**Motor Behavior** **Volume 14, No 48, 2022, Page 161-184**

**Research Paper**

# The Effect of Sports Vision Training and Transcranial Direct-Current Stimulation on -Short-Term Visual Memory and Spatial Recognition Memory of Volleyball Players

**H. Baghande[1], F. Hosseini[2], J. Dehghanizade[3]**

1. Ph.D. in Motor Behavior, Department of Motor Behavior and Sport Management, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran
2. Associate Professor in Motor Behavior, Department of Motor Behavior and Sport Management, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran
3. Assistant Professor in Motor Behavior, Department of Motor Behavior and Sport Management, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran (Corresponding Author)

**Received: 2022/01/19** **Accepted: 2022/09/06**

## Abstract

The purpose of the present study was to investigate the effect of sport vision and tDCS training on the short-term visual memory and recognition memory of volleyball players. Thirty-six male volleyball players (aged between 18-27 years) were selected using the convenience sampling method. Then, they were randomly divided into three groups: control, sport vision, and tDCS training groups. To measure visual function, a pack of KANTIB software tests was used. The sport vision and tDCS training in intervention groups lasted for ten 20-minute sessions. A post-test was performed for both groups after 10 sessions of electronic stimulation of the skull indirectly. The covariance analysis test and Bonferroni post hoc test were used to analyze the results. The results of the present study showed a significant effect of tDCS training on volleyball players' vision compared to sport vision training. It can be concluded that tDCS training in the present study was suitable for improving visual function in both short-term visual memory and recognition memory. It could be used as an intervention method to improve volleyball players' visual function.

**Key words:** Sports Vision Training, TDCS, Volleyball Players

1. Email: hb.baghande13568@yahoo.com
2. Email: fhosseini2002@yahoo.com
3. Email: jalal.dehghanizade@yahoo.com

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

## Extended Abstarct

### Background and Purpose

The purpose of the present study was to investigate the effect of sport vision and tDCS training on the short-term visual memory and recognition memory of volleyball players. The vision system is one of the main sensory systems involved in the implementation of many sports skills, whose performance can be evaluated by measuring several skills. The evidence indicates that the visual system can be improved through special visual exercises like other body systems, so that the visual system, like the musculoskeletal system, will respond well to the principle of overload. Considering the role of the visual system in the superiority of elite sportsmen, the contradictory results of previous researches and a dearth of studies done on improving the visual performance of volleyball players using visual-sports exercises and tDCS, it seems necessary that this study deals with the effects of sports visual training and tDCS on visual short-term memory and spatial recognition memory of volleyball players.

### Materials and Methods

This study was quasi-experimental research with a pre-test-post-test design and a control group. Thirty-six male volleyball players with the age range of 18 to 27 years participated in this study.

Oasis Pro device (product of Mind Alive, Canada) was used for direct electrical stimulation of the brain. Based on previous studies, the primary visual cortex (V1) region was selected as the region receiving the stimulation. In the pre-test, the visual short-term memory test and the spatial recognition memory test of the volleyball players were measured as a pre-test using the instructions of the CANTAB software. In the visual short-term memory test, which evaluates the ability of perceptual adaptation and visual memory in recognizing four selected patterns, the participants were shown a complex visual pattern and after a short delay, four other complex patterns were shown. The participants should choose the pattern that matches the sample pattern or the pattern shown at the beginning, from among the four displayed patterns. In order to measure spatial recognition memory, several white squares were shown on the screen with different locations and the participants were required to choose a white square with a location similar to the pattern shown in the previous stage. The exercises used in this study included light stimulation, spiral rotation, string attached to the ball, swinging ball exercise, chasing the ball with the finger, rotating colors, and flipping cards. The mean and standard deviation of the data were calculated using descriptive statistics. To determine the normality of data distribution, the Shapiro-Wilk test was used. To check the homogeneity of variances, Levene's test, one-way analysis

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

of covariance and Bonferroni's posthoc test were used to analyze the effect of independent variables on dependent variables.

## Findings

The findings showed that there is a significant difference between the tDCS group and the sports visual training group as well as the control group. Therefore, it can be claimed that tDCS can improve the performance of the visual system. In their systematic review, the findings of Teixeira (2015), Teo (2011) and Makweini (2011) are in alignment with those of the present study, showing a significantly positive effect of tDCS on improving the visual dimension of memory. In explaining the effect of tDCS on visual performance, it can be said that tDCS stimulation, by changing the excitability of neurons and shifting the membrane potential of surface neurons in the direction of depolarization or hyperpolarization, causes more or less brain cells to fire. As a result, the function of brain neurons increases or decreases. Since the focus of tDCS stimulation on the skull is somewhat limited, therefore its functional effects appear directly in the limited area under the electrodes. It depends on the stimulation and the stimulated area in the brain. The perspective of dynamic systems considers the environment as an important factor in the development of motor skills and emphasizes that the factors affecting motor development include the characteristics of the motor task in relation to individual (biological and hereditary factors) and environment (factors of experience and learning). These factors are effective in the development of stable motor abilities, motor and manipulation skills. In the theory of dynamic systems, preliminary motor abilities are not so limited genetically as they cannot be adjusted. The results of the present study probably indicate the fact that electrical stimulation leads to the functional development of the sensory systems involved, so that by the disruption of one of the sensory inputs, the other sensory systems can provide appropriate feedback. In other words, the presentation of tDCS stimulation in the present study reduces the dependence on visual input and even neutralizes the effect of wrong visual input.

On the other hand, studies show that during a memory-related task, dopamine increases in the prefrontal areas. In other words, an increase in surface excitability in the prefrontal cortex causes an increase in dopamine release, which itself improves working memory. Dopaminergic stimulation may be necessary to maintain the activity of the prefrontal cortex and the working memory process. Thus, anodal tDCS improves the effects of stimulation, which probably increases the levels of glutamate, an amino acid associated with working memory and recognition memory.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

## Conclusion

The present study's findings are not in agreement with most of the results of previous studies that used intervention programs to improve visual memory. Ahmed et al. (2010) who investigated the effectiveness of vision training on a number of vision skills and visual perception skills concluded that the vision training program has a positive effect on improving visual and cognitive skills. In general, the results of the present study showed that direct electrical stimulation of the brain can be effective as a new method in addition to physical exercise in improving visual performance, which ultimately leads to better motor performance. Therefore, according to the study's findings, it is suggested that coaches at the high level of competition should use direct electrical stimulation in addition to physical exercise in order to improve cognitive and motor performance.

**Key words:** Sports Vision Training, TDCS, Volleyball Players

## References

1. Molero-Chamizo A, Bailén JR, Béjar TG, López MG, Rodríguez IJ, Lérida CG, Panal SP, Ángel GG, Corchero LL, Vega MJ, Nitsche MA. Poststimulation time interval-dependent effects of motor cortex anodal tDCS on reaction-time task performance. Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience. 2018 Feb;18(1):167-75.
2. Mulquiney PG, Hoy KE, Daskalakis ZJ, Fitzgerald PB. Improving working memory: exploring the effect of transcranial random noise stimulation and transcranial direct current stimulation on the dorsolateral prefrontal cortex. Clinical Neurophysiology. 2011 Dec 1;122(12):2384-9.
3. Nemanich ST, Rich TL, Gordon AM, Friel KM, Gillick BT. Bimanual skill learning after transcranial direct current stimulation in children with unilateral cerebral palsy: a brief report. Developmental neurorehabilitation. 2019 Oct 3;22(7):504-8.
4. Nitsche MA, Seeber A, Frommann K, Klein CC, Rochford C, Nitsche MS, Fricke K, Liebetanz D, Lang N, Antal A, Paulus W. Modulating parameters of excitability during and after transcranial direct current stimulation of the human motor cortex. The Journal of physiology. 2005 Oct;568(1):291-303.
5. Oliveira JF, Zanão TA, Valiengo L, Lotufo PA, Benseñor IM, Fregni F, Brunoni AR. Acute working memory improvement after tDCS in antidepressant-free patients with major depressive disorder. Neuroscience letters. 2013 Mar 14; 537:60-4.
6. Pixa NH, Pollok B. Effects of tDCS on bimanual motor skills: a brief review. Frontiers in behavioral neuroscience. 2018 Apr 4; 12:63.
7. Ryan K, Schranz AL, Duggal N, Bartha R. Differential effects of transcranial direct current stimulation on antiphase and inphase motor tasks: a pilot study. Behavioural brain research. 2019 Jul 2; 366:13-8.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

8. Roya Mehdipour , Mehdi Namazizadeh, Rokhsareh Badam , Hamid Mir Hosseini. Comparison of effects of the transcranial direct current stimulation (tDSC) of vision and motor cortex on learning of basketball free throw. Jornal of Development and motor learning (in persian). 2020; 12(2):117-131 .
9. Seidel-Marzi O, Ragert P. Neurodiagnostics in sports: Investigating the Athlete's brain to augment performance and sport-specific skills. Frontiers in human neuroscience. 2020 Apr 9; 14:133.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

رفتار حرکتی دوره ۱۴، شماره ۴۸، تابستان ۱۴۰۱.، صص ۱۸۴-۱۶۱

مقالهٔ پژوهشی

# تأثیر تمرینات بینایی–ورزشی و تحریک مستقیم الکتریکی مغز بر حافظهٔ کوتاه–مدت بینایی و حافظهٔ بازشناسی فضایی بازیکنان والیبال

حسن باغنده[1]، فاطمه‌سادات حسینی[2]، جلال دهقانی‌زاده[3]

۱. دانشجوی دکتری، ارومیه-دانشگاه ارومیه-دانشکده تربیت بدنی
۲. دانشیار هیئت علمی
۳. استادیار، عضو هیئت علمی/ دانشکده علوم ورزشی /دانشگاه ارومیه / ارومیه/ ایران (نویسنده مسئول)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۵

## چکیده

**این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تمرینات بینایی-ورزشی و تحریک مستقیم الکتریکی مغز بر عملکرد بینایی بازیکنان والیبال انجام شد. سی‌وشش بازیکن مرد والیبال با دامنه سنی ۱۸ تا ۲۷ سال با روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. سپس نمونه‌ها به‌صورت تصادفی به سه گروه ۱۲ نفری تمرینات بینایی-ورزشی، tDCS و کنترل تقسیم شدند. برای ارزیابی عملکرد بینایی از مجموعه آزمون‌های نرم‌افزاری کانتب استفاده شد. تمرینات بینایی-ورزشی و tDCS به‌مدت ۱۰ جلسه و هر جلسه ۲۰ دقیقه روی گروه‌های مداخله اعمال شد. پس از ۱۰ جلسه تحریک مستقیم الکتریکی مغز و تمرینات بینایی-ورزشی، از هر سه گروه پس‌آزمون گرفته شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل کُواریانس و آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد. یافته‌های پژوهش نشان داد، tDCS برخلاف تمرینات بینایی-ورزشی تأثیر معناداری بر عملکرد بینایی داشت ($P<0.05$)؛ بنابراین مداخله tDCS برای بهبود عملکرد بینایی در دو بعد حافظهٔ کوتاه‌مدت بینایی و حافظهٔ بازشناسی فضایی مناسب است و می‌تواند برای بهبود حافظه به کار گرفته شود.**

**واژگان کلیدی:** تمرینات بینایی-ورزشی، تحریک مستقیم الکتریکی مغز، والیبالیست‌ها.

1. Email: hb.baghande13568@yahoo.com
2. Email: fhosseini2002@yahoo.com
3. Email: jalal.dehghanizade@yahoo.com

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

## مقدمه

سیستم بینایی یکی از اصلی‌ترین سیستم‌های حسی دخیل در اجرای بسیاری از مهارت‌های ورزشی است که عملکرد آن را می‌توان با سنجیدن مهارت‌های متعددی ارزیابی کرد (۱). قهرمانان در هر سطحی از توانایی می‌توانند از تمرینات بینایی به‌منظور بهبود عملکرد ورزشی خود استفاده کنند. مهارت‌های بینایی قهرمانان (با هر سطحی از توانایی) آن‌ها را قادر به تشخیص سریع و دقیق پردازش اطلاعات می‌سازد که این امر اولین گام برای آماده‌سازی بدن به‌منظور ایجاد پاسخ مناسب در طول مسابقه است (۲). هنگامی که یک شیء در محیط حرکت می‌کند، زاویهٔ شیء نسبت به چشم در طول زمان تغییر کرده و جریان بینایی ایجاد می‌کند که این جریان بینایی موجب دراختیار قرارگرفتن اطلاعات زیادی دربارهٔ حرکت برای فرد مجری می‌شود (ریچارد و اشمیت، ۲۰۰۴). عملکرد سیستم بینایی را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد: حافظه بینایی و مهارت‌های بینایی (۳). حافظه بینایی برای مدیریت بخشی از اطلاعات استفاده می‌شود و این اطلاعات به‌منظور بهره‌وری بیشتر توسط مغز دسته بندی می‌شوند. دسته‌بندی اطلاعات به مغز این امکان را می‌دهد که بخش بیشتری از اطلاعات را ذخیره و پردازش کند (۳). همچنین اصطلاح «مهارت‌های بینایی» شامل تمامی عوامل عصبی و عضلانی چشم است که با هم به واکنش یا بینایی ارادی فعال منجر می‌شود. این عوامل به عوامل حسی-عصبی و عصبی-عضله‌ای چشم و شبکه محدود نیستند؛ بلکه دروندادها و بروندادها را با عوامل عصبی شناختی در بر می‌گیرند (۳).

پژوهش‌ها حاکی از آن است که کیفیت تصمیم‌گیری به مقدار و نوع اطلاعات ذخیره‌شده در حافظه بستگی دارد (۴). حافظه بینایی می‌تواند با برنامه‌های مداخله‌ای بهبود یابد، اما تمرین عمومی بر حافظه بینایی اثرگذار نخواهد بود؛ بلکه تمرینات باید به‌گونه‌ای ویژهٔ ورزش طرح‌ریزی شود (۵). کان و چیلیک نشان دادند، تعداد بسیار معدودی از ورزشکاران المپیک از تمرینات خاص برای ارتقای بینایی ورزشی خود استفاده می‌کنند (۶). یکی از تمرینات اختصاصی بینایی که مخصوص ورزشکاران است، تمرینات ریون و گیوبر است که به‌منظور ارتقای عملکرد بینایی ازجمله حافظه بینایی، حرکات ساکادی و سهولت تطابقی چشم و بینایی پیرامونی طراحی شده است (۷).

شواهد حاکی از آن است که سیستم بینایی را می‌توان از طریق تمرین‌های بینایی خاص مانند دیگر سیستم‌های بدن بهبود بخشید؛ به‌طوری‌که سیستم بینایی مانند سیستم عضلانی-اسکلتی به‌خوبی به اصل اضافه‌بار پاسخ خواهد داد (۸). حتی می‌توان اجزای ادراکی سیستم بینایی را از طریق تمرین‌های بینایی ورزشی بهبود بخشید (۶). مربیان و بازیکنان معتقدند، عملکرد بینایی یکی از مهم‌ترین عناصری است که باید به هنگام تمرین زمان معناداری را به آن اختصاص داد. درحالی‌که ورزشکاران زمان

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

زیادی را صرف ارتقای عملکرد خود از طریق تمرینات قدرتی و تمرینات خاص رشتۀ ورزشی خود می‌کنند، اغلب زمان اندکی را به بهبود عملکرد بینایی خود اختصاص می‌دهند (۹). بهبود عملکرد بینایی می‌تواند از عوامل موردنیاز برای ورزشکاری باشد که قصد دارد به سطح عملکردی بالاتری دست یابد (۹). بازیکنان نخبه دارای برترین مهارت‌های بینایی هستند و برخی از بازیکنان برای بهبود این عوامل به تمرین نیاز دارند تا بتوانند تاکتیک بازی را براساس اطلاعات بینایی دریافت کرده و اطلاعات بینایی موجود براساس تجربه‌های قبلی در زمین بازی را اجرا کنند (۱۰). امروزه تمرینات والیبال به‌طور کامل شامل تمرین بدنی و ذهنی است. بینایی شاید آخرین عامل توجه‌شده در تمرینات رشتۀ والیبال باشد؛ درحالی‌که با توجه به شرایط موجود در این رشته باید جزو اولین عوامل تمرینی باشد (۱۱). به‌طورکلی می‌توان گفت، تمرین عامل بسیار مهمی در ارتقای عملکرد شناختی و حرکتی است (۱۲). در صورت ثابت نگه‌داشتن سایر عوامل، عملکرد با تمرین بهبود می‌یابد (۱۳). شاید به‌دلیل نداشتن دانش درباره متغیرها، جلسات تمرینی آنچنان کارآمد نباشد. از سوی دیگر، به‌دلیل کمبود فرصت تمرین و یادگیری کم در هر جلسه تمرینی، بهینه‌سازی شرایط تمرین از اهمیت بسزایی برخوردار است و این اصل، اهمیت بیشترین استفاده از تمرین را افزایش می‌دهد.

در سال‌های گذشته محققان زیادی در تلاش بودند تا با استفاده از فناوری‌های مختلف راهی برای افزایش پتانسیل یادگیری پیدا کنند و روش‌های تمرینی مختلفی را ارائه کردند (۱). یکی از فناوری‌های مرتبط با بهبود عملکرد حرکتی و شناختی، استفاده از تحریک مستقیم الکتریکی مغز[1] (tDCS) است که از آن برای تحریک نورون‌های مغزی و دستکاری عملکرد مغز استفاده می‌شود تا از طریق مکانیسم اثر مشابه با تمرین بدنی همچون افزایش مدت‌زمان اتصال سیناپسی، تقویت اتصال سیناسی و تعداد تکانه های عصبی به بهترشدن عملکرد کمک کند (۱۴). تحریک مستقیم الکتریکی مغز شکل غیرتهاجمی تحریک مغزی است که در آن جریان مستقیم الکتریکی از طریق الکترودهای پهنی از جمجمه به قشر مخ منتقل می شود (۴). درمجموع باید گفت که دو عامل زمینه‌ساز معروف‌شدن و عمومیت‌یافتن این تکنیک شده است: ۱- مطالعۀ مکانیزم‌های مغزی که نتایج آن تکنیک‌های تحریک مغزی را از حیث درمانی تأیید کرده است و ۲- وجود استانداردهای ایمن و نبود اثرات زیان‌بخش در این دستگاه (۱۵).

در رابطه با تکنیک تحریک مغزی مواردی از قبیل مکان قراردادن الکترودها، امنیت این روش و مکانیسم‌های فیزیولوژیک اثربخش باید مدنظر قرار گیرند. نحوۀ کارکرد آن به این صورت است که

1. Transcranial Direct Current Stimulation

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

دو الکترود (یکی قطب مثبت و دیگری قطب منفی که به دستگاه تحریک الکتریکی وصل شده‌اند) از طریق یک پد اسفنجی که با محلول رسانا خیس شده است، روی سر قرار می‌گیرند. جریان الکتریکی توسط این الکترودها پس از عبور از نواحی مختلف (پوست سر، جمجمه و...) خود را به سطح قشر مغز می‌رساند. جریانی که به این ناحیه می‌رسد، نورون‌ها را دارای بار الکتریکی می‌کند و باعث ایجاد قطب مثبت و منفی شده که به تغییر فعالیت آن ناحیه منجر می‌شود (۱۶).

پژوهش‌هایی درباره تأثیر tDCS بر بهبود عملکرد حرکتی و شناختی انجام شده‌اند تا ورزشکاران بهترین عملکرد را در زمین بازی و زمانی که به چالش اصلی مسابقه کشیده می‌شوند، انجام دهند (۱۷-۲۲، ۷). این پژوهش‌ها نشان داده‌اند که پالس‌های ایجادشده توسط tDCS به منطقه مشخص‌شده از جمجمه می‌توانند موجب دپولاریزاسیون شوند. جریان‌های الکتریکی مستقیم و ضعیف که به قشر مغز می‌رسند، در سطح نورون‌ها یا سلول‌های مغزی در ناحیه قطب مثبت باعث دپولاریزاسیون و در ناحیه قطب منفی موجب هیپرپلاریزاسیون در سطح سلول مغزی می‌شوند. این عمل باعث ورود کلسیم به داخل سلول شده و درنتیجه باعث افزایش فعالیت سلولی می‌شود. خود این عمل باعث افزایش میزان گلوکز و اکسیژن در آن ناحیه می‌شود. این عمل از طریق ایجاد ارتباطات جدید بین سلول‌ها و ایجاد ارتباط سلول‌های سالم با سلول‌های آسیب‌دیده به بهبود یا افزایش توان عملکرد در آن ناحیه می‌انجامد (۲۳). کی و همکاران در پژوهش خود تلاش کردند تا اثرات tDCS را بر تغییرپذیری عملکرد در طول تمرینات حافظهٔ کاری در افراد سالم بررسی کنند. بدین‌منظور برای بررسی اثرات تمرین، پیش‌آزمون و پس‌آزمون در نظر گرفته شد. در شروع هر جلسه تمرینی، تکالیف حافظهٔ کاری با بار ثابت اجرا شد تا تغییرپذیری اجرا در طول تمرین بررسی شود. زمانی که تمرینات حافظهٔ کاری در ترکیب با tDCS انجام شد، میزان یادگیری بیشتری را در طول تمرین در مقایسه با گروه کنترل نشان داد. همچنین در انتقال تکالیف حافظهٔ کاری مشابه تمرین‌نشده، گروه عملکردی فعال، در سطوح بالاتری در مقایسه با گروه کنترل قرار گرفت (۲۴). مطابق مطالعهٔ مروری باچ و همکاران، نتایج تقریباً از نقش tDCS در اکتساب مهارت‌های حرکتی حمایت می‌کنند، اما در ارتباط با نقش tDCS بر عملکرد بینایی به انجام پژوهش‌های بیشتری نیاز است (۲۵). انصاری و همکاران در پژوهش خود به تأثیر تحریک مکرر مغناطیسی مغز بر حافظهٔ بینایی زنان ورزشکار نخبه پرداختند که با استفاده از نرم‌افزار کانتب سنجیده شد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تحریک مکرر مغناطیسی بر حافظهٔ کوتاه‌مدت بینایی این ورزشکاران تأثیر معنادار دارد، ولی درباره حافظهٔ بازشناسی فضایی این تأثیر ملاحظه نشد (۳۸). اثرات استفاده از tDCS در برخی از پژوهش‌ها کم و بیش متناقض گزارش شده است.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

این در حالی است که استفاده از تمرینات بینایی و tDCS در رشته‌های مختلف ورزشی به‌صورت کاربردی در حال گسترش است. تیم ملی بسکتبال آمریکا، لوژسواری و همچنین بازیکنان ورزش‌های سرعتی از اولین تیم‌هایی بودند که از چنین برنامه تمرینی بینایی استفاده کردند (۲۶). برنامه تمرینی بینایی، اغلب موجب بهبود توانایی مغز در پردازش اطلاعات بینایی و توانایی بدن در پاسخ به آن‌ها می‌شود و بر بهبود دوربینی و نزدیک‌بینی تأثیر ندارد (۲۷، ۹). همچنین کوهن (۱۹۸۸) و پائول و همکاران (۲۰۱۱) بهبود توانایی بینایی ورزشکاران را برای یادگیری و پالایش مهارت‌ها در نتیجهٔ یک دوره تمرینات بینایی نشان دادند. ملاحی و همکاران نیز نشان دادند، تمرینات بینایی سبب بهبود مهارت‌های بینایی می‌شود (). با وجود مدارک مبتنی‌بر اثربخشی تمرینات بینایی بر اجراهای ورزشی، برخی یافته‌های متناقض نیز در این زمینه وجود دارد؛ برای مثال، وود و آبرنتی[1] نشان دادند که چهار هفته تمرینات بینایی اثر مثبت بر عملکرد ورزشکاران راکتی ندارد (۷). پژوهش‌ها نشان داده‌اند، زمان تمرکز بینایی عامل مهمی در عملکرد بهینهٔ بازیکنان ماهر رشته‌های ورزشی بیلیارد (ویلیامز و همکاران، ۲۰۱۲)، شلیک تپانچه (چنل و همکاران، ۲۰۰۰)، دریافت سرویس والیبال (ویکرز و ادالف، ۱۹۹۷)، ضربهٔ گلف (ویکرز، ۱۹۹۲) و پرتاب دارت (ویکرز و همکاران، ۲۰۰۰) محسوب می‌شود. بینایی به‌ویژه در رشته‌های توپی مانند والیبال از اهمیت بسیار برخوردار است؛ زیرا در این رشته سرعت توپ زیاد است و ورزشکار برای ارائه پاسخ به شدت در محدودیت زمانی قرار دارد و باید اطلاعات بینایی را در کسری از ثانیه پردازش کند. از طرفی، تحریک الکتریکی مستقیم جمجمه نیز به‌منظور پاسخ به پرسش‌های متعددی در علوم عصب‌شناختی و توانایی آن در بهبود رفتار، با شواهدی اندک در چند سال گذشته (ارکان و یاریاری، ۲۰۱۴؛ ارجمندنیا، ۲۰۱۶؛ رستمی، ۲۰۱۶؛ خوش سرور، ۲۰۱۲؛ سنجانی و همکاران، ۲۰۱۵) همراه بوده است؛ به عبارت دیگر، در ورزش‌های تیمی و نیازمند قطع جریان توپ مانند والیبال، افراد باید برای انجام یک عمل مناسب، آرایهٔ اطلاعات ادراک بینایی حاصل از محیط را در بازهٔ زمانی کوتاه پردازش کنند. برخورداری از مهارت‌هایی مثل حافظهٔ بینایی و حافظهٔ بازشناسی فضایی (موقعیت هم‌تیمی‌ها و رقبا در زمین) می‌تواند نقش مهمی در افزایش سرعت ادراک الگوهای بینایی و برنامه‌ریزی و پیش‌بینی کارآمدتر اعمال در چنین موقعیت‌های پرسرعت و دارای محدودیت زمانی ایفا کند. از این لحاظ، هرگونه بهبود در فرایندهای مربوط به حافظه و بازشناسی اطلاعات بینایی ارزشمند تلقی شده است؛ زیرا در بسیاری از پژوهش‌ها، تفاوت ماهر-مبتدی در عملکردهای مربوط به حافظه و بازشناسی الگو مشاهده شده است؛ با وجود این، در پژوهش‌ها دربارهٔ

1. Wood & Abernethy

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

اثربخشی تمرینات بینایی یعنی بهبودیافتن کارکردهای بینایی بر اثر تمرینات بینایی، نتایج متضادی حاصل شده است و درحالی‌که برخی پژوهش‌ها این تمرینات را سودمند یافته‌اند، سایر پژوهش‌ها نتوانسته‌اند شواهدی مبنی‌بر اثربخشی تمرینات بینایی بر بهبود عملکردهای ادراکی و حرکتی را نشان دهند؛ بنابراین به پژوهش‌های بیشتری نیاز است تا ابهام‌ها کاهش یابند. به‌طور ویژه، در این پژوهش درصدد مقایسهٔ تمرینات بینایی با یک دوره مداخلهٔ tDCS بودیم تا مشخص شود که آیا این روش‌ها اثرات متفاوتی بر عملکرد حافظهٔ بینایی و بازشناسی فضایی در بازیکنان رشتهٔ والیبال (به‌عنوان یک رشتهٔ ورزشی سریع و به‌شدت محدودشده از نظر زمان) دارند. نتایج این پژوهش هم از جنبهٔ نظری و هم از جنبهٔ کاربردی اهمیت دارد. از جنبهٔ نظری، فرضیهٔ خبرگی ادراکی[1] بیان می‌کند، بهبود در عملکرد ادارکی عامل کلیدی در بهبود عملکرد حرکتی خواهد بود؛ بنابراین، نتایج این پژوهش شواهدی را از تمرین‌پذیری عناصر ادراکی ناشی از ترمینات بینایی در مقایسه با tDCS فراهم خواهد کرد. از بعد کاربردی نیز دست‌اندرکاران در حوزه اکتساب مهارت‌های حرکتی و ورزشی قادر خواهند بود تصمیم‌های مناسب‌تری دربارهٔ استفاده از روش‌های ارتقای خبرگی ادراکی (تمرینات بینایی در مقایسه با tDCS) در جلسات تمرینی خود بگیرند.

از طرفی مطالعات پیشین دربارهٔ انجام مداخلات به‌منظور بهبود کارکردهای شناختی ورزشکاران، در استفاده از مداخلات تهاجمی یا غیرتهاجمی، شناختی یا جسمانی و حرکتی یا ادراکی هنوز به اجماع نرسیده‌اند و در زمینه شناسایی برترین مداخله با توجه به برآورد اثرگذاری مداخله، هنوز ابهام وجود دارد.

در نتایج پژوهش‌های گذشته در زمینه اثربخشی تمرینات بینایی و کاربرد tDCS جمع‌بندی قطعی وجود ندارد و به‌همراه یکدیگر نیز در پژوهش‌ها استفاده نشده‌اند. همچنین با توجه به نقش سیستم بینایی در برتری ورزشکاران نخبه ورزشی در رشته‌های مختلف که هرکدام به‌طور متفاوت از بینایی برای بهبود عملکرد خود استفاده می‌کنند و نتایج متناقض پژوهش‌های گذشته و کمّی که در زمینه بهبود عملکرد بینایی بازیکنان والیبال با استفاده از تمرینات بینایی-ورزشی و tDCS صورت گرفته است، چنین به نظر می‌رسد که ضروری است این پژوهش در زمینه اثرات تمرینات بینایی-ورزشی و tDCS بر حافظه کوتاه‌مدت بینایی و حافظه بازشناسی فضایی بازیکنان والیبال انجام شود. حال سؤال این است که آیا تمرینات بینایی-ورزشی و تحریک مستقیم الکتریکی مغز می‌تواند بر عملکرد بینایی (حافظه کوتاه‌مدت بینایی و حافظه بازشناسی فضایی) بازیکنان والیبالیست اثر داشته باشد؟

1. Perceptual Expertise Hypothesis

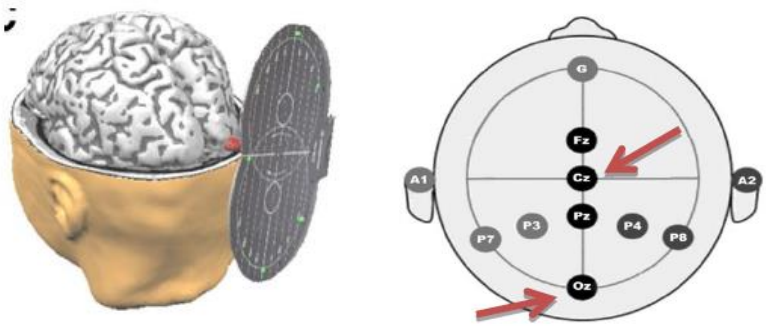
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

## روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود. سی‌وشش والیبالیست مرد با دامنهٔ سنی ۱۸ تا ۲۷ سال در این پژوهش شرکت کردند. شرکت‌کنندگان والیبالیست در لیگ‌های مختلف کشور با سابقه حداقل چهار سال فعالیت در رشته ورزشی والیبال و دارای کارت بازی، به روش نمونه‌گیری دردسترس در پژوهش شرکت کردند. رضایت‌نامه توسط نمونه‌های پژوهش تکمیل شد و در جلسه‌ای که تشکیل شد، فرایند و روند پژوهش به‌طور کامل به اطلاع بازیکنان رسید. همچنین به ورزشکاران اطلاع‌رسانی شد که هیچ‌گونه خطری به‌ویژه در زمان استفاده از tDCS متوجه آن‌ها نخواهد شد.

**ابزارهای پژوهش عبارت‌اند از:**

دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم جمجمه: برای تحریک مستقیم الکتریکی مستقیم مغز از دستگاه Oasis Pro(محصول کمپانی Mind Alive) کانادا استفاده شد. این دستگاه می‌تواند تا ۲/۲ میلی‌آمپر شدت جریان را ارائه کند و حداکثر ولتاژ تعیین‌شده در آن برای ۳۵ ولت تعیین شده است. موقعیت الکترودها در tDCS به‌منظور تعیین اثربخشی تحریک بسیار مهم است. در این پژوهش و با استناد به پژوهش‌های قبلی، منطقه قشر اولیه بینایی (V1) با توجه به نقش بسزایی که در عملکرد بینایی دارد، به‌عنوان منطقهٔ دریافت‌کننده تحریک انتخاب شد. با استفاده از سیستم بین‌المللی ۲۰-۱۰، منطقه Oz به‌عنوان نمایندهٔ منطقه V1 تحریک شد؛ به این ترتیب تحریک آند روی ناحیهٔ Oz و تحریک کاتد در ناحیهٔ Ofc انجام شد (شکل شماره یک).




**شکل ۱- مکان تحریک**

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

آزمون کانتب (CANTAB): به‌منظور ارزیابی عملکرد بینایی از مجموعه آزمون‌های نرم‌افزاری کانتب استفاده شد. کانتب مجموع آزمون‌های خودکار عصب‌روان‌شناختی است که توسط دانشگاه کمبریج تدوین شد و برای ارزیابی عملکرد و پردازش‌های عصبی متفاوت ازقبیل سرعت حرکتی، توان‌های استدلال و برنامه‌ریزی، حافظه و توجه، اختلال گیجگاهی و هیپوکامپ طرح‌ریزی شده است، این آزمون به زبان و جنسیت غیرحساس است (۲۹، ۲۸). کانتب شامل چهار مقیاس است که هر مقیاس آزمون‌های متنوع دارد. در این پژوهش از دو آزمون حافظه کوتاه‌مدت بینایی (DMS) و آزمون حافظه بازشناسی فضایی (SRM) استفاده شد. مقیاس حافظه در آزمون کانتب حاوی چهار آزمون است که در این پژوهش از دو آزمون حافظه کوتاه‌مدت بینایی (DMS) و آزمون حافظه بازشناسی فضایی (SRM) استفاده شد. آزمون غربالگری حرکتی (MOT) نیز از همه شرکت‌کننده‌ها براساس دستورالعمل مجموعه آزمون‌های کانتب گرفته شد. همان‌طورکه بیان شد، آزمون مدنظر، آزمونی مستقل از فرهنگ و زبان است؛ بنابراین با توجه به تأییدشده‌بودن اعتبار آن، در جوامع مختلف ازجمله در تعدادی از پژوهش‌های انجام‌شده در داخل کشور از این آزمون استفاده شده است.

آزمون حافظه کوتاه‌مدت بینایی: این آزمون توانایی تطبیق ادراکی و حافظه بینایی در بازشناسی چهار الگوی انتخابی را ارزیابی می‌کند. به شرکت‌کنندگان یک الگوی پیچیده بصری نشان داده می‌شود و پس از تأخیر کوتاهی چهار الگوی پیچیده دیگر نشان داده می‌شود. شرکت‌کنندگان باید از بین چهار الگوی نمایش‌داده‌شده، الگویی را انتخاب کنند که منطبق با الگوی نمونه یا الگوی نشان‌داده‌شده در ابتداست. در برخی از آزمون‌ها الگوی نمونه و الگوهای انتخابی بدون تأخیر و به‌صورت هم‌زمان نشان داده می‌شود؛ درحالی‌که در برخی دیگر الگوهای انتخابی با تأخیر ۰/۴ تا ۱۲ ثانیه‌ای پس از الگوی نمونه نشان داده می‌شوند. در این آزمون علاوه بر اینکه حافظه کوتاه‌مدت بینایی سنجیده می‌شود، زمان واکنش افراد در انجام این تکلیف نیز به‌عنوان متغیری جداگانه گزارش می‌شود. مدت‌زمان اجرای آزمون هشت دقیقه است. نمره حاصل‌شده از این آزمون امتیاز پاسخ‌های صحیح شرکت‌کننده است.

آزمون حافظه بازشناسی فضایی (SRM): این آزمون دو مرحله دارد: مرحله ارائه یا مرحله نمایش: یک مربع سفید در مکان‌های مختلف روی صفحه نمایش نشان داده می‌شود؛ مرحله بازشناسی: چند مربع سفید روی صفحه نمایش با موقعیت مکانی متفاوت نشان داده می‌شود و شرکت‌کنندگان به انتخاب مربع سفید با موقعیت مکانی مشابه با الگوی نشان‌داده‌شده در مرحله قبلی موظف‌اند .مدت‌زمان اجرای آزمون پنج دقیقه است. نمره به‌دست‌آمده از این آزمون امتیاز پاسخ‌های صحیح شرکت‌کننده‌هاست.

آزمون غربالگری حرکتی (MOT): آزمون غربالگری حرکتی آزمونی از مجموعه آزمون‌های کانتب است که باید در ابتدای هر جلسه آزمون گرفته شود. در این آزمون مجموعه‌ای از ضرب‌درها در مکان‌های

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

متفاوتی از مانیتور نمایش داده می‌شود. آزمون‌دهنده‌ها باید با یکی از انگشتان خود روی ضرب‌در نمایش‌داده‌شده تماس برقرار کنند. این آزمون دو هدف دارد: به‌عنوان تمرینی برای اطمینان حاصل‌کردن از اینکه شرکت‌کننده‌ها از نظر حرکتی می‌توانند با دقت تماس برقرار کنند؛ اندازه‌گیری دقت و سرعت شرکت‌کنندگان به‌عنوان شاخصی‌هایی از مهارت‌های حرکتی.

تمرینات منتخب بینایی-ورزشی: تمرینات بینایی این پژوهش شامل تمرینات بینایی-ورزشی مخصوص ورزشکار ریون و گیوبر (۱۹۸۱) است که به‌منظور ارتقای مهارت‌های بینایی اصلی ازجمله حافظه بینایی، حرکات ساکادی و سهولت تطابقی چشم و بینایی پیرامونی طراحی شده است و اولین تمرینات بینایی استاندارد در حیطه بینایی‌سنجی است. تمرینات به‌کاررفته در این پژوهش شامل تحریک نوری، چرخش حلزونی، ریسمان متصل به توپ، تمرین با توپ در حال نوسان، تعقیب توپ با انگشت، رنگ‌های چرخنده، گوی در کارتن، کارت‌های پشت و رو شونده و کشیدن طناب است. در پژوهش‌های بسیار، این تمرینات استانداردسازی‌شده به کار رفته است (۳۰).

روش اجرا: بعد از مشخص‌شدن نمونه‌ها و تشریح کامل مراحل پژوهش، بازیکنان والیبال رضایت‌نامه را تکمیل کردند. سپس طبق دستورالعمل‌های متغیر وابسته، پیش‌آزمون گرفته شد و نمونه‌ها به‌طور تصادفی به سه گروه تمرینات بینایی-ورزشی (۱۲ نفر)، tDCS (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. در پیش‌آزمون با استفاده از دستورالعمل نرم افزار کانتب، آزمون حافظه کوتاه‌مدت بینایی و آزمون حافظه بازشناسی فضایی بازیکنان والیبال به‌عنوان پیش آزمون سنجیده شد.

در آزمون حافظه کوتاه‌مدت بینایی که توانایی تطبیق ادراکی و حافظهٔ بینایی در بازشناسی چهار الگوی انتخابی را ارزیابی می‌کند، روش اجرای آزمون به این شکل بود که به شرکت‌کنندگان یک الگوی پیچیدهٔ بصری و پس از تأخیری کوتاه، چهار الگوی پیچیده دیگر نشان داده شد. شرکت‌کنندگان می‌بایست از بین چهار الگوی نمایش‌داده‌شده الگویی را انتخاب کنند که با الگوی نمونه یا الگوی نشان‌داده‌شده در ابتدا منطبق بود. در برخی از آزمون‌ها الگوی نمونه و الگوهای انتخابی بدون تأخیر و به‌صورت هم‌زمان نشان داده می‌شد؛ درحالی‌که در برخی از آزمون‌های دیگر الگوهای انتخابی با تأخیر ۰/۴ تا ۱۲ ثانیه‌ای پس از الگوی نمونه ارائه می‌شد. مدت‌زمان اجرای آزمون هشت دقیقه بود. پاسخ‌های صحیح شرکت‌کننده نمرهٔ این آزمون را تشکیل می‌داد.

برای سنجش حافظه بازشناسی فضایی نیز چند مربع سفید روی صفحه نمایش با موقعیت مکانی متفاوت نشان داده می‌شد و شرکت‌کنندگان به انتخاب مربع سفید با موقعیت مکانی مشابه با الگوی نشان‌داده‌شده در مرحله قبلی موظف بودند. مدت‌زمان اجرای آزمون پنج دقیقه بود. پاسخ‌های صحیح شرکت‌کننده‌ها نمرهٔ این آزمون را تشکیل می‌داد.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

سپس مداخلات هر گروه به‌طور مجزا انجام شد. گروه اول تمرینات بینایی-ورزشی را به‌مدت ۱۰ جلسه و هر جلسه ۲۰ دقیقه انجام داد. فاصله بین جلسات تمرینی سه روز بود. تمرینات بینایی این پژوهش شامل تمرینات بینایی-ورزشی مخصوص ورزشکار ریون و گیوبر (۱۹۸۱) بود که اولین تمرینات بینایی استاندارد در حیطه بینایی‌سنجی است و به‌منظور ارتقای عملکرد بینایی ازجمله حافظهٔ بینایی، حرکات ساکادی و سهولت تطابقی چشم و بینایی پیرامونی طراحی شده است. در پژوهش‌های بسیار، این تمرینات استانداردسازی‌شده به کار رفته است (۲۲). تمرینات به‌کاررفته در این پژوهش شامل تحریک نوری، چرخش حلزونی، ریسمان متصل به توپ، تمرین با توپ در حال نوسان، تعقیب توپ با انگشت، رنگ‌های چرخنده و کارت‌های پشت و رو شونده بود.

در گروه دوم تحریک مستقیم الکتریکی مغز طی ۱۰ جلسه و به‌مدت ۲۰ دقیقه با شدت یک میلی‌آمپر انجام شد. فاصله بین جلسات تحریک سه روز بود. آزمودنی‌ها با مراجعه به اتاق روی صندلی می‌نشستند. پس از آنکه منطقه مدنظر تحریک الکتریکی توسط آزمونگر مشخص شد، الکترودها داخل پارچه‌های اسفنجی ۵ * ۷ سانتی‌متری آغشته به محلول کلرید سدیم که باعث تسهیل جریان الکتریکی می‌شود، قرار داده شدند. سپس الکترودها به‌مدت ۲۰ دقیقه روی منطقه مدنظر قرار داده شدند. از اثرات جانبی تحریک، خارش خفیف در زیر الکترود بود که آزمودنی‌ها در طول تحریک گزارش دادند. در پژوهش‌های قبلی نیز این اثرات جانبی در آزمودنی‌های سالم و بیماران با اختلالات نورولوژیک متفاوت گزارش شده است (۲۹، ۲۸). شایان ذکر است، تعیین مدت‌زمان مداخلات (۲۰ دقیقه در هر جلسهٔ تمرینی) براساس مطالعات قبلی و مداخلات اخیر که در زمینهٔ مداخلات حرکتی انجام شده است، تعیین شد. بسیاری از پژوهش‌ها که از مداخلات مختلف شناختی استفاده کرده‌اند، مدت‌زمان ۲۰ دقیقه در هر جلسه را مدنظر قرار داده‌اند. همچنین پژوهش‌ها نشان داده‌اند، این مدت درون دامنهٔ معمول مداخلات tDCS است؛ برای مثال، کامینسکی و همکاران به‌مدت ۲۰ دقیقه از tDCS برای یادگیری حرکتی جوانان و سالمندان استفاده کردند ()؛ بنابراین در این پژوهش از مدت‌زمان ۲۰ دقیقه مداخله در هر جلسهٔ تمرینی برای هر دو گروه آزمایشی پژوهش استفاده شد.

گروه سوم که گروه کنترل بود، هیچ نوع برنامه تمرینی یا تحریک الکتریکی در طول پژوهش نداشت. پس از انجام برنامه‌های مداخله‌ای، از هر سه گروه آزمون یادداری آنی بلافاصله و بعد از دو هفته بی‌تمرینی گرفته شد.

با استفاده از آمار توصیفی میانگین و انحراف استاندارد داده‌ها محاسبه شد. برای تعیین نرمال‌بودن توزیع داده‌ها با توجه به تعداد نمونه (۳۶ نفر) از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. به‌منظور بررسی تجانس واریانس‌ها از آزمون لون و از آزمون تجزیه و تحلیل کُواریانس یک‌راهه و آزمون تعقیبی

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

بنفرونی برای تحلیل تأثیر متغیرهای مستقل بر وابسته استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس نسخه ۲۲ استفاده شد و تمام تحلیل‌ها در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام گرفت.

## نتایج

جدول شماره یک، میانگین و انحراف معیار حافظهٔ کوتاه‌مدت بینایی و حافظهٔ بازشناسی فضایی را به‌تفکیک گروه در مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان می‌دهد.

**جدول ۱- یافته‌های توصیفی مربوط به متغیرهای پژوهش**

| متغیر | گروه | پیش‌آزمون | | پس‌آزمون | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | میانگین | انحراف استاندارد | میانگین | انحراف استاندارد |
| حافظهٔ کوتاه‌مدت بینایی | تحریک مستقیم الکتریکی مغز | ۸۹/۰۷ | ۲/۵۳ | ۸۱/۵۰ | ۳/۱۱ |
| | تمرینات بینایی-ورزشی | ۸۸/۶۶ | ۲/۷۴ | ۸۷/۵۷ | ۲/۷۱ |
| | کنترل | ۸۹/۰ | ۳/۹۰ | ۸۸/۵۰ | ۳/۶۵ |
| لهٔ بازشناسی فضایی | تحریک مستقیم الکتریکی مغز | ۹۲/۳۱ | ۴/۲۲ | ۸۵/۵۷ | ۲/۵۷ |
| | تمرینات بینایی-ورزشی | ۹۲/۸۱ | ۴/۶۰ | ۸۹/۵۰ | ۴/۰۱ |
| | کنترل | ۹۱/۹۰ | ۳/۳۶ | ۹۱/۰۷ | ۴/۰۱ |

همان‌گونه که در جدول شماره دو مشخص است، از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون برای گروه‌های مداخله، کاهش محسوسی در میزان حافظه کوتاه‌مدت بینایی و حافظه بازشناسی فضایی به دست آمد که نشان می‌دهد، میزان خطا کاهش و درنتیجه بهبود حافظه حاصل شده است. در جدول شماره دو، تفاوت‌های بین‌گروهی حافظهٔ کوتاه‌مدت بینایی و حافظهٔ بازشناسی فضایی با استفاده از آزمون تحلیل کواریانس تک‌متغیره نشان داده است.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

**جدول ۲- نتایج تحلیل کواریانس تک‌متغیره در نمرات پس‌آزمون متغیرهای وابسته**

| متغیر | اثر | مجموع مجذورات | df | میانگین مجذورات | F | مقدار معناداری | Eta |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حافظهٔ کوتاه‌مدت بینایی | گروه | ۳۶۷/۹۱۸ | ۲ | ۱۸۳/۹۵۹ | ۷۴/۴۴۱ | ۰/۰۰۱ * | ۰/۸۲۳ |
| | خطا | ۷۹/۰۷۸ | ۳۲ | ۲/۴۷۱ | | | |
| | کل | ۲۶۶۰۷۹/۰ | ۳۶ | | | | |
| حافظهٔ بازشناسی فضایی | گروه | ۲۰۳/۰۸۸ | ۲ | ۱۰۱/۵۴۴ | ۱۵/۴۵۲ | ۰/۰۰۱ * | ۰/۴۹۱ |
| | خطا | ۲۱۰/۲۹۰ | ۳۲ | ۶/۵۷۲ | | | |
| | کل | ۲۸۳۹۹۸/۰ | ۳۶ | | | | |

براساس یافته‌های پژوهش مندرج در جدول شماره دو، اثر گروه بر متغیرهای حافظهٔ کوتاه‌مدت بینایی (sig=0.001، η2=0.823، F=74.44) و حافظهٔ بازشناسی فضایی (sig=0.001، η2=0.491، F=15.45) معنادار بود. با توجه به مجذور اتا می‌توان گفت، در متغیرهای حافظهٔ کوتاه‌مدت بینایی و حافظهٔ بازشناسی فضایی به‌ترتیب ۸۲/۳ و ۴۹/۱۳ درصد از این تفاوت‌ها ناشی از متغیرهای مستقل بود؛ بنابراین برای مقایسه جفتی گروه‌ها در نمرات پس آزمون از آزمون تعقیبی استفاده شد. در جدول شماره سه نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی به‌منظور بررسی محل تفاوت‌ها در متغیرهای وابسته ارائه شده است.

**جدول ۳- نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی در بررسی محل تفاوت‌ها در متغیرهای وابسته**

| متغیر | گروه (I) | گروه (J) | تفاوت میانگین‌ها | خطای استاندارد | مقدار معناداری |
|---|---|---|---|---|---|
| حافظه کوتاه‌مدت بینایی | تحریک مستقیم الکتریکی مغز | تمرینات بینایی-ورزشی | -۶/۴۵۵ | ۰/۶۴۳ | ۰/۰۰۱* |
| | | کنترل | -۷/۰۷۴ | ۰/۶۴۲ | ۰/۰۰۱* |
| | تمرینات بینایی-ورزشی | کنترل | -۰/۶۱۹ | ۰/۶۴۲ | ۱/۰ |
| حافظه بازشناسی فضایی | تحریک مستقیم الکتریکی مغز | تمرینات بینایی-ورزشی | -۳/۶۰۴ | ۱/۰۴۸ | ۰/۰۰۵* |
| | | کنترل | -۵/۷۶۰ | ۱/۰۴۸ | ۰/۰۰۱* |
| | تمرینات بینایی-ورزشی | کنترل | -۲/۱۵۶ | ۱/۰۵۱ | ۰/۱۴۶ |

* معناداری در سطح ۰/۰۵

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

همان‌طورکه در جدول شماره سه مشاهده می‌شود، نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که بین گروه tDCS با گروه تمرینات بینایی-ورزشی (P=0.001) و گروه کنترل (P=0.001) در حافظهٔ کوتاه-مدت بینایی تفاوت معناداری وجود داشت؛ درحالی‌که تفاوت معناداری بین گروه‌های تمرینات بینایی ورزشی و کنترل یافت نشد (P=1.0). همچنین نتایج آزمون پیگیری بنفرونی نشان داد، بین گروه tDCS با تمرینات بینایی-ورزشی (P=0.005) و کنترل (P=0.001) در حافظهٔ بازشناسی فضایی تفاوت معنادار وجود داشت، اما این تفاوت بین گروه‌های تمرینات بینایی-ورزشی و کنترل معنادار نبود (P=0.146)؛ بنابراین نتایج نشان‌دهنده برتری روش مداخله tDCS در مقایسه با تمرینات بینایی ـورزشی بود.

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف از اجرای این پژوهش، بررسی تأثیر tDCS و تمرینات منتخب بینایی-ورزشی بر حافظهٔ کوتاه-مدت بینایی و حافظهٔ بازشناسی فضایی بازیکنان والیبال بود. یافته‌ها نشان داد، بین گروه tDCS با گروه تمرینات بینایی-ورزشی و همچنین گروه کنترل تفاوت معناداری وجود داشت که می‌توان چنین نتیجه گرفت، tDCS می‌تواند موجب بهبود عملکرد سیستم بینایی شود. تگزیرا-سانتوس و همکاران (۱۱)، تئو و همکاران (۲۰۱۱) و ماکوییني و همکاران (۳۴) نیز در مرور سیستماتیک خود به نتایج همسویی با یافته‌های مطالعهٔ حاضر دست یافتند؛ به‌طوری‌که مطالعات آن‌ها نیز بیانگر اثر مثبت و معنادار tDCS بر بهبود بعد دیداری حافظه بود.

در تبیین چگونگی تأثیر tDCS بر عملکرد بینایی می‌توان گفت، ارائه تحریک tDCS با تغییر تحریک-پذیری نورون‌ها و جابه‌جایی پتانسیل غشای نورون‌های سطحی در جهت دپولاریزاسیون یا هایپرپولاریزاسیون باعث شلیک بیشتر یا کمتر سلول‌های مغز می‌شود که درنتیجهٔ آن، کارکرد نورون-های مغز افزایش یا کاهش می‌یابد (۳۴). ازآنجاکه کانون تحریک tDCS روی جمجه تا اندازه‌ای محدود است، تأثیرات کارکردی آن به‌طور مستقیم در ناحیهٔ محدود زیر الکترودها ظاهر می‌شود. میزان تأثیر tDCS در ناحیهٔ مدنظر به قطبیت الکترود (آندی، کاتدی) در طول زمان تحریک و ناحیهٔ تحریک‌شده در مغز بستگی دارد (۳۵). دیدگاه سیستم‌های پویا محیط را عامل مهمی در رشد مهارت‌های حرکتی می‌داند و بر این نکته تأکید دارد که عوامل مؤثر بر رشد حرکتی شامل ویژگی‌های تکلیف حرکتی در ارتباط با فرد (عوامل زیست‌شناختی و وراثتی) و محیط (عوامل تجربه و یادگیری) است و این عوامل بر رشد توانایی‌های حرکتی استواری، جابه‌جایی و مهارت‌های دستکاری مؤثر است. در نظریه سیستم-های پویا، توانایی‌های حرکتی مقدماتی از لحاظ ژنتیکی آنچنان محدود نشده‌اند که تعدیل‌شدنی

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

نباشند. نتایج پژوهش حاضر احتمالاً نشان‌دهنده این واقعیت است که تحریک الکتریکی به توسعه عملکردی سیستم‌های حسی درگیر منجر می‌شود؛ به‌صورتی‌که با مختل‌شدن یکی از درون‌دادهای حسی، دیگر سیستم‌های حسی می‌توانند بازخوردهای مناسب ارائه دهند؛ به عبارت دیگر، ارائه تحریک tDCS در مطالعهٔ حاضر وابستگی به درونداد بینایی را کاهش می‌دهد و حتی اثر دروندادهای بینایی اشتباه را خنثی می‌کند.

از طرف دیگر، مطالعات نشان می‌دهند که در طول تکلیف مرتبط حافظه، دوپامین در نواحی پیش‌پیشانی افزایش می‌یابد (۱۰)؛ به عبارت دیگر، افزایش تحریک‌پذیری سطحی در کرتکس پیش پیشانی موجب افزایش رهاسازی دوپامین می‌شود که خود موجب بهبود حافظهٔ کاری می‌شود. ممکن است تحریک دوپامینرژیک برای حفظ فعالیت کرتکس پیش‌پیشانی و فرایند حافظهٔ کاری ضروری باشد؛ بنابراین tDCS آندی موجب بهبود آثار تحریکی می‌شود که این امر احتمالاً سطوح گلوتامات، آمینواسید مرتبط با حافظهٔ کاری و بازشناسی حافظه را افزایش می‌دهد (۳۶).

نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعه سیدل-مرزی و راجرت همسو است. آن‌ها نشان دادند، تحریک آندی مستقیم الکتریکی مغز بر بهبود عملکرد مهارت‌های ویژه ورزشی تأثیرگذار است (۱۸). به نظر می‌رسد، تعداد جلسات مشابه تحریک مستقیم الکتریکی مغز، سطح مهارت و جنسیت آزمودنی‌ها از دلایل همسویی نتایج باشد. برای توضیح بیشتر این مسئله می‌توان به تأثیرگذاری tDCS بر شلیک همزمان عصبی اشاره کرد. در این مکانیسم tDCS قادر است بدون تغییر مستقیم در پتانسیل عمل در طول زمان تحریک، موجب تغییراتی در فعالیت همزمان سلول‌های عصبی شود. در این مورد جریان مستقیم آندی موجب افزایش و جریان مستقیم کاتدی سبب کاهش شلیک هم‌زمان سلول عصبی می‌شود که می‌تواند بر کارکردهای شناختی همچون یادگیری، حافظهٔ فعال و تشکیل و ذخیرهٔ اطلاعات جدید تأثیرگذار باشد (۲۵). پژوهش‌های متعددی اثربخشی tDCS را بر کارکردهای شناختی ازجمله حافظه، زبان، یادگیری و توجه نشان داده‌اند؛ یعنی ممکن است تحریک منطقهٔ قشر پیش‌پیشانی که با فعالیت‌ها و کنش‌های شناختی مرتبط است، باعث بهبود عملکرد شود.

نتایج پژوهش حاضر در ارتباط با tDCS با نتایج مطالعه کی و همکاران متناقض بود. آن‌ها تلاش کردند تا اثرات tDCS بر تغییرپذیری عملکرد در طول تمرینات حافظهٔ کاری را در افراد سالم بررسی کنند. براساس نتایج پژوهش آن‌ها، زمانی که تمرینات حافظهٔ کاری در ترکیب با tDCS انجام شد، میزان یادگیری بیشتری در طول فرایند تمرینی در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد. همچنین در بهبود انتقال به تکالیف حافظه کاری مشابه تمرین‌نشده، گروه عملکردی فعال در سطوح بالاتری در مقایسه

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

با گروه کنترل قرار گرفت (۳۷). چنین به نظر می‌رسد که تفاوت در نوع آزمودنی‌ها و ابزارهای اندازه-گیری در دو پژوهش دلیل تفاوت در نتایج پژوهش آن‌ها با پژوهش حاضر باشد.

یافته‌های پژوهش حاضر در ارتباط با اثربخشی تحریک بر حافظهٔ کوتاه‌مدت بینایی با نتایج مطالعه انصاری و همکاران هم‌راستا و دربارهٔ اثربخشی تحریک بر حافظهٔ بازشناسی فضایی با نتایج مطالعهٔ آن‌ها در تناقض است. انصاری و همکاران در پژوهش خود به تأثیر تحریک مکرر مغناطیسی مغز بر حافظهٔ بینایی زنان ورزشکار نخبه که با استفاده از نرم‌افزار کانتب سنجیده شد، پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تحریک مکرر مغناطیسی بر حافظهٔ کوتاه‌مدت بینایی این ورزشکاران تأثیر معنادار دارد، ولی در ارتباط با حافظهٔ بازشناسی فضایی این تأثیر ملاحظه نشد. ممکن است نوع تحریک متفاوت در پژوهش آن‌ها در مقایسه با پژوهش حاضر و همچنین تفاوت در آزمودنی‌ها که زنان بودند، سبب اختلاف در حافظهٔ بازشناسی فضایی در مقایسه با مردان باشد (۳۸).

همان‌طورکه در پژوهش حاضر اشاره شد، عملکرد بینایی در اثر انجام تمرینات بینایی-ورزشی بهبود پیدا کرد، اما این پیشرفت معنادار نبود. این یافته با نتایج پژوهش‌های آبرنتی و وود (۶) و چریف (۱۷) هم‌راستا بود. آبرنتی و وود یک دوره تمرینات بینایی تعمیم‌یافته را بر عملکرد گروهی از ورزشکاران رشته‌های راکتی به‌مدت چهار هفته بررسی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد، برخلاف ادعای طرفداران تمرینات بینایی دربارهٔ اثر مثبت این تمرین‌ها، این برنامه‌ها به بهبود در عملکرد حرکتی و بینایی منجر نشد (۶). همچنین چریف به بررسی ادراک بینایی مرکزی و محیطی جوانان پرداخت. در این پژوهش از آزمون DEST (تخمین مسافت و سرعت) برای ارزیابی آزمودنی‌ها استفاده شد. نتایج پژوهش آن‌ها تفاوت‌های جنسیتی در جوانان در رابطه با زمان عکس‌العمل را تأیید کرد، اما از نظر آماری نتایج پژوهش معنادار نبود (۱۷). از طرف دیگر، یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج مطالعات بابایی و بادامی (۱۳۹۸)، بالاصاحب و همکاران (۲۰۰۸) و افتاده و همکاران (۱۳۹۹) ناهمسوست. بابایی و بادامی در پژوهش خود نشان دادند که تمرینات بینایی- ورزشی سبب ارتقای شاخص‌های ادراک بینایی (کاهش تعداد تثبیت و افزایش مدت زمان تثبیت) می‌شود. آن‌ها معتقدند، ممکن است تمرینات بینایی-ورزشی با فشار واردشده بر سیستم‌های مرتبط با ادراک بینایی-حرکتی و گیرنده‌های حس عمقی، فرد را برای مواجهه با شرایط فشار در هنگام رقابت آماده کند. همچنین بیان کردند، سیستم بینایی نیز ممکن است مانند سیستم عضلانی-اسکلتی به‌خوبی به اصل اضافه‌بار پاسخ دهد و با تمرین ورزیده‌تر شود (). وجه تمایز پژوهش حاضر با پژوهش بابایی و بادامی در به‌کارگیری روش تمرینی tDCS است. در پژوهش آن‌ها اثر مثبت تمرینات بینایی-ورزشی بر عملکرد بینایی شرکت‌کنندگان مشاهده شد، اما بین گروه‌های تمرین بینایی- ورزشی، ذهن‌آگاهی و ترکیبی تفاوتی

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

مشاهده نشد. همچنین گروه‌های شرکت‌کننده در پژوهش آن‌ها با روش tDCS مقایسه نشدند تا شاهد نتایج مثبت احتمالی این روش در مقایسه با سایر گروه‌های حاضر در پژوهش آن‌ها و ازجمله گروه تمرینات بینایی-ورزشی باشیم ().

نتایج پژوهش حاضر با بیشتر نتایج پژوهش‌های قبلی که از برنامه‌های مداخله‌ای به‌منظور بهبود حافظهٔ بینایی استفاده کرده‌اند، همخوانی ندارد. احمد و شوشا که به بررسی اثربخشی تمرینات بینایی بر تعدادی از مهارت‌های بینایی و مهارت‌های ادارک بینایی پرداختند، به این نتیجه رسیدند که برنامهٔ تمرین بینایی تأثیر مثبت بر بهبود مهارت‌های بینایی، مهارت‌های شناختی و بینایی در عملکرد شنای هماهنگ دارد (۳).

پژوهش‌ها دربارهٔ نحوهٔ تأثیر برنامه‌های مداخله بر حافظه بحث‌های زیادی مطرح کرده‌اند؛ ازجمله آن‌ها می‌توان به بررسی تأثیر سیناپتوژنزس (افزایش سیناپس‌ها و انتقال دهنده‌های عصبی) بر مغز اشاره کرد که حاکی از اثربخشی تمرین بر حجم ماده خاکستری مغز است. همچنین تمرین سبب افزایش حجم هیپوکامپ و تغییر در حافظهٔ فضایی می‌شود. بررسی‌های دیگر در زمینهٔ آنژیوزیس نشان داده است که فعالیت بدنی سبب افزایش مویرگ‌های خونی و جریان خون در مغز به‌خصوص در هیپوکامپ می‌شود و همچنین افزایش حجم خون در شکنج دندانه‌دار را به دنبال دارد (۳۹). علت متناقض‌بودن نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های قبلی، شاید به‌دلیل تفاوت سن و جنس آزمودنی‌ها، رشته‌های ورزشی متفاوت و مبتدی‌بودن آزمودنی‌ها باشد. از دلایل متناقض‌بودن این نتایج با نتایج پژوهش حاضر نیز می‌توان به آزمون‌های عملکرد بینایی یا ابزارهای سنجش آن اشاره کرد.

به‌طورکلی نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد، تحریک مستقیم الکتریکی مغز می‌تواند به‌عنوان روشی جدید در کنار تمرین بدنی در بهبود عملکرد بینایی که درنهایت به عملکرد حرکتی بهتر منجر می شود، مؤثر باشد؛ بنابراین با توجه به نتایج پژوهش پیشنهاد می‌شود، مربیان در سطح رقابت بالا با توجه به مقتضیات زمانی از تحریک الکتریکی مستقیم در کنار تمرین بدنی به‌منظور بهبود عملکرد شناختی و حرکتی استفاده کنند.

## تشکر و قدردانی

از هیئت والیبال شهرستان‌های مریوان، هجرت و سروآباد، بازیکنان والیبال شرکت‌کننده در این پژوهش و نیز تمام کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند، به‌ویژه سرمربی و مربی محترم باشگاه راهیاب ملل مریوان، تشکر و سپاسگزاری فراوان می‌کنیم.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

## منابع


1. Campher J. The role of visual skills and its impact on skills performance of cricket players (Doctoral dissertation]. [] : University of Pretoria; .
2. Wilson T, Falke J. Sports vision training for better performance; 2004. Available at: https://www.human-kinetics.co.uk/9781492573173/sportsvision
3. Ahmed MF, Shosha Nt. Efficiency of the program of visual training on some visual skills and visual perceptual skills and their relationship to performance level synchronized swimming juniors. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2010; 5:2082-8.
4. Soto D, Llewelyn D, Silvanto J. Distinct causal mechanisms of attentional guidance by working memory and repetition priming in early visual cortex. Journal of Neuroscience. 2012;32(10):3447-52.
5. Szymanski JM, Lowe HE, Szymanski DJ, Cicciarella CF, Lowe DW, Gilliam ST, Spaniol FJ. Effect of visual training on batting performance and pitch recognition of division I softball players. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2011;25: S49-50.
6. Abernethy B, Wood JM. Do generalized visual training programmes for sport really work? An experimental investigation. Journal of sports sciences. 2001;19(3):203-22.
7. Wood JM, Abernethy B. An assessment of the efficacy of sports vision training programs. Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry. 1997;74(8):646-59.
8. Gholami A. The difference in visual skills between expert versus novice soccer referees. Journal of Human Kinetics. 2010;22(2009):15-20. (In Persian).
9. Buch ER, Santarnecchi E, Antal A, Born J, Celnik PA, Classen J, et al. Effects of tDCS on motor learning and memory formation: a consensus and critical position paper. Clinical Neurophysiology. 2017;128(4):589-603.
10. Vaeyens R, Lenoir M, Williams AM, Mazyn L, Philippaerts RM. The effects of task constraints on visual search behavior and decision-making skill in youth soccer players. Journal of Sport and Exercise Psychology. 2007;29(2):147-69.
11. Teixeira-Santos AC, Nafee T, Sampaio A, Leite J, Carvalho S. Effects of transcranial direct current stimulation on working memory in healthy older adults: a systematic review. Principles and Practice of Clinical Research. 2015;1(3): .
12. Kumari N. Cerebellar transcranial direct current stimulation to influence motor learning [Doctoral dissertation]. [] : Auckland University of Technology; .
13. Tate B, Paul M, Jaspal S. The impact of visual skills training program on batting performance in cricketers. Serbian Journal of Sports Sciences. 2008;2(1):17-23.
14. Bolzoni F, Pettersson LG, Jankowska E. Evidence for long-lasting subcortical facilitation by transcranial direct current stimulation in the cat. The Journal of Physiology. 2013;591(13):3381-99.
15. Ballard HK, Goen JR, Maldonado T, Bernard JA. Effects of cerebellar transcranial direct current stimulation on the cognitive stage of sequence learning. Journal of Neurophysiology. 2019;122(2):490-9.


Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

16. Ke Y, Wang N, Du J, Kong L, Liu S, Xu M, An X, Ming D. The effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on working memory training in healthy young adults. Frontiers in Human Neuroscience. 2019; 13:19.
17. Chraif M. Gender influences in peripheral and central visual perception for the young. Procedia-social and Behavioral Sciences. 2013; 84:1100-4.
18. Ryan K, Schranz AL, Duggal N, Bartha R. Differential effects of transcranial direct current stimulation on antiphase and inphase motor tasks: a pilot study. Behavioural Brain Research. 2019; 366:13-8.
19. Groppa S, Oliviero A, Eisen A, Quartarone A, Cohen LG, Mall V, et al. A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: report of an IFCN committee. Clinical Neurophysiology. 2012;123(5):858-82.
20. Boggio PS, Khoury LP, Martins DC, Martins OE, De Macedo EC, Fregni F. Temporal cortex direct current stimulation enhances performance on a visual recognition memory task in Alzheimer disease. Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry. 2009;80(4):444-7.
21. Oliveira JF, Zanão TA, Valiengo L, Lotufo PA, Benseñor IM, Fregni F, Brunoni AR. Acute working memory improvement after tDCS in antidepressant-free patients with major depressive disorder. Neuroscience Letters. 2013; 537:60-4.
22. Molero-Chamizo A, Bailén JR, Béjar TG, López MG. Poststimulation time interval-dependent effects of motor cortex anodal tDCS on reaction-time task performance. Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience. 2018;18(1):167-75.
23. Gowan S, Hordacre B. Transcranial direct current stimulation to facilitate lower limb recovery following stroke: current evidence and future directions. Brain sciences. 2020;10(5):310.
24. Meier B, Rothen N, Walter S. Developmental aspects of synaesthesia across the adult lifespan. Frontiers in Human Neuroscience. 2014; 8:129.
25. Abernethy B. Selective attention in fast ball sports. II: Expert novice differences. Australian Journal of Science and Medicine in Sport. 1987;19(4):7-16.
26. Nitsche MA, Boggio PS, Fregni,F, Pascual-Leone,A. Transcranial magnetic stimulation of depressionwith transcranial direct current stimulation (tDCS): a review. Journal of Experimental Neurology. 2012;219,14-9.
27. Schmidt RA, Lee TD. Motor control and learning: a behavioral emphasis. Champaign Human Kinetics;
28. Nitsche MA, Seeber A, Frommann K, Klein CC, Rochford C, Nitsche MS, et al. Modulating parameters of excitability during and after transcranial direct current stimulation of the human motor cortex. The Journal of Physiology. 2005;568(1):291-303.
29. Pixa NH, Pollok B. Effects of tDCS on bimanual motor skills: a brief review. Frontiers in Behavioral Neuroscience. 2018; 12:63.
30. McLeod B, Hansen E. The effects of the Eyerobics visual skills training program on hand-eye coordination. Canadian Journal of Sports Sciences. 1989; 14:127.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

31. Seidel-Marzi O, Ragert P. Neurodiagnostics in sports: investigating the Athlete's brain to augment performance and sport-specific skills. Frontiers in Human Neuroscience. 2020; 14:133.
32. Mehdipour R, Namazizadeh M, Badam R, Mir Hosseini H. Comparison of effects of the transcranial direct current stimulation (tDSC) of vision and motor cortex on learning of basketball free throw. Journal of Development and Motor Learning. 2020;12(2):117-31. (In Persian).
33. Fregni F, Boggio PS, Nitsche M, Bermpohl F, Antal A, Feredoes E, et al. Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. Experimental Brain Research. 2005;166(1):23-30.
34. Mulquiney PG, Hoy KE, Daskalakis ZJ, Fitzgerald PB. Improving working memory: exploring the effect of transcranial random noise stimulation and transcranial direct current stimulation on the dorsolateral prefrontal cortex. Clinical Neurophysiology. 2011;122(12):2384-9.
35. Williams AM, Davids K. Eye movements and visual perception in sport. Coaching Focus. 1994; 26:6-9.
36. Nemanich ST, Rich TL, Gordon AM, Friel KM, Gillick BT. Bimanual skill learning after transcranial direct current stimulation in children with unilateral cerebral palsy: a brief report. Developmental Neurorehabilitation. 2019;22(7):504-8.
37. Adams JA. Historical review and appraisal of research on the learning, retention, and transfer of human motor skills. Psychological Bulletin. 1987;101(1):41.
38. Ansari N, Shojaei M, Rostami R. The effect of repeated magnetic stimulation of the brain on the visual memory of female elite athletes [Master's thesis]. [Tehran]: Alzahra University; (In Persian).
39. Crossman ER. A theory of the acquisition of speed-skill. Ergonomics. 1959;2(2):153-66.

## استناد به مقاله

باغنده حسن، حسینی فاطمه‌سادات، دهقانی‌زاده جلال. تأثیر تمرینات بینایی-ورزشی و تحریک مستقیم الکتریکی مغز بر حافظهٔ کوتاه‌مدت بینایی و حافظهٔ بازشناسی فضایی بازیکنان والیبال. تابستان ۱۴۰۱؛ ۱۴(۴۸): ۸۴-۱۶۱. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/MBJ.2022.12031.2014

Baghande H, Hosseini F, Dehghanizade J. The Effect of Sports Vision Training and Transcranial Direct-Current Stimulation on -Short-Term Visual Memory and Spatial Recognition Memory of Volleyball Players. Motor Behavior. Summer 2022; 14 (48): 161-84. (In Persian). Doi: 10.22089/MBJ.2022.12031.2014

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen