



Original Article

Effect of Transcranial Alternating Current Stimulation (tACS) on Response Inhibition and Sustained Attention in Athletes with ADHD

Fereshteh Izadkhah¹ , Alireza Bahrami^{*2} , Reza Rostami³ , Ali Moghadam Zadeh⁴ , Mehdi Rahim Zadeh⁵

1. Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2. Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran.
3. Department of Psychology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.
4. Department of Curriculum Development & Instruction Methods, Faculty of Psychology and Educational Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.
5. Department of Motor Behavior and Sports Psychology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.

Received: 14/01/2023, Revised: 15/02/2023, Accepted: 26/02/2023

Abstract

Purpose: This study aimed to investigate the effect of Transcranial Alternating Current Stimulation (tACS) on Response Inhibition and sustained attention in athletes with ADHD.

Methods: In this study, 120 children athletes with ADHD aged between 9 and 11 years were randomly selected from a pool of 300 participants. They were then divided into three groups of 40 participants each: Sham, control, and tACS. Participants in the sham and tACS groups received simultaneous anodal stimulation in the F3 and F4, and cathodal stimulation in the FP2, with a current of 1mA (10Hz) for 15 minutes over 10 sessions. Each group was then re-examined, and a follow-up test was conducted after two weeks. Post-test data were analyzed using the continuous performance test (CPT) and analysis of variance with repeated measures, with Bonferroni's post hoc test used to investigate the hypotheses ($P \geq 0.05$).

Results: The results of repeated measures analysis of variance and Bonferroni's post hoc test showed that tACS had a significant effect on response inhibition ($P=0.0001$) and sustained attention ($P=0.0001$) in children athletes with ADHD.

Conclusion: The findings suggest that applying tACS with a current of 1mA can improve response inhibition and sustained attention in children athletes with ADHD. Therefore, this method can be used as a complementary or independent treatment for these athletes.

Keywords: Executive Functions, Response Inhibition, Sustained Attention, Child Athletes with ADHD.

* Corresponding Author: Alireza Bahrami, E-mail: A-bahrami@araku.ac.ir

How to Cite: Izadkhah, F., Bahrami, A., Rostami, R., Moghadam Zadeh, A., Rahimzadeh, M. Effect of Transcranial Alternating Current Stimulation (tACS) on Response Inhibition and sustained attention in athletes with ADHD. *Sports Psychology*, 2025; 17(1): 65-81. In Persian



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

Extended Abstract

Background and Purpose

Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) is a prevalent neurodevelopmental condition characterized by impairments in attention regulation, impulsivity, and executive functioning. Among athletes, especially those involved in high-performance and precision-demanding sports, these symptoms can be particularly detrimental, affecting both training outcomes and competitive performance. In recent years, there has been growing interest in non-pharmacological interventions aimed at improving cognitive control and attentional processes in individuals with ADHD (1). One such promising intervention is transcranial alternating current stimulation (tACS), a non-invasive brain stimulation technique that modulates neural oscillations associated with cognitive functions. tACS applies weak electrical currents in a frequency-specific manner to the scalp, aiming to entrain or synchronize endogenous brain rhythms (2). Given the critical role of neural oscillations—especially in the theta and beta frequency bands—in response inhibition and sustained attention, tACS has emerged as a potentially effective tool for enhancing these cognitive domains. While tACS has shown preliminary efficacy in clinical populations, its application in athletic contexts, particularly among athletes with ADHD, remains underexplored (3). This study seeks to investigate the effects of tACS on response inhibition and sustained attention in athletes diagnosed with ADHD (1, 2). By targeting brain networks implicated in executive

function and attentional control, this research aims to evaluate whether tACS can serve as a viable cognitive enhancement strategy in this unique population. Understanding these effects not only contributes to the growing field of neuromodulation in ADHD treatment but also offers insights into optimizing mental performance in athletes, where even marginal improvements can lead to significant competitive advantages. The implications of such findings could extend beyond clinical benefits, potentially informing individualized training programs and neuroenhancement protocols for athletes with cognitive challenges.

Materials and Methods

In this study, among 300 child athletes with ADHD, aged 9 to 11 years, 120 children were randomly selected and divided into three groups of 40 participants each: Sham, control, and tACS. All participants in the sham and tACS groups received simultaneous anodal stimulation in the F3 and F4, and cathodal stimulation in the FP2, with a current of 1mA (10Hz) for 15 minutes during 10 sessions. Then each group was re-examined and after two weeks a follow-up test was conducted. The ANOVA with repeated measures and Bonferroni's post hoc test were used to investigate the hypotheses. ($P \geq 0.05$).

Results

The ANOVA with repeated measures results revealed significant differences between groups across the three phases: pre-test, post-test, and follow-up, in both sustained attention and response inhibition. The

findings showed that the tACS group demonstrated lower mean scores in the research variables compared to the sham and control groups ($M = 6.075$ for sustained attention; $M = 3.01$ for response inhibition). In contrast, the differences in mean scores between the pre-test and post-test in the sham and control groups were minimal. Furthermore, no significant differences were observed between the post-test and follow-up phases within the groups in either response inhibition or sustained attention. Bonferroni's post hoc test indicated that the application of transcranial alternating current stimulation resulted in a statistically significant improvement in sustained attention and response inhibition from the pre-test to the post-test ($p < 0.05$). However, no significant changes were observed between the post-test and follow-up assessments ($p > 0.05$), suggesting that the effects of the stimulation remained stable over time. Based on these results, the null hypothesis can be rejected, and it can be concluded that transcranial alternating current stimulation has a significant effect on enhancing sustained attention and response inhibition in athletes diagnosed with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). These findings underscore the potential of tACS as a promising neuromodulatory intervention for cognitive enhancement in this population.

Conclusion

The obtained findings indicate that the protocol of applying tACS with a current of 1mA can improve response inhibition and sustained attention in child athletes with

ADHD. Therefore, this method can be used as a complementary or independent method of treatment in these athletes.

Funding

This study received no funding from public, commercial, or nonprofit organizations.

Authors' Contributions

All authors have participated in designing, implementing and writing all parts of the present study.

Conflicts of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgement

We sincerely thank all the child athletes who collaborated in this research.



نوع مقاله: پژوهشی

اثربخشی تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای جریان متناوب بر بازداری پاسخ و توجه مداوم ورزشکاران

بیش فعال/نقص توجه

فرشته ایزدخواه^۱، علیرضا بهرامی^{۲*}، رضا رستمی^۳، علی مقدم‌زاده^۴، مهدی رحیم‌زاده^۵

۱. گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۲. گروه رفتار حرکتی و روان شناسی ورزشی، تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
۳. گروه روان‌شناسی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۴. گروه روش‌ها و برنامه‌های درسی و آموزشی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۵. دکتری روان شناسی ورزشی، گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۴، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۱/۱۱/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۷

چکیده

هدف: هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای جریان متناوب بر بازداری پاسخ و توجه مداوم ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه بود.

روش‌ها: در این پژوهش از بین ۳۰۰ ورزشکار کودک بیش‌فعال/نقص توجه با دامنه سنی ۹ تا ۱۱ سال، ۱۲۰ نفر به شکل تصادفی انتخاب و به سه گروه ۴۰ نفری کنترل، شم و tACS تقسیم شدند. همه آزمودنی‌های گروه‌های شم و آزمایش، تحریکات آنودی در ناحیه F۳ و F۴ به طور همزمان، و کاتدی در FP2 با جریان ۱ میلی‌آمپر (۱۰ هرتز) را به مدت ۱۵ دقیقه در طول ۱۰ جلسه دریافت کردند، سپس هر گروه به‌طور مجدد موردبررسی قرار گرفت. پس از دو هفته آزمون پیگیری مطابق با پس‌آزمون و با استفاده از آزمون عملکرد پیوسته (CPT) صورت گرفت و از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی برای بررسی فرضیه‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد؛ اعمال تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای جریان متناوب بر بازداری پاسخ ($P=0/0001$) و توجه مداوم ($P=0/0001$) کودکان ورزشکار دارای اختلال بیش‌فعال/نقص توجه اثربخش بوده است.

نتیجه‌گیری: یافته‌های به‌دست‌آمده حاکی از این است که پروتکل اعمال تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای جریان متناوب ۱ میلی‌آمپر توانایی بهبود بازداری پاسخ و توجه مداوم کودکان ورزشکار بیش‌فعال/نقص توجه را دارد. لذا می‌توان از این روش به عنوان روش مکمل یا مستقل درمان در این ورزشکاران استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: کارکردهای اجرایی، ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه، بازداری پاسخ، توجه مداوم.

* Corresponding Author: Alireza Bahrami, E-mail: A-bahrami@araku.ac.ir

How to Cite: Izadkhan, F., Bahrami, A., Rostami, R., Moghadam Zadeh, A., Rahimzadeh, M. Impact of Transcranial Alternating Current Stimulation (tACS) on Response Inhibition and sustained attention in athletes with ADHD. *Sports Psycholav*. 2025; 17(1): 65-81. In Persian.



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

مقدمه

اختلال کمبود توجه بیش فعالی^۱ یک اختلال در الگوهای رفتاری مزمن است که منجر به سطوح غیرطبیعی بی‌توجهی، بیش فعالی یا ترکیب آن‌ها می‌شود (۱،۲). اعتقاد بر این است که اختلال کمبود توجه بیش فعالی وابسته به تعاملات پیچیده ژن-محیط است و عواملی مانند نقص در سیستم دوپامینرژیک، وزن کم هنگام تولد، ضربه شدید به سر، قرار گرفتن در معرض سرب و سیگار کشیدن مادر در دوران بارداری نقش مهمی در پیدایش و توسعه آن ایفا می‌کنند که باعث اختلال مداوم در بیشتر زمینه‌های زندگی می‌شود (۳،۲). این اختلال حدود ۱۰ درصد از جمعیت کودک و نوجوان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در پسران بیشتر از دختران و در ورزشکاران شیوع بیشتری نسبت به جمعیت عمومی دارد (۳،۴). ورزشکاران جوان (کودکان و نوجوانان) مبتلا به این اختلال ممکن است مشکلاتی را با حرکات خاص مورد نیاز در ورزش‌های رقابتی تجربه کنند و ممکن است مشکلاتی را در تعادل یا فعالیت هماهنگ نشان دهند (۶،۵). این افراد ممکن است به مدیریت اضافی و رویکردی چند رشته‌ای به جای یک پروتکل استاندارد برای درمان نیاز داشته باشند (۷،۶). درمان اختلال کمبود توجه بیش فعالی شامل راهبردهای درمانی متفاوتی است که می‌توان آن‌ها را به مداخلات رفتاری و دارویی تقسیم کرد. درمان‌های رفتاری شامل محدودیت برای ورزشکاران نیستند، اما در مورد درمان‌های دارویی برای ورزشکاران ملاحظات اساسی وجود دارد (۸-۱۰). داروها مطابق موسسه ملی بهداشت و تعالی مراقبت^۲ و سایر دستورالعمل‌های ملی، خط اول

درمان در اختلال بیش فعالی نقص توجه هستند اما آژانس جهانی ضد دوپینگ^۳ درمان‌های دارویی را در مسابقات ممنوع اعلام می‌کند، زیرا می‌توان از آن‌ها برای افزایش عملکرد سوءاستفاده کرد و اگر قبل از فعالیت بدنی مصرف شوند، محرک‌ها می‌توانند "اثر ارگوژنیک" ایجاد کنند که منجر به افزایش قدرت عضلانی، سرعت دویدن، شتاب، ظرفیت بی‌هوازی و توجه می‌شود (۱۵-۱۱). توجه یک متغیر اساسی برای رسیدن به موفقیت ورزشی که مهم‌تر از مهارت‌ها و تاکتیک‌های فنی است و با کنترل بهینه آن، بازیکنان می‌توانند بهترین نتایج ممکن را در رقابت کسب کنند توجه به فرایندی اطلاق می‌شود که هدف اصلی آن تأثیرگذاری بر عملکرد سایر شبکه‌های مغزی است و به عملکردهای جداگانه، از جمله پایدار، تقسیم‌شده، متناوب و انتخابی طبقه‌بندی می‌شود (۱۶،۳).

یکی از کاستی‌های اصلی در اختلال بیش‌فعالی/ نقص‌توجه، نقص در "توجه مداوم" است (۱۶). توجه مداوم به توانایی حفظ توجه به یک کار در یک دوره زمانی اشاره دارد که عامل مهمی در کسب و حفظ موفقیت در ورزش شناخته می‌شود (۱۸-۱۶). نقص در توجه مداوم در این ورزشکاران ناشی از وجود مشکل در بازداری پاسخ آنان است (۱۹). بازداری پاسخ یک عملکرد مغز است که به ما امکان توقف یک پاسخ یا عمل خودکار را می‌دهد و درواقع توانایی سرکوب اقدامات نامناسب، نامربوط یا غیر بهینه است (۲۰،۱۷). بالین‌حال، بازداری پاسخ فقط برای جمعیت عادی یا بیماران مبتلا به مشکلات شناختی حیاتی نیست (۲۱). برای ورزشکاران نخبه نیز مهم و با عملکرد ورزشی

موفقیت‌آمیز مرتبط است و به ورزشکاران نخبه کمک می‌کند تا برای کاهش محدودیت‌های عملکرد انسانی، به سرعت واکنش نشان دهند و با تغییرات پویا در محیط بیرونی خودسازگار شوند و اقدامات موردنظر خود را برای پاسخ به حریفان خود در یک دوره معین تنظیم کنند (۲۲-۲۴). نقص در بازداری پاسخ منجر به نقص در خودتنظیمی، حافظه کلامی، غیرکلامی و سازمان‌بندی مجدد فعالیت می‌شود که با اختلال در عملکرد ورزشی همراه هستند (۲۵، ۲۶). بر طبق تحقیقات انجام‌شده درمان‌های رایج برای اختلال کمبود توجه بیش‌فعالی با عوارض خاصی مانند آثار محدود، ناهماهنگی، تپش قلب، ضعف، سرگیجه، عدم تعادل و خواب‌آلودگی همراه است که در این راستا نتایج پژوهش‌های شاین^۴ و همکاران، زاور^۵ و همکاران، عموزاده و همکاران و بریگر^۶ و همکاران حاکی از آن بود که بسیاری از این روش‌های درمانی برای ورزشکاران قابل‌استفاده نیست. آن‌ها عنوان کردند که ورزشکاران مبتلا به اختلال بیش‌فعال / نقص‌توجه برای اجرای تکالیف و وظایف مربوط به ورزش‌های رقابتی مشکلات خاصی را تجربه می‌کنند که ممکن است در تعادل، هماهنگی و یا کارکردهای اجرایی نشان دهند. یافته‌های پژوهش‌های اریکسون^۷ و همکاران، بهدانی و همکاران، امیر دانا و همکاران، زینب سام‌نیا و همکاران، صالحی‌نیا و همکاران، کاتیا^۸ و همکاران و بال^۹ بر وجود نقص در توجه، بازداری و سایر کارکردهای اجرایی و ضعف در عملکرد ورزشی در این ورزشکاران تأکید و بیان می‌کنند که این ورزشکاران ممکن است به مدیریت اضافی و رویکردی چند رشته‌ای به‌جای یک پروتکل استاندارد برای درمان نیاز داشته باشند. یافته‌های

پژوهش‌های عموزاده و همکاران، حسینی و همکاران، اوناگاوا^{۱۰} و همکاران، ترابی و همکاران و لیانگ^{۱۱} و همکاران نشان داد که روش‌های درمانی مختلف همچون بیوفیدبک، بازی‌های ویدئویی، برنامه توان‌بخشی برخط و تحریک فراجمعه‌ای جریان مستقیم می‌تواند بر عملکرد شناختی و در نتیجه عملکرد ورزشی این ورزشکاران مؤثر باشد. همچنین این پژوهش‌ها نیز بر نیاز به بررسی گزینه‌ها و ابزارهای درمانی جدیدی برای ورزشکاران مبتلا به اختلال بیش‌فعالی نقص توجه تأکید دارند. از جمله روش‌های درمانی جدید تحریک فرا جمعه‌ای جریان متناوب است که روشی برای تحریک غیرتهاجمی مغز است که می‌تواند برای تغییر تحریک‌پذیری غشای یک نورون با اعمال جریان‌های الکتریکی متناوب به پوست سر استفاده شود (۲۹-۲۷). این امر به افراد کمک می‌کند تا کارکردهای اجرایی و مهارت‌های حرکتی را بهبود دهند (۳۲-۳۰). بر اساس بررسی پژوهش‌های مختلف احتمال دارد که روش‌های تحریک مغزی مانند tDCS بتواند بر عملکرد ورزشکاران تأثیرگذار باشد (۳۵-۳۳) ولی پژوهش‌های کمی در مورد اثربخشی tACS و در مورد کودکان ورزشکار مبتلا به اختلال مذکور انجام‌شده است و پژوهش‌ها بیشتر به توصیف مشکلات ناشی از بیش‌فعالی / نقص‌توجه در جمعیت عمومی و روش‌هایی همچون بازی‌درمانی، فعالیت بدنی، راهبردهای آموزشی، دارودرمانی پرداخته‌اند که کلی بوده و در این پژوهش‌ها به کودکان ورزشکار بیش‌فعال/نقص‌توجه و روش‌های مؤثر در بهبود و حفظ عملکرد ورزشی در این ورزشکاران توجه نشده است که با استفاده از آن مشکلات شناختی و رفتاری ناشی از بیش

سابقه ورزشی یا داشتن حداقل یک مقام ورزشی در شهرستان یا استان و ۴ روز تمرین در هفته، به‌طور تصادفی انتخاب و در گروه‌های tACS، شم و کنترل گمارش شدند. حجم نمونه با استفاده از G*Power نسخه ۳/۱ با اندازه اثر بزرگ = ۰/۰۳، توان = ۰/۹۵، آلفای = ۰/۰۵، تعداد گروه‌ها = ۳ و تعداد اندازه‌گیری‌ها = ۳ و روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر انجام شد که نشان می‌دهد حداقل ۱۰۶ شرکت‌کننده موردنیاز است (۴۰،۳۷). این شرکت‌کنندگان توسط کارشناسان با استفاده از مقیاس‌های درجه‌بندی معلم و والدین کانرز ارزیابی شده بودند و ابتلای آنان به اختلال مذکور توسط روان‌پزشک تأیید شده بود.

ابزار اندازه‌گیری

پرسشنامه مشخصات فردی

از یک پرسشنامه محقق ساخته برای شناخت ویژگی‌های فردی شرکت‌کنندگان استفاده شد این ویژگی‌ها شامل سن، جنسیت، رشته و سابقه فعالیت ورزشی بود (۳۶).

دستگاه تحریک الکتریکی

در این پژوهش از نمونه ایرانی دستگاه تحریک الکتریکی فراجمه‌ای با نام تجاری نورواستیم^{۱۲} و ساخت شرکت مدینا طب استفاده شد. این دستگاه که برای ارائه جریان الکتریکی به شکل‌های مختلف استفاده می‌شود یک دستگاه کوچک است که به کمک باتری یا جریان الکتریکی کار می‌کند. یک صفحه‌نمایش دارد که کمک می‌کند دستگاه برای تنظیم مدت و شدت تحریک برنامه‌ریزی شود. دارای دو کانال مجزا، الکتروود و باتری قابل شارژ است؛ که هر کانال به‌طور مستقل از دیگری قابل تنظیم است و شدت جریان خروجی آن قابل تنظیم

فعال/ نقص‌توجه را در این ورزشکاران درمان کنند که این امر خلأ و چالش پژوهشی در این حوزه است. با توجه به اهمیت توجه مداوم و بازداری پاسخ بر عملکرد ورزشی در ورزشکاران مبتلا به این اختلال و ممنوعیت استفاده از روش‌های درمانی رایج برای ورزشکاران نیاز به درمان جدید جهت کمک به مدیریت بیشتر این اختلال در این ورزشکاران است بنابراین ضرورت دارد تا با انجام پژوهش‌هایی در حوزه توان‌بخشی شناختی به تقویت توجه مداوم و بازداری پاسخ این ورزشکاران پرداخت؛ در این پژوهش فرض بر آن است که tACS بر بازداری پاسخ و توجه مداوم ورزشکاران بیش فعال/نقص توجه تاثیر دارد. بنابراین، هدف و مسئله اساسی پژوهش حاضر عبارت است از اثربخشی تحریک فرا مجمه‌ای جریان متناوب بر بازداری پاسخ و توجه مداوم ورزشکاران بیش فعال/ نقص‌توجه است.

روش‌شناسی پژوهش

طرح پژوهش

روش پژوهش حاضر از نوع شبه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون و پیگیری با گروه کنترل و از نوع کاربردی است.

جامعه و نمونه آماری

جامعه این پژوهش ۳۰۰ کودک ورزشکار بیش‌فعال/نقص توجه کشور بودند که از طریق فراخوان مرکز مشاوره، روان شناختی آموزش و پرورش که مسئول ارائه خدمات روان شناختی به کودکان مبتلا به اختلالات روان شناختی است شناسایی شدند و از بین آن‌ها ۱۲۰ ورزشکار بیش‌فعال/نقص توجه با دامنه سنی ۹ تا ۱۱ ساله (۴۵ دختر و ۷۵ پسر) با حداقل دو سال

عصبی ن، داشتن فعالیت ورزشی به مدت حداقل ۲ سال یا داشتن حداقل یک مقام ورزشی در شهرستان یا استانی و به صورت ۴ روز تمرین در هفته و بودن در فصل استراحت در زمان اجرای پژوهش بود؛ اما معیارهای خروج از پژوهش شامل نبودن در دامنه سنی مدنظر، داشتن اختلالات همبود و هرگونه ناتوانی حسی و جسمی و عدم تمایل به شرکت در پژوهش بود.

روش اجرا

یکصد و بیست شرکت کننده به طور تصادفی به سه گروه ACS، tACS، شم و کنترل تقسیم شدند. هر گروه شامل ۱۵ شرکت کننده دختر و ۲۵ شرکت کننده پسر برای حذف اثر جنسیت بود. یک روز قبل از شروع مداخله پیش آزمون انجام شد سپس تمامی شرکت کنندگان در گروه tACS تحریک آنودی در ناحیه F۳ و F۴ به طور همزمان، و کاتدی در FP2 با جریان ۱ میلی آمپر به صورت متناوب و با فرکانس ۱۰ هرتز به مدت ۱۵ دقیقه در ده جلسه و در گروه شم تحریک ساختگی دریافت کردند (۳۰، ۳۲) گروه کنترل هیچ مداخله ای دریافت نکرد.

منظور از تحریک ساختگی در گروه شم قرار دادن الکترودها با همان چیدمان و زمان گروه آزمایش بوده که به منظور بی خبری آزمودنی از برقراری یا عدم برقراری جریان پس از ۳۰ ثانیه قطع شد. لازم به ذکر است آزمودنی ها در فصل استراحت بودند و هیچ گونه تمرین فیزیکی نداشتند. یک روز پس از پایان مداخله، گروه ها به طور مجدد همانند پیش آزمون و با استفاده از آزمون عملکرد پیوسته مورد بررسی قرار گرفتند و پس از دو هفته و در روز پانزدهم به منظور بررسی اثربخشی تحریک جریان الکتریکی فرا جمجمه ای جریان متناوب در بازه ی

از ۱ تا ۲ میلی آمپر است الکترودها روی سر قرار می گیرند و توسط یک کش ثابت نگه داشته می شوند. یک کابل هر الکترو د را به دستگاه متصل می کند. با روشن شدن دستگاه، جریان از دستگاه به الکترو د و متعاقباً به مغز انتقال می یابد (۳۰، ۳۷، ۴۰).

آزمون رایانه ای عملکرد پیوسته^{۱۳}

به منظور اندازه گیری بازداری پاسخ و توجه مداوم در این پژوهش از آزمون رایانه ای عملکرد پیوسته استفاده شد. در این آزمون ۱۵۰ عدد یا تصویر به عنوان محرک وجود دارد و از این تعداد ۳۰ محرک به عنوان محرک هدف و ۱۲۰ محرک باقی مانده به عنوان محرک غیر هدف در نظر گرفته می شوند. در این آزمون آزمودنی برای مدتی به یک مجموعه محرک دیداری یا شنیداری توجه می کند و هنگام ظهور محرک هدف با فشار یک کلید پاسخ خود را ارائه دهد. این آزمون شامل دو نوع خطای حذف^{۱۴} و خطای ارتکاب^{۱۵} است. خطای حذف نشان دهنده مشکل در پایداری توجه و خطای ارتکاب نشان دهنده ضعف در بازداری پاسخ است و هنگامی رخ می دهد که آزمودنی به محرک غیر هدف پاسخ دهد. فرم فارسی آزمون عملکرد پیوسته برای افراد بالای ۴ سال دارای روایی و پایایی مناسب است؛ و ضریب پایایی قسمت های مختلف آزمون بین ۵۲٪ تا ۹۳٪ بود (۳۹، ۴۰). در این پژوهش نیز ضریب آلفای کرونباخ به دست آمده برای کل آزمون ۰/۹۲ است.

معیارهای ورود به پژوهش و معیارهای خروج:

معیارهای ورود در این پژوهش ابتلا به اختلال بیش فعالی همراه با نقص توجه با تایید قطعی روانپزشک، عدم وجود هر گونه ناتوانی حسی، حرکتی و بیماری های

زمانی بیشتری یک آزمون پیگیری مطابق با پس‌آزمون صورت گرفت.

تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش از آمار توصیفی مانند میانگین، انحراف معیار، نمودار و همچنین از آمار استنباطی نظیر آزمون کولموگراف اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها و آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری در جهت آزمون فرضیه‌ها استفاده شد؛ و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ و در سطح معناداری $P < 0/05$ انجام شد.

ملاحظات اخلاقی

پژوهش حاضر پس از کسب کد اخلاق با شناسه IR.SSRI.REC.1401.1361 از پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی انجام شد. در این پژوهش ابتدا اهداف پژوهش برای آزمودنی‌ها و والدین آن‌ها بیان شد. همچنین به شرکت‌کنندگان و والدین آن‌ها اطمینان داده شد که داده‌های حاصل از پژوهش محرمانه باقی خواهند ماند علاوه بر این حضور آن‌ها در این پژوهش داوطلبانه است و در صورت عدم تمایل به ادامه همکاری، می‌توانند از پژوهش کناره‌گیری نمایند، والدین فرم رضایت نامه را امضا کردند و سپس به جمع‌آوری داده‌ها اقدام گردید.

یافته‌ها

در این پژوهش ۱۲۰ ورزشکار کودک مبتلا به اختلال بیش فعالی / نقص توجه در دامنه سنی ۹ تا ۱۱ سال شرکت کردند با توجه به یافته‌های توصیفی، هر گروه از نظر جنسیت شامل ۲۵ پسر و ۱۵ دختر بود همچنین میانگین و انحراف استاندارد شاخص‌های سن و سابقه ورزشی در گروه tACS به ترتیب ۱۰/۰۱ و ۳/۱۱ سال، در گروه شم ۱۰/۰۸ و ۳/۰۹ و در گروه کنترل ۱۰/۰۵ و ۳/۰۴ سال بود که نتایج آزمون آنوا^{۱۷} برای سن ($F_{(2,117)} = 1/213$ ، $P_{\text{سن}} = 0/721$) و سابقه ورزشی ($F_{(2,117)} = 2/415$ ، $P_{\text{سابقه ورزشی}} = 0/630$) سابقه

ورزشی (F). نشان داد تفاوت معنی داری بین گروه‌ها وجود ندارد. میانگین و انحراف معیار سه گروه آزمایش، شم و کنترل در بازداری پاسخ و توجه مداوم در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به نتایج جدول (۱) و مقایسه میانگین‌های نمرات مؤلفه‌های خطای ارتکاب (بازداری پاسخ) و خطای حذف (توجه مداوم) آزمون عملکرد پیوسته مشاهده می‌شود که میانگین نمرات گروه tACS، از پیش‌آزمون به پس‌آزمون و پیگیری کاهش یافته است اما میانگین‌های گروه‌های کنترل و شم در مرحله‌های پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری تقریباً مشابه هستند. در این پژوهش برای اندازه‌گیری میزان اثربخشی جریان الکتریکی فرا جمجمه‌ای جریان متناوب در بهبود توجه مداوم و بازداری پاسخ از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری استفاده شد که پیش از اجرای این آزمون، مفروضات آن مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش برای اندازه‌گیری میزان اثربخشی جریان الکتریکی فرا جمجمه‌ای جریان متناوب در بهبود توجه مداوم و بازداری پاسخ از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد که پیش از اجرای این آزمون، مفروضات آن مورد بررسی قرار گرفت. در متغیرهای این پژوهش نتایج آزمون کولموگراف اسمیرنوف نشان‌دهنده توزیع بهنجار متغیرها بود ($P = 0/78$). با توجه به عدم سطح معنی‌داری آزمون باکس ($F = 8/728$ ، $P = 0/078$)، ماتریس کوواریانس داده‌ها برابر است و به دلیل عدم معنی‌داری آزمون کرویت موخلی ($P < 0/05$)، شاخص‌های (F) مربوط به اثر گرین هاوس گیسر^{۱۸} گزارش شد. علاوه بر این نتایج آزمون F که برای بررسی برابری واریانس‌های خطا استفاده شد نشان داد که آزمون F برای هیچ‌یک از عامل‌های درون‌گروهی معنی‌دار نیست ($0/079 = \text{توجه مداوم}$ ، P ، $0/061 = \text{بازداری پاسخ}$) که نشان‌دهنده همگنی واریانس در بین گروه‌های متغیر مستقل است. بنابراین با

محقق شدن مفروضات در ادامه از تحلیل واریانس جدول ۲ آمده است. اندازه‌گیری مکرر چندمتغیره استفاده شد که نتایج آن در

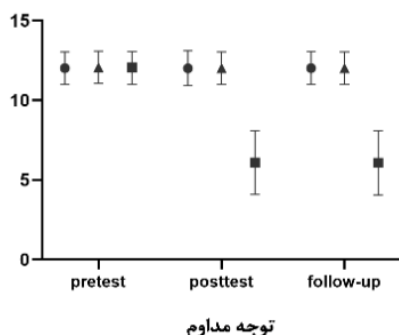
جدول ۱. مقایسه میانگین سه گروه کنترل، شم و آزمایش در آزمون عملکرد پیوسته

متغیرها Variables	گروه‌ها Groups	پیش‌آزمون Pre test	پس‌آزمون Post test	پس‌آزمون Follow-up
		Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
بازداری پاسخ	tACS	۹/۱±۰۳/۰۴	۳/۱±۰۱/۰۲	۳/۱±۰۰/۰۰
	شم	۹/۱±۰۵/۰۲	۹/۱±۰۳/۰۲	۹/۱±۰۱/۰۲
	کنترل	۹/۱±۰۱/۰۰۵	۹/۱±۰۲/۰۴	۹/۱±۰۳/۰۵
توجه مداوم	tACS	۱۲/۱±۰۴/۰۱۷	۶/۲±۰۷۵/۰۰	۶/۲±۰۷۱/۰۱
	شم	۱۲/۱±۰۷/۰۱۱	۱۲/۱±۰۲/۰۱	۱۲/۱±۰۸/۰۱۲
	کنترل	۱۲/۱±۰۲/۰۰۹	۱۲/۱±۰۱/۰۰۹	۱۲/۱±۰۲/۰۱۹

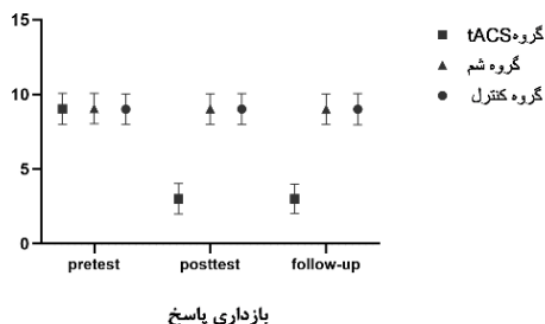
جدول ۲. یافته‌های آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری برای توجه مداوم و بازداری پاسخ و زمان اندازه‌گیری

متغیر	مؤلفه	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	مجذور اتا	توان آزمون
توجه مداوم (خطای حذف)	درون آزمودنی						
	مراحل اندازه‌گیری	۲۸۹/۰۰	۱	۱۵۲/۰۰	۰/۷۷	۰/۰۶۴	۰/۹۹۹
	مراحل اندازه‌گیری × گروه	۵۷۹/۰۰	۳	۱۵۳/۰۰	۰/۷۷	۰/۰۶۴	۰/۹۹۸
	خطا	۴۳۶/۰۰	۲۰۱/۰۰	۱			
	بین آزمودنی						
	مؤلفه	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	مجذور اتا	توان آزمون
	گروه	۱۱۵۵/۰۰	۲	۵۷۷/۰۰	۹۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۹۹۳
	خطا	۰/۷۵۰	۱۱۷	۷/۰۰			
	درون آزمودنی						
	مؤلفه	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	مجذور اتا	توان آزمون
بازداری پاسخ (خطای ارتکاب)	مراحل اندازه‌گیری	۳۸۷/۰۰	۱	۲۰۴/۰۰	۱۰۲/۰۰	۰/۱۵۴	۰/۹۹۸
	مراحل اندازه‌گیری × گروه	۷۶۵/۰۰	۳	۲۰۲/۰۰	۱۰۱/۰۰	۰/۱۴۵	۱/۰
	خطا	۴۳۹/۰۰	۲۲۱/۰۰	۱/۰۰			
	بین آزمودنی						
	مؤلفه	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	مجذور اتا	توان آزمون
	گروه	۱۵۳۱/۰۰	۲	۷۶۵/۰۰	۹۹/۰۰	۰/۲۴۱	۰/۹۹۴
	خطا	۸۹۹/۰۰	۱۱۷	۷/۰۰			

جنسیت ($P=0/0001$ ، توجه مداوم $P=0/0001$ ، بازداری پاسخ P) در دو مؤلفه توجه مداوم و بازداری پاسخ از اثرات دیگر صرف نظر شد و نتایج اثر تعاملی مذکور گزارش شد. شکل ۱، نتایج تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر تفاوت معنی‌داری را در گروه‌ها و در سه مرحله پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری در توجه مداوم و بازداری پاسخ نشان داد.



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، تعامل زمان اندازه‌گیری با گروه ($P=0/0001$ ، توجه مداوم $P=0/0001$ ، بازداری پاسخ P) در دو مؤلفه توجه مداوم و بازداری پاسخ معنادار است. به دلیل معنادار بودن اثر تعاملی زمان اندازه‌گیری * گروه *



شکل ۱، نتایج تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر در گروه‌ها و در سه مرحله پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری

بازداری پاسخ و توجه مداوم تفاوت معناداری وجود ندارد. در ادامه از آزمون پیگردی بونفرونی برای بررسی تفاوت میانگین‌ها استفاده گردید که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است.

طبق شکل ۱، گروه tACS میانگین کمتری نسبت به سایر گروه‌ها در متغیرهای پژوهش داشتند ($6/075$ ، $M=$ توجه مداوم $3/01$ ، $M=$ بازداری پاسخ). در گروه شم و کنترل تفاوت میانگین در پیش‌آزمون و پس‌آزمون زیاد نبود. از سوی دیگر، بین پس‌آزمون و پیگیری در گروه‌ها در

جدول ۳. یافته‌های مربوط به آزمون تعقیبی برای توجه مداوم و بازداری پاسخ در ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه

متغیر	پس‌آزمون - پیش‌آزمون		سطح معناداری	پیگیری - پیش‌آزمون		سطح معناداری	پیگیری - پس‌آزمون		سطح معناداری
	تفاوت میانگین	خطای معیار		تفاوت میانگین	خطای معیار		تفاوت میانگین	خطای معیار	
توجه مداوم	۰/۹۱۷	۰/۰۸۳	۰/۰۰۱	۰/۹۴۶	۰/۰۵۴	۰/۰۰۱	۰/۰۸۳	۰/۰۱۱	۰/۹۹۴
بازداری پاسخ	۲/۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۲/۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۱/۰

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد نتایج آزمون پیگیری بنفرونی نشان داد که در اثر مداخله‌های تحریک جریان متناوب فرا جمجمه‌ای بر توجه مداوم و بازداری پاسخ در ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون تغییر معنی‌داری یافته است ($p < 0/05$). علاوه بر این، در اثر مداخله‌های تحریک الکتریکی بر مؤلفه‌های اصلی توجه مداوم و بازداری پاسخ در ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه از پس‌آزمون تا آزمون پیگیری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0/05$). بنابراین با توجه به معنی‌دار شدن تفاوت بین گروه‌ها در توجه مداوم و بازداری پاسخ فرضیه رد می‌گردد و می‌توان بیان کرد که تحریکات جریان متناوب بر توجه مداوم و بازداری پاسخ ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه تأثیر دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر باهدف بررسی اثربخشی تحریک فرا جمجمه‌ای جریان متناوب بر بازداری پاسخ و توجه مداوم کودکان ورزشکار بیش‌فعال/نقص‌توجه انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد، با توجه به اینکه تفاوت بین پیش‌آزمون با پس‌آزمون و پیگیری معنادار شد انواع تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای بر بازداری پاسخ و توجه مداوم در ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه تأثیر داشته و منجر به بهبود آن‌ها شده است و چون تفاوت بین پس‌آزمون و پیگیری در مؤلفه‌های بازداری پاسخ و توجه مداوم معنادار نشد بنابراین تأثیرات ایجادشده توسط مداخلات در مؤلفه‌های ذکرشده پایدار بود؛ بنابراین انواع تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای بر توجه مداوم و بازداری پاسخ ورزشکاران بیش‌فعال نقص توجه تأثیر معناداری داشت.

یافته‌های این پژوهش با نتایج جوستینیانی^{۱۸} و همکاران و کیم^{۱۹} و همکاران که نشان دادند جریان ثابت الکتریکی از طریق تغییر غلظت یونی محلی سبب تغییر پروتئین‌های عبوری از غشا و تغییرات یون هیدروژن مثبت می‌شود و با افزایش فعالیت بتا منجر به بهبود عملکرد نواحی موردنظر می‌شود. همخوان است؛ اما با نتایج وانزولا^{۲۰} و همکاران مبنی بر عدم تأثیر تحریک فرا جمجمه‌ای بر عملکرد شناختی، ورزشی و توجه مداوم بیش‌فعالان بزرگسال و کودک به دلیل تأثیر یادگیری در نمره توجه، زمان واکنش و عوامل حواس‌پرتی موجود در محیط و همچنین با نتایج مطالعه کاتیا^{۲۱}، مبنی بر عدم تأثیر انواع تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای بر همه عملکردهای اجرایی در نتیجه وابستگی تأثیر تحریک مغزی به چیدمان الکترودها و شدت جریان با پروتکل‌های تحقیقاتی بسیار ناهمگن و معیارهای نتیجه و یافته‌های متناقض ناهمخوان است. از طرفی با نتایج پژوهش‌های کلینک^{۲۲} و همکاران، لامبز^{۲۳} و همکاران، عموزاده و همکاران که نشان دادند تحریک‌های فرا جمجمه‌ای بر توجه، مهارت‌های شناختی، بازداری پاسخ و کارکردهای اجرایی تأثیر مثبتی دارد؛ و این تأثیر را در نتیجه تنظیم فاکتورهای نوروتروفیک مشتق از مغز و ناقل‌های غشاء سلولی آن و القای فعالیت بیشتر در ناحیه موردنظر توسط تحریکات الکتریکی فرا جمجمه‌ای می‌داند، همخوان است.

دلیل نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش و تأثیر تحریک جریان الکتریکی فرا جمجمه‌ای بر توجه مداوم و بازداری پاسخ ورزشکاران بیش‌فعال/ نقص‌توجه را می‌توان در نتیجه بازسازی قابل‌اعتماد نوسانات عصبی مغناطیسی با فرکانس پایین و بالا در مناطق تحریک‌شده

شناسایی پیش‌بینی کننده‌های پاسخ و کنترل عوامل مخدوش‌کننده مختلف اثربخشی این روش درمانی، به کارآزمایی‌های کنترل‌شده دوسوکور با حجم نمونه بزرگ‌تر و مدت‌زمان پیگیری طولانی‌تر نیاز است و در این راستا، پیشنهاد می‌شود از ضبط‌های الکتروفیزیولوژیکی و همچنین تکنیک‌های مدل‌سازی برای بهینه‌سازی پروتکل‌های تحریک و شناسایی عوامل احتمالی مؤثر در اثرات tACS استفاده شود تا بتواند منجر به درمان فردی شده و در برنامه درمانی و توان‌بخشی کودکان ورزشکار قرار گیرند.

تشکر و قدردانی

با تشکر از پروفسور استفن هینشاو^{۲۵}، والدین و ورزشکاران عزیزی که به ما در اجرای این پژوهش کمک کردند.

پانویس‌ها

1. Attention Deficit Hyperactivity Disorder
2. National Institute for Health and Care Excellence (NICE)
3. The World Anti-Doping Agency (WADA)
4. Schein
5. Xaver
6. Breiger
7. Eriksson
8. Katia
9. Ball
10. Onagawa
11. Liang
12. Neurostim2
13. Computer continuous performance test (CPT)
14. Omission Error
15. Error Commission
16. Anova
17. Greenhouse-Geisser
18. Giustiniani
19. Kim
20. Valenzuela
21. Katya Rubia
22. Klink
23. Lambez
24. Non-Invasive Brain Stimulation
25. Stephen P. Hinshaw

دانست که با تسهیل فعالیت در ناحیه F^۳ و F^۴ منجر به بهبود توجه مداوم و بازداری پاسخ شده است. بنابراین با توجه به تفاوت ایجادشده می‌توان از تحریک جریان متناوب فرا مجسمه‌ای به علت ایمنی مناسب و اثربخشی آن برای توجه مداوم و بازداری پاسخ ورزشکاران مبتلا به این اختلال و در نتیجه بهبود قابل توجه عملکرد ورزشی آنان استفاده کرد. مطالعه حاضر اولین مطالعه در کشور و جز معدود مطالعات انجام‌شده در خارج از کشور است که اثرات tACS را بر بازداری پاسخ و توجه مداوم در ورزشکاران مبتلا به اختلال بیش‌فعالی/نقص توجه بررسی می‌کند و نشان می‌دهد که tACS می‌تواند بازداری پاسخ و توجه مداوم را بهبود بخشد. این نتیجه نشان می‌دهد که tACS به عنوان یک شکل منحصربه‌فرد از NIBS^{۲۴}، می‌تواند با ایجاد نوسانات مغزی و القای نوروپلاستیسته، منجر به تغییرات مغزی شده و به‌طور گسترده برای تغییر فعالیت الکتروفیزیولوژیکی مغز و در نتیجه بهبود بازداری پاسخ و توجه مداوم در ورزشکاران استفاده شود. از مزایای استفاده از tACS می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ۱) دستکاری و جذب نوسانات درونی از طریق ارائه جریان‌های سینوسی، ۲) تغییر منظم جریان tACS بین ولتاژهای مثبت و منفی، ۳) کاربردی بودن و ایمنی بسیار مطلوب. همچنین نشان داده شد این مطالعات اولیه ممکن است از امکان‌سنجی tACS در تغییر نوسانات مختل مغز پشتیبانی کند و بازداری پاسخ و توجه مداوم را در ورزشکاران مبتلا به اختلال بیش‌فعالی/نقص توجه بهبود بخشد. به عبارت دیگر، tACS می‌تواند به عنوان یک مداخله مستقل یا مکمل سایر روش‌های موجود برای ورزشکاران نخبه استفاده شوند. از جمله محدودیت این پژوهش محدود بودن جامعه آماری آن به ورزشکاران بیش‌فعال نقص توجه ۹ تا ۱۱ سال بود و پیشنهاد می‌شود در سایر ورزشکاران و در سنین مختلف نیز مطالعات مشابهی صورت گیرد؛ علاوه بر این، جهت

References

1. Li C, Kee YH, Zhang C-Q, Fan R. Predicting Effects of ADHD Symptoms and Mindfulness on Smartphone Overuse in Athletes: A Basic Psychological Needs Perspective. *Sustainability*. 2021; 13(11): 6027. <https://doi.org/10.3390/su13116027>
2. Matuszak JM. Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Mental Health in the Athlete*: Springer; 2020. p. 69-84.
3. Lynch JD, Narad ME, Diekfuss JA, Avedesian J, Zuleger TM, Peugh J, et al. The effects of attention-deficit/ hyperactivity disorder symptoms on the association between head impacts and post-season neurocognitive and behavioral outcomes. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 2022: 1-11. <https://doi.org/10.1017/S1355617721001491>
4. Sciberras E, Patel P, Stokes MA, Coghill D, Middeldorp CM, Bellgrove MA, et al. Physical health, media use, and mental health in children and adolescents with ADHD during the COVID-19 pandemic in Australia. *Journal of attention disorders*. 2022;26(4):549-62. <https://doi.org/10.1177/1087054720978549>
5. Rakei P, Vaez Mousavi M, Pooraghaei Ardakani Z. Distribution of Childhood and Adulthood Attention Deficit/ Hyperactivity Disorder among Iranian Elite Athletes. *International Journal of Motor Control and Learning*. 2021; 3(2): 14-24. In Persian <https://doi.org/10.52547/ijmcl.3.2.14>.
6. Hosseini Kolkoo SH, Shahbazi M, Tahmasebi S, Bagherzadeh F. The effect of motor and computer games on attention and social communications of male students with Attention Deficit Hyperactivity Disorder 10-12 years. *Shenakht Journal of Psychology and Psychiatry*. 2022;9(1):1-15. In Persian <http://dx.doi.org/10.32598/shenakht.9.1.1>
7. Han DH, McDuff D, Thompson D, Hitchcock ME, Reardon CL, Hainline B. Attention-deficit/hyperactivity disorder in elite athletes: a narrative review. *British Journal of Sports Medicine*. 2019; 53(12): 741-5. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100713>
8. Reardon CL, Vu V. Pharmacotherapy in the Treatment of Athletes. *The Routledge Handbook of Clinical Sport Psychology*: Routledge; 2021. p. 270-80.
9. Schein J, Cloutier M, Gauthier-Loiselle M, Bungay R, Guérin A, Childress A. P57 Reasons for Treatment Changes in Children and Adolescents with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD): A Chart Review Study. *Value in Health*. 2022;25(7): S299. [doi: 10.1016/j.jval.2022.04.074](https://doi.org/10.1016/j.jval.2022.04.074)
10. Lambez B, Harwood-Gross A, Golumbic EZ, Rassovsky Y. Non-pharmacological interventions for cognitive difficulties in ADHD: A systematic review and meta-analysis. *Journal of psychiatric research*. 2020; 120: 40-55. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2019.10.007>
11. Breiger D. Attention-deficit/hyperactivity disorder and athletes.

2019. <https://doi.org/10.1037/0000123-030>
12. Naguy A, Pridmore S, Alamiri B. Sports psychiatry: a desideratum on sports arena! CNS spectrums. 2021;1-4. [:https://doi.org/10.1017/S1092852921001000](https://doi.org/10.1017/S1092852921001000)
13. Xaver B, Colla Michael SE, Christian CM. ADHD in Athletes. 2020. <https://doi.org/10.34045/sems/2020/23>
14. Young S, Woodhouse E. Assessment and treatment of substance use in adults with ADHD: a psychological approach. Journal of Neural Transmission. 2021; 128(7): 1099-108. <https://doi.org/10.1007/s00702-020-02277-w>
15. Rubia K. Neurotherapeutics for ADHD: Do they work? PsyCh Journal. 2022. <https://doi.org/10.1002/pchj.544>
16. Nejatifar S, Norouzi G, Babarabi M. Effectiveness of Dohsa-Hou Rehabilitation on Response Inhibition and Sustained Attention in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. Journal of Psychological Studies. 2022; 18(2). In Persian <https://doi.org/10.22051/psy.2022.38429.2540>
17. Beirami M, Hashemi T, Khanjaani Z, Nemati F, Rasoulzadeh H. Effectiveness of motor-based cognitive rehabilitation on improvement of executive functions (cognitive flexibility, working memory, reaction time, response inhibition, sustained attention) in students with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). Journal of Modern Psychological Researches. 2021; 16(61): 1-18. In Persian
18. Reardon CL. The Mental Health of Athletes: Recreational to Elite. Current Sports Medicine Reports. 2021; 20(12): 631-7. <https://doi.org/10.1249/jsr.0000000000000916>
19. torkizadeh f, soltani a, tajrobecar m, zarezadeh m. The effectiveness of motor skills training on response and attention inhibition and concentration in children with attention deficit / hyperactivity disorder. Iranian Journal of Pediatric Nursing. 2022; 8(4): 30-9. In Persian <https://doi.org/10.22034/JPEN.8.4.30>
20. Eriksson LJ. An Exploration of the Behavioral Inhibition System (BIS), Response Inhibition, and Possible Implications in Sports: Mid Sweden University; 2021.
21. Samnia Z, Livarjani S, Hassan Pashaei L. Educational effect of Captain Log software on working memory, processing speed and cognitive flexibility in children with attention deficit / hyperactivity disorder. Neuropsychology. 2021; 7(3). <https://doi.org/10.30473/clpsy.2021.58416.1598>
22. Sharma MS, Kumar MS. Analogizing of Response Inhibition, Working Memory, Emotional Control Between Team Games and Individual Games Players. Nveo-Natural Volatiles & Essential Oils Journal| NVEO. 2021: 13456-65.
23. Dana A, Rezaei R. The effectiveness of balance training on static balance and selective attention of children with Attention Deficit/ Hyperactivity Disorder. Shenakht Journal of Psychology and Psychiatry. 2022; 9(1): 151-63. In Persian <http://dx.doi.org/10.32598/shenakht.9.1.151>
24. Onagawa R, Muraoka Y, Hagura N, Takemi M. Neurofeedback training for improving motor performance in healthy adults: A systematic review and meta-analysis. bioRxiv. 2022. <https://doi.org/10.1101/2022.04.26.487963>
25. Ball J. Relationships between Executive Function and Sports/Exercise.

SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA; 2022. p. 969-76.

<https://doi.org/10.1177/00315125221108550>

26. Behdani M, Bahrami A, Moradi J. The Effect of Constant and Variable Practice on the Learning of Soccer Pass Skill in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2022; 10(6):1338-51. In Persian

<https://doi.org/10.32598/SJRM.10.6.21>

27. Wu L, Liu T, Wang J. Improving the Effect of Transcranial Alternating Current Stimulation (tACS): A Systematic Review. Frontiers in Human Neuroscience. 2021;15.

<https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.652393>

28. Giustiniani A, Battaglia G, Messina G, Morello H, Guastella S, Iovane A, et al. Transcranial alternating current stimulation (tACS) does not affect sports people's explosive power: a pilot study. Frontiers in Human Neuroscience. 2021; 15: 189.

<https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.640609>

29. Kim J, Kim H, Jeong H, Roh D, Kim DH. tACS as a promising therapeutic option for improving cognitive function in mild cognitive impairment: A direct comparison between tACS and tDCS. Journal of Psychiatric Research. 2021; 141: 248-56.

<https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2021.07.012>

30. Elyamany O, Leicht G, Herrmann CS, Mulert C. Transcranial alternating current stimulation (tACS): from basic mechanisms towards first applications in psychiatry. Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci. 2021; 271(1):135-56.

<https://doi.org/10.1007/s00406-020-01209-9>

31. Basiri N, Hadianfard H, Rahimi C, Aflakseir A. The effect of transcranial direct current stimulation on improving emotional and cognitive function of adults adhd. The Journal of Psychological Science. 2021; 20(98): 171-84. In Persian

32. Klink K, Paßmann S, Kasten FH, Peter J. The modulation of cognitive performance with transcranial alternating current stimulation: a systematic review of frequency-specific effects. Brain Sciences. 2020; 10(12):932.

<https://doi.org/10.3390/brainsci10120932>

33. Torabi F, Mortazaedarsara Z. The Effect of Direct Brain Electrical Stimulation on Concentration and the Record of Pistol Shooter. Journal of Sports and Motor Development and Learning. 2022; 13(4): 409-27. In Persian

<https://doi.org/10.22059/jmlm.2021.328654.1601>

34. Rodrigues GM, de Oliveira BRR, Jesus Abreu MA, Gomes F, Machado S, Monteiro W, et al. Anodal Transcranial Direct Current Stimulation Does Not Affect Velocity Loss During a Typical Resistance Exercise Session. Research Quarterly for Exercise and Sport. 2022;1-10.

<https://doi.org/10.1080/02701367.2021.2005235>

35. Liang Z, Zhou J, Jiao F, Gin T, Wang X, Liu Y, et al. Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Endurance Performance in Elite Female Rowers: A Pilot, Single-Blinded Study. Brain Sciences. 2022; 12(5):541.

<https://doi.org/10.3390/brainsci12050541>

36. Amouzadeh F, Honarmand P, Moghadamzadeh A, Rostami R. The Impact of Commercial and Educational Computer Games on the ADHD Symptoms in Students with ADHD. Alborz University Medical

Journal. 2021; 10(3): 285-9. In Persian

37. Amouzadeh f, gharayagh zandy h, moradisabzevar m, rostami r, Moghadamzadeh A. Impact of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on the Cognitive flexibility of hyperactive student-athletes. Psychology of Exceptional Individuals. 2021; 11(41): 47-75. In Persian <https://doi.org/10.22054/jpe.2021.57509.2264>
38. Valenzuela PL, Amo C, Sánchez-Martínez G, Torrontegi E, Vázquez-Carrión J, Montalvo Z, et al. Enhancement of mood but not performance in elite athletes with

- transcranial direct-current stimulation. International journal of sports physiology and performance. 2019; 14(3): 310-6. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0473>
39. Amouzadeh F, Moradi H, Gharayagh Zandi H, Rostami R, Moghadamzadeh A. Impact of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on the Visual Sustain Attention of ADHD Student-Athletes. Journal of Sports and Motor Development and Learning. 2021. <https://doi.org/10.22059/jmlm.2021.325671.1586>.