Sport Psychology Studies **Volume 9, No 33, 2020, Page 273-292**

Research Paper

The Added Effect of Direct Electrical Stimulation of the Brain with Aerobic Exercise on Consolidating Explicit Motor Memory

S. M. Naeemi Tajdar[1], M. Namazizadeh[2], S. Nasri[3], and S. M. Kazem Vaez Mousavi[4]

1. Phd Student. Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Activity and Sport sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Activity and Sport sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran (Corresponding Author)
3. Department of Psychology, Rajaee University, Tehran, Iran.
4. Full Professor, Imam Hossein University.

Received: 06 Jul 2020

Accepted: 01 Sep 2020

Keywords: Consolidation, Motor Memory, Physical Activity, Electrical Stimulation of the Brain

Abstract

In the present study, the direct electrical stimulation of the brain along with aerobic exercise on the consolidation of explicit motor memory was investigated. The study participants included 45 young people in the age range of 20 to 25 years who participated in this study based on the criteria for entering the study. The demographic questionnaire, Petersburg's sleep quality, Edinburgh's superiority, the chain reaction time timing test, the TDCS device and the pacemaker clock were used to collect data. The results showed that the subjects performed better in the third training block than in the first and second training blocks (P 050.05). Immediately after 1 hour, the aerobic exercise group and the control group had the best performance and the combined exercise group had the weakest performance. In the 48-hour reminder test, the combined exercise group performed best and the control group performed poorly. According to the findings of the present study, to increase memory consolidation, physical activity of aerobics and electrical stimulation of the brain is recommended.

Email: mansoureh.naeimitajdar@gmail.com
Email: drmnamazi@yahoo.com
Email: s.nasri@sru.ac.ir
Email: vaez_mohammad@yahoo.com.au

Extended Abstract

Abstract

The formation and persistence of motor memory depends on the interconnected memory processes of encoding, consolidation, retrieval, and reconsolidation. A review of previous studies shows that several studies in the field of the effectiveness of electrical brain stimulation and aerobic exercise on improving memory have been performed on different samples of individuals. In the present study, the researcher investigated the combined effect of electrical brain stimulation and aerobic exercise on the dimensions of motor memory consolidation. As researchers seek to find facilitators and inhibitors that affect cellular, molecular, synaptic, and behavioral mechanisms in memory consolidation, In the present study, the researcher seeks to answer the question of whether aerobic physical activity and electrical stimulation of the brain can be factors that facilitate memory consolidation? If yes, which of the two variables plays a greater role in promoting memory consolidation?.

Methodology

The present study was a quasi-experimental study with a post-test design and several groups.

Participants

The study participants included 45 young people in the age range of 20 to 25 years. Who participated in this study based on the inclusion criteria (having good sleep quality, physical and mental health, being right-handed and being a beginner in performing the task). Also, during the intervention, if the participant did not want to continue the cooperation, he left the implementation process.

Research instruments include the Petersburg Sleep Quality Questionnaire and the Edinburgh Superiority Questionnaire, the chain reaction color matching reaction time test was a direct cranial electrical stimulation device.

After selecting the subjects based on the inclusion criteria, they were randomly assigned to the experimental groups.

The first group did aerobic exercise only to strengthen and re-strengthen memory: they did the task of matching the color of the chain in the acquisition stage (six blocks of 100 attempts), did aerobic physical activity for 30 minutes. Subjects then performed two blocks of 50 attempts at matching the color of the chain in the memory tests 30 minutes later, one hour, and 48 hours after bedtime.

Group 2: Electrical stimulation of the brain along with aerobic exercise to strengthen and re-strengthen memory: They did the task of matching the color of the chain in the acquisition phase (six blocks of 100 attempts), then first performed electrical stimulation of the brain for 15 minutes and again for 15 minutes. Minutes of aerobic physical activity (based on research background) (Ghorbani and Saberi, 2020; Shiazawa et al., 2014). Subjects then performed two 50-block sequence color matching tasks in 30-minute, one-hour, and 48-hour-after-night retention tests.

The third group (control group for consolidation and re-consolidation of memory): did the task of matching the

color of the chain in the acquisition stage (six blocks of 100 attempts), then the subjects in the 30-minute, one hour and 48 hours after nighttime sleep tests, Two blocks of 50 attempted to match the color of the chain.

Result

The results show that in the first and second retention tests, which were performed 30 minutes and one hour after the last block of acquisition, respectively, the aerobic exercise group performed better than the combined exercise group. In the third retention test, which was performed 48 hours after the second retention test, the combined exercise group (aerobic exercise + electrical brain stimulation) had the best performance.

There was a significant difference between the performance of the control group in the stages of evaluating the acquisition blocks and performing three retention tests. Bonferroni post hoc test was used to investigate the location of differences. The results showed that there was a significant difference between the mean reaction time of the first block of acquisition and the second and third blocks of acquisition, retention after 30 minutes, 1 hour and after 48 hours ($p < 0.05$).

There was a significant difference between the mean reaction time of the second acquisition block and retention after 30 minutes, 1 hour and after 48 hours ($p < 0.05$). There was no significant difference between the mean reaction time of the first retention test (performed after 30 minutes) and retention after one hour and 48 hours.

But there is a significant difference between the mean reaction time of the first retention test (performed after 30 minutes) with the first, second and third blocks of the acquisition stage ($p < 0.05$).

There was a significant difference between the mean reaction time of the second retention test (performed after one hour) and retention after 48 hours ($p < 0.05$). There was a significant difference between the mean reaction time of the retention test after 48 hours with the first, second and third exercise blocks and the first retention test (performed after 30 minutes) ($p < 0.05$). There was no significant difference between the mean retention reaction time of the first (run after 30 minutes) and the second (run after 1 hour) ($p < 0.05$).

Conclusion

Exercise and electrical stimulation of the brain may cause changes in the surface of the cerebral cortex and the electrical activity of its neurons. Therefore, with the continuous use of sports activities and considering the adaptations that it creates in the cerebral cortex, it is possible to provide conditions for improving the function of the nervous system and the brain, in which case more studies are needed. The findings of the present study indicate that improvement in task chain reaction time is not achieved by practice alone and during training sessions.

Rather, the memory related to the task is upgraded and re-consolidated after

learning the skill and during the rest and practice phase. Therefore, due to the prolongation of training sessions and the increase in the number of training sessions by trainers during a week, and considering the effect that the period of non-training and rest can have on the improvement and improvement in skill and task memory, Therefore, educators and teachers are advised to consider the importance and role of rest during sleep in improving performance and modulating the function of memory neurons in their educational planning. Given that no research is out of bounds, the selection of female subjects, the age range of young people and the lack of electrical stimulation of the brain were among the limitations of the present study.

References

1. Ahmadizadeh MJ, Rezaei M. (2020). Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on Depression, Anxiety and Rumination of Patients with Post-Traumatic Stress Disorder Symptoms (PTSD). *Journal of Military Medicine*, 22(3), 264-272.

2. Ang ET, Dawe GS, Wong PT, Moochhala S, Ng Y-K. (2006). Alterations in spatial learning and memory after forced exercise. *Brain Res,* 1113(1), 186-93.

Baker, J., Cote, J., & Abernethy, B. (2003). Sport-specific practice and the development of expert decision-making in team ball sports. *Journal of Applied Sport Psychology*, 15(1), 12–25.

Boggio, P. S., Ferrucci, R., Rigonatti, S. P., Covre, P., Nitsche, M., Pascual-Leone, A., & Fregni, F. (2006). Effects of transracial direct current stimulation on working memory in patients with Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 249(1), 31–38.

Brisswalter, J., Collardeau, M., René, A. (2002). Effects of acute physical exercise characteristics on cognitive performance. *Sports Medicine*,2(9),555-66.

Cotman, C. W., Berchtold, N. C., Christie L. A. (2007). "Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation،" *Trends in Neurosciences*, 30(9),472-464.

مقالهٔ پژوهشی

اثر افزوده تحریک الکتریکی مستقیم مغز به همراه تمرین هوازی بر تحکیم حافظه حرکتی آشکار

سیده منصوره نعیمی تاجدار[۱]، مهدی نمازی زاده[۲]، صادق نصری[۳]، و سید محمد کاظم واعظ موسوی[۴]

۱. دانشجوی دکترای یادگیری حرکتی، گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. دانشیار گروه رفتارحرکتی، دانشگاه خوراسگان (اصفهان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران (نویسندهٔ مسئول)
۳. دانشیار روان‌شناسی گروه علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت دبیر رجایی، تهران، ایران
۴. استاد گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه جامع امام حسین، تهران، ایران.

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۰۴/۱۶

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۰۶/۱۱

واژگان کلیدی:
تحکیم، حافظهٔ حرکتی، فعالیت بدنی، تحریک الکتریکی مغز

چکیده

در پژوهش حاضر اثر افزوده تحریک الکتریکی مستقیم مغز به همراه تمرین هوازی بر تحکیم حافظه حرکتی آشکار بررسی شد. شرکت کنندگان ۴۵ جوان راست دست در دامنه سنی ۲۰تا ۲۵ سال بودند. ابزار پژوهش، پرسش‌نامه‌های جمعیت شناختی، کیفیت خواب پترزبورگ، دست برتری ادینبرگ، آزمون زمان واکنش تطبیق رنگ زنجیره ای، دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم جمجمه‌ای و ساعت ضربان سنج بود. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در سه گروه آزمایشی (تمرین هوازی، تحریک الکتریکی مغز همراه با تمرین هوازی و کنترل) تقسیم شدند. یافته ها نشان داد آزمودنی ها در بلوک تمرینی سوم نسبت به بلوک تمرینی اول و دوم عملکرد بهتری داشتند ($P\leq ۰/۰۵$). در اجرای آزمون یادداری فوری و بعد از ۱ ساعت، گروه تمرین هوازی و گروه کنترل بهترین و گروه تمرین ترکیبی ضعیف‌ترین عملکرد را داشت. در آزمون یادداری بعد از ۴۸ ساعت، گروه تمرین ترکیبی بهترین و گروه کنترل ضعیف‌ترین عملکرد را داشت. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر جهت افزایش تحکیم حافظه، انجام فعالیت بدنی هوازی و تحریک الکتریکی مغز بعد از خواب شبانه توصیه می‌شود.

مقدمه

ما در زندگی از زمان تولد تا سنین سالمندی نیاز داریم برای انجام فعالیت‌های مختلف، مهارت‌های حرکتی را یاد بگیریم. تمرین‌های حرکتی منجر به تغییراتی در شبکه‌های کارکردی مغز و ایجاد بازنمایی‌های حافظه حرکتی[۱] می‌شود (هاپباچ، گومز، هاردت و نادل[۲]۲۰۱۱).

Email: mansoureh.naeimitajdar@gmail.com
Email: drmnamazi@yahoo.com
Email: s.nasri@sru.ac.ir
Email: vaez_mohammad@yahoo.com.au

1. Representation of Motor Memory

بر اساس تعریف فاستر، لیدر و سانرام[1](۱۹۹۸) حافظه حرکتی بازنمایی اعمال حرکتی در تمامی شکل‌ها، از حرکات اسکلتی گرفته تا حرکات زبان را شامل می‌شود که فراگیری آنها از طریق تمرین و تجربه میسر می-شود. شکل‌گیری و ماندگاری حافظه حرکتی بستگی به فرآیندهای حافظه‌ای به هم پیوسته رمزگردانی[2]، تحکیم[3]، بازیابی[4] و بازتحکیم[5] دارد. مرحله رمزگردانی در طول تمرین اتفاق می‌افتد. تحکیم حافظه حرکتی به عنوان مجموعه‌ای از فرایندهای پس از یادگیری و وابسته به زمان است که با گذر زمان پایدارتر و ماندگارتر می‌شود (به نقل از شمسی پور دهکردی، ۲۰۱۴). این فرآیند تحکیم خاموش[6] منجر به تقویت بازنمایی حافظه می‌شود که ممکن است از نظر رفتاری به عنوان پیشرفت در عملکرد بین جلسات تمرین یا مقاوم شدن در مقابل تداخل پس‌گستر خود را نشان دهد و سومین فرآیند، بازیابی است که شامل دسترسی مجدد مطالب ذخیره شده در حافظه است (به نقل از شمسی پور دهکردی و همکاران، ۲۰۱۶). پژوهشگران و متخصصان علوم‌شناختی معتقدند حافظه در ابتدا ضعیف و شکننده است و به پردازش تحکیم حافظه نیاز است تا پایدار و به طور همیشگی ذخیره شود (استیک‌گولد و واکر[7] ۲۰۰۵). به مدت یک دهه دیدگاه غالب این بود که هر زمان حافظه‌ای تحکیم یابد، تحت تأثیر تغییرات و دستکاری‌های عوامل مزاحم و مداخله-کننده بعدی قرار نمی‌گیرد. اما امروزه پژوهشگران نشان داده‌اند بازیابی و یا انجام فعالیتی برای حافظه تحکیم یافته قبلی، آن را مجدداً به وضعیتی ناپایدار و بی‌ثبات بر می‌گرداند (استیک گولد و همکاران، ۲۰۰۷). چندین شاهد پژوهشی وجود دارد که نشان می‌دهد جدای از گذر زمان و طول فاصله بین جلسات تمرین، خواب منجر به بهتر شدن اجرای مهارت‌های حرکتی می‌شود (شی، لو و یو[8] ۲۰۱۱). مغز می‌تواند برای ارتقاً خاطرات ثبت شده در طول روز، از روش بازنگری شبانه استفاده کند زیرا در مغز انسان یک "ثبت کننده" حافظه وجود دارد که در شب و زمانی که افراد خواب هستند عمل کرده و وقایع را تثبیت می‌کند.

یافته هایی که نشان دهد رخ دادن اثر تحکیم در انسان‌ها به چه عواملی بستگی دارد اندک است، این در حالی است که احتمالاً خواب، تمرین هوازی و تحریک الکتریکی مغز می‌تواند بر پردازش‌های تحکیم و بازتحکیم حافظه‌ای نیز مؤثر باشد (استیک گولد و واکر،۲۰۰۷؛ شمسی پور، ۲۰۱۴)، همچنین تا به امروز پژوهشگران تأثیرگذاری یا عدم تأثیرگذاری خواب، تمرین هوازی و تحریک الکتریکی مغز را بر پردازش‌های تحکیم حافظه‌ای را بیشتر در موش و دیگر حیوانات بررسی نموده اند. لذا فرضیه پژوهشگران در پژوهش حاضر این است که آیا خواب، تمرین هوازی و تحریک الکتریکی مغز می‌تواند بر فرآیندهای تحکیم و حافظه حرکتی آشکار در جوانان تأثیر داشته باشد.

علاوه بر تأثیرگذاری خواب و فواصل تمرین آسایی[9] متفاوت بر پردازش های تحکیم حافظه ای، فورستر و همکاران[10](۲۰۱۵) در تحقیقی از تحریک الکتریکی مستقیم جمجمه ای (TDCS) برای تغییر در تحریک پذیری قشر مغز و تسهیل یادگیری و تحکیم حافظه حرکتی استفاده کردند و نشان دادند پردازش ها مربوط به یادگیری و تحکیم حافظه ای با استفاده از تحریک

1. Foster, Lidder and Sünram
2. Encoding
3. Consolidation
4. Retrieval
5. Reconsolidation
6. Off line Consolidation
7. Stickgold and Walker
8. Shi, Luo and Xue
9. Off Line
10. Forester et al

الکتریکی مغز قابل تسهیل است. جوادی و چنگ[1] (۲۰۱۲) به بررسی ردیابی حافظه جدید و ضعیف تحت انسجام برای به دست آوردن مقاومت در برابر تحریکات تداخل کننده پرداختند. پژوهشگران اظهار کردند هنگامی که حافظه فراخوانده می‌شود، تبدیل به یک دور تازه ای از انسجام و ناپایداری می‌شود، که برای بازگرداندن آن ثبات لازم است. تحریک جریان مستقیم تی دی سی اس (tDCS)، یک روش غیرتهاجمی از تغییر تحریک پذیری قشر مغز است. هدف از این مطالعه، ارزیابی اثرات TDCS در حافظه کلامی بلند مدت مجدد بود. شرکت کنندگان (۱۵ نفر) در جلسه رمزگذاری کلماتی را حفظ کردند، ۳ ساعت بعد حفظ کلمات را با استفاده از تمرین بازشناختی تحت آنودی، کاتدی و تحریک ساختگی به سمت چپ قشر پیش پیشانی خلفی جانبی (DLPFC) دوباره آغاز کردند. در نهایت، پس از ۵ ساعت، آنها دور دیگری از این تمرین را انجام دادند و اعتماد به نفس خود را امتیازدهی کردند. تحریک الکتریکی آندی در طول تمرین دوم منجر به پایداری کلمات بیشتر و قابل توجهی نسبت به تمرین کاتدی و تحریک ساختگی گردید. تحریک الکتریکی کاتدی در عملکرد شناختی، نسبت به تحریک ساختگی تأثیر نگذاشت. بر خلاف گروه اصلی، تحریک آندی عملکرد حافظه در گروه کنترلی را افزایش نداد. این نتیجه نشان می‌دهد تحریک الکتریکی آندی در سمت چپ DLPFC می‌تواند انسجام مجدد حافظه بلند مدت را تنها هنگامی که حافظه فعال شده باشد افزایش دهد.

در روش درمان الکتریکی تحریک مستقیم فراجمجمه ایی جریان مستقیم و ضعیفی را به مناطق قشری وارد و فعالیت خودانگیخته عصبی را تسهیل یا بازداری میکند. این جریان ضعیف و مستقیم از طریق اتصال دو الکترود با قطب‌های متفاوت معمولاً یک آنود (در نیمکره چپ) و یک کاتود (در نیمکره راست) در نقاط مختلف بر روی سطح جمجمه منجر به تحریک نورون‌های زیرین میشود. تحریک کاتودال باعث کاهش تحریک پذیری مغز (بازداری) و آنودال منجر به افزایش تحریک پذیری مغز می‌شود. نتایج مطالعات قبلی نشان داده‌اند فعالیت‌های جسمانی و ورزش نیز می‌توانند اثرات مفید زیادی بر روی عملکردهای مغزی مثل افزایش یادگیری و حافظه، نوروژنز، بهبود صدمات مغزی و واکنش‌های اضطرابی داشته باشند. مطالعات روی انسان و حیوانات انجام شد که نشان داد تمرینات فیزیکی مداوم می‌تواند سلامت و عملکرد نورونی را بهبود بخشد و عملکردهای شناختی را ارتقأ دهد و حافظه و یادگیری را افزایش دهد. ورزش، نوروژنز، شکل‌پذیری سیناپسی و تعداد نورون‌ها را در هیپوکامپ افزایش می‌دهد. از طرفی تمرینات فیزیکی مثل دویدن روی تردمیل، باعث افزایش تکثیر سلولی و بقای سلولی در هیپوکامپ حیوانات بالغ می‌شود. ورزش موجب تقویت یادگیری و حافظه می‌شود. ورزش می‌تواند بر تحکیم حافظه حرکتی مؤثر باشد. زیرا به نظر می‌آید که تحکیم فرآیندی با تحریکات فیزیولوژیکی است نه وابسته به نوع ورزش یا تمرین انجام شده. ورزش‌های متفاوت اثرات مثبتی بر حافظه حرکتی دارند (توماس[2] و همکاران، ۲۰۱۶). همچنان که ثابت شده است تمرین هوازی شدت بالا، بهره مندی از حافظه رویه‌ای کسب شده در طی تمرین حرکتی را افزایش می‌دهد، مشخص شده است زمان تمرین در طی تمرین حرکتی برای تحکیم و بازتحکیم حافظه حرکتی ضرورت دارد. به این معنای که بلافاصله پس از اکتساب تمرین انجام گیرد یا فاصله بیفتد و اینکه آزمون اجرای حرکتی در چه فاصله‌ای از تمرین صورت گیرد، در تحکیم و بازتحکیم حافظه حرکتی بسیار حائز اهمیت است (توماس و همکاران، ۲۰۱۶).

1. Javadi and Chang

2. Thomas et al

مرور مطالعات گذشته نشان می‌دهد پژوهش‌های متعددی در حیطهٔ اثربخشی تحریک الکتریکی مغز و تمریات هوازی بر بهبود حافظه بر روی نمونه‌های متفاوت از افراد انجام شده است. در مطالعه حاضر محقق به بررسی اثر ترکیبی تحریک الکتریکی مغز و تمرین هوازی بر ابعاد تحکیم حافظه حرکتی پرداخته است. از آنجایی که پژوهشگران به دنبال یافتن عوامل تسهیل کننده و یازدارنده اثر گذار بر مکانیسم های سلولی، ملکولی، سیناپسی و رفتاری بر تحکیم حافظه-ای هستند، در پژوهش حاضر پژوهشگر در پی پاسخگویی به این سئوال است که آیا فعالیت بدنی هوازی و تحریک الکتریکی مغز می‌توانند از عوامل تسهیل کننده تحکیم حافظه ای باشند؟ چنانچه پاسخ مثبت است، کدام یک از این دو متغیر نقش بیشتری بر ارتقأ تحکیم حافظه‌ای دارند؟.

روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌ها نیمه آزمایشی و با طرح پس آزمون و چند گروه بود.

شرکت کنندگان

شرکت کنندگان پژوهش شامل ۴۵ جوان در دامنه سنی ۲۰تا ۲۵ سال بود که بر اساس معیارهای ورود به مطالعه (داشتن کیفیت خواب مناسب، سلامت جسمانی و روانی، راست دست بودن و مبتدی بودن در اجرای تکلیف) در این پژوهش شرکت کردند. همچنین در طول اعمال مداخله چنانچه شرکت کننده تمایل به ادامه همکاری نبود، از روند اجرا خارج شد.

ابزار پژوهش

پرسش‌نامه کیفیت خواب پترزبورگ: این پرسش‌نامه شامل ۱۸ سئوال است. شهری فر و همکاران (۱۳۸۸) نشان داده اند روایی پرسش‌نامه حاضر ۰/۸۶ و اعتبار آن با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ ۰/۸۹ است. این پرسش‌نامه کیفیت خواب بد را از کیفیت خواب خوب افتراق می‌دهد و هفت زیرمقیاس کیفیت ذهنی خواب، تأخیر در به خواب رفتن، طول مدت خواب، خواب مفید، اختلالات خواب، مصرف داروهای خواب آور، اختلال عملکرد روزانه را ارزیابی می‌کند.

پرسش‌نامه دست برتری ادینبرگ

پرسش‌نامه برتری طرفی ادینبرگ مشمل بر ۴ بخش است که به ترتیب به بررسی برتری دستی، برتری پا، برتری گوش، و برتری چشم می‌پردازد. بخش برتری دستی شامل ۱۰ سئوالی است که با پرسیدن سئوال از فرد یا مراقبین فرد در مورد این‌که از کدام دست (راست، چپ، یا هر دو) در حین انجام ۱۰ تکلیف استفاده می کنند، طرفی شدن را مشخص می‌کند. نمرات مثبت نشان دهنده راست برتر بودن، صفر مشخص کننده عدم برتری طرفی، و نمرات منفی حاکی از چپ برتر بودن است (دامنهٔ نمرات از ۱۰۰+ تا ۱۰۰− است). هر کدام از بخش های دیگر این پرسش‌نامه دارای ۴ سئوال است.

آزمون زمان واکنش تطبیق رنگ زنجیره ای: گیزن و همکاران (۲۰۰۹) برای اولین بار از این نوع تکلیف که نوعی تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای است که به وسیله آن می‌توان به سنجش حافظه توالی‌های حرکتی پرداخت استفاده کرد. طراحی و تولید آن در ایران توسط موسسه تحقیقات علوم رفتاری، شناختی سینا (روان تجهیز) شده است (قدیری و همکاران، ۲۰۱۴). روایی منطقی تکلیف تطبیق رنگ زنجیره‌ای: از آن‌جایی که این ابزار عملکرد انسان را در تکلیف زمان واکنش نسبت به محرک‌های مختلف به طور واضح و آشکار اندازه‌گیری می‌کند و با توجه به این که کلیه متغیرهایی که از ابزار مورد نظر به‌دست می‌آید

تعریف عملیاتی مشخص دارد، دارای روایی صوری منطقی است (گیزن[1] و همکاران، ۲۰۱۰).

آزمودنی‌ها در این تکلیف به تطبیق رنگ سه مربع کوچک با رنگ مربع بزرگی که به ترتیب در نمایشگر ظاهر می‌شود، خواهند پرداخت. برای هر پاسخ زمان واکنش به عنوان متغیر عملکرد حافظه آزمودنی‌ها در نظر گرفته می‌شود. در هر کوشش در مرکز صفحه نمایشگر سه مربع کوچک با ابعاد ۲*۲ سانتی‌متر با زمینه سفید، ظاهر می‌شوند. نحوه نمایش این مربع‌ها با یک فاصله کم از یکدیگر است. بعد از ۶۰۰ میلی‌ثانیه از صفحه نمایشگر محو شده و یک مربع بزرگ با ابعاد ۱۷*۱۷ سانتی‌متر جای آنها را می‌گیرد. آزمودنی‌ها باید به دقت رنگ‌های مربع کوچک را مشاهده نمایند و آنها را با رنگ مربع بزرگ تطبیق دهند. توسط ۴ کلید پاسخ‌ها مشخص شده و در صفحه کلید رایانه انتخاب می‌شوند. از آزمودنی‌ها خواسته می‌شود تا انگشتان اشاره و میانی هر دو دست را روی این چهار کلید قرار دهند. در این تکلیف چهار پاسخ متفاوت امکان‌پذیر است که از قرار ذیل هستند: کلید شماره۱؛ زمانی که هیچ‌کدام از رنگ‌های مربع‌های کوچک با رنگ مربع بزرگ تطابق نداشته باشد. کلید شماره ۲؛ زمانی که یک رنگ از مربع‌های کوچک با رنگ مربع بزرگ انطباق داشته باشد. کلید شماره ۳؛ زمانی که دو رنگ از مربع‌های کوچک با رنگ مربع بزرگ انطباق داشته باشد. کلید شماره ۴؛ زمانی که هر سه رنگ مربع‌های کوچک با رنگ مربع بزرگ انطباق داشته باشد. به محض ادای پاسخ توسط آزمودنی‌ها یا گذشت ۳۰۰۰ میلی‌ثانیه از ظهور محرک مربع بزرگ از صفحه نمایشگر محو شده و سه مربع کوچک دیگر با یک فاصله ۲۰۰ میلی‌ثانیه‌ای ظاهر می‌شوند. در این تکلیف توالی پاسخ‌ها با توجه به یک توالی ویژه ثابت است، اما نوع محرک با توجه به ترکیب متفاوتی از رنگ و شکل‌بندی آن متفاوت است (به نقل از قدیری و همکاران، ۲۰۱۴).

دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم جمجمه ای: تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجم یک تکنیک درمانی عصبی است که جریان مستقیم و ضعیفی را به مناطق قشری وارد و فعالیت خودانگیخته عصبی را تسهیل یا بازداری میکند. در **تحریک الکتریکی مستقیم جمجمه ای** موقعیت الکترودها در تعیین اثربخشی تحریک بسیار مهم است. شدت تحریک تا دو میلی آمپر و طول مدت تحریک حدود ۲۲ دقیقه هیچ خطری ندارد و کاملاً ایمن است (باگو و همکاران[2] ۲۰۰۶)

روش اجرای پژوهش و جمع‌آوری اطلاعات

ابتدا از آزمودنی ها دعوت شد تا یک روز قبل از آزمون به مکان تست‌گیری مراجعه کنند و اطلاعاتی درباره ابزار و نحوه اجرا دریافت کنند. در این زمان از آزمودنی ها رضایت‌نامه کتبی دریافت شد. بعد از انتخاب آزمودنی ها بر اساس معیارهای ورود به مطالعه، آنها به صورت تصادفی در گروه های آزمایشی گمارده شدند.

گروه اول تمرین هوازی صرف برای تحکیم و بازتحکیم حافظه: تکلیف تطبیق رنگ زنجیره ای را در مرحله اکتساب (شش بلوک ۱۰۰ کوششی) انجام دادند. به مدت ۳۰ دقیقه فعالیت بدنی هوازی انجام دادند. سپس آزمودنی‌ها در آزمون های یادداری ۳۰ دقیقه بعد، یک ساعت و ۴۸ ساعت بعد از خواب شبانه، دو بلوک ۵۰کوششی از تکلیف تطبیق رنگ زنجیره ای را انجام دادند.

گروه دوم: تحریک الکتریکی مغز همراه با تمرین هوازی برای تحکیم و بازتحکیم حافظه: تکلیف تطبیق رنگ زنجیره ای را در مرحله اکتساب (شش بلوک ۱۰۰ کوششی) انجام دادند. سپس

1. Ghysen

2. Boggio

ابتدا به مدت ۱۵ دقیقه تحریک الکتریکی مغز را انجام دادند. مجدداً به مدت ۱۵ دقیقه فعالیت بدنی هوازی (بر مبنای پیشینه پژوهش) را انجام دادند (قربانی و صابری، ۲۰۲۰؛ شیازاوا[1] و همکاران، ۲۰۱۴). سپس آزمودنی ها در آزمون های یادداری ۳۰ دقیقه، یک ساعت و ۴۸ ساعت بعد از خواب شبانه، دو بلوک ۵۰کوششی از تکلیف تطبیق رنگ زنجیره ای را انجام دادند.

گروه سوم (گروه کنترل برای تحکیم و بازتحکیم حافظه ای): تکلیف تطبیق رنگ زنجیره ای را در مرحله اکتساب (شش بلوک ۱۰۰ کوششی) انجام دادند. سپس آزمودنی ها در آزمون های یادداری ۳۰ دقیقه، یک ساعت و ۴۸ ساعت بعد از خواب شبانه، دو بلوک ۵۰کوششی از تکلیف تطبیق رنگ زنجیره ای را انجام دادند.

پروتکل تمرین هوازی از نظر مدت و شدت

پروتکل تمرین شامل پا زدن روی دوچرخه کارسنج تا رسیدن آزمودنی به حد واماندگی ، سپس انجام ۱۰ دقیقه دوچرخه ثابت جهت حفظ ضربان قلب در منطقه هوازی، انجام ۵ دقیقه کشش فنر با حفظ ضربان قلب در منطقه هوازی روی دستگاه کادیلاک، در ادامه انجام ۱۰ دقیقه تمرین روی دوچرخه ثابت با حفظ ضربان قلب در منطقه هوازی. لازم به ذکر است حداکثر ضربان قلب با استفاده از ساعت شیوئومی که به مچ دست آزمودنی ها بسته شده بود، تعیین شد.

روش اعمال تحریک الکتریکی مغز (TDCS)

مطالعات برای استفاده از TDCS در تکالیف شدت و زمان های تحریک مختلفی را گزارش کرده اند. در اکثر صورت جلسه های آزمایش اخیر گرایش به استفاده از جریانی بین 1-2m Amp به مدت ۳۰-۲۰ دقیقه و کمتر بین دو الکترود رسانای سطحی از جنس کربن در پوشش اسفنجی در ابعادی بین ۳۵-۲۵ سانتی متر مربع مرسوم است. الکترودهای دستگاه یکی به عنوان قطب مثبت (آندی) و دیگری به عنوان قطب منفی (کاتدی) برروی جمجمه قرار می‌گیرند. الکتریسیته از قطب مثبت به سمت قطب منفی در حرکت است. در جریان تحریک بخشی از جریان وارد شده در حین عبور از سر از بین می‌رود، بخش باقی مانده از جمجمه عبور کرده و به مایع مغزی نخاعی (CSF) برخورد می‌کند و جریان‌های میدان های الکتریکی وارد شده به کورتکس موجب تغییر در عملکرد شلیک های نورونی می‌گردند. از طریق اندازه گیری سر برای پیدا کردن ناحیه پیش پیشانی پشتی-جانبی برای تحریک اقدام شد. برای این کار معمولاً از سیستم EEG 10/20 استفاده می‌شود اما روش دیگری که در این مطالعه به کار رفت و روشی متداول در مطالعات TDCS محسوب می‌شود و به شرح زیر است:

وسط فاصله بیخ بینی [2](نقطه بین پیشانی و بینی) تا برآمدگی پشت سر[3](برجسته ترین استخوان پشت سر) را روی پوست سر علامت زده سپس فاصله بین دو گوش [4]را در نظر گرفته و وسط آن علامت زده می شود. از تلاقی این دو نقطه راس سر به دست می‌آید که این نقطه معادل Cz در EEG است. اگر ۲۰ درصد از فاصله دو گوش را به سمت چپ حرکت کنید به ناحیه C3 یا کورتکس حرکتی چپ M1 می‌رسید. برای مکان یابی ناحیه خلفی-جانبی چپ یا F3 کافی است از نقطه C3 به اندازه ۵ سانتی متر به جلو حرکت کنیم. این روش اندازه گیری و مکان یابی مورد نظر برای استفاده از الکترودهای بزرگ مناسب است. برای استفاده از TDCS کانون تر ممکن است نیازمند سایر روش های مکان یابی قشری باشیم (های[5] و همکاران، ۲۰۱۳؛ اولیورا[6] و همکاران، ۲۰۱۳).

1. Shiozawa
2. Nasion
3. Inion
4. Preauricular pit
5. Hoy
6. Oliveira

آزمون‌های یادداری (آزمون حافظه) برای هر سه گروه تمرینی، شامل اجرای دو بلوک تمرینی از تکلیف تطبیق رنگ زنجیره ای، مشابه با شرایط بلوک های اکتساب بود. آزمودنی های هر سه گروه بعد از انجام پروتکل تمرینی ۳۰ دقیقه، یک ساعت و ۴۸ ساعت بعد دو بلوک ۵۰کوششی از تکلیف زمان واکنش تطبیق رنگ زنجیره ای را در آزمون یادداری انجام دادند.

روش آماری

به منظور تحلیل داده های جمع‌آوری شده، از آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. از روش های آمار توصیفی شامل شاخص‌های مرکزی و پراکندگی برای توصیف داده‌های پژوهش استفاده شد. همچنین از شاخص‌های آمار استنباطی، آزمون شاپیرو ویلک جهت تعیین نرمال بودن داده‌ها، آزمون اون جهت تعیین تجانس واریانس‌ها، آزمون تحلیل واریانس یک راهه، تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر با عامل تکرار در فواصل تمرین آسایی، و آزمون گرین هووس- گیسر برای کرویت داده ها استفاده شد. کلیهٔ عملیات آماری اعم از آمار توصیفی و استنباطی با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها

جدول ۱ نتایج تو صیفی میانگین زمان واکنش زنجیره ای (متغیر وابسته پژوهش) را در سه بلوک تمرینی و بلوک مربوط به فراخوانی حافظه، را در گروه های آزمایشی اول تا سوم نشان می‌دهد.

جدول۱- میانگین و انحراف معیار زمان واکنش زنجیره ای در بلوک های تمرینی

متغیر (Mean±SD)	گروه تمرین هوازی	گروه ترکیبی	گروه کنترل
بلوک اول اکتساب	۹۱۸/۴۶±۲۲۸/۳۰	۹۶۶/۷۰±۱۲۶/۵۸	۹۴۴/۱۶±۱۳۶/۵۰
بلوک دوم اکتساب	۷۹۸/۵۳±۱۳۹/۹۱	۸۴۷/۳۶±۱۶۸/۱۹	۸۸۸/۵۶±۱۵۴/۲۴
بلوک سوم اکتساب	۷۴۸/۱۳±۱۷۷/۳۵	۸۱۰/۰۳±۱۵۴/۰۲	۸۱۹/۴۳±۱۳۱/۰۶

جدول ۲ نتایج توصیفی میانگین زمان واکنش زنجیره ای (متغیر وابسته پژوهش) را در بلوک های فراخوانی و آزمون یادداری در گروه های آزمایشی اول تا سوم نشان می‌دهد.

نتایج نشان می‌دهد میانگین زمان واکنش زنجیره ای آزمودنی های هر سه گروه آزمایشی بلوک تمرینی اول تا بلوک تمرینی سوم در جلسه اکتساب روند نزولی و رو به پیشرفت را داشته است.

.

جدول۲- مقایسه میانگین زمان واکنش زنجیره ای در آزمون یادداری در گروه های آزمایشی اول، دوم، سوم

متغیر (Mean±SD)	گروه تمرین هوازی	گروه تمرین ترکیبی	گروه کنترل
بلوک آزمون یادداری اول	۷۰۷/۸۳±۱۶۵/۹۸	۹۲۶/۴۶±۱۷۷/۵۳	۷۵۷/۸۶±۱۴۵/۳۸
بلوک آزمون یادداری دوم	۷۰۲/۳۰ ±۲۰۸/۴۷	۸۹۷/۰۰±۱۹۳/۷۶	۷۱۷/۵۳±۱۳۹/۲۵
بلوک آزمون یادداری سوم	۶۴۰/۰۳±۱۴۳/۰۹	۵۵۴/۹۰±۱۳۷/۸۵	۶۸۳/۹۰±۱۶۰/۲۱

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد در آزمون های یادداری اول و دوم که به ترتیب ۳۰ دقیقه و یک ساعت بعد از بلوک آخر اکتساب اجرا شدند، گروه تمرین هوازی عملکرد بهتری نسبت به گروه تمرین ترکیبی دارند. در

آزمون یادداری سوم که ۴۸ ساعت بعد از آزمون یادداری دوم اجرا شد گروه تمرین ترکیبی (تمرین هوازی+ تحریک الکتریکی مغز) بهترین عملکرد را داشتند.

قبل از تحلیل فرضیه‌های تحقیق پژوهشگر از پیش فرض طبیعی بودن توزیع داده ها با استفاده از آزمون شاپیرو–ویلک برای گروه‌های تمرین هوازی (p=۰/۰۶)، تمرین ترکیبی (p=۰/۴۹) و کنترل (p=۰/۵۵) اطمینان حاصل نمود (p>۰/۰۵). همچنین قبل از انجام تحلیل واریانس با اندازه های تکراری پیش فرض های آن بررسی شد. در این راستا نتایج آزمون M باکس (برای فرض یکسانی ماتریس کواریانس ها) و آزمون لون (برای یکسانی واریانس ها) نشان داد پیش فرض های مربوطه رعایت شده است (p>۰/۰۵). آزمون معناداری تحلیل واریانس نیز نشان داد میزان F شاخص ویلکز لامبدا در سطح (p<۰/۰۵) معنادار نیست.

به منظور بررسی تأثیر تمرین هوازی در فواصل تمرین آسایی متفاوت (اجرای آزمون یادداری یعد از ۳۰ دقیقه، ۱ ساعت و ۴۸ ساعت) بر تحکیم حافظه حرکتی از آزمون تحلیل واریانس یک راهه با اندازه های تکراری (آخرین بلوک اکتساب، آزمون یادداری بعد از ۳۰ دقیقه، یک ساعت و ۴۸ ساعت) با در نظر گرفتن تکرار روی مراحل ارزیابی استفاده شد.

جدول ۳ - نتایج تحلیل واریانس یک راهه با اندازه گیری های تکراری برای مقایسه نتیجه اجرای گروه تمرین هوازی در مراحل ارزیابی متفاوت

منبع تغییرات	SS	df	MS	F	P
مراحل ارزیابی	۶۹۲۷۹۹/۳۵	۵و۷۰	۱۳۸۵۵۹/۸۷	۶/۶۲	۰/۰۰۱

نتایج با رعایت فرض کرویت موچلی و تجانس واریانس ها نشان داد اثر مراحل ارزیابی (p =۰/۰۰۱ ،۶/۶۲= F(۵ ،۷۰)) معنادار بود. بدین ترتیب که بین عملکرد گروه تمرین هوازی در مراحل ارزیابی بلوک های اکتساب و اجرای سه آزمون یادداری تفاوت معناداری وجود داشت. برای بررسی محل تفاوت ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. یافته‌ها نشان داد بین میانگین زمان واکنش بلوک اول اکتساب با بلوک سوم اکتساب، یادداری بعد از سی دقیقه و یادداری بعد از ۴۸ ساعت تفاوت معنادار وجود داشت (p<۰/۰۵). بررسی میانگین ها در ۲نشان داد آزمودنی ها در اجرای آزمون یادداری بعد از ۴۸ ساعت بهترین عملکرد و در بلوک تمرینی اول و دوم ضعیف‌ترین عملکرد را دارند.

به منظور بررسی تأثیر تمرین ترکیبی (تمرین هوازی + تحریک الکتریکی مغز) در فواصل تمرین آسایی متفاوت (اجرای آزمون یادداری یعد از ۳۰ دقیقه، ۱ ساعت و ۴۸ ساعت) بر تحکیم حافظه حرکتی از آزمون تحلیل واریانس یک راهه با اندازه های تکراری (آخرین بلوک اکتساب، آزمون یادداری بعد از ۳۰ دقیقه، یک ساعت و ۴۸ ساعت) با در نظر گرفتن تکرار روی مراحل ارزیابی استفاده شد.

جدول ۴- تایج تحلیل واریانس یک راهه با اندازه گیری های تکراری برای مقایسه نتیجه اجرای گروه تمرین ترکیبی در مراحل ارزیابی متفاوت

منبع تغییرات	SS	df	MS	F	P
مراحل ارزیابی	۱۶۳۱۳۱۵/۳۸	۵و۷۰	۳۲۶۲۶۳/۰۷	۱۵/۱۷	۰/۰۰۱

بعد از ۴۸ ساعت تفاوت معنادار وجود داشت (p<۰/۰۵). بین میانگین زمان واکنش آزمون یادداری بعد از ۴۸ ساعت با بلوک های تمرینی اول، دوم و سوم و آزمون-های یادداری اول (اجرا بعد از ۳۰ دقیقه) و دوم (اجرا بعد از ۱ ساعت) تفاوت معنادار وجود داشت (p<۰/۰۵). بررسی میانگین ها در جدول ۲ نشان داد آزمودنی ها در اجرای آزمون یادداری بعد از ۴۸ ساعت بهترین عملکرد و در بلوک تمرینی اول و اجرای آزمون یادداری بعد از نیم ساعت و یک ساعت ضعیف‌ترین عملکرد را دارند.

به منظور بررسی تأثیر تمرین توالی حرکتی در فواصل تمرین آسایی متفاوت (اجرای آزمون یادداری بعد از ۳۰ دقیقه، ۱ ساعت و ۴۸ ساعت) بر تحکیم حافظه حرکتی از آزمون تحلیل واریانس یک راهه با اندازه های تکراری (آخرین بلوک اکتساب، آزمون یادداری بعد از ۳۰ دقیقه، یک ساعت و ۴۸ ساعت) با در نظر گرفتن تکرار روی مراحل ارزیابی استفاده شد.

نتایج با رعایت فرض کرویت موچلی و تجانس واریانس ها نشان داد اثر مراحل ارزیابی (F (۵، ۷۰) =۱۵/۱۷، p =۰/۰۰۱) معنادار بود. بدین ترتیب که بین عملکرد گروه تمرین ترکیبی در مراحل ارزیابی بلوک های اکتساب و اجرای سه آزمون یادداری تفاوت معناداری وجود داشت. برای بررسی محل تفاوت ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

یافته‌ها نشان داد بین میانگین زمان واکنش بلوک اول اکتساب با بلوک های دوم و سوم اکتساب، یادداری بعد از ۴۸ ساعت تفاوت معنادار وجود داشت (p<۰/۰۵). بین میانگین زمان واکنش بلوک اول اکتساب با بلوک های دوم و سوم اکتساب، یادداری بعد از ۴۸ ساعت تفاوت معنادار وجود داشت (p<۰/۰۵).

بین میانگین زمان واکنش آزمون یادداری اول (اجرا بعد از ۳۰ دقیقه) با یادداری بعد از ۴۸ ساعت تفاوت معنادار وجود داشت (p<۰/۰۵). بین میانگین زمان واکنش آزمون یادداری دوم (اجرا بعد از یک ساعت) و یادداری

جدول ۵- نتایج تحلیل واریانس یک راهه با اندازه گیری های تکراری برای مقایسه نتیجه اجرای گروه تمرین کنترل در مراحل ارزیابی متفاوت

منبع تغییرات	SS	df	MS	F	P
مراحل ارزیابی	۷۶۴۲۷۶/۱۸	۵و۷۰	۱۵۲۸۵۵/۲۳	۱۰/۲۲	۰/۰۰۱

نتایج با رعایت فرض کرویت موچلی و تجانس واریانس ها نشان داد اثر مراحل ارزیابی (F (۵، ۷۰) =۱۰/۲۳، p =۰/۰۰۱) معنادار بود. بدین ترتیب که بین عملکرد گروه کنترل در مراحل ارزیابی بلوک های اکتساب و اجرای سه آزمون یادداری تفاوت معناداری وجود داشت. برای بررسی محل تفاوت ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. یافته ها نشان داد بین میانگین زمان واکنش بلوک اول اکتساب با بلوک های دوم و سوم اکتساب، یادداری بعد از ۴۸ ساعت تفاوت معنادار وجود داشت (p<۰/۰۵).

بین میانگین زمان واکنش بلوک دوم اکتساب با یادداری بعد از ۳۰ دقیقه، ۱ ساعت و بعد از ۴۸ ساعت تفاوت معنادار وجود داشت (p<۰/۰۵).

بین میانگین زمان واکنش آزمون یادداری اول (اجرا بعد از ۳۰ دقیقه) با یادداری بعد از یک ساعت و ۴۸ ساعت تفاوت معنادار وجود نداشت. اما بین میانگین زمان واکنش آزمون یادداری اول (اجرا بعد از ۳۰ دقیقه) با بلوک های اول، دوم و سوم مرحله اکتساب تفاوت معنادار وجود دارد (p<۰/۰۵). بین میانگین زمان واکنش آزمون یادداری دوم (اجرا بعد از یک ساعت) و یادداری بعد از ۴۸ ساعت تفاوت معنادار وجود داشت

(p<۰/۰۵). بین میانگین زمان واکنش آزمون یادداری بعد از ۴۸ ساعت با بلوک های تمرینی اول، دوم و سوم و آزمونه یادداری اول (اجرا بعد از ۳۰ دقیقه) تفاوت معنادار وجود داشت (p<۰/۰۵). بین میانگین زمان واکنش یادداری اول (اجرا بعد از ۳۰ دقیقه) و دوم (اجرا بعد از ۱ ساعت) تفاوت معنادار وجود نداشت (p<۰/۰۵). بررسی میانگین ها در جدول ۲ نشان داد آزمودنی ها در اجرای آزمون یادداری بعد از ۴۸ ساعت بهترین عملکرد و در بلوک تمرینی اول ، دوم و سوم ضعیف‌ترین عملکرد را دارند.

بحث و نتیجه گیری

هدف پژوهش حاضر اثر افزوده تحریک الکتریکی مستقیم مغز به همراه تمرین هوازی بر تحکیم حافظه حرکتی آشکار بود. نتایج نشان داد در گروه تمرین هوازی بین عملکرد گروه تمرین هوازی در مراحل ارزیابی بلوک های اکتساب و اجرای سه آزمون یادداری تفاوت معناداری وجود داشت. یافته‌ها نشان داد بین میانگین زمان واکنش بلوک اول اکتساب با بلوک سوم اکتساب، یادداری بعد از سی دقیقه و یادداری بعد از ۴۸ ساعت تفاوت معنادار وجود داشت. بررسی میانگین‌ها نشان داد آزمودنی‌ها در اجرای آزمون یادداری بعد از ۴۸ ساعت بهترین عملکرد و در بلوک تمرینی اول و دوم ضعیف‌ترین عملکرد را دارند. نتایج این پژوهش با یافته‌های باکر(۲۰۱۰)، لیا آمبوس و همکاران (۲۰۱۰)، کرامر و اریکسون[3] (۲۰۰۷)، کاتمن و همکاران[4](۲۰۰۷) و مارتینز[5]و همکاران (۲۰۱۳) که اثرات مثبت تمرینات هوازی بر حافظه را تأیید کردند، همخوانی دارد. در نظر داشته باشید محیط های پویا، روابط اجتماعی و فعالیت‌های بدنی و ذهنی از جمله عوامل مؤثر در حفظ حافظه به شمار می‌آیند. در این راستا کوریا و همکاران[6](۲۰۱۰) در مطالعات خود دریافتند فعالیت ورزشی باعث افزایش سطوح نوروتروفیکی می‌شود و افزایش در این فاکتورها باعث افزایش در کارایی حافظه و عملکرد بهتر فراحافظه می شود. اویسال[7]و همکاران (۲۰۰۵) اظهار داشتند ورزش و فعالیت‌های بدنی باعث افزایشBDNF می‌شود که این امر نشان دهنده این است ورزش پتانسیل یادگیری را افزایش می‌دهد.

برای توضیح رابطه بین فعالیت بدنی و کارکردهای شناختی چندین مکانیسم وجود دارد: یکی از این مکانیسم‌ها برانگیختگی جسمانی است که باعث تسهیل حافظه و یادگیری می‌شود. نشان داده شده است که هنگام تحکیم حافظه، تنش عضلانی متوسط یک تعدیل کننده مؤثر بر حافظه بلندمدت است (نیلسون[8]و همکاران، ۱۹۹۶). فعالیت بدنی با افزایش برانگیختگی و از طریق نمونه‌برداری از نشانه‌های محیطی و سرعت پاسخ دهی بیشتر به آنها سبب افزایش بازیابی اطلاعات از ردها و اثرهای ایجاد شده در حافظه می‌شود (بیریس واتر[9]و همکاران، ۲۰۰۲). از این رو به سطح انگیختگی افراد به عنوان عاملی کلیدی در رابطه با اثر فعالیت بدنی بر عملکرد حافظه توجه شده است. دومین مکانیسم افزایش سنتز عوامل رشد عصبی مانند عامل نوروتروفیک مشتق از مغز، عامل رشد شبه انسولینی، افزایش ارتباط سیناپسی و حتی افزایش ظرفیت پردازش پیام‌های عصبی به دنبال فعالیت بدنی است (وان اوفلن[10]و همکاران ۲۰۰۸). سوم، ورزش با تنظیم سطوح انتقال دهنده‌های عصبی باعث تحریک

1. Baker
2. Liu-Ambrose
3. Kramer and Erickson
4. Cotman
5. Martins
6. Corriea
7. Uysal
8. Nielson
9. Brisswalter
10. Van Uffelen

آزادسازی کلسیم شده و در نتیجه باعث ترشح دوپامین و استیل کولن می‌شود. این عوامل بر حفظ عملکردهای عصبی و بالابردن عملکردهای شناختی–ادراکی تأثیر دارند (پریرا و همکاران،[1]۲۰۰۷). همچنین در تأیید این یافته‌ها می‌توان به نتایج تحقیقات پونتیفکس و همکاران[2](۲۰۰۹) و مارینز و همکاران (۲۰۱۳) اشاره داشت که هر دو حاکی از بهبود حافظه در اثر تمرین هوازی بودند. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش های اتینگر[3]و همکاران (۲۰۱۵) که نشان دادند در طول تمرین ورزشی در عملکرد یاداوری حافظه تفاوت معناداری وجود ندارد و همچنین با نتایج مطالعات آنگ[4] و همکاران (۲۰۰۶) که تأثیر تمرین هوازی بر حافظه را بررسی کرده بودند، نا همسو است.

یافته‌ها با یافته‌های توماس و همکاران (۲۰۱۶) که نشان دادند انجام تمرین ۲۰ دقیقه بعد از اکتساب مهارت حرکتی در مقایسه با گروه کنترل و گروه تمرین تأخیری دو ساعته در یادداری یک روز و یک هفته بعد عملکرد بهتری دارند ، همسو است. نتایج آنها نشان می‌دهد تأخیر دو ساعته در تمرین به طور معناداری این اثر را کاهش می‌دهد. یافته‌های مطالعه اصلی توماس و همکاران بیان می‌کند یک محرک موقتی مثبت در هنگام ارائه یک دور تمرین شدت بالا در یادداری مهارت حرکتی وجود دارد. این یافته‌ها به ما کمک می-کند تا چگونگی تأثیر پذیری تمرین را بهتر دریابیم و ما را راهنمایی می‌کند تا بتوانیم فرایندهای یادگیری را در زمینه‌های توانبخشی،ارگونومیک، ورزش و آموزش و پرورش بهبود بخشیم.

نتایج نشان داد در گروه تمرین ترکیبی (تمرین هوازی+ تحریک الکتریکی مغز) آزمودنی ها در اجرای آزمون یادداری بعد از ۴۸ ساعت بهترین عملکرد و در بلوک تمرینی اول و اجرای آزمون یادداری بعد از نیم ساعت و یک ساعت ضعیف‌ترین عملکرد را دارند. آزمودنی ها در اجرای آزمون یادداری بعد از ۴۸ ساعت بهترین عملکرد و در بلوک تمرینی اول ، دوم و سوم ضعیف ترین عملکرد را دارند.

در رابطه با تحریک الکتریکی می‌توان گفت این یافته‌ها همسو با یافته هارتلی، سیمن و مکوستیکس[5](۲۰۱۵) که به این نتیجه دست یافتند که تحریک آنودال قسمت پشتی جانبی پیشانی موجب بهبود شناسایی خطا در انجام تکلیف شناختی می‌شود و همچنین هماهنگ با یافته گامز و دیاس (۲۰۱۶) است که نمونه مطالعهٔ آنان ۱۲ ورزشکار رشته انفرادی (جودو، شنا و ژیمناستیک موزون)، مدت زمان تحریک الکتریکی ۲۰ دقیقه، شدت جریان، ۲ میلی‌آمپر و طی ده جلسه متوالی بر روی قشر پیش‌پیشانی جانبی–پشتی چپ اعمال شده بود. تحریک الکتریکی مغز از طریق تحریک‌پذیری قشر می‌تواند به‌طور معناداری دقت حافظه‌کاری را افزایش دهد. ممکن است افزایش دقت (کاهش تعداد پاسخ‌های نادرست) ناشی از مکانیسم تقویت طولانی‌مدت[6] باشد. این مکانسیم عامل اصلی در حافظه و یادگیری است و به افزایش طولانی‌مدت انتقال‌دهنده‌های عصبی اشاره دارد که می‌تواند ساعت‌ها تا ماه‌ها ادامه پیدا کند که ناشی از فعالیت همزمان سلول‌های پیش‌سیناپسی و پس‌سیناپسی است. همچنین یافته اخیر تحقیق حاضر،

1. Pereira
2. Pontifex
3. Etnier
4. Hartley, Seaman & Maquestiaux
5. Andrews, Hoy, Enticott, Daskalakis & Fitzgerald
6. Long-term Potentiation
7. Cooke & Bliss
8. Long-term Depression
9. Braver
10. Ranieri
11. Robbins & Murphy
12. Gomes

هماهنگ با تحقیق هوی[۱۰] و همکاران (۲۰۱۳) است با این تفاوت که در آن تحقیق از تکلیف استرنبرگ و فواصل یک هفته‌ای بین جلسات استفاده شده بود. مطالعات اخیر نشان می‌دهد در طول تکلیف مرتبط با حافظه کاری، دوپامین در نواحی پیش‌پیشانی افزایش می‌یابد (باجیو و همکاران، ۲۰۰۶). افزایش تحریک‌پذیری سطحی در قشر پیش‌پیشانی موجب افزایش رهاسازی دوپامین و در نتیجه باعث ارتقأ عملکرد حافظه می‌شود.

یافته دیگری که از مطالعه حاضر به دست آمد نشان-دهندۀ عملکرد بهتر گروه ترکیبی (تمرین هوازی+ تحریک آنودال نواحی پیشانی مغز) نسبت به گروه های تمرین هوازی صرف یا کنترل بود. علت این امر می‌تواند ارتباط بین کارکردهای شناختی و ورزش باشد. ورزش می‌تواند بر جنبه‌های مختلف عملکردهای ادراکی و شناختی اثرگذار باشد. سودمندی ورزش برای عملکردهای کنترل اجرایی مانند حافظه‌کاری نشان داده شده است (اتنیر،۲۰۰۶). از طرفی یافته های پژوهش حاضر با یافته‌های باجیو و همکاران (۲۰۰۶) که در تحقیق خود بدین نتیجه رسیدند تحریک مستقیم مغز بر روی سرعت و زمان واکنش شرکت‌کنندگان تأثیری نداشت ناهمخوان است. شاید از دلایل ناهمخوانی یافته تحقیق حاضر با تحقیق ذکر شده، نوع شرکت‌کنندگان و تکلیف نسبتاً دشوار مورد استفاده باشد. بدین صورت است که در تحقیق باجیو و همکاران (۲۰۰۶) از بیماران پارکینسونی و تکلیف سخت و دشواری همچون تکلیف ۳-بک استفاده شده بود.

در پایان می‌توان گفت فعالیت‌های ورزشی و تحریک الکتریکی مغز ممکن است باعث ایجاد تغییراتی در سطح قشر مغزی و فعالیت الکتریکی نورون‌های آن شود. لذا با به‌کارگیری مداوم فعالیت‌های ورزشی و با درنظر گرفتن سازگاری‌هایی که در قشر مغزی به وجود می‌آورد، می‌توان شرایط بهبود عملکرد سیستم عصبی و مغز را فراهم آورد. در این مورد لازم است مطالعات بیشتری انجام گیرد. یافته‌های ارائه شده در پژوهش حاضر بیانگر این امر بود که ارتقأ و پیشرفت در تکلیف زمان واکنش زنجیره ای صرفاً بر اثر تمرین و در طول جلسات تمرین بدست نمی‌آید، بلکه حافظه مربوط به تکلیف، بعد از یادگیری مهارت و در مرحله استراحت و تمرین آسایی، ارتقأ و مجدداً تحکیم می‌یابد. بنابراین با توجه به طولانی شدن جلسات تمرینی و فشرده کردن تعداد جلسه تمرین توسط مربیان در طول یک هفته و با توجه به تأثیری که دوره بی تمرینی و استراحت می تواند بر ارتقأ و پیشرفت در حافظه مهارت و تکلیف داشت باشد، لذا به مربیان و معلمان توصیه می‌شود در برنامه ریزی های آموزشی خود، اهمیت و نقش استراحت در طول خواب را بر پیشرفت عملکرد و تعدیل عملکرد نرون‌های حافظه ای مدنظر قرار دهند. با توجه به این‌که هیچ پژوهشی خارج از محدودیت نیست، انتخاب آزمودنی های مونث، دامنه سنی جوانان و نداشتن گروه تحریک الکتریکی مغز از محدودیت های پژوهش حاضر بود.

منابع

1. Ahmadizadeh MJ, Rezaei M. (2020). Effectiveness of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on Depression, Anxiety and Rumination of Patients with Post-traumatic Stress Disorder Symptoms (PTSD). *Journal of Military Medicine*, 22(3), 264-272. In Press
2. Ang ET, Dawe GS, Wong PT, Moochhala S, Ng Y-K. (2006). Alterations in spatial learning and

memory after forced exercise. Brain Res, 1113(1), 186-93.
3. Baker J, Cote J, Abernethy B. (2003). Sport-specific practice and the development of expert decision-making in team ball sports. *Journal of Applied Sport Psychology*, 15(1), 12–25.
4. Bahrami Alireza, Moradi Jalil, Otaei Zahra. (2020). The effect of direct electrical stimulation of the brain (tDCS) on mental fatigue and performance of basketball players. *Journal of Sport Psychology Studies, In Press.* In Persian
5. Boggio, P. S., Ferrucci, R., Rigonatti, S. P., Covre, P., Nitsche, M., Pascual-Leone, A., & Fregni, F. (2006). Effects of transcranial direct current stimulation on working memory in patients with Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 249(1), 31–38.
6. Brisswalter J, Collardeau M, René A. Effects of acute physical exercise characteristics on cognitive performance. (2002). *Sports Medicine*, 2(9),555-66.
7. Correia PR, Pansani A, Machado F, Andrade M, Silva da AC, Scorza FA, Cavalheiro EA, Arida RM. (2010). Acute strength exercise and the involvement of small or large muscle mass on plasma brain-derived neurotrophic factor levels. Clinics, 65, 1123–1126.
8. Cotman C. W. ، Berchtold N. C. ، and Christie L.A . (2007). "Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation." *Trends in Neurosciences*، 30(9), 464–472.
9. Etnier, J. L., Nowell, P. M., Landers, D. M., & Sibley, B. A. (2006). A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Research Reviews*, 52 (1), 119–130.
10. Forester BP, Ajilore O, Spino C, Lehmann SW. (2015). Clinical characteristics of patients with late life bipolar disorder in the community: data from the NNDC registry. *Am J Geriatr Psychiatry*, 23(9),977–84.
11. Foster, J.K., Lidder, P.G., & Sünram, S.I. (1998). Glucose and memory: fractionation of enhancement effects. *Psychopharmacology*, 137, 259–270.
12. Genzel L., Kroes, C.W., Dresler, M., Battaglia, FP. (2014). Light sleep versus slow wave sleep in memory consolidation: a question of global versus local processes?. *Trends in Neurosciences*, 37, 10-19.
13. Gomes, J. S., & Dias, Á. M. (2016). Transcranial Direct Current Stimulation Effects on Athletes' Cognitive Performance: An Exploratory Proof of Concept Trial, 7(November), 1–5.
14. Hartley AA, Seaman B, Maquestiaux, F. (2015). Ideomotor-compatible tasks partially escape dual-task interference in both young and elderly adults. *Psychology and Aging*, 30(1), 36.
15. Hoy, K. E., Emonson, M. R. L., Arnold, S. L., Thomson, R. H., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2013). Testing the limits: investigating the effect of tDCS dose on working memory enhancement in healthy controls. *Neuropsychologia*, 51(9), 1777–1784.

16. Hupbach, A., Gomez, R., Hardt, O., & Nadel, L. (2011). Reconsolidation of episodic memories: a subtle reminder triggers integration of new information. *Learning & Memory*, 14, 47–53.
17. Ghadiri F, Rashidy-Pour A, Bahram A, Zahediasl S. (2013). Effects of stress related acute exercise on consolidation of implicit motor memory . Koomesh, 14 (2) :223-231.In Persian
18. Shahrifar, Mahin. (2009). The effect of relaxation on sleep quality and drowsiness of shift nurses. Master Thesis in Nursing, Jundishapur University of Medical Sciences. In Persian
19. Kramer A. F. and Erickson K. I. (2007). Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. Trends in Cognitive Sciences، 11(8), 342–348.
20. Liu-Ambrose T, Nagamatsu LS, Graf P, Beattie BL, Ashe MC, Handy TC. (2010). Resistance training and executive functions: a 12-month randomized controlled trial. Archives of Internal Medicine, 170(2),170-8.
21. 21.Martins AQ, Kavussanu M, Willoughby A, Ring C. (2013). Moderate intensity exercise facilitates working memory. Psychol Sports Exerc, 14(3), 323-8.
22. Ghorbanian B, Saberi Y, Rasouli M. (2020). The Effect of Pilates Training and Electrical Stimulation on Motor and Cognitive Function of Women with Multiple Sclerosis. Shafa Khatam,8 (1),73-63.
23. Nielson KA, Radtke RC, Jensen RA. (1996). Arousalinduced modulation of memory storage processes in humans. Neurobiology of learning and memory, 66(2), 133-142.
24. Oliveira, J. F., Zanão, T. A., Valiengo, L., Lotufo, P. A., Benseñor, I. M., Fregni, F., & Brunoni, A. R. (2013). Acute working memory improvement after tDCS in antidepressant-free patients with major depressive disorder. Neuroscience Letters, 537, 60–64.
25. Pereira AC, Huddleston DE, Brickman AM, Sosunov AA, Hen R, McKhann GM, et al. (2007). An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(13), 5638-43.
26. Pontifex MB, Hillman CH, Fernhall B, Thompson KM, Valentini TA. (2009). The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory. Med Sci Sports Exerc, 41, 927-934.
27. Shamsipoor Dehkordi, P. (2014). Effect of immediate, recent and remote explicit motor memory on reconsolidation process and retrograde effect. *Journal of Cognitive Psychology*, 2 (3), 37-48. (In Press)
28. Shamsipour Dehkordi P, Naeimi Tajdar, M, Mohamadtaghi M, Mootabadi MA. (2018). Interactive Impact the Time of Exercise (Aerobic Power) and Circadian Rhythms of Everyday Memory Performance, Retrospective and Prospective Youth. *Journal of Cognitive Psychology*, 5 (4), 16-26.

29. Shamsipour Dehkordi, P., Najafian, F., & Mir, F. (2019). The Effect of Gender and Circadian Rhythm on the Performance of Motor Memory and Achievement Motivation in Youth. *Journal of Sport Psychology Studies*, 26, 195-212. In Persian
30. Shi H, Luo, Y, Xue Y. (2011). Effects of sleep deprivation on retrieval and reconsolidation of morphine reward memory in rats. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 98, 299-303.
31. Shiozawa P, Leiva APG, Castro CDC, da Silva ME, Cordeiro Q, Fregni F, et al. (2014). Transcranial direct current stimulation for generalized anxiety disorder: a case study. *Biol Psychiatry*, 75 (11), 17-8
32. Stickgold, R, & Walker, M. (2007). Sleep-dependent memory consolidation and reconsolidation. *Sleep Med*, 8(4), 331–343.
33. Stickgold, R., & Walker, M. (2005). Memory consolidation and reconsolidation: what is the role of sleep? *Trends In Neurosciences*, 28 (8), 408-416.
34. Thomas R, Flindtgaard M, Geertsen S.S, Christiansen L, Korsgaard Johnsen L. Skriver M.K. (2016). Acute exercise and motor memory consolidation: Does exercise type play a role? *Scand J Med Sci Sports*, 1-10.
35. Uysal N, Tugyan K, Kayatekin B.M, Acikgoz O, Bagriyanik H.A, Gonenc S, et al. (2005). The effects of regular aerobic exercise in adolescent period on hippocampal neuron density, apoptosis and spatial memory. *Neurosci Lett*, 383(3), 241-5.
36. Van Uffelen J.G, Paw MJ, Hopman-Rock M, Van Mechelen W. (2008). The effects of exercise on cognition in older adults with and without cognitive decline: a systematic review. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(6),486-500.

ارجاع‌دهی

نعیمی تاجدار، سیده منصوره؛ نمازی‌زاده، مهدی؛ نصری، صادق؛ واعظ‌موسوی، سیدمحمدکاظم.(۱۳۹۹). اثر افزوده تحریک الکتریکی مستقیم مغز به همراه تمرین هوازی بر تحکیم حافظه حرکتی آشکار. *مطالعات روان‌شناسی ورزشی*، ۹(۳۳)، ۹۲-۲۷۳. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/spsyj.2020.9194.1996

Naeemi Tajdar, S. M; Namazizade, M; Nasri, S; & Kazem Vaez Mousavi, S. M. (2020). The Added Effect of Direct Electrical Stimulation of the Brain with Aerobic Exercise on Consolidating Explicit Motor Memory. *Sport Psychology Studies*, 9(33), 273-92. In Persian. DOI: 10.22089/spsyj.2020.9194.1996