کاربردی است. جامعه این پژوهش شامل ۷۹ نفر دانش‌آموز ورزشکار ۹ تا ۱۶ سال بیش فعال/نقص توجه بودند که از بین ۳۲۰۰۰ دانش‌آموز ورزشکار استان لرستان در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انتخاب شدند. این انتخاب از طریق مراجعه به مرکز مشاوره روان‌شناختی آموزش و پرورش، مطب‌های روان‌پزشکی و ارسال فرم سنجش کانرز معلم و والدین به مدارس و تأیید نهایی مرکز مشاوره روان‌شناختی آموزش و پرورش انجام شد. از این جامعه، نمونه‌ای با حجم ۴۵ نفر به شکل تصادفی انتخاب و در ۳ گروه ۱۵ نفری کنترل، شم و آزمایش قرار گرفتند.

معیارهای ورود به این پژوهش ابتلا به اختلال بیش فعالی/نقص توجه، محدوده سنی ۹ تا ۱۶ سال، شرکت حداقل در یک رشته ورزشی به‌طور منظم و رضایت والدین بودند و معیارهای محرومیت از این پژوهش معلولیت‌های حسی و حرکتی (نابینایی، ناشنوایی)، بیماری‌های عصبی مهم (صرع، بیماری روانی، کندذهنی و اختلال رشدی تعمیم‌یافته) و عدم شرکت در جلسات مداخله بود.

1. Green

2. Dennison

## ابزار

### فرم مشخصات دموگرافیک<sup>۱</sup>

برای جمع‌آوری اطلاعات جمعیت شناختی از یک فرم که دربرگیرنده ۴ سؤال سن، جنسیت، رشته و سابقه فعالیت ورزشی بود، استفاده گردید.

### آزمون رایانه‌ای عملکرد پیوسته (CPT)<sup>۲</sup>

در این پژوهش برای سنجش توجه مداوم دیداری از آزمون عملکرد پیوسته استفاده شد که در سال ۱۹۵۶ توسط رازولد و همکاران تهیه شد و دارای دو نسخه رایانه‌ای و سنتی است. در نسخه رایانه‌ای، ۱۵۰ محرک دیداری (اعداد یا شکل) با فاصله زمانی ۱ ثانیه به فرد ارائه می‌شود و کودک باید به محرک ظاهر شده در صفحه نمایش دقت کند و با ظاهر شدن محرک هدف، دکمه مشخص شده روی صفحه کلید را فشار دهد. این آزمون ۴ خرده مقیاس تعداد پاسخ‌های صحیح، خطاهای حذف، خطاهای ارائه پاسخ و زمان پاسخ را اندازه می‌گیرد. خطای حذف تعداد دفعاتی را نشان می‌دهد که آزمودنی در برابر محرک هدف پاسخی نمی‌دهد که نمایانگر نقص در توجه مداوم دیداری است. خطای ارائه پاسخ شامل تعداد دفعاتی است که آزمودنی به اشتباه به تحریک غیرهدف پاسخ می‌دهد و نشان دهنده تکانشگری آزمودنی است.

در این آزمون برای سنجش توجه مداوم از خرده مقیاس خطاهای حذف که به معنی عدم پاسخ دهی به محرک هدف است، استفاده می‌شود و معیار، کسب نمره پایین در خرده مقیاس خطاهای حذف است. اعتبار این آزمون در مطالعه کوثر کسائیان و همکاران (۱۳۹۳) ۰/۵ و ۰/۹۲ گزارش شده است و روایی آزمون با شیوه‌ی روایی سازی ملاکی از طریق مقایسه گروه به هنجار و گروه نارسایی توجه/ بیش‌فعال انجام گرفت که تفاوت معناداری را بین عملکرد دو گروه نشان داد (هادیان فرد، نجاریان، شکرکن و مهربانی زاده هنرمند، ۱۳۸۰).

### دستگاه تحریک الکتریکی با نام تجاری نورواستیم<sup>۳</sup>

این دستگاه که برای اولین بار در ایران ساخته شده و در سال ۲۰۱۵ روانه بازار گردیده است دارای دو کانال مجزا، باتری قابل شارژ و نمایشگر ال‌سی‌دی است. هر کانال به‌طور مستقل از دیگری قابل تنظیم است و شدت جریان خروجی قابل تنظیم از ۱ تا ۲ میلی‌آمپر است. همچنین دستگاه دارای ۲ الکتروود آند (رنگ قرمز) و الکتروود کاتد (رنگ سفید) و دو پد کوچک و بزرگ است برای ارائه تحریک توسط این دستگاه دو الکتروود آن بر نواحی تعیین‌شده قرار می‌گیرند و با انتخاب نوع و شدت و مدت جریان دستگاه فعالیت خود را بر نواحی تعیین‌شده آغاز می‌کند و پس از سپری شدن زمان تعیین‌شده جریان قطع خواهد شد. (یوسفی، ۲۰۲۰)

### روند اجرای تحقیق

در ابتدا پس از هماهنگی‌های لازم با اداره کل آموزش و پرورش لرستان، جلسه‌ای با والدین دانش‌آموزان به منظور ارائه هدف تحقیق برای ایشان و انجام هماهنگی‌های لازم برگزار شد این جلسه مربوط به تکمیل فرم رضایت‌نامه کتبی، آشنا شدن باهدف تحقیق، چگونگی اجرای تحریک فرا جمجمه‌ای و آشنایی با محل اجرای پژوهش بود.

1. Demographic profile form

2. Continuous Performance Test (CPT)

3. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)

4. Neurostim2



سپس آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به ۳ گروه ۱۵ نفری کنترل، شم و آزمایش تقسیم شدند و گروه‌ها بر اساس سیستم ۱۰-۲۰ دو نوع مختلف تحریک آند تک موضعی و ساختگی بر روی ناحیه (F3) همراه با تحریک کاتد در ناحیه (SO) با شدت جریان ۱ میلی‌آمپر و به مدت ۱۵ دقیقه طی ده جلسه به صورت یک روز در میان توسط دستگاه تحریک الکتریکی بانام تجاری نورواستیم ۲ دریافت کردند. منظور از تحریک ساختگی در گروه شم قرار دادن الکترودها با همان شکل و زمان گروه آزمایش (آند تک موضعی و ساختگی بر روی ناحیه (F3) همراه با کاتد در ناحیه (SO) با شدت جریان ۱ میلی‌آمپر) بود، با این تفاوت که جریان پس از ۳۰ ثانیه قطع شد و این جریان فقط برای بی‌اطلاعی آزمودنی از برقراری جریان الکتریکی بود و گروه کنترل هیچ مداخله‌ای دریافت نکرد. پس از ۱۰ جلسه مداخله، گروه‌ها مجدد موردبررسی قرار گرفتند و این بررسی همانند بررسی اول و توسط آزمون رایانه‌ای عملکرد پیوسته انجام شد. بر اساس پیشینه پژوهش‌های مشابه پس از یک ماه و ده روز آزمون پیگیری همانند پس‌آزمون اجرا شد.

### روش آماری

در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از میانگین و انحراف معیار به عنوان آمار توصیفی و برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلیک استفاده شد. علاوه بر این، برای تحلیل داده‌ها در بخش آمار استنباطی از تحلیل کوواریانس با اندازه‌گیری مکرر ۳ و آزمون  $t$  زوجی با ذکر میزان اندازه اثر استفاده شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس نسخه ۲۶ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شد.

### یافته‌های پژوهش

بر اساس یافته‌های توصیفی، هر گروه از نظر جنسیت شامل ۱۰ پسر و ۵ دختر و از نظر رشته ورزشی شامل ۱ نفر ژیمناستیک، ۱ نفر تکواندو، ۸ نفر کاراته و ۵ نفر جودو بود و میانگین و انحراف استاندارد شاخص‌های سن و سابقه ورزشی در گروه آزمایش به ترتیب ۱۱/۱±۴۷/۴۰ و ۲/۰±۲/۳۴ سال، در گروه شم ۱۱/۶±۱/۳۵ و ۱/۹۳±۰/۲۸ و در گروه کنترل ۱۱/۶±۱/۳۵ و ۲/۲۶±۰/۳۳ سال برآورد شد.

قبل از آزمون فرضیه‌ها در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار سه گروه آزمایش، شم و کنترل در مؤلفه‌های آزمون عملکرد پیوسته (پاسخ‌های صحیح، خطاهای حذف، خطاهای ارائه پاسخ و زمان پاسخ) مخصوصاً مؤلفه خطای حذف نمایانگر توجه مداوم دیداری آزمودنی‌ها نشان داده شده است.

۱. F3 براساس سیستم ۱۰-۲۰ ناحیه چپ DLFC است.

۲. SO براساس سیستم ۱۰-۲۰ ناحیه راست پیشانی بالای ایرو است.

۳. Repeated measure MANCOVA

۴. Spss

جدول ۱. مقایسه میانگین سه گروه کنترل، شم و آزمایش در آزمون عملکرد پیوسته

متغیرها	پیش آزمون			پس آزمون			آزمون پیگیری		
	آزمایش	شم	کنترل	آزمایش	شم	کنترل	آزمایش	شم	کنترل
خطای هدف	میانگین	۲/۸۰	۲/۸۰	۳/۰۰	۱/۴۶	۲/۸۰	۱/۴۰۰	۲/۸۶	۲/۷۳
	انحراف معیار	۰/۳۲۷	۰/۳۲۷	۰/۳۵۲	۰/۲۷۳	۰/۳۲۶	۰/۳۲۶	۰/۳۲۱	۰/۳۰۰
خطای ارائه پاسخ	میانگین	۲/۶۷	۲/۷۳	۲/۶۰	۱/۸۰۰	۲/۷۳	۲/۷۳	۲/۷۳	۲/۷۳
	انحراف معیار	۰/۲۸۷	۰/۳۰۰	۰/۳۲۱	۰/۳۱۱	۰/۳۰۰	۰/۳۰۰	۰/۳۰۰	۰/۳۰۰
پاسخ‌های درست	میانگین	۱۴۴/۴۷	۱۴۴/۴۷	۱۴۴/۴۷	۱۴۴/۴۷	۱۴۴/۸۰	۱۴۴/۶۰	۱۴۴/۲۰	۱۴۴/۳۳
	انحراف معیار	۰/۶۲۴	۰/۵۳۸	۰/۶۲۴	۰/۶۲۴	۰/۵۳۶	۰/۶۲۴	۰/۶۱۱	۰/۶۲۲
زمان پاسخ	میانگین	۴۹۰/۰۷	۴۸۹/۸۷	۴۸۹/۹۳	۹۳/۴۳۹	۴۹۸/۹۳	۴۴۶/۴۰۰	۴۸۹/۹۳	۴۸۹/۹۳
	انحراف معیار	۲/۴۰۹	۲/۴۱۲	۲/۴۲۵	۲/۳۸۵	۲/۴۲۳	۲/۴۲۵	۲/۴۲	۲/۴۲۵

مقایسه میانگین‌های نمرات آزمون عملکرد پیوسته نشان داد آزمودنی‌های گروه کنترل، شم و گروه آزمایش در پیش‌آزمون، عملکرد تقریباً مشابه همدیگر داشته‌اند، ولی در پس‌آزمون و پیگیری؛ میانگین نمرات گروه آزمایش، کمتر از گروه کنترل و شم بود و میانگین‌های گروه آزمایش، شم و کنترل در مرحله‌های پس‌آزمون و پیگیری تقریباً مشابه هستند.

در ادامه برای آزمون فرضیه از آزمون تحلیل واریانس (۳ گروه) با اندازه‌گیری تکراری (پیش‌آزمون - پس‌آزمون - پیگیری) استفاده گردید تا مشخص شود که آیا تغییری در توجه مداوم دیداری پس از درمان ایجاد شده است؟ یا خیر و در صورت ایجاد آیا ماندگار بوده است؟ که نتایج آن در جدول ۲ ارائه گردید. پیش‌فرض اول این آزمون برابری ماتریس کوواریانس است. با توجه به عدم سطح معنی‌داری آزمون باکس ( $F=1/476, P=0/125$ )، ماتریس کوواریانس داده‌ها برابر است. پیش‌فرض دوم این آزمون اصل تقارن مرکب است. برای برقراری این اصل از آزمون کرویت موخلی استفاده گردید. با توجه به عدم معنی‌دار بودن آزمون کرویت موخلی ( $P=0/0001$ )، شاخص‌های ( $F$ ) مربوط به اثر گرین هاوس گیسر گزارش شد. علاوه بر این پیش از بررسی اثرات بین گروهی، برای برابری واریانس‌های خطا از آزمون لوین استفاده گردید. نتایج این آزمون نشان داد که آزمون  $F$  برای هیچ‌یک از عامل‌های درون گروهی معنی‌دار نیست ( $P=0/951$  خطای ارائه پاسخ،  $P=0/380$  خطای حذف،  $P=0/887$  پاسخ‌های صحیح،  $P=0/888$  زمان پاسخ) و این نشان می‌دهد که مفروضه همگنی واریانس در بین گروه‌های متغیر مستقل برقرار است.

<sup>1</sup>. Greenhouse-Geisser

جدول ۲. یافته‌های آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری برای توجه مداوم و زمان اندازه‌گیری

متغیر	مؤلفه	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معنی‌داری	مجذور اتا	توان آزمون
خطای حذف	مراحل اندازه‌گیری	۷/۷۸۵	۱/۶۳۵	۴/۷۶۲	۱۳/۹۷۰	۰/۰۰۰۱	۰/۲۶۴	۰/۹۹۳
	مراحل اندازه‌گیری × گروه	۷/۷۸۵	۱/۶۳۵	۴/۷۶۲	۱۳/۹۷۰	۰/۰۰۰۱	۰/۲۶۴	۰/۹۹۳
	خطا	۲۱/۷۳۳	۶۳/۷۵۹	۰/۳۴۱				
<b>بین آزمودنی</b>								
	مؤلفه	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F مقدار	سطح معنی‌داری	مجذور اتا	توان آزمون
	گروه	۲۳/۶۹۶	۲	۱۱/۸۴۸	۲/۹۵۹	۰/۰۶۴	۰/۱۳۲	۰/۵۴۳
	خطا	۱۵۷/۱۶۷	۳۹	۴/۰۰۴				
<b>درون آزمودنی</b>								
خطای ارائه پاسخ	مراحل اندازه‌گیری	۱/۲۷۴	۱/۲۸۹	۰/۹۸۹	۱۶/۲۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۲۹۴	۰/۹۹۶
	مراحل اندازه‌گیری × گروه	۵/۵۷۰	۲/۵۷۷	۲/۱۶۱	۳۵/۴۲۰	۰/۰۰۰۱	۰/۶۴۵	۱/۰
	خطا	۳/۰۶۷	۵۰/۲۵۸	۰/۰۶۱				
<b>بین آزمودنی</b>								
	مؤلفه	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F مقدار	سطح معنی‌داری	مجذور اتا	توان آزمون
	گروه	۱۰/۷۸۵	۲	۵/۳۹۳	۱/۲۵۷	۰/۲۹۶	۰/۰۶۱	۰/۲۵۷
	خطا	۱۶۷/۳۳	۳۹	۴/۲۹۱				

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد، یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری نشان داد که در بخش اثرات درون آزمودنی اثر اصلی مراحل اندازه‌گیری ( $\eta^2 = ۰/۲۶$ ،  $\eta^2 = ۰/۰۰۰۱$ ، خطای حذف  $P$ ،  $P = ۰/۰۰۰۱$ ، خطای ارائه پاسخ  $F$ ) و تعامل زمان اندازه‌گیری با گروه ( $\eta^2 = ۰/۶۴$ ،  $\eta^2 = ۰/۰۰۰۱$ ، خطای حذف  $P$ ،  $P = ۰/۰۰۰۱$ ، خطای ارائه پاسخ  $F$ ) در دو مؤلفه توجه مداوم معنادار است. به دلیل اینکه اثر تعاملی (زمان اندازه‌گیری \* گروه) در دو مؤلفه توجه مداوم معنادار است، از اثرات دیگر صرف‌نظر می‌گردد. در ادامه از آزمون  $t$  زوجی به‌عنوان آزمون تعقیبی برای مقایسه مؤلفه‌های توجه مداوم بین مراحل مطالعه استفاده گردید که نتایج آن در جدول ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۳. یافته‌های مربوط به آزمون  $t$  زوجی برای توجه مداوم در دانش‌آموزان بیش‌فعال ورزشکار

متغیر	گروه	مراحل	تفاوت میانگین	انحراف معیار	t	P
آزمایش	پیش‌آزمون-پس‌آزمون	پیش‌آزمون-پس‌آزمون	۰/۴۰	۰/۸۴۰	۳/۵۴۶	۰/۰۰۱
		پیش‌آزمون-پیگیری	۰/۴۰	۰/۸۳۹	۳/۳۷۶	۰/۰۰۲
		پس‌آزمون-پیگیری	-۰/۰۲	۰/۱۴۹	-۱/۰۰	۰/۳۲۳
کنترل	پیش‌آزمون-پس‌آزمون	پیش‌آزمون-پس‌آزمون	۰/۲۰	۰/۷۷۴	۱/۰۰	۰/۳۳۴
		پیش‌آزمون-پیگیری	۰/۲۶	۰/۷۹۸	۱/۲۹	۰/۲۱۷

۰/۳۴	۱/۰۰	۰/۲۵۸	۰/۰۶۶	پس‌آزمون-پیگیری	
۰/۳۳۴	-۱/۰۰	۰/۲۵۸	-۰/۰۶۶	پیش‌آزمون-پس‌آزمون	شم
۰/۳۳۴	-۱/۰۰	۰/۲۵۷	-۰/۰۶۶	پیش‌آزمون-پیگیری	
۰/۳۳۳	-۱/۰۰	۰/۲۵۶	-۰/۰۶۵	پس‌آزمون-پیگیری	

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد، یافته‌های مربوط به آزمون  $t$  زوجی نشان داد نمره مؤلفه مربوط به توجه مداوم دیداری (خطای حذف) در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون ( $P=0/001$  خطای حذف  $P$ ) همچنین در پیگیری نسبت به پیش‌آزمون ( $P=0/002$  خطای حذف  $P$ ) در گروه آزمایش کاهش معناداری داشته است. علاوه بر این، در اثر مداخله  $tDCS$  بر مؤلفه مربوط به توجه مداوم دیداری (خطای حذف) در دانش‌آموزان بیش‌فعال/نقص توجه ورزشکار از پس‌آزمون تا پیگیری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ( $P=0/323$  خطای حذف  $P$ ). همچنین نتایج مشابهی در سایر مؤلفه‌های آزمون عملکرد پیوسته مشاهده شد که نشان‌دهنده  $0/200$ ،  $2/432$  و  $16/717$  کاهش معنی‌دار به ترتیب در مؤلفه‌های خطای ارائه پاسخ، پاسخ‌های نادرست و زمان پاسخ از پیش‌آزمون تا پیگیری است و همچنین در هیچ‌کدام از مؤلفه‌های آزمون عملکرد پیوسته از پس‌آزمون تا آزمون پیگیری تغییر معنی‌داری مشاهده نشد ( $p>0/05$ ). این در حالی است که در هیچ‌کدام از گروه‌های شم و کنترل تغییر معناداری مشاهده نشد ( $p>0/05$ ). یعنی با توجه به معناداری تغییرات توجه مداوم دیداری و سایر مؤلفه‌های آزمون عملکرد پیوسته در سه مرحله اندازه‌گیری می‌توان بیان کرد که  $tDCS$  بر توجه مداوم دیداری در دانش‌آموزان بیش‌فعال/نقص توجه ورزشکار و سایر مؤلفه‌های آزمون عملکرد پیوسته تأثیر دارد.

## بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش باهدف بررسی مقایسه‌ای اثربخشی تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای بر توجه مداوم دیداری دانش‌آموزان بیش‌فعال ورزشکار انجام شد. توجه مداوم توسط آزمون عملکرد پیوسته موردسنجش قرار گرفت. مؤلفه‌های این آزمون شامل، خطای حذف، خطای ارائه پاسخ، پاسخ صحیح و زمان پاسخ بود. همان‌طور که در بخش یافته‌ها بیان گردید، نتایج این پژوهش نشان داد، با توجه به اینکه تفاوت بین پیش‌آزمون با پس‌آزمون و پیگیری معنادار شد تحریک فرا جمجمه‌ای ۱ میلی‌آمپر بر مؤلفه‌های آزمون عملکرد پیوسته در دانش‌آموزان بیش‌فعال ورزشکار تأثیر داشته و منجر به بهبود مؤلفه‌های آن (کاهش تعداد خطا، زمان پاسخ و پاسخ‌های نادرست، افزایش تعداد پاسخ‌های صحیح) شده است و چون تفاوت بین پس‌آزمون و پیگیری در مؤلفه خطای حذف و سایر مؤلفه‌های آزمون عملکرد پیوسته معنادار نشد بنابراین تأثیرات ایجادشده توسط مداخله  $tDCS$  در مؤلفه‌های ذکرشده پایدار بود. بنابراین  $tDCS$  بر توجه مداوم دیداری دانش‌آموزان بیش‌فعال ورزشکار تأثیر معناداری داشت و منجر به افزایش آن شده است.

یافته‌های این پژوهش با نتایج وانزوتلا و همکاران (۲۰۱۹) و جاکوبی و همکاران (۲۰۱۸) مبنی بر عدم تأثیر تحریک فرا جمجمه‌ای بر عملکرد ورزشی و توجه مداوم بیش‌فعالان بزرگسال و کودک به دلیل تأثیر یادگیری در نمره توجه، نمره زمان‌بندی پاسخ، زمان واکنش و عوامل حواس‌پرتی موجود در محیط و همچنین با نتایج مطالعه کادیش (۲۰۱۸) مبنی بر عدم تأثیر  $tDCS$

بر همه عملکردهای اجرایی در نتیجه وابستگی تأثیر تحریک مغزی به چیدمان الکترودها و شدت جریان ناهمخوان است. علت را می‌توان در تفاوت بین پروتکل‌های (محل الکترودها، شدت جریان، تعداد جلسات) بکار گرفته شده دانست.

از طرفی با نتایج پژوهش‌های جانگ و همکاران (۲۰۲۰)، ونگ و همکاران (۲۰۱۹) و لامبوز<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۰) و مالوی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۰)، سویاتا و همکاران (۲۰۱۸)، وست وود و همکاران (۲۰۲۰) و دوبرویل و همکاران (۲۰۲۰) که نشان دادند تحریک‌های فرا جمجمه‌ای بر توجه، مهارت‌های شناختی، حافظه کاری، تصمیم‌گیری و کارکردهای اجرایی تأثیر مثبتی دارد؛ و این تأثیر را در نتیجه کاربرد آسان، ایمنی بالا، تنظیم فاکتورهای نوروتروفیک مشتق از مغز و ناقل‌های غشاء سلولی آن و القای فعالیت بیشتر در ناحیه موردنظر توسط *tDCS* می‌دانند و همچنین با نتایج گرین و همکاران (۲۰۲۰)، دنیسون و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که جریان ثابت الکتریکی از طریق تغییر غلظت یونی محلی سبب تغییر پروتئین‌های عبوری از غشا و تغییرات یون هیدروژن مثبت می‌شود که منجر به بهبود عملکرد نواحی موردنظر می‌شود. همخوان است.

بافنده (۲۰۲۰) و والنسولا (۲۰۱۹) نشان دادند که *tDCS* با افزایش تحریک‌پذیری مغز منجر به بهبود عملکرد شناختی در افراد می‌شود که این افزایش با دیپولاریزاسیون سطح نوروها یا سلول‌های مغزی در نواحی زیر الکترودها و هیپریپولاریزاسیون ناحیه زیر الکترودها و در نتیجه آن ورود کلسیم به داخل سلول، افزایش فعالیت سلولی و آستانه استراحت غشاء و همچنین افزایش میزان گلوکز و اکسیژن در نواحی مورد نظر صورت می‌گیرد.

دلیل نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش و تأثیر تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای بر توجه مداوم دیداری دانش‌آموزان ورزشکار بیش‌فعال / نقص توجه را می‌توان در نتیجه تعداد جلسات مناسب و شدت تحریک کافی دانست که با تسهیل فعالیت ناحیه *DLPFC* تأثیر معناداری بر توجه مداوم دیداری داشته است. بنابراین با توجه به تفاوت ایجاد شده و معناداری این تغییر و با در نظر گرفتن مزایای بیشمار استفاده از تحریک فرا جمجمه‌ای به‌عنوان رویکردی عصب‌شناختی در بهبود عملکرد شناختی می‌توان از تحریک‌های جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای به علت استفاده آسان، کاربردی، ایمنی بالا و مؤثر بودن آن برای بهبود عملکرد ورزشکاران مبتلا به این اختلال و در نتیجه بهبود عملکرد ورزشی آن‌ها استفاده کرد همچنین می‌توانیم این رویکرد درمانی را در کنار سایر رویکردهای درمانی قرار دهیم تا علاوه بر تقویت عملکرد ورزشکاران، وابستگی به سایر رویکردهای درمانی مخصوصاً رویکردهای درمانی مبتنی بر دارو و عوارض جانبی مرتبط با آن، کاهش یابد. به‌عبارتی دیگر با بررسی پروتکل‌های مختلف *tDCS* و سایر تحریکات مغزی و پیدا کردن پروتکل‌های موجود، تحریک جریان مستقیم فرا جمجمه‌ای می‌تواند به‌عنوان روش درمانی استفاده شود.

از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان شرایط روحی آزمودنی‌ها در زمان آزمون اشاره کرد که مهم‌ترین محدودیت این پژوهش بودند؛ همچنین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی تأثیر تحریک در شرایط اجرای یک فعالیت بررسی شود علاوه بر این به پژوهش‌های مقایسه‌ای بین انواع تحریک‌های فرا جمجمه‌ای و مقایسه آن‌ها با مداخلات دیگری مانند روش‌های دارویی، رفتاری و غیره اقدام شود و تحریک فرا جمجمه‌ای در برنامه درمانی و توان‌بخشی ورزشکاران قرار گیرد.

1. Lambez

2. Molavi

### تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از رساله دکتری روان‌شناسی ورزشی فرشته عموزاده است و مراحل اجرای مطالعه با کد اخلاق IR.UT.SPORT.REC.1399.004 مورد تأیید دانشکده تربیت‌بدنی دانشگاه تهران و مرکز مشاوره روان‌شناختی آموزش و پرورش استان لرستان است. همچنین نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از مرکز مشاوره روان‌شناختی آموزش و پرورش، والدین و دانش‌آموزان عزیزی که به ما در اجرای این پژوهش کمک کردند سپاسگزاری نمایند.

### References

- Aghajani, S., Taherifard, M., & Alizadeh goradel, J. J. J. O. S. P. (2019). The effectiveness of Transcendental Direct Electric Stimulation (TDCS) on improving cognitive functions and problem solving skills of students. *Journal of School Psychology* 7(4) 20-38. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=743573>. [in Persian].
- Amouzadeh, f., honarmand, p., Rahimzadeh, M., Gharayagh zandi, H., & Rostami, R. (2020). The impact of fifa on the ADHD symptoms in students with ADHD %J. *The Journal Of Psychological Science*. 19(93).1049-1058 ,(Retrieved from <http://psychologicalscience.ir/article-1-767-fa.html>). [in Persian].
- Anderson, M. J. I. S. (2020). Prescription-strength gaming: ADHD treatment now comes in the form of a first-person racing game-[News]. 57(8), 9-10 .
- Bafandeh, h., & yousefi ,r. (2020). Effect of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on the Cognitive Functions Problem Solving in Patient of Obsessive Compulsive(OCD) %J. *Razi Journal of Medical Sciences*. 27(6), 0-0. Retrieved from <http://rjms.iuums.ac.ir/article-1-6095-en.html>
- Balfe, J. R. (2019). *A Study of an ADHD Experience Video Game's Effect on Users' Attention*. Purdue University Graduate School ,
- Beauchaine, T. P., Ben-David, I., & Bos, M. (2020). ADHD, financial distress, and suicide in adulthood: A population study. *Science advances*, 6(40), eaba1551 .
- Breitling, C., Zaehle, T., Dannhauer, M., Tegelbeckers, J., Flechtner, H.-H., & Krauel, K. J. C. N. (2020). Comparison between conventional and HD-tDCS of the right inferior frontal gyrus in children and adolescents with ADHD .*Clinical Neurophysiology*, 131(5), 1146-1154.
- Brunkhorst-Kanaan, N., Libutzki, B., Reif, A., Larsson, H., McNeill, R. V., & Kittel-Schneider, S. (2021). ADHD and accidents over the life span—a systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* .
- Canady, V. A. J. M. H. W. (2020). Company moves forward with nondrug treatment for ADHD. 30(26), 7-8 .
- Carroccia, G. (2020). *Evaluating ADHD in Children and Adolescents: A Comprehensive Diagnostic Screening System: An ADHDology Book*: Charles C Thomas Publisher.
- Caye, A., Swanson, J. M., Coghill, D., & Rohde, L. A. (2019). Treatment strategies for ADHD: an evidence-based guide to select optimal treatment. *Molecular Psychiatry*, 24(3), 390-408 .
- Charest, J., Marois, A., & Bastien, C. H. (2019). Can a tDCS treatment enhance subjective and objective sleep among student-athletes? *Journal of American College Health*, 1-12 .

- Chierrito de Oliveira, D., Guerrero de Sousa, P., Borges dos Reis, C., Tonin, F. S., Maria Steimbach, L., Virtuoso, S., . . . Cristina Conegero Sanches, A. J. J. o. A. D. (2019). Safety of treatments for ADHD in adults: pairwise and network meta-analyses. *Journal of Attention Disorders*, 23(2), 111-120 .
- Colombo, B., Iannello, P., & Christensen, A. S. (2019). Neuromodulation as way to affect ADHD related symptoms. A tDCS study .
- Cuffe, S. P., Visser, S. N., Holbrook, J. R., Danielson, M. L., Geryk, L. L., Wolraich, M. L., & McKeown, R. E. J. J. o. a. d. (2020). ADHD and psychiatric comorbidity: Functional outcomes in a school-based sample of children. *Journal of attention disorders*, 24(9), 1345-1354 .
- Dennison, O., Gao, J., Lim, L. W., Stagg, C .J., & Aquili, L. (2019). Catecholaminergic modulation of indices of cognitive flexibility: a pharmaco-tDCS study. *Brain stimulation*, 12(2), 290-295 .
- Dubreuil-Vall, L., Gomez-Bernal, F., Villegas, A., Cirillo, P., Surman, C., Ruffini, G., . . . Camprodon, J. (2020). tDCS to the left DLPFC improves cognitive control but not action cancellation in patients with ADHD: a behavioral and electrophysiological study. *medRxiv* .
- Ebadi, M., Hoseini, F., Pahlevan, F., Esmaeilzade Akhoundi, M., Farhadi, V., & Asqari ,R. (2017). The effectiveness of Transcranial direct current stimulation (tDCS) on working memory in patients with major depression. *Journal of Arak University of Medical Sciences*, 20(5), 38-47. Retrieved from <http://jams.arakmu.ac.ir/article-1-5110-en.html>. [in Persian].
- Fullen, T., Jones, S. L., Emerson, L. M., & Adamou, M. (2020). Psychological Treatments in Adult ADHD: A Systematic Review. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 1-19 .
- Groß, V., Lücke, C., Graf, E., Lam, A. P., Matthies, S., Borel, P . . . , Jacob, C. J. J. o. a. d. (2019). Effectiveness of psychotherapy in adult ADHD: what do patients think? Results of the COMPAS study. *Journal of Attention Disorders*, 23(9), 1047-1058 .
- Hadianfard, H., Najarian, B., Shokrkon, H., & Mehrabizadeh Honarmand, M. (2001). construction and validation of the farsi version of the continuous performance test. *Journal of Psychology*, 4(4 (16), -. Retrieved from <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=38324>. [in Persian].
- Han, D. H., McDuff, D., Thompson, D., Hitchcock, M. E., Reardon, C. L., & Hainline, B. (2019). Attention-Deficit/Hyperactivity disorder in elite athletes: a narrative review. *British journal of sports medicine*, 53(12), 741-745 .
- Jacoby, N., & Lavidor, M. (2018). Null tDCS effects in a sustained attention task: the modulating role of learning. *Frontiers in psychology*, 9, 476 .
- Jung, D. H., Ahn, S. M., Pak, M. E., Lee, H. J., Jung, Y. J., Kim, K. B., . . . Choi, B. T. (2020). Therapeutic effects of anodal transcranial direct current stimulation in a rat model of ADHD. *eLife*, 9, e56359 .
- Kadish, N., Brunke, M., Spsychalski, P., Müller, F., Berghaeuser, J., Pedersen, A., . . . Moliadze, V. (2018). PB19. tDCS in the left DLPFC: When to stimulate and which cognitive domains it affects. *Clinical Neurophysiology*, 129(8), e63-e64 .
- Lambez, B ., Harwood-Gross, A., Golumbic, E. Z., & Rassovsky, Y. (2020). Non-pharmacological interventions for cognitive difficulties in ADHD: A systematic review and meta-analysis. *Journal of psychiatric research*, 120, 40-55 .
- Lund, S. (2019). A Comparison of College Student-Athletes With Attention-Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) and Nonathletes With ADHD: Academic Adjustment,

- Severity of Mental Health Concerns, and Complexity of Life Concerns. (Doctoral dissertation, Old Dominion University) .
- Luo, Y., Weibman, D., Halperin, J. M., & Li, X. (2019). A review of heterogeneity in attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Frontiers in human neuroscience*, 13, 42 .
- Molavi, P., Aziziaran, S., Basharpour, S., Atadokht, A., Nitsche, M. A., & Salehinejad, M. A. (2020). Repeated transcranial direct current stimulation of dorsolateral-prefrontal cortex improves executive functions, cognitive reappraisal emotion regulation, and control over emotional processing in borderline personality disorder: A randomized, sham-controlled, parallel-group study. *Journal of Affective Disorders* .
- Nurhidayati, F. J. E. C., Language, & English, T. o. (2019). Increased attention in ADHD (Attention-Deficit Hyperactivity Disorder) children using media based video in English language lessons. *EnJourMe (English Journal of Merdeka): Culture, Language, and Teaching of English*, 3(2), 46-51. 3(2), 46-51 .
- Panagiotidi, M. (2017). Problematic video game play and ADHD traits in an adult population. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 20(5), 292-295 .
- Prince, R., Mojtahedi, D., Synnott, J., & Ioannou, M. (2018). Individual difference and risky behaviour amongst elite athletes: A review of the psychological predictors of risk-taking behaviour. *Assessment and Development Matters*, 10(4).
- Salo, E. (2017). Brain activity during selective and divided attention .
- Scharfen, H. E., & Memmert, D. (2019). Measurement of cognitive functions in experts and elite athletes: A meta-analytic review. *Applied Cognitive Psychology*, 33(5), 843-860 .
- Shokreh, g., Hosseini, F. S. J. D., & Learning, M. (2019). The Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on Working Memory in Children with Developmental Coordination Disorder (DCD). *Journal of Motor Learning and Movement*, 11(2), 231-246. [in Persian].
- Sierawska, A., Prehn-Kristensen, A., Moliadze, V., Krauel, K., Nowak, R., Freitag, C. M., . . . Buyx, A. (2019) .Unmet Needs in Children With Attention Deficit Hyperactivity Disorder— Can Transcranial Direct Current Stimulation Fill the Gap? Promises and Ethical Challenges. *Frontiers in psychiatry*, 10, 334 .
- Soyata, A. Z., Aksu, S., Woods, A. J., İşçen, P., Saçar, K. T., Karamürsel, S. J. E. a. o. p., & neuroscience, c. (2019). Effect of transcranial direct current stimulation on decision making and cognitive flexibility in gambling disorder. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, 269(3), 275-284 .
- Steinmayr, R., Ziegler, M., & Träuble, B. (2010). Do intelligence and sustained attention interact in predicting academic achievement? *Learning and Individual Differences*, 20(1), 14-18 .
- Sun, S., Kuja-Halkola, R., Faraone, S. V., D'Onofrio, B. M., Dalsgaard, S., Chang, Z., & Larsson, H. J. J. p. (2019). Association of psychiatric comorbidity with the risk of premature death among children and adults with attention-deficit/hyperactivity disorder. 76(11), 1141-1149 .
- Thomson, P., Vijayakumar, N., Johnson, K. A., Malpas, C. B., Sciberras, E., Efron, D. Silk, T. J. (2020). Longitudinal Trajectories of Sustained Attention Development in Children and Adolescents with ADHD. *Journal of abnormal child psychology*, 48(12), 1529-1542 .
- Valenzuela, P. L., Amo, C., Sánchez-Martínez, G., Torrontegi, E., Vázquez-Carrión, J., Montalvo, Z., de la Villa, P. (2019). Enhancement of mood but not performance in elite



- athletes with transcranial direct-current stimulation. *International journal of sports physiology and performance*, 14(3), 310-316 .
- Vuori, M., Martikainen, J. E., Koski-Pirilä, A., Sourander, A., Puustjärvi, A., Aronen, E. T., Saastamoinen, L. K. J. P. (2020). Children's relative age and ADHD medication use: a Finnish population-based study. *Pediatrics*, 146(4).
- Westwood, S., Asherson, P., Kadosh, R. C., Wexler, B., & Rubia, K. (2019). A novel neurotherapy of transcranial direct current stimulation (tDCS) combined with cognitive training in ADHD children. *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation*, 12(2), 521 .
- Westwood ,S. J., Radua, J., Rubia, K. J. J. o. P., & JPN, N. (2020). Noninvasive brain stimulation in children and adults with attention-deficit/hyperactivity disorder: a systematic review and meta-analysis. 45(6), 190179-190179 .
- White, R. D., Harris, G. D., & Gibson, M. E. (2014). Attention deficit hyperactivity disorder and athletes. *Sports Health*, 6(2), 149-156 .
- Wolraich, M. L., Chan, E., Froehlich, T., Lynch, R. L., Bax, A., Redwine, S. T., Hagan, J. F. (2019a). ADHD diagnosis and treatment guidelines :a historical perspective. *Pediatrics*, 144(4), e20191682 .
- Wolraich, M. L., Chan, E., Froehlich, T., Lynch, R. L., Bax, A., Redwine, S. T., Hagan, J. F. J. P. (2019b). ADHD diagnosis and treatment guidelines: a historical perspective. 144(4), e2019.1682 .
- Wong, H. C., & Zaman, R. (2019). Neurostimulation in treating ADHD. *Psychiatria Danubina*, 31(3), 265-275 .
- Wong, H. C., & Zaman, R. J. P. D. (2019). Neurostimulation in treating ADHD. 31(3), 265-275 .
- Xaver, B., Michael, C., Erich, S., & Christian ,C. M.(2020). ADHD in Athletes .
- Young, W. N. (2020). *Understanding the Experiences of Endurance Athletes: A Phenomenological Study* .