

Research Paper

The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation (TDCS) on Mental Fatigue and performance of Basketball PlayerAlireza Bahrami¹, Jalil Moradi¹, and Zahra Etaati²

1. Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran (Corresponding Author)

2. Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran

3. M.A of Sport psychology, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 06 Feb
2020

Accepted: 19 Apr
2020

Keywords:
Basketball,
Transcranial
Direct Current
Stimulation
(TDCS), Mental
Fatigue,
Performance.

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on mental fatigue and performance of basketball players. For this purpose, 18 male basketball players were selected by convenience sampling and randomly divided into experimental and control groups of 9 persons. Participants were first tested for fatigue using the Self-Evaluation of Mental Fatigue Scale, and after being tired with the Stroop software and the mathematical test, fatigue and performance (AAHPERD three-point shot) pre-tests were performed. Experimental subjects were then exposed to tDCS and sham state operated for control group participants. Post-test was performed after intervention. Results of independent and paired t-tests showed that one tDCS session had a positive and significant effect on basketball performance but had no significant effect on mental fatigue compared to control group. The results suggest that a tDCS session can be used to improve performance.

Extended Abstract**Abstract**

In recent years, research on the efficacy of non-invasive brain stimulation techniques has been increasing. In particular, brain stimulation using

Trans-cranial direct current stimulation (tDCS) has provided promising findings to the researchers (1). Various studies have investigated the impact of tDCS on athletes' performance that has not been associated with similar results (2-

1. Email: A-Bahrami@araku.ac.ir

2. Email: J-moradi@araku.ac.ir

3. Email: z.etaati92@gmail.com

5). On the other hand, mental fatigue is one of the most important causes of performance loss in sports fields and accidents (6). Mental fatigue affects attention and, in particular, reduces the capacity to ignore distractions and irrelevant factors (7). Given the positive effects of tDCS on the performance of many athletes and the importance of mental fatigue in the optimal performance, the aim of the present study was to investigate the effect of tDCS on mental fatigue and performance of three-point shot among basketball players.

Materials and Methods

This quasi-experimental study included pre-test and post-test. The sample of the study consisted of 18 male basketball players who were selected by convenience sampling and randomly divided into experimental and control groups of 9 participants. In order to make electrical stimulation, the tDCS was provided using a Neuristim 2 stimulator. This device is capable of adjusting the output current intensity from 0.1 to 2 mA and can also apply sham excitation (8). The visual analog scale (VAS) was used to assess mental fatigue (9). At this scale, the zero and 10 represent the highest and lowest level of fatigue (highest level of consciousness), respectively. To evaluate the performance of the participants, the AAHPERD three-point shot test was used (10). The Stroop software (11) and mathematical tests were applied to create mental fatigue in the participants (9). At the beginning of the first session, each of the athletes had a baseline assessment of mental

fatigue and AAHPERD three-point shot test. According to the purpose of the study, subjects should have mental fatigue and their mental fatigue scores should be above average. To do so, after the initial evaluation of mental fatigue, participants were given Stroop software test as well as mathematical tests, and their mental fatigue scores were assessed. When the athletes' mental fatigue score raised to above average (tired), participants received AAHPERD three-point shot test. Then, the experimental subjects were exposed to the tDCS, and the sham state was run for control group participants. According to the studies conducted in this field, 1.5 mA current was established for 25 minutes between two conductive electrodes 5 x 5 cm. In the artificial electrical stimulation group in which the device was in sham state, all steps were similar to the anodal electrical stimulation group, but they were interrupted by the device itself 30 seconds after the start of the process. The AAHPERD three-point shot as post-test was performed after intervention. The data were analyzed using paired and independent sample t-test.

Findings

To test the normality of the data, a Shapiro-Wilk test was used, and it was shown that the data were normally distributed. For data analysis, the mean of experimental and control groups in performance and mental fatigue in pre-test was compared using independent t-test. The results indicated that there was no significant difference in performance ($t(16) = -0.45, P = 0.65$)

and fatigue ($t(16) = -0.5$, $P = 0.62$) variables in pre-test. Then, the paired t-test was used in order to compare the

performance of the groups in the pre-test and post-test stages. The results of this analysis are presented in table 2.

Table 2- Comparison of the mean scores of the three-point basketball shot in pre-test and post-test

Groups	Pre-test		Post test		Paired t-test		
	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation	Degree of freedom	t	p
Experimental	29.70	4.49	36/77	4/47	8	-4.32	0.003
Control	30.44	2.04	32.66	1.95	8	-4.36	0.002

The results of Table 2 show that there is a significant difference between the scores of two groups in the pre-test and post-test. However, comparison of the mean groups in the post-test with the independent t-test indicated that there was a significant difference between the experimental and control groups ($t(16) = 2.52$, $P = 0.02$). These results represented that progress in the experimental group was significantly higher than that in the control group. Then, in order to compare the mental fatigue variable of the groups in the pre-test and post-test stages, the paired t-test was used. Comparison of mental fatigue scores demonstrated that there was a significant difference between pre-test and post-test in the experimental group ($t(8) = -5.77$, $P = 0.001$) and control group ($t(16) = -10.55$, $P = 0.001$). Nevertheless, comparison of averages represented that the reduction in fatigue due to the independent variable in the experimental group was greater than that in the control group. Therefore, the mean of the groups in the post-test was

compared using the independent t-test, and the results illustrated that there was no significant difference between the experimental and control groups ($t(16) = 1.66$, $P = 0.11$). These results suggested that fatigue reduction occurred significantly in both experimental and control groups.

Conclusion

The aim of the present study was to investigate the effect of tDCS on mental fatigue and performance of a three-point shot in basketball players. The results showed that the performance of the athletes in the technique of three-point basketball shots from pre-test to post-test was significant in both experimental and control groups, and this improvement in experimental group was significantly higher than that in control group. In other words, tDCS had a significant effect on the performance of basketball players with mental fatigue. The results also displayed that in the variable of mental fatigue, from pre-test to post-test, significant progress was made in both experimental and control groups.

However, a comparison of post-test suggested that there was no significant difference between the experimental and control groups. Moreover, these results demonstrated that the tDCS had a psychological effect on the control group. Overall, the results of the present study indicated that one session of tDCS had a significant effect on basketball players' performance in

three-point shot skill. Besides, the findings illustrated that a single tDCS session reduced athletes' mental fatigue but compared to the control group, this reduction was not significant. It is suggested that the further studies should measure the effect of tDCS with more sessions on athlete fatigue and performance.

مقاله پژوهشی

تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم مغز (tDCS) بر خستگی ذهنی و عملکرد بسکتبالیست‌ها

علیرضا بهرامی^۱، جلیل مرادی^۲، و زهرا اطاعتی^۳

۱. گروه رفتار حرکتی و روان‌شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران (نویسنده مسئول)
۲. گروه رفتار حرکتی و روان‌شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران
۳. کارشناس ارشد روان‌شناسی ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

هدف پژوهش حاضر، تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم مغز (تی.دی.سی.اس) بر خستگی ذهنی و عملکرد بسکتبالیست‌ها بود. بدین منظور، ۱۸ بسکتبالیست پسر به روش نمونه-گیری در دسترس انتخاب شدند و به صورت تصادفی در دو گروه تجربی و کنترل ۹ نفره قرار گرفتند. ابتدا از شرکت‌کننده‌ها آزمون خستگی با مقیاس خودارزیابی خستگی ذهنی به عمل آمد و پس از ایجاد خستگی با نرم افزار استروپ و آزمون ریاضی، پیش‌آزمون-های خستگی و عملکرد در شوت سه امتیازی ایفرد اجرا شد. سپس آزمودنی‌های گروه تجربی تحت تی.دی.سی.اس قرار گرفتند و برای شرکت‌کننده‌های گروه کنترل دستگاه در حالت شم قرار داده شد. بعد از انجام مداخله پس‌آزمون به عمل آمد. نتایج آزمون‌های تی برای گروه‌های همبسته و مستقل نشان داد یک جلسه تی.دی.سی.اس بر عملکرد بسکتبالیست‌ها تأثیر مثبت و معناداری دارد؛ اما در مقایسه با گروه کنترل اثر معناداری بر خستگی ذهنی نداشت. نتایج پیشنهاد می‌کند جهت بهبود عملکرد می‌توان از یک جلسه تی.دی.سی.اس استفاده نمود.

تاریخ دریافت:

۱۳۹۸/۱۱/۱۷

تاریخ پذیرش:

۱۳۹۹/۰۱/۳۱

واژگان کلیدی:

بسکتبال، تحریک الکتریکی مستقیم مغز، خستگی ذهنی، عملکرد

مقدمه

امروزه توجه به روان‌شناسی ورزش و متغیرهای مرتبط می‌تواند نتایج سودمندی در عملکرد ورزشکاران داشته

باشد. در حقیقت در ورزش، فاکتورهای روان‌شناختی نقش مهمی در عملکرد ورزشکاران دارد (گرنگ و کر^۱، ۲۰۱۰). پژوهشگران در زمینه روان‌شناسی ورزش، مداخلات متعددی را برای ارتقاء عملکرد بررسی کرده‌اند. هنگامی که مربیان و ورزشکاران با روان‌شناسان ورزش ارتباط برقرار می‌کنند، برای به دست آوردن یک مزیت رقابتی، روش‌های مدیریت و کنترل اضطراب رقابتی، کنترل تمرکز، بهبود اعتمادبه‌نفس، افزایش

1. Email: A-Bahrami@araku.ac.ir
2. Email: J-moradi@araku.ac.ir
3. Email: z.etaati92@gmail.com

کاهش توانایی پردازش اطلاعات نیز مرتبط است (لوریست^۵ و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین تغییر در فعالیت مغز نیز نشان‌دهنده ظهور عوامل فیزیولوژیک حاصل از خستگی ذهنی است (ونکاستم^۶ و همکاران، ۲۰۱۷).

یکی از دلایل بسیار مهم افت عملکرد در میدین ورزشی و تصادفات، خستگی ذهنی است (شن، لی، انگ، شائو، وایلدرا-اسمیت^۷، ۲۰۰۸). به‌طوری که بسیاری از رشته‌های ورزشی مانند بسکتبال و فوتبال آمریکایی و بیس‌بال، که با سناریوهای شناختی همراه هستند، می‌تواند باعث خستگی ذهنی شوند و با تأثیر بر توجه، عملکرد را تحت تأثیر منفی قرار دهد (اسمیت، مارکورا و کاتز^۸، ۲۰۱۵). می‌توان گفت خستگی ذهنی مانع از اختصاص مؤثر توجه بر اطلاعات به منظور انجام بهینه عملکرد شده (بوکسم، میجمن و لوریست^۹، ۲۰۰۵) و سرعت پردازش بالا برای واکنش‌های سریع و دقیق در رشته‌های ورزشی تویی را مختل می‌نماید (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۶). پژوهش‌های متعددی آثار خستگی ذهنی را بر روی عملکرد بدنی بررسی کردند و نشان دادند خستگی ذهنی اثر محدودکننده‌ای بر حداکثر قدرت، قدرت انفجاری و ظرفیت کاری بی-هوازی دارد (مارتین، تامپسون، کیگان، بال و رترای^{۱۰}، ۲۰۱۵، ۲۰۱۸). آنها عنوان کردند خستگی می‌تواند اطلاعات رسیده از منابع حسی به مغز را مختل کند و منجر به کاهش سرعت انتقال پیام‌های آوران و وایران

مهارت‌های ارتباطی، ارتقاء خودکارآمدی، کارآمدی جمعی، اتحاد تیمی و بسیاری دیگر از عوامل روان-شناختی برای بهبود عملکرد را می‌آموزند و به کار می‌گیرند (هل و زلاند^۱، ۲۰۰۱).

هنگامی که مردم یک تکلیف شناختی را برای مدت زمان طولانی انجام می‌دهند، اغلب آنها خستگی ذهنی و شناختی را تجربه می‌کنند که باعث ضعف کارایی و انگیزه کمتر برای ادامه کار بر روی تکلیف در دست اجرا می‌شود (واندرلیدن، فریس و میجمن^۲، ۲۰۰۳). علاوه بر این، به طور کلی مقدار و شدت اشتباهات در حین خستگی افزایش می‌یابد. نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده است افرادی که دچار خستگی ذهنی می‌شوند اغلب به سختی توجه خود را متمرکز می‌کنند و به راحتی پرت می‌شوند (بارتلت^۳، ۱۹۴۳). خستگی ذهنی یک حالت روان‌شناختی ناشی از دوره‌های طولانی مدت از فعالیت شناختی است و پیامدهای بسیاری برای جنبه‌های زندگی روزمره از جمله عملکرد در ورزش دارد (سوامس-جاب و دالزیل^۴، ۲۰۰۱). خستگی ذهنی می‌تواند به شکل‌های ذهنی، رفتاری و فیزیولوژیکی آشکار شود. از لحاظ ذهنی، افزایش احساس خستگی با کمبود انرژی و کاهش انگیزه و هوشیاری گزارش شده است. از لحاظ رفتاری خستگی ذهنی به عنوان کاهش دهنده عملکرد (دقت/ویا زمان واکنش (آر.تی) در یک تکلیف شناختی شناخته شده است. مطالعات نشان داده‌اند آثار خستگی ذهنی با

8. Smith, Marcora, & Coutts
9. Boksem, Meijman, & Lorist
10. Martin, Thompson, Keegan, Ball & Rattray

1. Heil & Zealand
2. Van der Linden, Frese & Meijman
3. Bartlett
4. Soames-Job & Dalziel
5. Lorist
6. Van Cutsem
7. Shen, Li, Ong, Shao, & Wilder-Smith

ورزشی ارائه شده است. زمانی و دوستان (۲۰۱۸) در پژوهشی تأثیر تحریک الکتریکی فراجمجه‌ای مغز بر حافظه کاری و زمان واکنش ۳۰ نفر از دانش‌آموزان دختر را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد تی.دی.سی.اس سبب بهبود حافظه کاری پیش‌رونده، پس‌رونده، کنترل ذهنی، حافظه منطقی، بازنگری و یادگیری تداعی‌ها شد. همچنین تی.دی.سی.اس سبب کاهش زمان واکنش ساده و انتخابی شد. پژوهش دیگری توسط عابدان‌زاده و آلبوغیبش (۲۰۱۷) با موضوع تأثیر تی.دی.سی.اس بر توجه انتخابی در شرایط تکلیف دوگانه انجام شد. نتایج حاکی از آن بود که تحریک الکتریکی قطعه پیش-پیشانی قشر مغز باعث کاهش اثر دوره بی‌پاسخی روان‌شناختی می‌شود. پس تحریک الکتریکی، ظرفیت توجه یا سرعت پردازش اطلاعات را در انسان بهبود می‌بخشد. ادواردز^۶ و همکاران (۲۰۱۷) تحریک الکتریکی و عملکرد ورزشی را بررسی کردند. در این پژوهش دیدگاه‌های در مورد تی.دی.سی.اس و افزایش عملکرد جسمانی ارائه شد. اگر چه بسیاری از مناطق مغز در حین ورزش فعال هستند، اما قسمت فورتال کورتکس^۷ نقش مهمی ایفا می‌کند. این قسمت حاوی تعدادی از زیرمجموعه‌هایی است که مسئولیت برنامه‌ریزی و اجرای تصمیم‌گیری، رفتار اجتماعی و بیان شخصیت را دارند. بنابراین در پردازش و اجرای عملکرد نقش ایفا می‌نمایند (یانگ و رین^۸، ۲۰۰۹). اوکانو^۹ و همکاران (۲۰۱۳) اثرات ۲۰ دقیقه تی.دی.سی.اس با آند را روی قشر تمپورال چپ (تی.سه) بر دوچرخه سواران آموزش دیده در طی یک آزمون دوچرخه سواری فزاینده بررسی کردند و نشان

به سیستم عضلانی-اسکلتی گردد و بر عملکرد ورزشکار تأثیر منفی داشته باشد.

در سال‌های اخیر پژوهش درباره کارآمدی تکنیک‌های غیر تهاجمی تحریک مغز به مرور زیاد شده است. به-ویژه تحریک مغز از روی جمجمه با استفاده از جریان مستقیم الکتریکی (تی.دی.سی.اس)^۱ یافته‌های امیدوارکننده‌ای را پیش روی محققان قرار داده است (فلوئل^۲، ۲۰۱۴). تحریک جریان مستقیم ترانس کارنیالی به طور گسترده‌ای برای تعدیل تحریک‌پذیری یک منطقه هدف مغز از طریق استفاده از یک جریان الکتریکی ضعیف در پوست سر استفاده شده است. جریان الکتریکی، پتانسیل غشاء استراحت نورون‌های هدف را با استفاده از الکترودهای کاتد و آند تغییر می‌دهد (نیتجه^۳ و همکاران، ۲۰۰۸؛ جورج و استون-جونز^۴، ۲۰۱۰). با معرفی و توسعه دستگاه‌های غیرتهاجمی جدید، دانش در مورد رفتار سیستم عصبی مرکزی در طول ورزش پیشرفت کرده است. در این راستا، ادبیات در حال ظهور وجود دارد که نشان می‌دهد امکان تأثیر بر نتایج ورزشی در افراد سالم پس از تحریک مناطق خاص مغز دارد. به طور خاص، تحریک جریان مستقیم الکتریکی اخیراً قبل از ورزش برای بهبود عملکرد ورزشی در طیف وسیعی از انواع ورزش‌ها استفاده شده است (آنجیوس، هاپکر و ماوگر^۵، ۲۰۱۷). آنجیوس و همکاران (۲۰۱۷) در یک پژوهش مروری شواهد ارائه شده از مطالعات تجربی تی.دی.سی.اس را مورد بحث قرار دادند. در این تحقیق یک تحلیل انتقادی از مطالعات تجربی در مورد کاربرد تی.دی.سی.اس قبل از تمرین و نحوه تأثیر آن بر عملکرد مغز و اجرای

6. Edwards
7. Cortex Prefrontal
8. Yang & Raine
9. Okano

1. Transcranial Direct Current Stimulation
2. Floel
3. Nitsche
4. George & Aston-Jones
5. Angius, Hopker & Mauger

و لانگ^۵، ۲۰۱۶) که پیامدهای جبران‌ناپذیری در میدان‌های ورزشی به همراه می‌آورد. بنابراین با در نظر گرفتن افت عملکرد ناشی از خستگی به‌ویژه خستگی ذهنی، استفاده از روش‌های جبران‌کننده این عملکرد کاهش، اهمیت دارد. پیشینه پژوهش نشان می‌دهد جنبه‌های روان‌شناختی مانند ادراک و انگیزش اهمیت زیادی در عملکرد و تحمل تمرین‌های ورزشی دارند. مارکورا، استیانو و مانینگ^۶ (۲۰۰۹) اولین شواهد تجربی را نشان دادند که خستگی حاصل از تلاش ذهنی می‌تواند عملکرد ورزشی را مختل کند. این شواهد باعث افزایش علاقه به تحقیقات در زمینه خستگی ذهنی و عملکرد ورزشی شده است. به علاوه، زمان قابل‌توجهی در بیشتر پژوهش‌ها بر روی عضلات، ریه‌ها و قلب متمرکز بوده و بسیاری از پژوهش‌های معاصر، اهمیت مغز در تنظیم عملکرد ورزشی را نادیده گرفته‌اند. در این پژوهش نقش و اهمیت مغز در فعالیت‌های روان‌شناختی مورد توجه قرار می‌گیرد. همچنین کاربرد تی.دی.سی.اس بر خستگی ذهنی و عملکرد ورزشی مد نظر قرار داده شد و نتایج آن می‌تواند برای ورزشکاران راهگشا باشد. با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده لازم است از این بعد نیز موضوع خستگی و تأثیر آن بر عملکرد مورد بررسی قرار گیرد تا از این طریق کاربرد تی.دی.سی.اس بر خستگی ذهنی و عملکرد ورزشی بتواند خلأ پژوهش‌های قبلی را با اعمال این روش بر خستگی ذهنی بپوشاند. لذا پژوهش‌های بیشتر در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. نتایج این پژوهش می‌تواند دانش پایه موجود در رابطه با درستی یا نادرستی تأثیر سیگنال‌های دیجیتال در ورزش را روشن نماید. لذا با توجه به اهمیت خستگی ذهنی و تأثیر آن در عملکرد بهینه ورزشکاران، چالش‌های موجود در این

دادند در متغیرهای اوج توان، کاهش ضربان قلب و ادراک تلاش در بارهای کاری زیربیشینه پیشرفت حاصل شد. کلارک^۱ و همکاران (۲۰۱۲) اثرات تی.دی.سی.اس را بر روی یک الگوی یادگیری ادراکی (تشخیص شی در محیط مبارزه شبیه‌سازی شده) ارزیابی کردند و نشان دادند افزایش قابل توجه در دقت شناسایی تهدید توسط تی.دی.سی.اس با آن در بالای قشر فرونتال تحتانی راست مشاهده شد. در هر دو پژوهش، مزایای عملکرد حداقل تا حدی به اثرات تی.دی.سی.اس بر ادراک (کاهش خستگی و تشخیص خطر تهدید) نسبت داده شد. بوردوچی^۲ و همکاران (۲۰۱۶) دریافتند تی.دی.سی.اس در ورزشکاران نخبه یک مزیت رقابتی بالقوه در عملکرد شناختی و افزایش خلق و خوی دارد. در مقابل فلود، وادینگتون، کیگان، تامپسون و کسکارت^۳ (۲۰۱۷) عنوان کردند در حالی که تی.دی.سی.اس باعث کاهش ادراک درد در هنگام تمرین خسته‌کننده در اندام تحتانی می‌شود، تأثیر معناداری بر استقامت عضلات یا تولید حداکثر نیرو ندارد.

پژوهش‌ها نشان داد خستگی ذهنی بر توجه به‌ویژه توجه انتخابی بینایی و تمرکز بر زمان تکلیف و در نتیجه عملکرد تأثیر می‌گذارد. بسیاری از سناریوهای ورزشی مانند بسکتبال و فوتبال آمریکایی (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۶)، بیسبال و کریکت تحت تأثیر خستگی ذهنی قرار می‌گیرد و با افت عملکرد روبرو می‌شوند (فابر، موریتس و لوریست^۴، ۲۰۱۲). خستگی ذهنی بر توجه تأثیر می‌گذارد و به‌طور خاص موجب کاهش ظرفیت در نادیده گرفتن حواس‌پرتی‌ها و عوامل نامربوط به اجرا می‌شود (هاپستاکن، وان در لیندن، باکر

4. Faber, Maurits & Lorist
5. Hopstaken, van der Linden, Bakker, Kompier, & Leung
6. Marcora, Staiano & Manning

1. Clark
2. Borducchi
3. Flood, Waddington, Keegan, Thompson, and Cathcart

زمینه و کمبود مطالعات پژوهشی در مورد بررسی تأثیر تی.دی.سی.اس بر خستگی ذهنی و عملکرد ورزشی ورزشکاران، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر تی.دی.سی.اس بر خستگی ذهنی و عملکرد بسکتبالیست‌ها بود.

روش‌شناسی پژوهش

طرح و روش پژوهش

در پژوهش حاضر تأثیر تی.دی.سی.اس بر خستگی ذهنی و عملکرد بسکتبالیست‌ها بررسی شد. لذا این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی و به لحاظ هدف کاربردی بود. طرح تحقیق به صورت پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل اجرا شد.

جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری تمام بسکتبالیست‌های پسر شهر اراک با رده سنی ۱۸ تا ۳۰ سال بود که از بین آنها ۱۸ نفر به صورت نمونه‌گیری هدفمند و در دسترس از باشگاه ورزشی آلومینیوم‌سازی شهر اراک انتخاب شدند. معیارهای ورود به پژوهش داشتن حداقل سه سال سابقه در رشته بسکتبال زیر نظر مربی و شرایط بدنی سالم و فعالیت بدنی منظم در باشگاه بود. همه ورزشکاران راست‌برتر بودن و به صورت داوطلبانه و با اخذ رضایت‌نامه کتبی در این پژوهش شرکت کردند. ملاک خروج از پژوهش نیز عدم رضایت یا هرگونه فشار ناشی از مداخلات در پژوهش بود.

ابزار گردآوری اطلاعات

الف: دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم مغز: به‌منظور ایجاد تحریک الکتریکی از دستگاه نورواستیم ۲ ساخته شرکت مدینا طب گستر استفاده شد. این دستگاه از سال ۲۰۱۵ روانه بازار شد و جهت ارائه تحریک فرا جمجمه‌ای با جریات الکتریکی طراحی شده است و می‌تواند ۵ نوع تحریک مختلف شامل تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان مستقیم، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان متناوب^۱، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان پالس^۲، تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای با جریان مستقیم نوسانی^۳ و تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای با نویز تصادفی^۴ را ارائه دهد. دستگاه دارای دو کانال کاملاً مجزا بود و هر کانال به طور مستقل از دیگری قابل تنظیم و اعمال انواع تحریک است. پارامترهای مختلف تحریک نظیر شدت جریان، زمان و فرکانس در این دستگاه قابل تنظیم است. این دستگاه قابلیت تنظیم شدت جریان خروجی از ۰/۱ تا ۲ میلی‌آمپر و همچنین قابلیت اعمال تحریک شم^۵ را دارا است (فرگنی^۶ و همکاران، ۲۰۰۵).
ب: مقیاس خودارزیابی خستگی ذهنی^۷ (وی.ای.اس): این آزمون یک آزمون استاندارد است که در تحقیقات پیشین از آن استفاده شده است (ارقامی، قریشی، کمالی و فرهادی، ۲۰۱۳). در این مقیاس، مقدار صفر نشان دهنده بیشترین سطح خستگی و عدد ده بیانگر کمترین میزان خستگی ذهنی (بالاترین عدد سطح هوشیاری) است.

ج: نرم افزار استروپ: از این نرم افزار برای ایجاد خستگی ذهنی در ورزشکاران استفاده می‌شود. یک نرم

4. Transcranial Random Noise Stimulation
5. Sham
6. Fregni
7. Visual Analog Scale

1. Transcranial Alternating Current Stimulation
2. Transcranial Pulsed Current Stimulation
3. Oscillatory Transcranial Direct Stimulation

افزار استاندارد است که در پژوهش‌های پیشین از آن استفاده شده است (مارکورا و همکاران، ۲۰۰۹).

د: آزمون شوت سه امتیازی ایفرد: از آزمودنی‌ها شوت سه امتیازی ایفرد جهت ارزیابی عملکرد به عنوان پیش‌آزمون و پس‌آزمون به عمل آمد. برای پرتاب شوت بسکتبال از زمین پارامتربندی شده استفاده شد که بر اساس درجه با زوایای مختلف در نقطه پرتاب سه امتیازی نسبت به حلقه مشخص شد و برای ارزیابی دقت پرتاب از مقیاس ارزشی آزمون شوت بسکتبال ایفرد استفاده شد (هاپکینز، شیک و پلاک، ۱۹۸۴).

ه: آزمون ریاضی: استفاده از تمرینات ریاضی که بر مبنای چهار عمل اصلی و استفاده از توان دو تهیه شده بود. این آزمون یک آزمون استاندارد است که در تحقیقات پیشین از آن استفاده شده است (ارقامی، قریشی، کمالی و فرهادی، ۲۰۱۳).

روشی اجرا

در ابتدا با مراجعه به اداره تربیت‌بدنی کارخانه آلومینیوم‌سازی استان مرکزی در جلسه‌ای توجیهی ضرورت و هدف انجام طرح بیان شد. در ادامه از ورزشکاران دعوت شد تا در جلسه‌ای که جهت توضیح اهداف و چگونگی انجام تحقیق و کسب رضایت تشکیل شده بود، شرکت کنند. سپس، آزمودنی‌ها به طور تصادفی به دو گروه ۹ نفره تقسیم شدند. در ابتدای جلسه اول از هر یک از ورزشکاران ارزیابی اولیه مربوط به خستگی ذهنی و آزمون عملکرد ایفرد به عمل آمد. با توجه به هدف پژوهش افراد می‌بایست دچار خستگی ذهنی می‌شدند و نمرات خستگی ذهنی آنها بالاتر از حد میانگین باشد. به این منظور پس از ارزیابی اولیه خستگی ذهنی، به افراد شرکت‌کننده، آزمون تمرینات نرم افزار استروپ و همچنین آزمون‌های ریاضی داده شد و در طول انجام این کار نمره خستگی ذهنی آنها مورد ارزیابی قرار می‌گرفت بعد از این که نمره خستگی

ذهنی ورزشکاران به بالاتر از حد میانگین رسید (خسته‌تر شدند) از شرکت‌کننده‌ها آزمون شوت سه امتیازی ایفرد گرفته شد. سپس آزمودنی‌های گروه تجربی تحت مداخله تی.دی.سی.اس قرار گرفتند و در گروه کنترل بدون اطلاع شرکت‌کننده‌ها، دستگاه در حالت شم قرار داده شد. گروه تجربی پس از رسیدن به حد مطلوب خستگی ذهنی توسط دستگاه نورواستیم ۲ برای یک بار تحت مداخله تحریک الکتریکی مستقیم مغز قرار گرفتند. با توجه با مطالعات و پژوهش‌های انجام شده در این زمینه جریان ۱/۵ میلی‌آمپر به مدت ۲۵ دقیقه بین دو الکترود رسانا ۵*۵ سانتی‌متر برقرار شد. به منظور ایمنی و کنترل عملکرد دستگاه، نظارت مداوم بر جریان خروجی انجام می‌گرفت. آند در بالای تی.دی.ال.بی.اف.سی سمت چپ قرار گرفت (محل اف.سه با توجه به سیستم مختصات الکترود ۱۰-۲۰ ای.ای.جی) و کاتد در راستای مطالعات قبلی در قسمت جلوی بازوی دست راست قرار گرفت. الکترودها با استفاده از استراب‌های فیکس‌کننده ثابت شدند و برای افزایش رسانایی پدها از محلول نرمال سالین استفاده شد (بوراگان^۲ و همکاران، ۲۰۱۸). در گروه تحریک الکتریکی ساختگی که دستگاه در حالت شم قرار داشت، تمامی مراحل مانند گروه تحریک الکتریکی آنودال بود اما ۳۰ ثانیه بعد از شروع فرآیند جریان الکتریکی توسط خود دستگاه قطع می‌شد. شرکت‌کننده‌ها از این که در گروه تحریک آنودال یا تحریک شم هستند اطلاعی نداشتند. بعد از انجام مداخله از هر دو گروه تجربی و کنترل مجدداً ارزیابی خستگی ذهنی و آزمون عملکرد شوت سه امتیازی صورت گرفت.

روش‌های آماری

از آمار توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) برای توصیف متغیرهای پژوهش و رسم جدول و نمودار استفاده شد. سپس اطلاعات به دست آمده پس از

1. Hopkins, Shick & Plack

2. Borragán

نتایج پژوهش

جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد نمرات خستگی ذهنی و اجرای پرتاب سه امتیازی شرکت‌کننده‌ها را در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر دو گروه تجربی و کنترل نشان می‌دهد.

اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها، با استفاده از آزمون‌های تی برای گروه‌های همبسته و مستقل تحلیل شد. در کلیه آزمون‌های آماری سطح معناداری $\alpha = 0.05$ در نظر گرفته شد.

جدول ۱- میانگین گروه‌های تحت بررسی در متغیرهای خستگی ذهنی و عملکرد شوت سه امتیازی بسکتبال در طول مراحل آزمون

گروه‌ها	مراحل آزمون	عملکرد		خستگی ذهنی	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
تجربی	پیش‌آزمون	۲۹/۷۰	۴/۴۹	۳/۷۷	۰/۴۴
	پس‌آزمون	۳۶/۷۷	۴/۴۷	۷/۱۱	۱/۴۵
کنترل	پیش‌آزمون	۳۰/۴۴	۲/۰۴	۳/۶۶	۰/۵
	پس‌آزمون	۳۲/۶۶	۱/۹۵	۶/۲۲	۰/۶۶

در پیش‌آزمون با آزمون تی مستقل مقایسه شد. نتایج نشان داد در متغیرهای عملکرد (P=۰/۶۵، $t(16) = -0.45$) و خستگی ذهنی (P=۰/۶۲، $t(16) = -0.5$) تفاوت معناداری بین دو گروه در پیش‌آزمون وجود ندارد.

در ادامه برای مقایسه گروه‌ها در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون در متغیر عملکرد شوت سه امتیازی از آزمون تی برای گروه‌های همبسته استفاده شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱ نشان می‌دهد در متغیرهای عملکرد شوت سه امتیازی بسکتبال در هر دو گروه از پیش‌آزمون تا پس-آزمون پیشرفت حاصل شده است، اما این پیشرفت در گروه تجربی بیشتر بوده است. در متغیر خستگی ذهنی نیز میانگین هر دو گروه افزایش یافته است، به عبارت دیگر خستگی ذهنی در هر دو گروه تجربی و کنترل کاهش یافته است. قبل از تحلیل داده‌ها با آزمون‌های آماری جهت بررسی طبیعی بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. نتایج نشان داد داده‌ها توزیع طبیعی دارند. جهت تحلیل داده‌ها ابتدا میانگین دو گروه تجربی و کنترل در متغیرهای عملکرد و خستگی ذهنی

جدول ۲- مقایسه میانگین نمرات پرتاب سه امتیازی بسکتبال در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیرها	پیش‌آزمون		پس‌آزمون		آزمون تی همبسته	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	مقدار تی	مقدار معناداری
گروه تجربی	۲۹/۷۰	۴/۴۹	۳۶/۷۷	۴/۴۷	-۴/۳۲	۰/۰۰۳
گروه کنترل	۳۰/۴۴	۲/۰۴	۳۲/۶۶	۱/۹۵	-۴/۳۶	۰/۰۰۲

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد بین میانگین امتیازات دو گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تفاوت معناداری وجود دارد. زیرا مقدار تی محاسبه شده از ارزش تی جدول با درجه آزادی ۸ و سطح احتمال ۰/۰۵ بیشتر است. بنابراین وجود تفاوت معنادار آماری بین میانگین امتیازات پیش‌آزمون و پس‌آزمون در مهارت پرتاب شوت سه امتیازی بسکتبال در هر دو گروه پذیرفته می‌شود. اما مقایسه میانگین‌ها گروه‌ها در پس‌آزمون با

آزمون تی مستقل نشان داد تفاوت معناداری بین گروه تجربی و کنترل وجود دارد ($t(16) = 2/52, P = 0/02$). این نتایج نشان می‌دهد پیشرفت در گروه تجربی به طور معناداری از گروه کنترل بیشتر بوده است. در ادامه برای مقایسه گروه‌ها در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون در متغیر خستگی ذهنی از آزمون تی برای گروه‌های همبسته استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین نمرات خستگی ذهنی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیرها	پیش‌آزمون		پس‌آزمون		آزمون تی همبسته	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	تی	معناداری
گروه تجربی	۳/۷۷	۰/۴۴	۷/۱۱	۱/۴۵	-۵/۷۷	۰/۰۰۱
گروه کنترل	۳/۶۶	۰/۵	۶/۲۲	۰/۶۶	-۱۰/۵۵	۰/۰۰۱

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از موضوعاتی که همواره مورد توجه متخصصان روان‌شناسی ورزش بوده است، ارائه مداخلاتی جهت بهبود عملکرد و کاهش خستگی ذهنی در ورزشکاران است. لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر تی.دی.سی.اس بر خستگی ذهنی و اجرای شوت سه امتیازی در بسکتبالیست‌ها بود. نتایج نشان داد عملکرد ورزشکاران در مهارت پرتاب شوت سه امتیازی بسکتبال از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در هر دو گروه تجربی و کنترل پیشرفت معناداری داشت و این پیشرفت در گروه تجربی به طور معناداری از گروه کنترل بیشتر بود. به عبارت دیگر تی.دی.سی.اس تأثیر معناداری بر عملکرد بسکتبالیست‌های دارای خستگی ذهنی داشت. نتایج همچنین نشان داد در متغیر خستگی ذهنی نیز از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در هر دو

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بین میانگین امتیازات دو گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تفاوت معناداری وجود دارد. زیرا مقدار تی محاسبه شده از ارزش تی جدول با درجه آزادی ۸ و سطح احتمال ۰/۰۵ بیشتر است. بنابراین وجود تفاوت معنادار آماری بین میانگین نمرات خستگی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر دو گروه پذیرفته می‌شود. اما مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد کاهش خستگی بر اثر متغیر مستقل در گروه تجربی از گروه کنترل بیشتر بوده است. بنابراین میانگین‌ها گروه‌ها در پس‌آزمون با آزمون تی مستقل مقایسه شد و نتایج نشان داد تفاوت معناداری بین گروه تجربی و کنترل وجود ندارد ($P = 0/11$)، $t(16) = 1/66$. این نتایج نشان می‌دهد کاهش خستگی در هر دو گروه تجربی و کنترل به طور معناداری اتفاق افتاده است.

و ضعیف به مناطق قشری با توجه به هدف پژوهش می‌فرستد که فعالیت مربوط به حرکت مورد نظر را از نظر عصبی تسهیل یا بازداری می‌کند. تی.دی.سی.اس با تعدیل برانگیختگی قشری پتانسیل‌های برانگیخته حرکتی در ناحیه الکتروود آند را تسهیل می‌کند و شکل - پذیر قشری در ارتباط با بهبود اجرای حرکتی صورت می‌گیرد (استگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۱، به نقل از عابدان - زاده و آلبوگیش، ۲۰۱۷).

نتایج مطالعه حاضر با مطالعه سیدل و راجرت^۳ (۲۰۱۹) که تأثیر تی.دی.سی.اس را بر زمان واکنش و تکلیف ضربه زدن با دست را در ورزشکاران بررسی کردند، همخوانی نداشت. نتایج آنها نشان داد هم ورزشکاران و هم غیرورزشکاران از دوره‌های کوتاه کاربرد تی.دی.سی.اس در تکالیف حرکتی مربوط به سرعت بهره نمی‌برند. آنها عنوان کردند این نتایج احتمالاً تا حدودی به دلیل اثر سقفی است که ممکن است در تکالیف سرعتی مانند زمان واکنش رخ داده باشد، اما همچنین به دلیل میزان اختصاصی بودن مغز ورزشکاران آموزش دیده است. مطابق فرضیه کارآمدی عصبی مغز ورزشکار هنگام انجام یک کار نسبت به افراد دیگر متفاوت عمل می‌کند. به طور دقیق‌تر، منابع عصبی کمتری را برای همان کار مصرف می‌کند. اما تفاوت پژوهش حاضر با تحقیق سیدل و راجرت (۲۰۱۹) در نوع تکلیف استفاده شده است. در پژوهش آنها از تکلیف سرعتی استفاده شد، اما در پژوهش حاضر از مهارت پرتاب بسکتبال استفاده شد که نیازمندی‌های متفاوتی دارند. لذا در زمینه تأثیر تی.دی.سی.اس در مهارت‌های متفاوت، پژوهش‌های بیشتری لازم است. اما نتایج پژوهش حاضر، یافته‌های کمالی و همکاران (۲۰۱۹) در مورد تأثیر تی.دی.سی.اس بر اجرای حرکتی در ورزشکاران پرورش اندام را تأیید می‌کند. نتایج آنها

گروه تجربی و کنترل پیشرفت معناداری به وجود آمد. اما مقایسه پس‌آزمون‌ها نشان داد تفاوت معناداری بین دو گروه تجربی و کنترل وجود نداشت. این نتایج نشان می‌دهد تی.دی.سی.اس یک تأثیر روانی نیز در گروه کنترل ایجاد نموده است. به عبارت دیگر تی.دی.سی.اس خستگی ذهنی بسکتبالیست‌ها را کاهش داد اما در مقایسه با گروه کنترل این تأثیر معنادار نبود.

در ارتباط با تأثیر تی.دی.سی.اس بر اجرای ورزشکاران در شوت سه امتیازی بسکتبال پژوهش حاضر با پژوهش‌های زمانی و دوستان (۲۰۱۸)، عابدان‌زاده و آلبوگیش (۲۰۱۷)، فرگنی و همکاران (۲۰۰۵)، اوکانو و همکاران (۲۰۱۳)، کلارک و همکاران (۲۰۱۲)، بوردوچی و همکاران (۲۰۱۶) همسو است. نتایج این پژوهش‌ها نشان داد تی.دی.سی.اس اثرات معناداری در بهبود حافظه کاری، زمان واکنش، ادراک تلاش، کاهش ضربان قلب و دوره بی‌پاسخی روان‌شناختی دارد. به عبارت دیگر تی.دی.سی.اس با اثرگذاری بر متغیرهای مذکور به نحوی باعث افزایش عملکرد در فعالیت‌های مختلف می‌شود. اصول کار در تی.دی.سی.اس به این صورت است که دو الکتروود یکی قطب مثبت و دیگری قطب منفی از طریق یک پد اسفنجی که با محلول رسانی خیس شده بر روی سر قرار می‌گیرند. جریان الکتریکی توسط این الکتروودها پس از عبور از نواحی مختلف (پوست سر، جمجمه و...) خود را به سطح قشر مغز می‌رساند. جریانی که به این ناحیه رسیده نورون‌ها را دارای بار الکتریکی می‌کند و باعث ایجاد قطب مثبت و منفی می‌گردد که منجر به تغییر فعالیت آن ناحیه می‌شود (بروننی^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). تی.دی.سی.اس باعث کاهش آستانه فعالیت سیستم عصبی مرکزی می‌شود و یک جریان مستقیم

3. Seidel & Ragert

1. Brunoni

2. Stagg

نشان داد تحریک همزمان تی.دی.سی.اس منطقه ام.یک و منطقه تمپورال چپ به طور بالقوه عملکرد کلی ورزشی بدنسازان باتجربه را بهبود بخشید. آنها عنوان کردند شواهد موجود این واقعیت را تأیید می‌کنند که ناحیه تمپورال نقش تعیین‌کننده‌ای در تنظیم عملکرد سیستم عصبی خودکار دارد. در مطالعه آنها، علاوه بر قشر حرکتی، قشر تمپورال همزمان تحریک می‌شد. این به طور بالقوه منجر به کاهش فشار درک شده و ضربان قلب شد و از تأثیر تی.دی.سی.اس آندال بر عملکرد حمایت کرد. آنها عنوان کردند این مطالعه ممکن است مسیری را در جهت طراحی پروتکل‌های تحریک مغز برای تقویت قدرت و متعاقب آن توده عضلانی در بدنسازی که در بسیاری از ورزش‌ها به عنوان یک مهارت اساسی شناخته می‌شود، هموار کند. نتایج پژوهش حاضر، یافته‌های پژوهش‌های قبلی در مورد تأثیر تی.دی.سی.اس در یادگیری حرکتی را نیز تأیید می‌کند. ریس^۱ و همکاران (۲۰۰۹) عنوان کردند تی.دی.سی.اس می‌تواند باعث تقویت یادگیری حرکتی شود و در نتیجه باعث افزایش مزیت تمرین و ارتقاء عملکرد می‌شود. تی.دی.سی.اس آندال روی قشر حرکتی، اکتساب مهارت را در یک تکلیف حرکتی دشوار بهبود بخشید و میزان یادداری مهارت پس از ۳ ماه برای گروه تحریک بالاتر بود. آنها عنوان کردند می‌توان فرضیه‌هایی در مورد مکانیسم‌های عمل تی.دی.سی.اس که منجر به تقویت عملکرد ورزشی می‌شود، در نظر گرفت. با این حال، چنین فرضیاتی قبل از تعمیم وسیع به آزمایش دقیق نیاز دارند. نتایج دیگر این پژوهش این بود که در مقایسه با گروه تحریک ساختگی، تی.دی.سی.اس تأثیر معناداری در خستگی ذهنی ورزشکاران نداشت. هر چند ورزشکاران گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل (تحریک ساختگی) کاهش بیشتری را در میزان خستگی ذهنی

تجربه کردند اما تفاوت معنادار نبود. احتمالاً یکی از دلایل تأثیر کم تی.دی.سی.اس بر خستگی ذهنی در بسکتبالیست‌ها به مدت زمان اعمال تحریک برمی‌گردد. ممکن است اعمال تحریک در چند زمان متوالی یا در فواصل استراحت تأثیر متفاوتی در میزان خستگی داشته باشد که پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی این مورد در نظر گرفته شود. فروسی^۲ و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر تی.دی.سی.اس را بر خستگی ذهنی در افراد دارای مالتیپل اسکلوروزیس بررسی کرده بودند. نتایج آنها نشان داد تی.دی.سی.اس تأثیر معناداری بر کاهش خستگی دارد. اما در پژوهش آنها از پروتکل‌های چند جلسه‌ای استفاده شد و نمونه‌های آنها با پژوهش حاضر متفاوت بود. آنها در تبیین تأثیر تی.دی.سی.اس بر خستگی ذهنی عنوان کردند که تی.دی.سی.اس آندال ممکن است با کاهش فعالیت گابا درون جملعه‌ای، خستگی را بهبود بخشد. این کاهش می‌تواند به عنوان جبران‌کننده اختلال تحریک مرکزی عمل کند یا به افراد اجازه می‌دهد مهارت حرکتی جدیدی را هنگام تمرین کسب کنند. احتمال دیگر این است که تی.دی.سی.اس آندال باعث افزایش تحریک پذیری عصبی و آکسونی در قشر حرکتی انسان می‌شود.

شواهد زیادی وجود دارد مبنی بر این که خستگی ناشی از تلاش ذهنی مداوم، تأثیرات متعددی بر مکانیسم‌های توجه و عملکرد حرکتی دارد (بوکسم و همکاران، ۲۰۰۵؛ وان در لیندن، ۲۰۱۰، رحیمی‌زاده، شهبازی و طهماسبی بروجنی، ۲۰۱۷؛ دانا، رفیعی و صالحیان، ۲۰۱۸). تأثیر خستگی ذهنی که ناشی از انجام آزمون استروپ در این مطالعه بود در کنترل بالا به پایین درگیر در برنامه‌ریزی عملکرد شوت سه امتیازی و رفتار هدف محور تأثیر مفیدی داشت که هم‌راستا با یافته‌های قبلی (لوریست و همکاران، ۲۰۱۱،

بوکسم و همکاران، ۲۰۰۵) دست‌کاری خستگی ما به نظر موفقیت‌آمیز رسید. افراد بعد از انجام آزمون استروپ احساس خستگی ذهنی کردند، یعنی در حالی که سطح خستگی افزایش می‌یابد میزان کاهش انرژی گزارش شده است. علاوه بر این، علاقه افراد نسبت به ادامه اجرای تکلیف با خستگی ذهنی کمتر شد و این ویژگی مهم بر اجرا تأثیرگذار بود.

از آنجایی که سرعت پردازش برای واکنش‌های سریع و دقیق در رشته‌های ورزشی مانند والیبال، بسکتبال و هندبال ضروری است و ورزش باعث بهبود شناخت شده (کومار، ویتون، اسنو و میلارد-استافورد، ۲۰۱۵) و شرکت‌کنندگان پژوهش حاضر ورزشکاران بودند از این رو دارای توانایی بالایی در پردازش سریع محرک‌های ارائه‌شده در محیط‌های ورزشی بودند. لذا می‌توان گفت به دلیل فعالیت ورزشی منظم و طولانی‌مدت چنانچه بتوان با روش تی.دی.سی.اس خستگی آنان را کنترل نمود این ورزشکاران توانایی پردازش اطلاعات بالایی برای محرک‌های همگرا و مرتبط دارند. در نتیجه، این عمل باعث افزایش توجه، افزایش ظرفیت پردازش، افزایش جفت شدن ادراک و عمل و به همین خاطر منجر به افزایش انگیزش و بهبود عملکرد می‌گردد. از آنجایی که خستگی ذهنی تأثیر نامطلوبی بر بیشتر متغیرهای رفتار جستجوی بینایی دارد و باعث آسیب بر دقت و سرعت تصمیم‌گیری می‌شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود برای بهبود دقت و تمرکز که تحت تأثیر خستگی شناختی قرار می‌گیرد از روش تی.دی.سی.اس منظور کنترل خستگی در ورزشکاران استفاده گردد.

از جمله محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به انجام نمونه‌گیری در دسترس و حجم نمونه پایین با توجه به عدم دسترسی به ورزشکاران بود. عدم اجرای

پروتکول‌های طولانی مدت در جلسات بیشتر و مقایسه پروتکل‌های تحریکی با شدت جریان‌های متفاوت بود. همچنین نتایج نشان داد یک جلسه تی.دی.سی.اس بر خستگی ذهنی در مقایسه با تحریک ساختگی تأثیر نداشت. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی از پروتکل‌های دارای مدت زمان و جلسات بیشتر جهت تحریک استفاده شود. محدودیت دیگر این پژوهش استفاده از مقیاس خودارزیابی خستگی بود که یک مقیاس ذهنی است. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی از سایر ارزیابی‌های مربوط به خستگی در کنار مقیاس خودارزیابی استفاده شود. در کل نتایج پژوهش حاضر نشان داد یک جلسه تحریک الکتریکی مغز تأثیر معناداری بر عملکرد بسکتبالیست‌ها در مهارت شوت سه امتیازی بسکتبال داشت. نتایج همچنین نشان داد یک جلسه تی.دی.سی.اس خستگی ذهنی ورزشکاران را کاهش می‌دهد اما این کاهش در مقایسه با گروه تحریک ساختگی (شم) معنادار نبود. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی تأثیر تی.دی.سی.اس با پروتکل‌هایی با مدت زمان و تکرار بیشتر بر خستگی و عملکرد ورزشکاران مورد سنجش قرار بگیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود تأثیر تی.دی.سی.اس با سایر مداخلات روان-شناختی مانند تمرینات آرام‌سازی و تصویرسازی و غیره جهت بهبود عملکرد و کاهش خستگی مورد مقایسه قرار گیرد.

سپاسگزاری

از بازیکنان و مسئولین باشگاه ورزشی آلومینیوم‌سازی شهر اراک که در این پژوهش شرکت کردند، قدرانی می‌شود. پژوهش حاضر مستخرج از طرح تحقیقاتی مصوب در دانشگاه اراک بود که توسط معاونت پژوهشی تصویب و از آن حمایت مالی شده است. بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه اراک

سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Abedanzadeh, R., & Alboghobish, S. (2017). The effect of transcranial direct current stimulus on selective attention in dual task paradigm. *Journal of Applied Psychology Research*, 8(3), 1-14. doi: 10.22059/japr.2017.65032. In persian
2. Angius, L., Hopker, J., & Mauger, A.R. (2017). The ergogenic effects of transcranial direct current stimulation on exercise performance. *Frontiers in physiology*, 8, 90.
3. Arghami, S., Ghoreishi, A., Kamali, K., & Farhadi, M. (2013). Investigating the consistency of mental fatigue measurements by visual analog scale (vas) and flicker fusion apparatus. *Iranian Journal of Ergonomics*, 1(1), 66-72.
4. Bartlett, F.C. (1943). Ferrier lecture-fatigue following highly skilled work. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences*, 131(864), 247-257.
5. Boksem, M.A., Meijman, T.F., & Lorist, M.M. (2005). Effects of mental fatigue on attention: An erp study. *Cognitive brain research*, 25(1), 107-116.
6. Borducchi, D.M., Gomes, J.S., Akiba, H., Cordeiro, Q., Borducchi, J.H.M., Valentin, L.S.S., . . . Dias, Á.M. (2016). Transcranial direct current stimulation effects on athletes' cognitive performance: An exploratory proof of concept trial. *Frontiers in psychiatry*, 7, 183.
7. Borragán, G., Gilson, M., Guerrero-Mosquera, C., Di Ricci, E., Slama, H., & Peigneux, P. (2018). Transcranial direct current stimulation does not counteract cognitive fatigue, but induces sleepiness and an inter-hemispheric shift in brain oxygenation. *Frontiers in Psychology*, 9, 2351.
8. Brunoni, A.R., Nitsche, M.A., Bolognini, N., Bikson, M., Wagner, T., Merabet, L., . . . Pascual-Leone, A. (2012). Clinical research with transcranial direct current stimulation (tdcs): Challenges and future directions. *Brain stimulation*, 5(3), 175-195.
9. Clark, V.P., Coffman, B.A., Mayer, A.R., Weisend, M.P., Lane, T.D., Calhoun, V.D., . . . Wassermann, E.M. (2012). Tdcs guided using fmri significantly accelerates learning to identify concealed objects. *Neuroimage*, 59(1), 117-128.
10. Dana, A., Rafiee, S., Salehian, M. The Effect of Peripheral Fatigue on Temporal Properties of Mental Imagery among Unskilled and Skilled Swimmers. *Sport Psychology Studies*, 2018; 7(23), 179-204. doi: 10.22089/spsyj.2017.4468.1468. In persian
11. Edwards, D.J., Cortes, M., Wortman-Jutt, S., Putrino, D., Bikson, M., Thickbroom, G., & Pascual-Leone, A. (2017). Transcranial direct current stimulation and sports performance. *Frontiers in human neuroscience*, 11, 243.
12. Faber, L.G., Maurits, N.M., & Lorist, M.M. (2012). Mental fatigue affects visual selective attention. *PloS one*, 7(10).
13. Ferrucci, R., Vergari, M., Cogiamanian, F., Bocci, T., Ciocca, M., Tomasini, E., . . . Priori, A. (2014). Transcranial direct current stimulation (tdcs) for fatigue in multiple sclerosis. *NeuroRehabilitation*, 34(1), 121-127.
14. Flöel, A. (2014). Tdcs-enhanced motor and cognitive function in neurological diseases. *Neuroimage*, 85, 934-947.

15. Flood, A., Waddington, G., Keegan, R.J., Thompson, K.G., & Cathcart, S. (2017). The effects of elevated pain inhibition on endurance exercise performance. *PeerJ*, 5, e3028.
16. Fregni, F., Boggio, P.S., Nitsche, M., Berman, F., Antal, A., Feredoes, E., . . . Paulus, W. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Experimental brain research*, 166(1), 23-30.
17. George, M.S., & Aston-Jones, G. (2010). Noninvasive techniques for probing neurocircuitry and treating illness: Vagus nerve stimulation (vns), transcranial magnetic stimulation (tms) and transcranial direct current stimulation (tdcs). *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 301-316.
18. Grange, P., & Kerr, J.H. (2010). Physical aggression in Australian football: A qualitative study of elite athletes. *Psychology of Sport and Exercise*, 11(1), 36-43.
19. Heil, J., & Zealand, C. (2001). Psychological skills training manual, united states fencing association technical report (no. 10). *Colorado Springs, CO: United States Olympic Training Center*.
20. Hopkins, D., Shick, J., & Plack, J. (1984). *Aahperd skills test manual: Basketball for boys and girls*. Reston, VA: AAHPERD.
21. Hopstaken, J.F., van der Linden, D., Bakker, A.B., Kompier, M.A., & Leung, Y.K. (2016). Shifts in attention during mental fatigue: Evidence from subjective, behavioral, physiological, and eye-tracking data. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 42(6), 878.
22. Kamali, A. M., Saadi, Z. K., Yahyavi, S. S., Zarifkar, A., Aligholi, H., & Nami, M. (2019). Transcranial direct current stimulation to enhance athletic performance outcome in experienced bodybuilders. *PLoS one*, 14(8), e0220363.
23. Kumar, N., Wheaton, L.A., Snow, T.K., & Millard-Stafford, M. (2015). Exercise and caffeine improve sustained attention following fatigue independent of fitness status. *Fatigue: Biomedicine, Health & Behavior*, 3(2), 104-121.
24. Lorist, M. (2000). Klein m, nieuwenhuis s, de jong r, mulder g, meijman tf. Mental fatigue and task control: planning and preparation. *Psychophysiology*, 37, 614-625.
25. Marcora, S.M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of applied physiology*, 106(3), 857-864.
26. Martin, K., Meeusen, R., Thompson, K.G., Keegan, R., & Rattray, B. (2018). Mental fatigue impairs endurance performance: A physiological explanation. *Sports Medicine*, 48(9), 2041-2051.
27. Martin, K., Thompson, K.G., Keegan, R., Ball, N., & Rattray, B. (2015). Mental fatigue does not affect maximal anaerobic exercise performance. *European journal of applied physiology*, 115(4), 715-725.
28. Nitsche, M.A., Cohen, L.G., Wassermann, E.M., Priori, A., Lang, N., Antal, A., . . . Fregni, F. (2008). Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *Brain stimulation*, 1(3), 206-223.
29. Okano, A.H., Fontes, E.B., Montenegro, R.A., Farinatti, P.d.T.V., Cyrino, E.S., Li, L.M., . . . Noakes, T.D. (2015). Brain stimulation modulates the autonomic nervous system, rating of perceived exertion and performance during maximal exercise. *British journal of sports medicine*, 49(18), 1213-1218.

30. Rahimizadeh, M., Shahbazi, M., & Tahmasebi Boroujeni, S. (2017). The effect of different levels of mental fatigue on the emergence of especial skill in basketball free throw in male students. *Sport Psychology Studies*, 6(22), 1-14. In persian
31. Reis, J., Schambra, H.M., Cohen, L.G., Buch, E.R., Fritsch, B., Zarahn, E., . . . Krakauer, J.W. (2009). Noninvasive cortical stimulation enhances motor skill acquisition over multiple days through an effect on consolidation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(5), 1590-1595.
32. Seidel, O., & Ragert, P. (2019). Effects of transcranial direct current stimulation of primary motor cortex on reaction time and tapping performance: A comparison between athletes and non-athletes. *Frontiers in human neuroscience*, 13.
33. Shen, K.-Q., Li, X.-P., Ong, C.-J., Shao, S.-Y., & Wilder-Smith, E.P. (2008). Eeg-based mental fatigue measurement using multi-class support vector machines with confidence estimate. *Clinical Neurophysiology*, 119(7), 1524-1533.
34. Smith, M.R., Coutts, A.J., Merlini, M., Deprez, D., Lenoir, M., & Marcora, S.M. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(2), 267-276.
35. Smith, M.R., Marcora, S.M., & Coutts, A.J. (2015a). Mental fatigue impairs intermittent running performance. *Med Sci Sports Exerc*, 47(8), 1682-1690.
36. Smith, M.R., Marcora, S.M., & Coutts, A.J. (2015b). Mental fatigue impairs intermittent running performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(8), 1682-1690.
37. Soames-Job, R., & Dalziel, J. (2001). Defining fatigue as an condition of the organism and distinguishing it from habituation, adaptation and boredom. In P. A. Hancock & P. A. Desmond, *Stress, workload, and fatigue* (pp. 466-475). Mahwah, NJ: Erlbaum.
38. Stagg, C., Jayaram, G., Pastor, D., Kincses, Z., Matthews, P., & Johansen-Berg, H. (2011). Polarity and timing-dependent effects of transcranial direct current stimulation in explicit motor learning. *Neuropsychologia*, 49(5), 800-804.
39. Van Cutsem, J., Marcora, S., De Pauw, K., Bailey, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017). The effects of mental fatigue on physical performance: A systematic review. *Sports medicine*, 47(8), 1569-1588.
40. van der Linden, D. (2011). The urge to stop: The cognitive and biological nature of acute mental fatigue. In Ackerman P. L. (Ed.), *Cognitive fatigue: Multidisciplinary perspectives on current research and future applications* (pp. 149-164). Washington, DC: American Psychological Association.
41. Van der Linden, D., Frese, M., & Meijman, T.F. (2003). Mental fatigue and the control of cognitive processes: Effects on perseveration and planning. *Acta psychologica*, 113(1), 45-65.
42. Yang, Y., & Raine, A. (2009). Prefrontal structural and functional brain imaging findings in antisocial, violent, and psychopathic individuals: A meta-analysis. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 174(2), 81-88.
43. Zamani, G., & Doostan, M. R. (2018). The effect of transcranial direct current stimulation on working memory and reactiontime in athlete girls. *Neuropsychology*, 3(10), 51-62. In persian.

ارجاع‌دهی

بهرامی، علیرضا؛ مرادی، جلیل؛ و اطاعتی، زهرا. (۱۴۰۰). تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم مغز (tDCS) بر خستگی ذهنی و عملکرد بسکتبالیست‌ها. *مطالعات روان‌شناسی ورزشی*، ۱۰(۳۵)، ۸۶-۱۶۷. شناسه دیجیتال: 10.22089/spsyj.2020.8453.1917

Bahrami, A. R; Moradi, J; & Etaati, Z. (2021). The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation (TDCS) on Mental Fatigue and performance of Basketball Player. *Sport Psychology Studies*, 10(35), 167-86. In Persian. DOI: 10.22089/spsyj.2020.8453.1917