



Research Article

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

Fereshteh Amouzadeh ^{1,*}, Alireza Bahrami ², Mehdi Rahimzadeh ³

¹ Department of Movement behavior and sports psychology, Faculty of Sport Sciences, University of Shahid Chamran Ahvaz, Ahvaz, Iran

² Department of Sports Psychology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Arak, Arak, Iran

³ Department of Movement Behavior and Sports Psychology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

* **Corresponding author:** Fereshteh Amouzadeh, Department of Movement behavior and sports psychology, Faculty of Sport Sciences, University of Shahid Chamran Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: zamouzadeh@yahoo.com

DOI: [10.61186/jams.26.4.37](https://doi.org/10.61186/jams.26.4.37)

How to Cite this Article:

Amouzadeh F, Bahrami A, Rahimzadeh M. Impact of Transcranial Alternating Current Stimulation (tACS) on Response Inhibition and Selective Attention in Athletes with ADHD. *J Arak Uni Med Sci.* 2023;**26**(3):37-44. DOI: [10.61186/jams.26.4.37](https://doi.org/10.61186/jams.26.4.37)

Received: 12 Jan 2024

Accepted: 20 Mar 2024

Keywords:

Response Inhibition
Attention
Brain Stimulation
Athletes with ADHD

© 2023 Arak University of Medical Sciences

Abstract

Introduction: Attention deficit hyperactivity disorder is very common in athletes. This study aims to investigate the impact of transcranial electrical stimulation of alternating current on response inhibition and selective attention in athletes with ADHD.

Methods: The present study was quasi-experimental with a pretest, posttest, and follow-up design with the control group. The statistical population was 160 elite athletes with ADHD aged 9 to 11 years (60 girls and 100 boys). Of these, 120 athletes with ADHD were randomly selected and assigned to three groups of 40: control, sham, and tACS. First, a pretest was done, and then all subjects in the sham and experimental groups received F3 (Anodal) and F4 (Cathodic) fake and real stimulations, respectively, with a current of 1 mA (10 Hz) for 15 minutes in 10 sessions. The control group did not receive any intervention, then each group was re-examined. A follow-up test was done after two weeks. The Continuous Performance Test (CPT) and Stroop were used in this study. For data analysis, Mixed ANOVA, one-way ANOVA, and Benferroni's post hoc test were used with using SPSS version 21 statistical software ($P \leq 0.05$). This study is approved sport sciences Reserch Institute with ethical registration code IR.SSRI.REC.1401.1361. Parents gave written informed consent form.

Results: The results showed that tACS was effective in the response inhibition and selective attention of athletes with ADHD and led to the improvement of response inhibition and selective attention of these subjects.

Conclusions: Based on the findings, the tACS protocol of 1 mA can be used as an effective treatment to improve inhibition and selective attention of athletes with ADHD.

اثربخشی تحریک الکتریکی فرآجمجمه‌ای جریان متناوب بر بازداری پاسخ و توجه انتخابی ورزشکاران بیش فعال/نقص توجه

فرشته عموزاده^{۱*}، علیرضا بهرامی^۲، مهدی رحیم زاده^۳

^۱ گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
^۲ گروه روانشناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران
^۳ گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
^{*} نویسنده مسئول: فرشته عموزاده، گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

ایران. ایمیل: zamouzadeh@yahoo.com

DOI: 10.61186/jams.26.4.37

چکیده	تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۲
مقدمه: اختلال بیش فعالی همراه با نقص توجه در ورزشکاران بسیار شایع است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثربخشی تحریک الکتریکی فرآجمجمه‌ای جریان متناوب (tACS) بر بازداری پاسخ و توجه انتخابی ورزشکاران بیش فعال/نقص توجه بود.	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳
روش کار: روش این پژوهش نیمه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و پیگیری با گروه کنترل و جامعه آماری آن ۱۶۰ ورزشکار بیش‌فعال/نقص‌توجه ۹ تا ۱۱ سال (۶۰ دختر و ۱۰۰ پسر) بود و از این تعداد ۱۲۰ ورزشکار بیش‌فعال/نقص‌توجه به شکل تصادفی انتخاب و در سه گروه ۴۰ نفری کنترل، شم و تحریک الکتریکی فرآجمجمه‌ای جریان متناوب گمارده شدند. ابتدا پیش‌آزمون گرفته و سپس همه آزمودنی‌های گروه‌هایشم و آزمایش، به ترتیب تحریکات ساختگی و واقعی آندی در F۳ و کاندی در F۴ با جریان ۱ میلی‌آمپر (۱۰ هرتز) را به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰ جلسه دریافت کردند و گروه کنترل هیچ مداخله‌ای دریافت نکرد بعد از آن هر گروه به‌طور مجدد مورد بررسی و پس از دو هفته آزمون پیگیری صورت گرفت. در این پژوهش از آزمون عملکرد پیوسته و استروپ استفاده شد. برای تحلیل داده‌ها به شیوه تحلیل واریانس مرکب، تحلیل واریانس یک راه و آزمون تعقیبی بنفرونی با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد ($P \leq 0/05$). این طرح تحقیقاتی در پژوهشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی با کد اخلاق IR.SSRI.REC.1401.1361 تصویب شده است. از والدین رضایت نامه کتبی گرفته شده است.	واژگان کلیدی: بازداری پاسخ توجه تحریک مغزی ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه
یافته‌ها: نتایج نشان داد که tACS بر بازداری پاسخ ($P=0/0001$) و توجه انتخابی ($P=0/0001$) ورزشکاران دارای اختلال بیش‌فعال/نقص توجه اثربخش بوده است و منجر به بهبود بازداری پاسخ و توجه انتخابی آزمودنی‌ها شد.	تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی اراک محفوظ است.
نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌های به‌دست‌آمده اعمال tACS ۱ میلی‌آمپر می‌تواند به‌عنوان یک روش درمانی مؤثر برای بهبود بازداری و توجه انتخابی ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه مورد استفاده قرار گیرد.	

مقدمه

اختلال کمبود توجه/بیش‌فعالی را برای ورزشکاران ممنوع اعلام کرده است (۷، ۶). عامل مهم و تعیین‌کننده در موفقیت ورزشکاران توانایی کنترل و هدایت مؤثر توجه است (۹) توجه در دنیای ورزش یک فرایند شناختی است که در آن تمرکز بر محرک‌های خاصی از محیط جمع می‌شود و محرک‌های محیطی دیگر نادیده گرفته می‌شوند و شامل توجه پایدار، تقسیم‌شده، متناوب و انتخابی است (۷، ۱۰، ۱۱). یکی از مشکلات مهم ناشی از اختلال بیش‌فعال/نقص توجه، نقص در "توجه انتخابی" است (۷، ۱۲). توجه انتخابی یعنی توانایی توجه به برخی از محرک‌های خاص و نادیده گرفتن محرک‌های غیر مرتبط که به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی عملکرد موفق شناخته می‌شود (۱۳). نقص در توجه در این ورزشکاران ناشی از مشکل در بازداری پاسخ است که به سرکوب اقدامات نامناسب در یک زمینه معین و متداخل با رفتار هدف محور مربوط می‌شود (۲).

اختلال کمبود توجه بیش‌فعالی یک اختلال روان‌پزشکی رایج در جمعیت عمومی است (۱، ۲) که شیوع آن در ورزشکاران در هر دو سطح دانشگاهی و حرفه‌ای نسبت به جمعیت عمومی بیشتر است (۳). این اختلال در درجه اول ارثی است، با شواهد فزاینده‌ای از اجزای ژنتیکی سنتز، آزادسازی و باز جذب پیش‌سیناپسی و پس‌سیناپسی کاتکول آمین‌ها را در مناطق و شبکه‌های مختلف در مغز این افراد تغییر می‌دهند (۵، ۶). این بیماری با مشکلات رفتاری همراه با بیش‌فعالی، تکانش‌گری و یا بی‌توجهی مشخص می‌شود که باعث اختلال مداوم در بیشتر زمینه‌های زندگی می‌شود و نمی‌توان آن را با اختلال روانی دیگری توضیح داد (۷، ۸). برای کنترل این اختلال از روش‌های مختلف از قبیل دارودرمانی، درمان شناختی و رفتاری استفاده می‌شود. اما آژانس جهانی ضد دوپینگ استفاده بیشتر روش‌های درمانی رایج

با استفاده از مقیاس‌های درجه‌بندی معلم و والدین کانرز و تأیید ابتدای آنان به اختلال مذکور توسط روان‌پزشک شناسایی و در پرونده ورزشی آنان ثبت شده بود شناسایی شدند و در نهایت از این تعداد ۱۲۰ ورزشکار مبتلابه اختلال بیش‌فعالی/نقص توجه، با حداقل دو سال سابقه ورزشی و داشتن حداقل یک مقام ورزشی در استان و ۴ روز تمرین در هفته، به‌طور تصادفی انتخاب و در سه گروه ۴۰ نفری شم، کنترل و tACS قرار گرفتند هر گروه شامل ۱۵ دختر و ۲۵ پسر بود. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G*Power نسخه ۳/۱ با اندازه اثر بزرگ = ۰/۳، توان = ۰/۹۵، آلفای = ۰/۰۵، تعداد گروه‌ها = ۳ و تعداد اندازه‌گیری‌ها = ۳ و روش آماری تحلیل واریانس مرکب انجام شد که نشان داد حداقل ۱۰۶ شرکت‌کننده برای انجام این پژوهش لازم است. معیار ورود، شرکت‌کنندگان فاقد هرگونه ناتوانی حسی، حرکتی، آسیب مغزی، وجود صفحات فلزی داخل جمجمه، ضربان‌سازهای قلبی، بیماری عصبی یا روانی و سایر اختلالات روان‌پزشکی بودند همچنین حداقل ۲ سال سابقه ورزشی مستمر، داشتن یک مقام استانی در یک‌رشته ورزشی با حداقل ۴ جلسه تمرین در هفته و بودن در فصل استراحت در زمان اجرای پژوهش از دیگر معیارهای ورود به پژوهش بودند. معیارهای خروج شامل عدم تمایل والدین و شرکت‌کنندگان به حضور در پژوهش، داشتن اختلالات همبود در آزمودنی‌ها و هرگونه بیماری مؤثر در روند پژوهش و عدم حضور در جلسات مداخله بود.

ابزار اندازه‌گیری

پرسشنامه محقق ساخته

شرکت‌کنندگان یک پرسشنامه مشخصات فردی محقق ساخته شامل اطلاعاتی در مورد جنسیت، سن، تعداد سال‌های فعالیت ورزشی، تعداد جلسات تمرین در هفته و کسب مدال ورزشی را تکمیل کردند (۷).

دستگاه تحریک الکتریکی

دستگاه الکتریکی مورد استفاده در این پژوهش دستگاه ایرانی ساخت شرکت مدینا طب با نام تجاری نورواستیم بود. این دستگاه دارای دو کانال مجزا، الکتروود و باتری قابل شارژ است. کانال‌ها به‌طور مستقل از یکدیگر قابل تنظیم هستند. الکتروودها درون پدهای ۵*۵ قرار می‌گیرند و با کش بر روی سر ثابت می‌شوند. شدت جریان خروجی دستگاه نیز از ۱ تا ۲ میلی‌آمپر قابل تنظیم است که با روشن شدن، جریان از دستگاه به الکتروود و سپس به سر آزمودنی انتقال می‌یابد (۲۹).

آزمون رایانه‌ای استروپ

به‌منظور اندازه‌گیری توجه انتخابی در این پژوهش از آزمون رایانه‌ای استروپ استفاده شد. این آزمون از سه خرده آزمون مجزا تشکیل شده است. آزمودنی‌ها ۴۵ ثانیه برای تکمیل هر خرده آزمون زمان دارند که نمره کل از مجموع هر خرده آزمون محاسبه می‌شود ضریب پایایی برای قسمت‌های مختلف این آزمون ۰/۸۰ تا ۰/۹۱ گزارش شده است (۳۰). ضریب آلفای کرونباخ این آزمون در پژوهش حاضر ۰/۸۹ بود.

آزمون رایانه‌ای عملکرد پیوسته

به‌منظور اندازه‌گیری بازداری پاسخ در این پژوهش از آزمون رایانه‌ای عملکرد پیوسته استفاده شد؛ که در آن آزمودنی باید با فشار یک کلید، به یک مجموعه محرک دیداری یا شنیداری پاسخ دهد. در آزمون، خطای ارتکاب (انتخاب محرک‌های غیر هدف) به‌عنوان معیار بازداری

(۱۱، ۱۴). نقص در بازداری پاسخ منجر به نقص در خودتنظیمی، حافظه کلامی و غیرکلامی، نقص در خودتنظیمی هیجان و سازمان‌بندی مجدد فعالیت می‌شود که با اختلال در عملکرد ورزشی مرتبط هستند (۱۵). تحقیقات انجام‌شده بر استفاده از رویکردهای چندوجهی مانند دارودرمانی و مداخلات روانی-اجتماعی برای درمان این اختلال تأکید دارند اما این رویکردها با عوارضی مانند تأثیرات محدود، سوزش پوست، سردرد، سرگیجه، عدم تعادل همراه هستند (۳-۵، ۱۶-۲۱). همچنین مطالعات انجام‌شده بر وجود نقص در توجه، بازداری و سایر کارکردهای اجرایی و ضعف در عملکرد ورزشی در این ورزشکاران تأکید می‌کنند (۲، ۱۱، ۱۴، ۱۸، ۲۲، ۲۳). از طرف دیگر با توجه به اهمیت توجه انتخابی و بازداری پاسخ بر عملکرد ورزشی در ورزشکاران مبتلابه این اختلال و ممنوعیت استفاده از روش‌های درمانی رایج برای ورزشکاران نیاز به درمانی جدید همچون تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای جهت کمک به مدیریت بیشتر این اختلال در ورزشکاران است (۱، ۳، ۷، ۲۴).

تحریک جریان متناوب فراجمجمه‌ای روشی برای تحریک غیرتهاجمی مغز است که می‌تواند برای تغییر تحریک‌پذیری غشای یک نورون با اعمال جریان‌های الکتریکی متناوب به پوست سر استفاده شود (۱۷، ۲۵). براساس نتایج هیلا و همکاران ۲۰۱۸، جوستیانی و همکاران ۲۰۲۱ و چانگ و همکاران ۲۰۲۲ در این نوع از تحریک، میدان‌های الکتریکی ثابت بر چندین بافت مختلف (رگ‌ها، بافت همبند) و مکانیسم‌های پاتوفیزیولوژیک (التهاب، مهاجرت سلولی، حرکت عروقی) تأثیر می‌گذارند. علاوه بر این، اثرات آن‌ها بر روی ساختارهای سلولی متعدد (اسکلت سلولی، میتوکندری، غشاء) مشاهده می‌شود. (۱۷، ۲۵، ۲۶) با این گفته، tES ممکن است بر اجزای غیر عصبی CNS نیز تأثیر بگذارد که اتساع طولانی مدت عروق مغز در زیر الکتروود آنود نشانی از این تأثیر است و این امر به افراد کمک می‌کند تا کارکردهای اجرایی، مهارت‌های حرکتی و عملکرد ورزشی را بهبود دهند (۲۶-۲۸). بنابراین پژوهش حاضر باحساس ضرورت برای بررسی بالینی تحریک فراجمجمه‌ای جریان متناوب بر بازداری پاسخ و توجه انتخابی ورزشکاران تدوین و اجرا گردیده است و بر آن است تا با بهره‌گیری از تحریک فراجمجمه‌ای جریان متناوب بازداری پاسخ و توجه انتخابی، این ورزشکاران را مدنظر قرار داده و از این طریق به بهبود آن‌ها، دست یابد. هدف و مسئله اساسی پژوهش حاضر عبارت از اثربخشی انواع تحریک فراجمجمه‌ای جریان متناوب بر بازداری پاسخ و توجه انتخابی ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه است.

روش کار

روش پژوهش حاضر نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون و پیگیری باهدف کاربردی بود. جامعه آماری این پژوهش ۱۸۰۰ ورزشکاران نخبه پسر و دختر دارای حداقل ۲ سال سابقه ورزشی یا حداقل یک مقام استانی در یک‌رشته ورزشی بودند که از طریق مراجعه به اداره تربیت بدنی آموزش و پرورش استان لرستان که مسئول شناسایی و ارائه خدمات حرفه‌ای به این ورزشکاران است شناسایی شدند سپس از بین آن‌ها تعداد ۱۶۰ ورزشکار بیش‌فعال/نقص توجه با دامنه سنی ۹ تا ۱۱ سال، (۶۰ دختر و ۱۰۰ پسر) با سابقه ابتلا به اختلال بیش‌فعالی همراه با نقص توجه که پس از ارزیابی کارشناسان

شد و آزمودنی‌ها نسبت به فرضیه تجربی، تفاوت گروه‌ها و نوع تحریک کاملاً بی‌اطلاع بودند علاوه بر این در تمام مدت پژوهش آزمودنی‌ها در فصل استراحت بوده و هیچ تمرین فیزیکی نداشتند.

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش با شناسه اخلاقی IR.SSRI.REC.1401.1361 مورد تأیید پژوهشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی است. همچنین علاوه بر ارائه توضیح لازم در مورد هدف تحقیق به ورزشکاران و والدین آن‌ها، رضایت‌نامه‌ی کتبی نیز از والدین آن‌ها کسب شد و به آن‌ها اطمینان داده شد که داده‌های حاصل از پژوهش محرمانه باقی خواهند ماند و حضور آن‌ها در این پژوهش به صورت داوطلبانه است و در صورت عدم تمایل به حضور در پژوهش می‌توانند در هر مرحله‌ای از پژوهش خارج شوند و پس از انجام فعالیت‌های فوق اقدام به جمع‌آوری داده‌ها گردید.

یافته‌ها

از بین کودکان شرکت‌کننده، در هر گروه ۱۵ دختر و ۲۵ پسر حضور داشتند که میانگین و انحراف معیار سنی، سابقه ورزشی و بهره هوشی در گروه tACS، به ترتیب از $10.9 \pm 0.6/12$ ، $98 \pm 0.7/11$ ، $98 \pm 0.7/11$ ؛ در گروه‌های ششم، $10.1 \pm 0.9/13$ ، $2/1 \pm 4/13$ ، $98 \pm 0.7/13$ ؛ در گروه کنترل، $10.1 \pm 0.6/12$ ، $2/1 \pm 7/0.3$ ، $98 \pm 0.7/16$ برآورد شد و نتایج آزمون آنوا نشان داد که گروه‌ها از نظر سن ($F=0.693$)، $P=0.722$ ، $P=0.117$)، سن بهره هوشی ($F=0.752$)، بهره هوشی $F=2/185$ ، $P=0.117$)، بهره هوشی $F=0.117$ و سابقه ورزشی ($F=0.828$)، سابقه ورزشی $F=2/319$ ، $P=0.117$) سابقه ورزشی $F=0.117$) تفاوت معناداری نداشتند ($P>0.05$)، در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش بر اساس عضویت در گروه‌ها (tACS، شم و کنترل) و مراحل اندازه‌گیری نشان داده شده است.

پاسخ است ضریب پایایی برای قسمت‌های مختلف این آزمون ۵۲٪ تا ۹۳٪ گزارش شده است (۷، ۳۱). در پژوهش حاضر نیز ضریب آلفای کرونباخ به دست آمده برای کل آزمون ۰/۹۱ بود.

روش جمع‌آوری داده‌ها

این مطالعه روی ۱۲۰ ورزشکار مبتلابه اختلال بیش‌فعالی/نقص توجه انجام شد که از بین ۱۶۰ ورزشکار مبتلابه بیش‌فعالی/نقص توجه و به صورت تصادفی انتخاب و به سه گروه tACS، شم و کنترل تقسیم شدند. برای حذف اثر جنسیت هر گروه شامل ۱۵ شرکت‌کننده دختر و ۲۵ شرکت‌کننده پسر بود. پروتکل مطالعه بر اساس مطالعات پیشین تعیین و توسط پژوهشکده تربیت‌بدنی تأیید شد (۲۶، ۲۷). آزمودنی‌های گروه tACS جریان ۱ میلی‌آمپر را به صورت متناوب و با فرکانس ۱۰ هرترز به مدت ۱۵ دقیقه در ده جلسه با استفاده از دستگاه تحریک الکتریکی نورواستیم از طریق یک جفت الکترود اسفنجی آغشته به نمک (5×5 سانتی‌متر مربع) دریافت کردند. الکترودها مطابق با سیستم بین‌المللی ۱۰-۲۰ بر روی $F3$ (آنودی) و $F4$ (کاتدی) قرار گرفتند. آزمودنی‌های گروه ششم تحت تحریک ساختگی قرار گرفتند، شکلی از تحریک که در آن از قبل برنامه‌ریزی شده بود جریان پس از ۳۰ ثانیه قطع شود تا احساس سوزن سوزن شدن معمولی زیر الکترودها را در ابتدای تحریک، بدون تأثیر بر ریتم‌های مغزی ایجاد کند و آزمودنی ضمن تجربه شرایط واقعی آزمون از برقراری یا عدم برقراری جریان بی‌خبر بماند. گروه کنترل هیچ مداخله‌ای دریافت نکرد.

پس از اتمام جلسات مداخله، گروه‌ها مجدد بررسی شدند پیش آزمون یک روز قبل از شروع مداخلات و پس آزمون یک روز پس از پایان مداخله انجام شد و پس از دو هفته و در روز پانزدهم آزمون پیگیری به‌منظور بررسی اثربخشی مداخله مذکور در بازه‌ی زمانی بیشتر انجام

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

متغیر گروه	بازداری پاسخ		توجه انتخابی	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
tACS	$21/0 \pm 0.9/0.45$	$15/0 \pm 0.1/0.12$	$13/0 \pm 0.2/0.19$	$10/0 \pm 0.7/0.21$
شم	$21/0 \pm 0.2/0.38$	$21/0 \pm 0.2/0.36$	$13/0 \pm 0.1/0.12$	$13/0 \pm 0.2/0.12$
کنترل	$21/0 \pm 0.1/0.35$	$21/0 \pm 0.1/0.35$	$13/0 \pm 0.7/0.13$	$13/0 \pm 0.5/0.14$

$F=0.21$ ، بازداری پاسخ $F=0.21$) و آماره‌های چند متغیری مربوطه یعنی لامبدای ویلکز نیز در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($F=0.076$)، توجه انتخابی $F=0.092$ ، بازداری پاسخ $F=0.092$) به ترتیب نشان‌دهنده برقراری مفروضه‌ی همسانی واریانس‌ها و همگنی ضرایب رگرسیون است. علاوه بر این با توجه به اینکه آزمون باکس معنادار نشد ($F=8/754$)، $P=0.075$)، ماتریس کوواریانس داده‌ها نیز برابر است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های باکس، لامبدای ویلکز و لون، تحلیل‌های مربوط به اثرات بین آزمودنی‌ها مورد بررسی قرار گرفت که به دلیل عدم معنی‌داری آزمون کرویت موخلی ($P=0.102$)، شاخص‌های F) مربوط به اثر آزمون اپرسیستی اسامد در جدول ۲ گزارش شد.

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود یافته‌های مربوط به تحلیل واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی مراحل اندازه‌گیری در متغیرهای توجه انتخابی و بازداری پاسخ به لحاظ آماری معنی‌دار ($F=0.440$)، $\eta^2=0.0001$ ، $P=0.0001$)، $F=92/0.42$ ، $P=0.0001$)، توجه انتخابی $F=0.399$)، $\eta^2=0.0001$ ، $P=0.0001$)

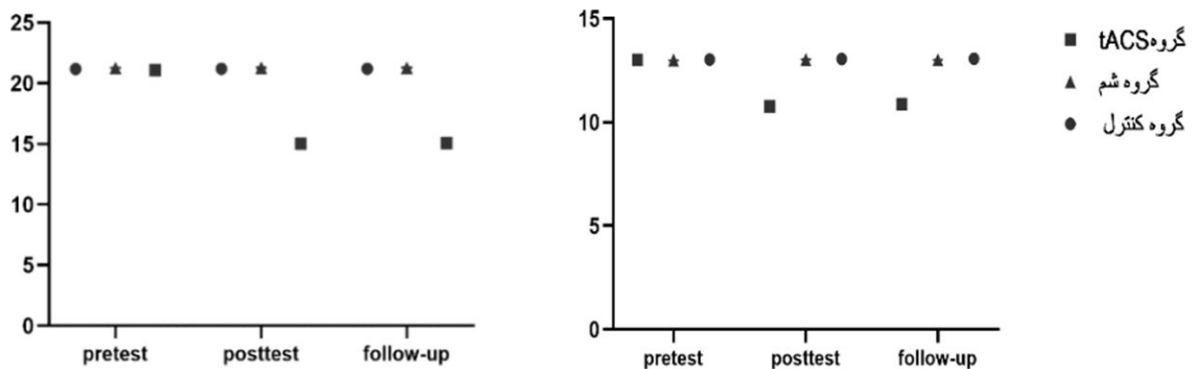
با توجه به جدول ۱ گروه‌ها در متغیرهای پژوهش در مرحله پیش‌آزمون دارای میانگین نمرات تقریباً یکسان هستند. در مرحله پس‌آزمون در گروه tACS نسبت به سایر گروه‌ها و نسبت به مرحله پیش‌آزمون تغییرات قابل‌مشاهده‌ای دیده می‌شود. این تغییرات نشان‌دهنده کاهش نمرات گروه tACS در متغیرهای پژوهش در مرحله پس‌آزمون است. علاوه بر این در مرحله‌های پس‌آزمون و پیگیری تفاوت معناداری در میانگین گروه‌ها دیده نمی‌شود. در ادامه برای تشخیص این‌که آیا تغییری در توجه انتخابی و بازداری پاسخ پس از مداخله ایجاد شده یا خیر؟ و در صورت ایجاد آیا این تغییرات بعد از دو هفته نیز پایدار بوده است از آزمون تحلیل واریانس مرکب در سطح معنا داری ۰/۰۵ استفاده گردید. در بررسی پیش‌فرض‌های لازم برای استفاده از آزمون مذکور نتایج نشان‌دهنده عدم معناداری شاخص کجی و کشیدگی متغیرها و آزمون کلموگراف اسمیرنوف ($P=0.196$) و در نتیجه نرمال بودن داده‌ها است. همچنین عدم معناداری F در آزمون لوین ($F=0.39$)، توجه انتخابی $F=0.39$)

($\eta^2=0/570$, $P=0/0001$, $F=77/681$) بازداری پاسخ (F) نیز معنادار است. یعنی معنی داری بین سه گروه در میزان توجه انتخابی و بازداری پاسخ از جلسه اول پیش‌آزمون تا جلسه پیگیری وجود دارد. بنابراین با توجه به اثر تعاملی معنادار از اثرات اصلی صرف نظر می‌گردد. در ادامه از آزمون تعقیبی بنفرونی برای مقایسه خرده مقیاس بازداری پاسخ و توجه انتخابی بین مراحل مطالعه استفاده گردید که نتایج آن در شکل ۱ ارائه گردیده است.

($\eta^2=0/572$) بازداری پاسخ (F) است و این بدین معناست که متغیرهای توجه انتخابی و بازداری پاسخ از جلسه پیش‌آزمون تا جلسه پیگیری افزایش معنی داری نشان داده‌اند. اثر اصلی گروه ($\eta^2=0/621$, $P=0/0001$, $F=95/739$) = $95/739$ توجه انتخابی (F)، ($\eta^2=0/606$, $P=0/0001$, $F=90/120$) بازداری پاسخ (F) نیز معنی دار است که نشان دهنده تغییر توجه انتخابی و بازداری پاسخ در گروه‌ها است و همچنین تعامل اندازه گیری مراحل اندازه گیری با گروه ($\eta^2=0/609$, $P=0/0001$, $F=90/962$) توجه انتخابی (F).

جدول ۲. یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس مرکب

منبع	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری	ضریب اتا	توان
توجه							
مراحل اندازه‌گیری	۳۶۰/۰۳۹	۲	۱۸۰/۰۱۹	۹۲/۰۴۲	۰/۰۰۰۱	۰/۴۴۰	۰/۹۹
گروه	۱۴۲۲/۴۳۹	۲	۷۱۱/۲۱۹	۹۵/۷۳۹	۰/۰۰۰۱	۰/۶۲۱	۰/۹۸
مراحل اندازه‌گیری × گروه	۷۱۱/۶۲۸	۴	۱۷۷/۹۰۷	۹۰/۹۶۲	۰/۰۰۰۱	۰/۶۰۹	۰/۹۸
بازداری پاسخ							
مراحل اندازه‌گیری	۲۸۹/۲۱۹	۲	۱۴۴/۶۰۸	۷۷/۵۲۲	۰/۰۰۱	۰/۳۹۹	۰/۹۹
گروه	۱۱۵۵/۶۱۷	۲	۵۷۷/۸۰۸	۹۰/۱۲۰	۰/۰۰۱	۰/۶۰۶	۰/۹۸
مراحل اندازه‌گیری × گروه	۵۷۹/۶۱۷	۴	۱۴۴/۹۰۴	۷۷/۶۸۱	۰/۰۰۱	۰/۵۷۰	۰/۹۹



شکل ۱. یافته‌های مربوط به آزمون تعقیبی بنفرونی برای توجه انتخابی و بازداری پاسخ در ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه

جدول ۳. یافته‌های آزمون تحلیل واریانس برای توجه انتخابی و بازداری پاسخ و مراحل اندازه‌گیری

متغیر/مؤلفه	مجموع مجذورات	d	میانگین مجذورات	F	سطح معنی داری	توان آزمون
توجه انتخابی						
پیش‌آزمون	۰/۰۰۸	۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۳	۰/۹۹۰	۰/۹۹
پس‌آزمون	۱۰۳۷/۵۱۷	۲/۰۰	۵۱۸/۷۵۸	۱۳۰/۲۲۵	۰/۰۰۰۱	۰/۹۴۷
پیگیری	۱۰۹۶/۵۵۰	۲	۵۴۸/۲۷۵	۱۴۴/۵۶۷	۰/۰۰۰۱	۰/۸۷۶
بازداری پاسخ						
پیش‌آزمون	۰/۰۰۵	۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹
پس‌آزمون	۸۴۷/۶۱۷	۲	۴۲۳/۸۰۸	۱۲۴/۸۴۶	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۷
پیگیری	۸۸۷/۶۱۷	۲	۴۴۳/۸۰۸	۱۳۹/۵۱۹	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۹

تحلیل واریانس بین گروهی در هر یک از مراحل اندازه‌گیری استفاده شد.

بر اساس یافته‌های جدول ۳، در مرحله پیش‌آزمون تفاوت معنی داری بین گروه‌ها وجود ندارد ($p > 0/05$). اما در مرحله پس‌آزمون بین گروه‌ها تفاوت معنی داری وجود دارد ($P=0/0001$). نتایج آزمون پیگردی بنفرونی نشان داد که در مرحله پس‌آزمون بین گروه‌های کنترل و شم با گروه tACS تفاوت معنی داری وجود دارد ($P=0/0001$) = شم و tACS، $P=0/0001$ = کنترل و tACS) اما بین گروه کنترل و شم تفاوت

همان‌طور که شکل ۱ نشان می‌دهد نتایج آزمون پیگیری بنفرونی نشان‌دهنده تغییر معنی‌دار مداخله‌ای تحریک جریان متناوب فراجمجمه‌ای بر توجه انتخابی و بازداری پاسخ در ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون ($p < 0/05$) و عدم تغییر معنی‌دار از پس‌آزمون تا آزمون پیگیری است ($p > 0/05$). در ادامه با توجه به همسانی واریانس‌ها ($P=0/131$) و نرمال بودن داده‌ها ($P=0/210$) و به طور کلی برقراری پیش فرض‌های لازم جهت استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک راهه، از یک طرح واریانس یک راهه برای

دلیل نوع اختلال یا آزمایش رفتاری مورد مطالعه تأثیر ندارد ناهمخوان است.

از طرفی با نتایج پژوهش‌های دریکوند و همکاران (۲۰۲۲)، مالوی و همکاران (۲۰۲۰)، یآوری و همکاران (۲۰۲۱)، بگری، توسلی و محقق (۲۰۲۱)، لامبز و همکاران (۲۰۲۰)، سان و همکاران (۲۰۲۲)، عموزاده و همکاران (۲۰۲۱)، یزدان پناه، صبحی قراملکی و پیرخانفی (۲۰۲۲)، اسپچرفن و ممرت (۲۰۲۱) و دانیبا و همکاران (۲۰۲۱) که نشان دادند کارکردهای اجرایی، توجه، مهارت‌های شناختی، بازداری پاسخ و در عملکردهای ورزشی و غیرورزشی افراد نقش مهمی دارند و تحریک‌های فراجمجمه‌ای توانایی بهبود آنان را از طریق ایجاد میدان‌های متناوب توسط tACS و افزایش و کاهش قدرت ریتم‌های نوسانی در مغز به شیوه‌ای وابسته به فرکانس از طریق همگام‌سازی شبکه‌های عصبی دارند، همخوان دانست.

در این زمینه، تحریک الکتریکی ترانس کرانیال (tES) با هدف تقویت الگوهای انطباقی فعالیت و سرکوب الگوهای ناسازگار فعالیت، بازگرداندن تعادل در شبکه‌های عصبی نامتعادل در مغز بیمار است. به طور مشابه، tES با هدف افزایش توانایی‌های دست نخورده انسان است. دلیل نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش و تأثیر تحریک جریان الکتریکی فرا جمجمه‌ای بر توجه انتخابی و بازداری پاسخ ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه را می‌توان در نتیجه تقویت الگوهای انطباقی فعالیت و سرکوب الگوهای ناسازگار فعالیت و بازگرداندن تعادل در شبکه‌های عصبی نامتعادل در مغز این افراد دانست. این امر از طریق تغییر شدت جریان که منجر به تغییر پتانسیل غشایی بین هایپرپلاریزاسیون و دپلاریزاسیون می‌شود و نوسانات عصبی درون‌زا را به فرکانس tACS می‌کشاند صورت گرفت که در نهایت، تحریک مذکور با نوسان جریان به‌صورت سینوسی در یک فرکانس خاص بدون تغییر قطبیت، تنظیم ناقل‌های غشاء سلولی و بازسازی مطمئن نوسانات عصبی، فعالیت در ناحیه DLPFC را تسهیل داده و از این طریق منجر به بهبود توجه انتخابی و بازداری پاسخ شده است.

نتیجه گیری

بنابراین با در نظر گرفتن تفاوت ایجادشده و اثربخش بودن تحریک جریان متناوب فراجمجمه‌ای می‌توان از این روش برای بهبود توجه انتخابی و بازداری پاسخ ورزشکاران مبتلا به بیش‌فعالی همراه با نقص توجه و در نتیجه بهبود عملکرد ورزشی در این ورزشکاران استفاده کرد. همچنین استفاده از tACS می‌تواند مزایای دیگری همچون موارد زیر داشته باشد: (۱) شکل دادن نوسان‌های ادراکی مرتبط مغز با تأثیر قابل‌توجهی بر فرآیندهای ادراکی و شناختی (۲) اندازه‌گیری رفتار به‌عنوان تابعی از دستکاری الکتروفیزیولوژیکی (۳) ترکیب آن با سایر تکنیک‌های تعدیل عصبی غیرتهاجمی و EEG (۴) قابل‌حمل بودن (دستگاه‌های کوچک، مانور آسان در محیط‌های میدانی)، (۵) تحمل‌پذیری (بدون عوارض جانبی عمده) (۶) هزینه کم (۵) ارائه یک مدولاسیون مستقیم از فعالیت نوسانی مداوم مغز که به زیربنای فرآیندهای شناختی مربوط است.

در مجموع، مطالعه حاضر مکانیسمی را برای بهبود توجه انتخابی و بازداری پاسخ در ورزشکاران با دامنه سنی ۹ تا ۱۱ سال بیش‌فعال همراه با نقص توجه ارائه و تحریک جریان متناوب فراجمجمه‌ای را

معنی‌داری وجود ندارد ($P=0/0001$) که نشان دهنده تأثیر تحریک فراجمجمه‌ای بر توجه انتخابی و بازداری پاسخ است. علاوه بر این نتایج جدول ۳ نشان داد که در مرحله پیگیری نیز بین گروه‌ها در نمرات توجه انتخابی و بازداری توجه معنی‌داری وجود دارد ($P=0/0001$). که نتایج آزمون پیگردی بنفرونی در این مرحله نیز نشان داد که بین گروه‌های کنترل و شم با گروه tACS در هر دو متغیر توجه انتخابی و بازداری پاسخ همچنان تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P=0/0001$ = شم و P_{tACS} = کنترل P_{tACS})، بین گروه‌های کنترل و شم در دو متغیر مذکور، نیز تفاوت همچنان معنی‌دار نبود ($0/05 > \text{شم و کنترل } P$) که این نتایج نمایانگر تداوم تغییرات ایجاد شده در دو متغیر توجه انتخابی و بازداری توجه بعد از هفته پیگیری است. بنابراین با توجه به معناداری تغییرات توجه انتخابی و بازداری پاسخ در گروه‌ها در طول مراحل اندازه‌گیری می‌توان بیان کرد که تحریک جریان متناوب بر توجه انتخابی و بازداری پاسخ ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه تأثیر دارد.

بحث

در پژوهش حاضر، tACS ۱۰ هرتز با جریان ۱ میلی‌آمپر بر روی F۳ و F۴ اعمال شد تا اثرات آن بر بازداری پاسخ و توجه انتخابی ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه بررسی شود. نتایج نشان می‌دهد که تحریک tACS مذکور می‌تواند عملکرد بازداری پاسخ و توجه انتخابی ورزشکاران بیش‌فعال/نقص توجه را بهبود بخشد؛ و با در نظر گرفتن عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین پس‌آزمون و پیگیری تأثیرات ایجادشده توسط مداخله ذکرشده در مؤلفه‌های بازداری پاسخ و توجه انتخابی پایدار بود؛ بنابراین تحریک الکتریکی جریان متناوب فراجمجمه‌ای تأثیر معناداری بر توجه انتخابی و بازداری پاسخ ورزشکاران مبتلا به اختلال بیش‌فعالی همراه با نقص توجه داشت.

یافته‌های این پژوهش با نتایج رستمی و همکاران (۲۰۲۱)، گرین و همکاران (۲۰۲۰)، گیوستینیانی و همکاران (۲۰۲۱)، اکمن، هیلتون و گوستافسون (۲۰۲۱) و کیم و همکاران (۲۰۲۱) که نشان دادند tACS پتانسیل امیدوارکننده‌ای برای کاربرد بالینی دارد و می‌تواند باعث ایجاد مدولاسیون عملکردی در سطح کل مغز شود همخوان است؛ اما با نتایج پژوهش آیسس و همکاران (۲۰۲۳) که نشان داد به علت وابستگی تأثیر تحریک مغزی به چیدمان الکترودها و شدت جریان، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای بر عملکردهای اجرایی بی‌تأثیر بود و همچنین با نتایج کادیش و همکاران (۲۰۱۸) که وجود پروتکل‌های تحقیقاتی بسیار ناممکن و معیارهای نتیجه و یافته‌های متناقض را دلایل عدم تأثیر تحریک مغزی می‌دانست ناهمخوان است. همچنین با نتایج مورت و همکاران (۲۰۲۲)، ویلموت و پرسل (۲۰۲۱)، فریش و همکاران (۲۰۲۱) و چانگ (۲۰۲۲) که نشان دادن تحریک جریان متناوب فراجمجمه‌ای (tACS) به دلیل اعمال جریان به‌طور ریتمیک که باعث تغییر در قطبیت با نوسان در یک فرکانس خاص می‌شود و این تغییرات ریتمیک در بهبود عملکرد شناختی، ورزشی و حرکتی مؤثر است همخوان است؛ اما با نتایج گیوستینیانی و همکاران (۲۰۲۱) و وانزوئلا و همکاران (۲۰۱۹) که نشان دادند تحریک فراجمجمه‌ای بر عملکرد شناختی، ورزشی و توجه ورزشکاران به دلیل تعداد جلسات تحریک یا قدرت جریان الکتریکی برای رسیدن به ساختارهای زیرین یا شاید به

بهبتر است سایر پروتکل‌های موجود و انواع تحریک‌های الکتریکی نیز مورد بررسی قرار گیرند و نتایج با یکدیگر مقایسه شود. تا بتواند در جهت کمک به درمان فرد استفاده شود و یا در برنامه درمانی و توان‌بخشی ورزشکاران قرار گیرند.

تقدیر و تشکر

از اداره تربیت بدنی آموزش و پرورش استان لرستان، پروفسور سرجیو ماچادو و و تمام عزیزانی که در این پژوهش شرکت نمودند تشکر می‌شود.

تضاد منافع

بنابر اظهار نویسندگان هیچ‌گونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

سهم نویسندگان

مفهوم سازی و روش شناسی: فرشته عموزاده، علیرضا بهرامی؛ گردآوری و نگارش داده‌ها: فرشته عموزاده، مهدی رحیم زاده؛ تجزیه و تحلیل داده‌ها: فرشته عموزاده، علیرضا بهرامی؛ نگارش - مرور و ویرایش: همه نویسندگان

References

1. Wilmot K, Purcell C. Bibliografia adhd febbraio 2021. *Brain*. 2021;**11**:1-15.
2. Yavari Barhaghtalab E, Asgary P, Naderi F, Heidarie A. Effect of Cognitive Rehabilitation on Executive Function (Response Retention and Scheduling) in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Sci J Rehabil Med*. 2021;**10**(1):146-157.
3. Pullen JC, Wolfson DI, Totten DJ, Jeckell AS, Bonfield CM, Zuckerman SL, et al. Attention-Deficit Hyperactivity Disorder and Learning Disabilities Modify Recovery and Sport Behavior Following Sport-Related Concussion. *Clin Pediatr (Phila)*. 2023;**62**(2):121-131. doi: 10.1177/00099228221113787 pmid: 35883273
4. Rahimi A, Roberts SD, Baker JR, Wojtowicz M. Attention and executive control in varsity athletes engaging in strategic and static sports. *PLoS One*. 2022;**17**(4):e0266933. doi: 10.1371/journal.pone.0266933 pmid: 35452468
5. Beidler E, Schmitt AJ, Matta M, Griger C. Diagnosed and Nondisclosed Sport-Related Concussion: An Exploratory Comparison Study by ADHD Status in Collegiate Athletes. *J Atten Disord*. 2022;**26**(4):606-615. doi: 10.1177/108705472111015432 pmid: 34009041
6. Ekman E, Hiltunen A, Gustafsson H. Do Athletes Have More of a Cognitive Profile with ADHD Criteria than Non-Athletes? *Sports (Basel)*. 2021;**9**(5). doi: 10.3390/sports9050061 pmid: 34064644
7. 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. *J Sport Motor Develop Learn*. 2021.
8. Basiri N, Hadianfard H, Rahimi C, Aflakseir A. The effect of transcranial direct current stimulation on improving emotional and cognitive function of adults adhd. 2021.
9. Moret B, Camilleri Gorrieri R, Grassi M, Campana G. Cognitive exergame training and transcranial random noise stimulation effects on executive control in healthy young adults. *Neuropsychology*. 2021;**35**(5):568-580. doi: 10.1037/neu0000745 pmid: 33998818
10. Rostami R, Kazemi R, Mozaffarinjad F, Nasiri Z, Rostami M, A LH, et al. 6 Hz transcranial alternating current stimulation of mPFC improves sustained attention and modulates alpha phase synchronization and power in dorsal attention network. *Cogn Neurosci*. 2021;**12**(1):1-13. doi: 10.1080/17588928.2020.1817881 pmid: 33017272

به‌عنوان یک گزینه درمانی جایگزین امیدوارکننده می‌داند که ممکن است برای بهبود عملکرد شناختی و در نتیجه عملکرد ورزشی ورزشکاران بیش‌فعال همراه با نقص توجه مناسب‌تر، ایمن‌تر و مؤثرتر معرفی می‌کند که ممکن است بینش ارزشمندی را برای مطالعات آینده به دیگر پژوهشگران ارائه دهد.

محدودیت‌ها

مطالعه حاضر دارای محدودیت‌هایی بود که باید در تحقیقات آتی در نظر گرفته شود. محدودیت اصلی مطالعه ما این بود که یافته‌های ما مربوط به ورزشکاران بیش‌فعال همراه با نقص توجه بود و نمی‌توان نتایج آن را به همه ورزشکاران تعمیم داد، زیرا محدود به ورزشکاران بیش‌فعال همراه با نقص توجه با دامنه سنی ۹ تا ۱۱ سال است؛ بنابراین، مطالعات بیشتر در گروه‌های مختلف سنی و جنسیتی و در مقیاس بزرگ‌تر ضروری است. یکی دیگر از محدودیت‌های این مطالعه اندازه‌گیری توجه انتخابی و بازداری پاسخ به‌عنوان دو عامل مهم در فعالیت‌های ورزشی و عدم بررسی سایر کارکردهای اجرایی بود که پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده سایر کارکردهای اجرایی نیز مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این پژوهش حاضر به بررسی اثربخشی tACS پرداخته است و

11. Beglary M, Tavasolimehran E, Mohagheghi M. The Relationship between Fundamental Movement Skills with Response Inhibition Ability in 7- to 9-year-old boys. *Sport Sci Quarter*. 2021;**12**(40):79-100.
12. Hokken MJ, Krabbendam E, van der Zee YJ, Kooiker MJG. [Formula: see text] Visual selective attention and visual search performance in children with CVI, ADHD, and Dyslexia: a scoping review. *Child Neuropsychol*. 2023;**29**(3):357-390. doi: 10.1080/09297049.2022.2057940 pmid: 35440276
13. Nejadi V. Program for attention rehabilitation and strengthening (PARS) improves executive functions in children with attention deficit- hyperactivity disorder (ADHD). *Res Dev Disabil*. 2021;**113**:103937. doi: 10.1016/j.ridd.2021.103937 pmid: 33756252
14. Drikvand M, Shehniyailagh M, Hajiyakhchali A. A Comparison of the Effects of "Computerized Cognitive Rehabilitation Game of Attention and Memory" and "Practical Games of Attention" on Sustained Attention, Response Inhibition, Reading Speed, and Accuracy of Reading in Students with Specific Learning Disability of Dyslexia. *J Educat Psychol Stud*. 2022;**19**(46):47-29.
15. Eriksson LJ. An Exploration of the Behavioral Inhibition System (BIS), Response Inhibition, and Possible Implications in Sports: Mid Sweden University; 2021.
16. Garcia Pimenta M, Brown T, Arns M, Enriquez-Geppert S. Treatment Efficacy and Clinical Effectiveness of EEG Neurofeedback as a Personalized and Multimodal Treatment in ADHD: A Critical Review. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 2021;**17**:637-648. doi: 10.2147/NDT.S251547 pmid: 33658785
17. Hilla Y, Link F, Sauseng P. Alpha-tACS Alters Attentional Control but not Cognitive Functions as Video Games Do.
18. Kadish N, Brunke M, Spychalski P, Müller F, Berghaeuser J, Pedersen A. PB19. tDCS in the left DLPFC: When to stimulate and which cognitive domains it affects. *Clinic Neurophysiol*. 2018;**129**(8):e63-e64. doi: 10.1016/j.clinph.2018.04.643
19. 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. *J Psychiatr Res*. 2021;**141**:248-256. doi: 10.1016/j.jpsychires.2021.07.012 pmid: 34256276
20. Lambez B, Harwood-Gross A, Golumbic EZ, Rassovsky Y. Non-pharmacological interventions for cognitive difficulties in ADHD: A systematic review and meta-analysis. *J Psychiatr Res*.

- 2020;**120**:40-55. doi: 10.1016/j.jpsychires.2019.10.007 pmid: 31629998
21. Green J, Jang S, Choi J, Jun SC, Nam CS. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): A Beginner's Guide for Neuroergonomists. *Neuroergon Spring*. 2020:77-101. doi: 10.1007/978-3-030-34784-0_5
 22. Dania A, Kaltsonoudi K, Ktistakis I, Trampa K, Boti N, Pesce C. Chess training for improving executive functions and invasion game tactical behavior of college student athletes: a preliminary investigation. *Physic Educat Sport Pedag*. 2021:1-17. doi: 10.1080/17408989.2021.1990245
 23. Yazdanpanah MA, Sobhi gharamaleki N, Pirkhaefi A. The effectiveness of hypnosis imagery on mental skills of athletes. *Sport Psychology Studies (ie, mutaleat ravanshenasi varzeshi)*.2022.
 24. Scharfen HE, Memmert D. Relationship of executive functions and physical abilities in elite soccer players. *German J Exercise Sport Res*. 2021:1-9. doi: 10.1007/s12662-021-00767-x
 25. 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. *Front Hum Neurosci*. 2021;**15**:640609. doi: 10.3389/fnhum.2021.640609 pmid: 33994980
 26. Chang S. The Application of Transcranial Electrical Stimulation in Sports Psychology. *Comput Math Methods Med*. 2022;**2022**:1008346. doi: 10.1155/2022/1008346 pmid: 35872940
 27. Antal A, Luber B, Brem AK, Bikson M, Brunoni AR, Cohen Kadosh R, et al. Non-invasive brain stimulation and neuroenhancement. *Clin Neurophysiol Pract*. 2022;**7**:146-165. doi: 10.1016/j.cnp.2022.05.002 pmid: 35734582
 28. Valenzuela PL, Amo C, Sanchez-Martinez G, Torrontegi E, Vazquez-Carrion J, Montalvo Z, et al. Enhancement of Mood but not Performance in Elite Athletes With Transcranial Direct-Current Stimulation. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019;**14**(3):310-316. doi: 10.1123/ijsp.2018-0473 pmid: 30080428
 29. Molavi P, Azizaram S, Basharpour S, Atadokht A, Nitsche MA, Salehinejad MA. 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. *J Affect Disord*. 2020;**274**:93-102. doi: 10.1016/j.jad.2020.05.007 pmid: 32469838
 30. Talarico MK, Brancaleone MP, Berezne KE, Onate JA, Boucher LC. Influence of Self-Reported Concussion History and a Dual-Task Paradigm on Multidirectional Gait and Cognitive Performance of Athletes. *Int J Athletic Therap Train*. 2022;**1**:1-8. doi: 10.1123/ijatt.2021-0055
 31. Rastegar Z, Ghotbi Ravandi MR, Zare S, Khanjani N, Esmaeili R. Evaluating the effect of heat stress on cognitive performance of petrochemical workers: A field study. *Heliyon*. 2022;**8**(1):e08698. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08698 pmid: 35028472