

Research Paper

The Effect of Unilateral and Bilateral Electrical Stimulation of the Brain on Improving the Balance of the Elderly

*Masoumeh Shouhani¹, Mohsen Jalilian², Sajad Parsaei³, Farhad Modara⁴, Hossein Seidkhani⁵

1. Department of Nursing, Faculty of Nursing and Midwifery, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran.
2. Department of Public Health, Faculty of Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran.
3. Department of Sport Psychology, Faculty of Sports Sciences, Shahid Chamran University of Ahwaz, Ahwaz, Iran.
4. Department of Neurology, Faculty of Medicine, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran.
5. Department of Biostatistics, Faculty of Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran.



Citation: Shouhani M, Jalilian M, Parsaei S, Modara F, Seidkhani H. [The Effect of Unilateral and Bilateral Electrical Stimulation of the Brain on Improving the Balance of the Elderly (Persian)]. Iranian Journal of Ageing. 2020; 15(3):312-323. <https://doi.org/10.32598/sija.10.15.3.1895.3>

doi <https://doi.org/10.32598/sija.10.15.3.1895.3>



Received: 06 Mar 2020

Accepted: 17 Aug 2020

Available Online: 01 Oct 2020

Key words:

Transcranial direct current stimulation, Cerebellum, Balance, Elderly

ABSTRACT

Objectives This study aimed to investigate the effect of unilateral and bilateral electrical stimulation of the brain on balance in the elderly.

Methods & Materials Thirty-six elderly in Ilam City, Iran, participated in the study. In the pretest, the static balance was taken, and then the participants were randomly divided into three groups: unilateral brain stimulation, bilateral brain stimulation, and sham. The intervention took in 3 sessions. In the unilateral stimulation group, the anode electrode was positioned at the O point, and the cathode was above the left ophthalmic cavity (FP1). In the bilateral stimulation group, the anode electrode was positioned at O₁, and the cathode was positioned at O₂. The intensity of stimulation was 2 mA, and the duration of treatment was 15 minutes per session. In the control group, the anode and cathode electrodes were placed on the O and FP1 points, respectively, but the excitation current was stopped after 30 seconds. After the last training session, the posttest was performed. The obtained data were analyzed using 1-way ANOVA.

Results The Results showed no statistically significant difference between the three groups in the pretest phase (P<0.535). But at posttest, there was a difference between groups (P<0.002). Post-hoc test Results showed a difference between unilateral stimulation with the control group (P=0.001) and bilateral stimulation with the control group (P=0.005). But there was no significant difference between the unilateral stimulation group and the bilateral stimulation group (P=0.599).

Conclusion Unilaterally and bilaterally, cerebellar stimulation can be improved in the elderly.

Extended Abstract**1. Introduction**

Due to the nearly doubling of the elderly population, paying attention to this period's issues and needs is a social necessity. In old age, various functions of the

body, including balance, are affected. Balance describes the body's dynamics to prevent falls and is influenced by power, reaction, and deep sense. Systems theory is one of the most prevalent and accepted theories of balance. Systems theory believes that maintaining balance Results from function between different nervous, muscular, and skeletal systems.

*** Corresponding Author:**

Masoumeh Shouhani, PhD.

Address: Department of Nursing, Faculty of Nursing and Midwifery, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran.

Tel: +98 (918) 8426498

E-mail: shohani-m@medilam.ac.ir

Non-invasive brain stimulation techniques such as tDCS are an excellent choice for changes in neural activity and neuroplasticity. Electrical stimulation of the brain can take place in different areas of the brain. Cerebellar tDCS is a non-invasive, simple, tolerable, safe, and harmless side effect. Zandvliet et al. (2018) showed a positive effect of tDCS on static balance in the elderly [14]. On the other hand, Steiner et al. (2016) [16] and Floel et al. (2012) concluded that tDCS has no significant effect on learning in the elderly [9].

Given that researchers have confirmed the effectiveness of tDCS on various aspects of life and various disorders and some studies on the effect of tDCS on balance; however, they have reached conflicting Results. This study aimed to investigate the impact of unilateral and bilateral electrical stimulation on balance in the elderly.

2. Methods & Materials

This study is quasi-experimental, performed using three groups with a pretest-posttest design and a control group. The statistical population of the study included all inactive male elderly in Ilam city. A total of 36 people were selected by convenience sampling method and divided into 3 groups of 12 people. In the unilateral electrical stimulation group, the Mean±SD age was 69.08±2.84 years, the Mean±SD weight was 67.66±9.59, and the Mean±SD height was 1.62±0.07. In the bilateral electrical stimulation group, the Mean±SD age was 68.91±2.57 years, the Mean±SD weight was 68.01±7.44, and the Mean±SD height was 1.61±0.06. And in the control group, the Mean±SD age was 69.16 ± 1.58 years, the Mean±SD weight 66.00±7.44, and the Mean±SD height was 1.61±0.05.

In the pretest stage, all participants underwent the Stork Static Balance Test. The participants were ran-

domly divided into three groups. The intervention was held in 3 sessions every other day. In the unilateral transcranial electrical stimulation group, the anode electrode was placed at point O (International System of 10-20) in the cerebellar area, and the cathode electrode was placed at the top of the left ocular cavity (1FP). In the bilateral transcranial electrical stimulation group, the anode electrode was located at point O₁, and the cathode electrode was located at point O₂. The stimulation intensity used in this study was 2 mA at a time of 15 minutes per session. In the control group, as in the experimental group, the anode and cathode electrodes were placed at points O and 1FP, respectively, but the excitation current was cut off after 30 seconds. Immediately after the last training session, the posttest was performed, and once again, all participants took the Stork test.

3. Results

The One-Way Analysis of Variance (ANOVA) was used to compare the groups in the pretest and posttest stages (Table 1).

Table 1 shows no significant difference between the static balance of the groups in the pretest stage ($P < 0.05$), which indicates that the groups are equally distributed. And the level of significance in the posttest stage is significant ($P < 0.002$).

The Bonferroni post hoc test Results showed a statistically significant difference between the unilateral electrical stimulation group and the control group ($P = 0.001$) and the bilateral electrical stimulation group with the control group ($P = 0.005$). Still, there is no significant difference between the unilateral electrical stimulation group and the bilateral electrical stimulation group ($P = 0.599$). These Results indicate both groups of unilateral electrical stimulation and bilateral electrical stimu-

Table 1. Results of one-way analysis of variance related to static equilibrium variable

Variables	Statistical Index	Total Squares	Degrees of Freedom	Average Squares	F	Sig.	Statistical Power
Pretest	Intergroup	0.34	2	0.17	0.63	0.535	0.778
	Intergroup	8.89	33	0.27			
	Total	9.23	35	-			
Posttest	Intergroup	5.77	2	2.89	7.28	0.002	0.655
	Intergroup	13.08	33	0.39			
	Total	18.86	35	-			

lation are better than the control group, and there is no difference between the two groups of unilateral and bilateral electrical stimulation.

4. Conclusion

In explaining the Results of improving the balance of unilateral electrical stimulation and bilateral stimulation relative to the control group, electrical stimulation of the brain can cause neurodegeneration, which can alter functional connections in the human brain. It causes blood flow to the brain to be distributed in the stimulated region, where more blood flows and the hemoglobin increases in the area where the connection is strengthened. Therefore, it causes better performance than external stimuli, and the person's balance increases following these interactions.

The effect of tDCS is known to modulate the motility of the primary motor cortex through glutamate receptors, GABA, brain-derived neurogenic factor (BDNF), and calcium-dependent mechanisms. On the other hand, it can cause arousal in the cerebellum. In other words, direct transcranial electrical stimulation can increase cerebellar stimulation and have a direct influence on improving function.

In general, it can be stated that cerebellar tDCS unilaterally and bilaterally can improve balance in the elderly. Considering the importance of balance in the elderly, it is recommended to use this method. Among the limitations of the present study were the relatively small number of subjects and the use of the male gender alone, which is suggested to be considered in future research. It is also recommended that other balance tests such as Biodex and Equilibrium Tester be used.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of Ilam University of Medical Sciences (Code: IR.MEDILAM.REC. 1397.154). All the procedures of the study were explained to participants, and all their questions were answered before they were asked to participate in the study.

Funding

This study is taken from the approved plan of Ilam University of Medical Sciences.

Authors' contributions

All authors equally contributed in preparing this article.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest

تأثیر تحریک الکتریکی یک طرفه و دوطرفه مغز بر بهبود تعادل سالمندان

* معصومه شوهانی^۱، محسن جلیلیان^۲، سجاد پارسایی^۳، فرهاد مدارا^۴، حسین صیدخانی^۵

۱. گروه پرستاری، دانشکده پرستاری و مامایی، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران.

۲. گروه بهداشت عمومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران.

۳. گروه روانشناسی ورزش، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۴. گروه مغز و اعصاب، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران.

۵. گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران.

چکیده

تاریخ دریافت: ۱۶ اسفند ۱۳۹۸

تاریخ پذیرش: ۲۷ مرداد ۱۳۹۹

تاریخ انتشار: ۱۱ تیر ۱۳۹۹

هدف این تحقیق بررسی تأثیر تحریک الکتریکی یک طرفه و دوطرفه مغز بر بهبود تعادل سالمندان بود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش نیمه تجربی ۳۶ نفر از سالمندان شهر ایلام به صورت در دسترس در تحقیق شرکت کردند. ابتدا پیش‌آزمون تعادل ایستا گرفته شد و سپس شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی به سه گروه تحریک یک طرفه مغز، تحریک دوطرفه مغز و کنترل تقسیم شدند. مداخله در سه جلسه برگزار شد. در گروه تحریک یک طرفه، الکتروود آند روی نقطه O در ناحیه مخچه و الکتروود کاتد در ناحیه FP1 قرار گرفت. در گروه تحریک دوطرفه، الکتروود آند روی O₁ و الکتروود کاتد روی O₂ قرار گرفت. شدت تحریک ۲ میلی‌آمپر به مدت پانزده دقیقه در هر جلسه بود. در گروه کنترل، الکتروود آند و کاتد به ترتیب روی نقاط O و FP1 قرار گرفتند، ولی جریان تحریک سی ثانیه بعد از اعمال تحریک قطع می‌شد. پس از آخرین جلسه تمرینی، پس‌آزمون به عمل آمد. داده‌ها توسط تحلیل واریانس یک‌راهه و آزمون تعقیبی بونفرونی تحلیل شدند.

یافته‌ها: بین سه گروه در مرحله پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P=0/525$). ولی در مرحله پس‌آزمون تفاوت بین گروه‌ها معنی‌دار بود ($P=0/002$). نتایج آزمون تعقیبی نشان داد بین گروه تحریک یک طرفه با کنترل ($P=0/001$) و گروه تحریک دوطرفه با کنترل ($P=0/005$) تفاوت وجود دارد، ولی بین گروه تحریک یک طرفه با گروه دوطرفه تفاوت وجود ندارد ($P=0/599$).

نتیجه‌گیری: در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت tDCS مخچه به صورت یک طرفه و دوطرفه می‌تواند موجب بهبود تعادل در سالمندان شود.

کلیدواژه‌ها:

تحریک الکتریکی
فراجمع‌های مغز،
مخچه، تعادل، سالمند

مقدمه

بنابر اعلام نظر سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۳، از جمله مهم‌ترین تغییراتی که در قرن حاضر با آن روبه‌رو شده‌ایم افزایش حدود دوبرابری جمعیت سالمندان است که انتظار می‌رود این آمار همچنان افزایش پیدا کند [۱]. چنین پیش‌بینی شده است که در کشور ایران نیز جمعیت سالمندان افزایش محسوسی در سال‌های آینده پیدا خواهد کرد و طی چهل سال آینده یک چهارم از جمعیت کشور را سالمندان تشکیل خواهند داد؛ بنابراین توجه به مسائل و نیازهای این دوران یک ضرورت اجتماعی به شمار می‌رود [۲]. با افزایش سن و رسیدن به دوران سالمندی تغییراتی در عملکرد دستگاه‌های مختلف از جمله سیستم دهلیزی، عضلانی - اسکلتی، حسی - پیکری، دستگاه بینایی و غیره به

وجود می‌آیند که عملکردهای مختلف بدن از جمله تعادل فرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند [۳].

تعادل، پویایی بدن را جهت پیشگیری از سقوط و افتادن توصیف می‌کند و جهت انجام دادن بیشتر مهارت‌های حرکتی در زندگی روزمره ضروری و غیرقابل اجتناب است و تحت تأثیر قدرت، عکس‌العمل و حس عمقی قرار دارد [۴، ۵].

نظریه سیستم‌ها^۱ از رایج‌ترین و پذیرفته‌شده‌ترین نظریه‌ها در رابطه با تعادل است. نظریه سیستم‌ها بر این اعتقاد است که حفظ تعادل و کنترل قامت در فضا، حاصل تداخل و عملکرد بین سیستم‌های مختلف عصبی، عضلانی و اسکلتی است. مطابق با

1. Systems theory

* نویسنده مسئول:

دکتر معصومه شوهانی

نشانی: ایلام، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، دانشکده پرستاری و مامایی، گروه پرستاری.

تلفن: +۹۸ (۹۱۸) ۸۴۲۶۴۹۸

پست الکترونیکی: shohani-m@medilam.ac.ir

مشخص شده است فرآیندهای حرکتی و جسمانی (مانند تعادل) نقش پرکاربردی در دوران سالمندی دارند. با توجه به اینکه اثربخشی tDCS بر جنبه‌های مختلف زندگی و اختلالات متنوع توسط محققان مورد تأیید قرار گرفته است و اینکه برخی تحقیقات در زمینه تأثیر تحریک الکتریکی بر تعادل به نتایج متناقضی رسیده‌اند، هدف این تحقیق بررسی تأثیر تحریک الکتریکی یک‌طرفه و دوطرفه مغز بر تعادل سالمندان بود.

روش مطالعه

این مطالعه از نوع نیمه‌تجربی است که با استفاده از سه گروه و با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون همراه با گروه کنترل انجام شد. جامعه آماری مورد پژوهش شامل کلیه سالمندان مرد غیرفعال (افرادی که به صورت منظم و حداقل هفته‌ای دو جلسه ورزش نمی‌کردند) شهرستان ایلام در سال ۱۳۹۷ بودند. محیط پژوهش به منظور دسترسی به آزمودنی‌ها شامل مراکز نگهداری سالمندان و کانون‌های بازنشستگی بود. از جامعه آماری مورد نظر ۳۶ نفر پس از اخذ رضایت‌نامه کتبی جهت حضور در این تحقیق به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شده و در سه گروه دوازده‌نفری قرار گرفتند. معیارهای ورود به تحقیق شامل سن ۶۵ سال و بالاتر، عدم برخورداری از مشکلات شناختی، نداشتن آسیب‌های مغزی و اورتوپدیک و توانایی ایستادن به مدت حداقل یک دقیقه و راه رفتن به مسافت ۱۰ متر به طور مستقل بودند. معیارهای خروج از تحقیق نیز عدم استقلال در فعالیت‌های روزانه، داشتن اختلالات عصبی - روانی و اختلالات عضلانی اسکلتی در نظر گرفته شدند. این پژوهش در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ایلام با شماره IR.MEDILAM.REC. 1397.154 مورد تأیید قرار گرفته است. انتخاب افراد بالای ۶۵ سال به عنوان فرد سالمند بر اساس پیشینه‌های موجود انجام شد [۱۸-۲۰].

ابزارهای مورد استفاده در پژوهش

پرسش‌نامه ارزیابی مختصر وضعیت شناختی: برای ارزیابی وضعیت شناختی سالمندان از نسخه فارسی پرسش‌نامه استاندارد معاینه مختصر وضعیت شناختی فلوستین در سال ۱۹۷۵ استفاده شد. این پرسش‌نامه به عنوان یک روش عملکردی برای درجه‌بندی سطوح شناختی به کار می‌رود که دارای بخش‌های جهت‌یابی (ده سؤال)، ثبت اطلاعات (سه سؤال)، توجه و محاسبه (پنج سؤال)، یادآوری (سه سؤال)، مهارت‌های زبانی (هشت سؤال) و سازندگی (یک سؤال) است و در آن به هر پاسخ صحیح یک امتیاز تعلق می‌گیرد. حداکثر نمره کسب‌شده ۳۰ امتیاز است. فروغان و همکاران روایی این پرسش‌نامه را ۰/۷۸ و پایایی آن را ۰/۸۴ بیان کردند. افرادی که حداقل نمره ۲۵ را از این پرسش‌نامه کسب کنند می‌توانند به فرایند تحقیق وارد شوند [۲۱].

دستگاه تحریک الکتریکی مغز: برای اعمال تحریک مغزی در

نظریه سیستم‌ها، سیستم عصبی مرکزی از اطلاعات سیستم‌های بینایی، دهلیزی و حسی - پیکری استفاده می‌کند و نسبت به وضعیت قرارگیری بدن و مرکز ثقل بدن در فضا آگاه شده و در صورت نیاز، پاسخ حرکتی مناسب را به صورت الگوهای حرکتی که از پیش برنامه‌ریزی شده جهت مقابله با موقعیت بدن، فعال می‌کند [۶، ۷].

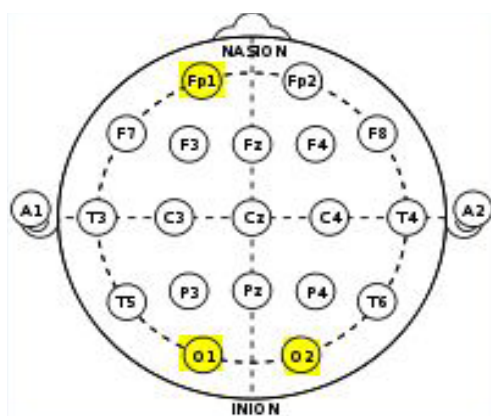
یکی از عوامل پایه‌ای جهت پی بردن به تغییرات ایجادشده در دوران سالمندی و فراهم آوردن استراتژی‌هایی به منظور مقابله با تغییرات دوران سالمندی، درک بهتر تغییرات نوروپلاستیک در سالمندان است. از این‌رو تکنیک‌های غیرتهاجمی تحریک مغز مانند تحریک الکتریکی فراجمجه‌ای مغز^۲ یک انتخاب مناسب برای تغییر در فعالیت‌های عصبی و به دنبال آن تغییر نوروپلاستیسیته است [۸]. در فرایند tDCS، جریان الکتریکی ضعیفی با توجه به هدف تحقیق با استفاده از الکترودهای مثبت و منفی که روی سطح سر قرار گرفته‌اند، اعمال می‌شود. تحریک الکتریکی مغز می‌تواند منجر به تعدیل در تحریک‌پذیری و فعالیت کورتکسی و در نتیجه ایجاد تغییرات در کارکردهای رفتاری و شناختی شود [۹].

پژوهشگران و کادر درمان، با توجه به هدف درمانی یا پژوهشی خود، با استفاده از tDCS یک جریان مستقیم و ضعیف به مناطق مختلف مغز وارد کرده و از این طریق فعالیت مربوط به حرکت مورد نظر را از نظر عصبی تسهیل یا بازداری می‌کنند [۱۰].

تحریک الکتریکی مغز می‌تواند در نواحی مختلف مغز انجام شود. tDCS مخچه یک روش غیرتهاجمی ساده، قابل تحمل، ایمن و بدون اثرات جانبی زیان‌بار است [۱۱] که با مکانیزم‌های فیزیولوژیکی متفاوت طی تحریک و پس از آن، می‌تواند به افزایش اثر آموزش و تمرینات مختلف بر عملکردهای حرکتی و تسریع در توان‌بخشی اعصاب و بهبودی سیستم حرکتی منجر شود [۱۲]. تحقیقات نشان داده‌اند tDCS می‌تواند جنبه‌های مختلفی از تعادل و کنترل پاسچر را تحت تأثیر قرار دهد که شامل اطلاعات ورودی حسی، ادغام سیگنال‌های حسی یا نتایج حرکات انتخابی فرد است [۱۳].

بیشتر مطالعاتی که به بررسی اثربخشی tDCS ناحیه مخچه پرداخته‌اند روی جوانان انجام شده‌اند و تحقیقات اندکی روی سالمندان انجام گرفته است و نکته قابل توجه این است که در برخی از همین مطالعات اندک نیز نتایج متناقضی گزارش شده است. زاندولیت و همکاران تأثیر مثبت tDCS را بر تعادل ایستا در سالمندان نشان دادند [۱۴]. هاردویک و کلنیک نشان دادند tDCS اثر معنی‌داری بر کاهش میزان خطا و بهبود یادگیری حرکتی تطابقی تکلیف زنجیره‌ای دارد [۱۵]. از طرفی استینر و همکاران [۱۶] و همچنین فلوئلا و همکاران به این نتیجه رسیدند که tDCS تأثیر معنی‌داری بر میزان یادگیری افراد سالمند ندارد [۱۷].

2. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)



سالمند

تصویر ۱. سیستم بین‌المللی ۱۰-۲۰. برای مکان‌های قرارگیری الکترودها در سطح سر.

به مدت پانزده دقیقه در هر جلسه بود. در گروه کنترل، همانند گروه آزمون، الکتروود آند و کاتد به ترتیب روی نقاط FP1 و O قرار گرفت، ولی جریان تحریک بعد از سی ثانیه قطع می‌شد. دلیل انتخاب سی ثانیه جهت تحریک به این دلیل بود که در ابتدای اعمال تحریک روی پوست سر سوزش بسیار خفیفی ایجاد می‌شود که قابل احساس است و در ادامه تحریک، این احساس بسیار کمتر می‌شود. بدین صورت برای شرکت‌کنندگان قابل تشخیص نبود که این تحریک واقعی یا ساختگی است [۲۲، ۲۳].

هیچ‌کدام از آزمودنی‌ها از نوع مداخله (تحریک واقعی یا ساختگی) مطلع نبودند. بلافاصله پس از آخرین جلسه تمرینی، پس از آزمون به عمل آمد و یک بار دیگر تمام شرکت‌کنندگان آزمون استورک را انجام دادند. مداخله توسط کادر درمانگر کودکان استثنایی و با همکاری پژوهشگران مطالعه که دوره‌های مختلف کار با ابزار تحریک الکتریکی را گذارنده بودند، انجام گرفت.

روش آماری

برای بررسی توصیفی داده‌های تحقیق از شاخص‌های آماری میانگین و انحراف‌معیار استفاده شد. جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک و برای تعیین برابر بودن واریانس‌های داده‌ها از آزمون لون استفاده شد. به منظور مقایسه گروه‌ها، آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه و نیز آزمون تعقیبی بونفرونی مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد و سطح معنی‌داری $P < 0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در گروه تحریک الکتریکی یک‌طرفه میانگین سنی $۶۹/۰۸ \pm ۲/۸۴$ سال، میانگین وزن $۶۷/۶۶ \pm ۹/۵۹$ کیلوگرم و میانگین قد $۱/۶۲ \pm ۰/۰۷$ متر بود. در گروه تحریک الکتریکی

این پژوهش از دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم فراججمه‌ای مدل Neuristim 2 محصول شرکت مدینا طب‌گستر و مؤسسه علوم شناختی سینا استفاده شد. دستگاه دارای دو کانال کاملاً مجزا بوده و هر کانال به طور مستقل از دیگری قابل تنظیم و اعمال انواع تحریک است. دستگاه مورد نظر قابلیت اعمال تحریک ساختگی را نیز دارد. همچنین مجهز به هشداردهنده صوتی است که در مواقع جدا شدن الکترودها از سر، افزایش مقاومت الکترودها، کاهش شارژ باتری و اتمام جلسه به صدا درمی‌آید. برای تحریک مخچه‌ای از پد اسفنجی با ابعاد $۳/۵ \times ۳/۵$ سانتی‌متر مربع روی الکترودها استفاده شد. همچنین محلول نمکی جهت خیس کردن پدها مورد استفاده قرار گرفت. شدت جریان خروجی دستگاه از $1/0$ الی ۲ میلی‌آمپر قابل تنظیم است. با توجه به تنظیمات پیش‌فرض، فرکانس تحریک این دستگاه قادر به تحریک‌های مختلفی همانند tACS، tRNS، tDCS و tPCS است. این ابزار مورد تأیید جامعه عصب روان‌شناسی و کاردرمانی بوده و در تحقیقات مختلفی نیز جهت تحریک مغزی مورد استفاده قرار گرفته است [۲۲، ۲۳].

آزمون استورک: به منظور اندازه‌گیری تعادل ایستا از آزمون ایستادن تک‌پا استفاده شد. توانایی ایستادن روی یک پا به عنوان یک ابزار بالینی جهت بررسی عملکردهای تعادلی در سالمندان، مورد استفاده قرار می‌گیرد و مدت‌زمانی که فرد می‌تواند در این حالت وضعیت ایستای خود را حفظ کند، به عنوان شاخصی از توانایی تعادلی او در نظر گرفته می‌شود. نحوه اجرا بدین صورت است که آزمودنی با پای برهنه به گونه‌ای قرار می‌گیرد که پای برتر روی زمین و پای غیربرتر بالاتر از سطح زمین قرار دارد و دست‌ها به کمر و روی تاج خاصه قرار می‌گیرد. مدت‌زمانی که فرد بتواند این وضعیت را حفظ کند (به ثانیه)، به عنوان امتیاز او لحاظ می‌شود. زمانی که پای تکیه‌گاه جابه‌جا شود یا پایی که آزاد است زمین را لمس کند یا زمانی که دست از کمر جدا شود، ثبت زمان متوقف می‌شود [۲۴].

شیوه اجرای آزمون

ابتدا یک پیش‌آزمون گرفته شد؛ بدین ترتیب که از تمام شرکت‌کنندگان آزمون تعادل ایستای استورک به عمل آمد. پس از مرحله پیش‌آزمون، شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی به سه گروه تحریک یک‌طرفه مغز، تحریک دوطرفه مغز و گروه ساختگی (کنترل) تقسیم شدند. مداخله به صورت سه جلسه یک روز در میان برگزار شد. در گروه تحریک الکتریکی فراججمه‌ای یک‌طرفه آنودال، الکتروود آند روی نقطه O در ناحیه مخچه (بر اساس سیستم ۱۰-۲۰ الکتروانسفالوگرافی که مکان قرارگیری الکترودها روی سر مطابق با آن انجام می‌شود) و الکتروود کاتد در بالای حفره چشمی سمت چپ (FP1) قرار گرفت. در گروه تحریک الکتریکی فراججمه‌ای دوطرفه، الکتروود آند روی نقطه O_1 و الکتروود کاتد روی نقطه O_2 قرار گرفت (تصویر شماره ۱). شدت تحریک مورد استفاده در این تحقیق شامل ۲ میلی‌آمپر

جدول ۱. نتایج مربوط به میانگین و انحراف معیار متغیر تعادل ایستای شرکت کنندگان در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیر	گروه	میانگین \pm انحراف معیار (بر حسب ثانیه)
		پیش‌آزمون
		پس‌آزمون
تعادل ایستا	تحریک الکتریکی یک طرفه	۵/۱۲ \pm ۰/۴۴
	تحریک الکتریکی دوطرفه	۴/۹۴ \pm ۰/۵۶
	کنترل	۵/۱۷ \pm ۰/۵۳
		پس‌آزمون
		۵/۹۲ \pm ۰/۶۹
		۵/۷۹ \pm ۰/۵۴
		۵/۰۱ \pm ۰/۶۳

سالنامه

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه مربوط به متغیر تعادل ایستا

متغیر	شاخص آماری	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معنی داری	توان آماری
	بین گروهی	۰/۳۴	۲	۰/۱۷			
پیش‌آزمون	درون گروهی	۸/۸۹	۳۳	۰/۲۷	۰/۶۳	۰/۵۳۵	۰/۷۷۸
	کل	۹/۲۳	۳۵				
	بین گروهی	۵/۷۷	۲	۲/۸۹			
پس‌آزمون	درون گروهی	۱۳/۰۸	۳۳	۰/۳۹	۷/۲۸	۰/۰۰۲	۰/۶۵۵
	کل	۱۸/۸۶	۳۵				

سالنامه

صورت برابر صورت گرفته است. ولی سطح معنی داری در مرحله پس‌آزمون معنی دار بود ($P=0/002$). در ادامه جهت نشان دادن محل تفاوت بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد که نتایج آن در جدول شماره ۳ نشان داده شده است.

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در مرحله پس‌آزمون نشان داد بین گروه تحریک الکتریکی یک طرفه با گروه کنترل ($P=0/001$) و نیز گروه تحریک الکتریکی دوطرفه با گروه کنترل ($P=0/005$) تفاوت آماری معنی دار وجود دارد، ولی بین گروه تحریک الکتریکی یک طرفه با گروه تحریک الکتریکی دوطرفه تفاوت معنی داری وجود ندارد ($P=0/599$). این یافته نشان دهنده این است که هر دو گروه تحریک الکتریکی یک طرفه و تحریک الکتریکی دوطرفه بهتر از گروه کنترل هستند و نیز بین دو گروه تحریک الکتریکی یک طرفه و دوطرفه تفاوتی وجود ندارد.

دوطرفه میانگین سنی $68/91 \pm 2/57$ سال، میانگین وزن $68/01 \pm 7/44$ کیلوگرم و میانگین قد $1/61 \pm 0/06$ متر بود. در گروه کنترل نیز میانگین سن $69/16 \pm 1/58$ سال، میانگین وزن $66/00 \pm 7/44$ کیلوگرم و میانگین قد $1/61 \pm 0/05$ متر بود. میانگین نمرات تعادل ایستا در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون در جدول شماره ۱ آورده شده است.

در ادامه جهت مقایسه گروه‌ها در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون از آزمون تحلیل واریانس یک راهه (آنوا) استفاده شد که نتایج آن در جدول شماره ۲ آورده شده است.

همان‌طور که در جدول شماره ۲ قابل ملاحظه است، بین تعادل ایستای گروه‌ها در مرحله پیش‌آزمون تفاوت معنی داری وجود نداشت ($P>0/05$) که نشان دهنده این است که توزیع گروه‌ها به

جدول ۳. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی مربوط به مقایسه گروه‌ها در مرحله پس‌آزمون

مرحله	گروه	تفاوت میانگین‌ها	سطح معنی داری
پس‌آزمون	تحریک الکتریکی یک طرفه	۰/۱۳	۰/۵۹۹
	کنترل	۰/۹۱	۰/۰۰۱
	تحریک الکتریکی دوطرفه	۰/۷۷	۰/۰۰۵

سالنامه

بحث

تأثیر معنی‌دار تحریک الکتریکی باشد. اما در تحقیق حاضر تعداد جلسات تحریک سه جلسه در نظر گرفته شد.

نتایج تحقیق حاضر را می‌توان با نظریه سیستم‌ها نیز توجیه کرد. مطابق با این نظریه، حفظ تعادل و کنترل قامت در فضا، حاصل تداخل و عملکرد بین سیستم‌های مختلف عصبی، عضلانی و اسکلتی است. مطابق با نظریه سیستم‌ها، سیستم عصبی مرکزی (CNS) از اطلاعات سیستم‌های بینایی، دهلیزی و حسی - پیکری استفاده می‌کند و نسبت به وضعیت قرارگیری بدن و مرکز ثقل بدن در فضا آگاه شده و در صورت نیاز، پاسخ حرکتی مناسب را به صورت الگوهای حرکتی که از پیش برنامه‌ریزی شده جهت مقابله با موقعیت بدن، فعال می‌کند [۷]. مطابق با این نظریه، tDCS در ناحیه مخچه با فعال کردن مناطق اصلی مغز که در هنگام تعادل تأثیرگذار هستند می‌تواند بر تعادل تأثیرگذار باشد.

تأثیر tDCS به عنوان تعدیل‌کننده شکل‌پذیری قشر حرکتی اولیه از طریق گیرنده گلوتامات، گابا، فاکتور نورون‌زایی مشتق شده از مغز (BDNF) و مکانیسم‌های وابسته به کلسیم، شناخته شده است. از طرفی می‌تواند باعث ایجاد برانگیختگی در مخچه شود. به عبارت دیگر تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای می‌تواند برانگیختگی مخچه را افزایش و بر بهبود عملکرد تأثیر مستقیم داشته باشد [۲۹].

با توجه به اینکه رشد سیستم عصبی و مغز باعث رفتارهای تطابقی و هوش بالاتری در افراد می‌شود، با تحریکات مناسب و فعالیت‌های انتخاب‌شده می‌توان با تقویت توان سیستم عصبی و مغز، عملکرد بهتری را از افراد انتظار داشت [۳۰]. در تحقیق حاضر نیز پروتکل تمرینی به نحوی سازمان‌دهی شده بود که با تحریک مناسب ناحیه مخچه بتوان بر بهبود تعادل سالمندان تأثیرگذار بود.

از نتایج جالب تحقیق حاضر این بود که تحریک الکتریکی هم به صورت یک‌طرفه و هم به صورت دوطرفه بر بهبود تعادل تأثیر داشت و بین این دو نوع تحریک تفاوت وجود نداشت. این نتایج را می‌توان به وسیله قطبیت الکتروود تحریکی توجیه کرد. تأثیر tDCS بر بافت قشری ناحیه زیر الکتروود، به قطب تحریکی وابسته است. به طور کلی tDCS آنودال منجر به افزایش برانگیختگی در ناحیه تحریک‌شده می‌شود و در مقابل tDCS کاتودال، برانگیختگی قشری را کاهش می‌دهد [۳۱]. هرچند در مورد مکانیسم‌های نوروفیزیولوژیکی زیربنای تأثیرات tDCS دوطرفه اطلاعات کمی در دسترس است، این مکانیسم‌ها مورد تأیید پژوهشگران و درمانگران قرار گرفته است. آرایش مکانی tDCS دوطرفه می‌تواند از طریق ارتباطات بین نیمکره‌ای اثر افزودنی بر برانگیختگی قشر حرکتی ایجاد کند که می‌تواند تأثیراتی مشابه یا حتی بیشتر در مقایسه با تحریک یک‌طرفه داشته باشد [۳۲].

از طرفی نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های استینر و همکاران

هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر تحریک الکتریکی یک‌طرفه و دوطرفه مغز بر بهبود تعادل سالمندان بود. نتایج نشان دادند یک دوره مداخله تحریک الکتریکی یک‌طرفه و دوطرفه مغز باعث بهبود تعادل در سالمندان می‌شود و بین تحریک الکتریکی یک‌طرفه و دوطرفه بر بهبود تعادل تفاوتی وجود ندارد. این نتایج با یافته‌های زاندولیت و همکاران [۱۴] و همچنین نتایج هاردویک و کلنیک [۱۵] و کامینسکی و همکاران [۲۵] که در تحقیقات خود از اثربخشی tDCS بر بهبود عملکرد سالمندان حمایت کردند، همخوان است.

در تبیین یافته‌های مربوط به بهبود تعادل گروه تحریک الکتریکی یک‌طرفه و گروه تحریک دوطرفه نسبت به گروه کنترل می‌توان گفت تحریک الکتریکی مغز می‌تواند موجب تغییر شکل‌پذیری عصبی شود که احتمال دارد این موضوع با تغییرات اتصالات عملکردی در مغز انسان مرتبط باشد [۲۶]. این موضوع سبب می‌شود جریان خون مغزی در ناحیه تحریک‌شده توزیع شود و در آن ناحیه جریان خون بیشتری جریان پیدا کند و هموگلوبین در ناحیه‌ای که ارتباط در آن تقویت شده، افزایش یابد [۲۷]. این موضوع موجب عملکرد بهتر نسبت به محرک خارجی شده و بنابراین تعادل فرد نیز به دنبال این فعل و انفعالات افزایش می‌یابد. همچنین تحریک الکتریکی مستقیم مغز در ناحیه مخچه می‌تواند بر پتانسیل غشای سلول‌های گلیال و در نتیجه تعادل انتقال‌دهنده‌های عصبی تأثیرگذار باشد. این تغییر شبیه آن چیزی است که به طور فیزیولوژیکی در آستروسیت‌ها حین فعال‌سازی سلول‌های عصبی مشاهده می‌شود [۲۸].

زاندولیت و همکاران در پژوهشی به بررسی تأثیر کوتاه‌مدت tDCS ناحیه مخچه بر عملکرد تعادل ایستا در سالمندان مبتلا به سکتة مغزی مزمن و همچنین افراد سالم پرداختند. نتایج نشان دادند تحریک بیست دقیقه‌ای با ۱/۵ میلی‌آمپر باعث بهبود تعادل ایستا می‌شود [۱۴]. هاردویک و کلنیک تحقیقی را با هدف بررسی اثر تحریک الکتریکی مخچه بر میزان یادگیری حرکتی سالمندان انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد پانزده دقیقه تحریک الکتریکی ناحیه مخچه اثر معنی‌داری بر کاهش میزان خطا و بهبود یادگیری حرکتی تطابقی تکلیف زنجیره‌ای دارد [۱۵].

از طرفی استینر و همکاران در مطالعه‌ای با هدف بررسی تأثیر تحریک الکتریکی ناحیه مخچه بر تعادل و کنترل قامت نشان دادند تحریک الکتریکی مخچه بر تعادل و کنترل قامت تأثیری ندارد [۱۶]. همچنین فلوتلا و همکاران در تحقیقی گزارش کردند تحریک الکتریکی در ناحیه تمپوروپاریتال در مقایسه با گروه کنترل تأثیر معنی‌داری بر میزان یادگیری افراد سالمند ندارد [۱۷]. مدت تحریک در هر دو تحقیق مذکور تنها در طی یک جلسه انجام گرفت که احتمالاً این موضوع می‌تواند دلیل عدم

بخش‌های پژوهش حاضر مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع از سوی نویسندگان مقاله بیان نشده است.

[۱۶] ناهمخوان است. آن‌ها بیان کردند tDCS مخچه بر تعادل جوانان تأثیر ندارد، ولی در تحقیق حاضر نشان داده شد tDCS مخچه هم به صورت یک‌طرفه و هم به صورت دوطرفه بر تعادل، تأثیر مثبت دارد. عمده تفاوت بین تحقیق حاضر با تحقیق استینر و همکاران [۱۶] مربوط به سن آزمودنی‌هاست. احتمالاً انجام فرایندهای مربوط به تعادل در جوانان آسان‌تر از سالمندان باشد؛ زیرا در سالمندان عملکردهای تعادلی به مرور زمان کاهش می‌یابند. از این‌رو فرایندهایی که موجب بهبود تعادل در افراد می‌شوند، می‌توانند روی سالمندان نسبت به جوانان تأثیر بیشتری داشته باشند. همچنین انجام فرایند تحریک مغزی در یک جلسه نمی‌تواند تأثیرگذاری چندانی داشته باشد. همان‌گونه که در تحقیق حاضر، از سه جلسه تحریک مغزی استفاده شد تا نتایج تأثیرگذار باشند.

نتیجه‌گیری نهایی

در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان کرد tDCS مخچه به صورت یک‌طرفه و دوطرفه می‌تواند موجب بهبود تعادل در سالمندان شود. بنابراین با توجه به اهمیت مبحث تعادل در سالمندان پیشنهاد می‌شود از این روش جهت بهبود تعادل سالمندان استفاده شود.

از جمله محدودیت‌های تحقیق حاضر تعداد نسبتاً کم آزمودنی و نیز استفاده از جنسیت مردان به‌تنهایی بود که پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی این موارد رعایت شود. همچنین پیشنهاد می‌شود از دیگر آزمون‌های مربوط به تعادل همچون بایودکس، دستگاه تعادل سنج و غیره که با ابزار و دستگاه‌های پیشرفته انجام می‌شود، نیز استفاده شود و اثربخشی این پروتکل مورد ارزیابی قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ایلام تأیید شده است (کد: IR.MEDILAM.REC. ۱۳۹۷/۱۵۴). تمام رویه‌های مطالعه برای شرکت‌کنندگان توضیح داده شد و قبل از اینکه از آنها خواسته شود در این مطالعه شرکت کنند، به تمام سوالات آنها پاسخ داده شد.

حامی مالی

این مطالعه از طرح مصوب دانشگاه علوم پزشکی ایلام گرفته شده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش همه

References

- [1] World Health Organization. Global status report on road safety 2013: Supporting a decade of action [Internet]. 2003 [Updated 2003]. Available from: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/en/
- [2] Beyranvand R, Sahebozamani M, Daneshjoo A, Seyedjafari E. [Relationship between changes in muscle strength and postural sway after eight weeks aquatic exercise in elderly people: A clinical trial (Persian)]. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2018; 27(157):92-104. <http://jmums.mazums.ac.ir/article-1-9924-en.html>
- [3] Kashefi M, Hemayat Talab R, Pour Azar M, Dehestani Ardakani M. [The effect of two kinds of aerobic exercise on the static and dynamic balance of old men (Persian)]. *Salmand: Iranian Journal of Ageing*. 2014; 9(2):134-41. <http://salmandj.uswr.ac.ir/article-1-600-en.html>
- [4] Cadore EL, Rodríguez-Mañas L, Sinclair A, Izquierdo M. Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: A systematic review. *Rejuvenation Research*. 2013; 16(2):105-14. [DOI:10.1089/rej.2012.1397] [PMID] [PMCID]
- [5] Gholami Borujeni B, Ghasemi B, Moradi MR. [Comparing core stability and closed kinetic chain training on the dynamic balance of mentally retarded students (Persian)]. *Journal of Research in Sport Rehabilitation*. 2018; 6(11):13-20. [DOI:10.22084/RSR.2018.6741.1114]
- [6] Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: Translating research into clinical practice*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. <https://books.google.com/books?id=Bjcl3enz3xMC&dq>
- [7] Aref N, Tahmasebi Boroujeni Sh, Arab Ameri E. [The effect of swim training intervention on balance and systems involved in balance in adolescents with hearing impairment and vestibular disorder (Persian)]. *Journal of Research in Sport Rehabilitation*. 2018; 6(11):53-64. [DOI:10.22084/RSR.2018.17315.1403]
- [8] Antal A, Ambrus GG, Chaieb L. Toward unraveling reading-related modulations of tDCS-induced neuroplasticity in the human visual cortex. *Frontiers in Psychology*. 2014; 5:642. [DOI:10.3389/fpsyg.2014.00642] [PMID] [PMCID]
- [9] Flöel A. tDCS-enhanced motor and cognitive function in neurological diseases. *Neuroimage*. 2014; 85(Pt 3):934-47. [DOI:10.1016/j.neuroimage.2013.05.098] [PMID]
- [10] Fregni F, Nitsche MA, Loo CK, Brunoni AR, Marangolo P, Leite J, et al. Regulatory considerations for the clinical and research use of transcranial direct current stimulation (tDCS): Review and recommendations from an expert panel. *Clinical Research and Regulatory Affairs*. 2015; 32(1):22-35. [DOI:10.3109/10601333.2015.980944] [PMID] [PMCID]
- [11] ten Donkelaar HJ, Lammens M, Wesseling P, Hori A. Development and developmental disorders of the human cerebellum. In: ten Donkelaar HJ, Lammens M, Hori A. *Clinical Neuroembryology*. Berlin/Heidelberg: Springer; 2014: p. 371-420. [DOI:10.1007/978-3-642-54687-7_8]
- [12] Gomez Palacio Schjetnan A, Faraji J, Metz GA, Tatsuno M, Luczak A. Transcranial direct current stimulation in stroke rehabilitation: A review of recent advancements. *Stroke Research and Treatment*. 2013; 2013:170256. [DOI:10.1155/2013/170256] [PMID] [PMCID]
- [13] Craig CE, Dumas M. Anodal transcranial direct current stimulation shows minimal, measure-specific effects on dynamic postural control in young and older adults: A double blind, sham-controlled study. *PLoS One*. 2017; 12(1):e0170331. [DOI:10.1371/journal.pone.0170331] [PMID] [PMCID]
- [14] Zandvliet SB, Meskers CGM, Kwakkel G, van Wegen EEH. Short-term effects of cerebellar tDCS on standing balance performance in patients with chronic stroke and healthy age-matched elderly. *The Cerebellum*. 2018; 17(5):575-89. [DOI:10.1007/s12311-018-0939-0] [PMID] [PMCID]
- [15] Hardwick RM, Celnik PA. Cerebellar direct current stimulation enhances motor learning in older adults. *Neurobiology of Aging*. 2014; 35(10):2217-21. [DOI:10.1016/j.neurobiolaging.2014.03.030] [PMID] [PMCID]
- [16] Steiner KM, Enders A, Thier W, Batsikadze G, Ludolph N, Ilg W, et al. Cerebellar tDCS does not improve learning in a complex whole body dynamic balance task in young healthy subjects. *PLoS One*. 2016; 11(9):e0163598. [DOI:10.1371/journal.pone.0163598] [PMID] [PMCID]
- [17] Flöel A, Suttrop W, Kohl O, Kürten J, Lohmann H, Breitenstein C, et al. Non-invasive brain stimulation improves object-location learning in the elderly. *Neurobiology of Aging*. 2012; 33(8): 1682-9. [DOI:10.1016/j.neurobiolaging.2011.05.007] [PMID]
- [18] Ocampo JM. Self-rated health: Importance of use in elderly adults. *Colombia Médica*. 2010; 41(3):275-89. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95342010000300011
- [19] Kargarfard M, Fayyazi Bordbar MR, Alaei Sh. [Effect of eight-week aquatic exercise on life-quality of women over 65 (Persian)]. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility*. 2012; 15(19):1-9. [DOI:10.22038/IJOGI.2012.6155]
- [20] Asadi Noghabi A, Alhani F, Peyrovi H. [The concept of health in elderly people: A literature review (Persian)]. *Iran Journal of Nursing*. 2012; 25(78):62-71. <http://ijn.iuums.ac.ir/article-1-1381-en.html>
- [21] Foroughan M, Jafari Z, Shirin Bayan P, Ghaem Magham Farahani Z, Rahgozar M. [Validation of Mini- Mental State Examination (MMSE) in the elderly population of Tehran (Persian)]. *Advances in Cognitive Sciences*. 2008; 10(2):29-37. <http://icsjournal.ir/article-1-422-en.html>
- [22] Arastoo AA, Zahednejad Sh, Parsaei S, Alboghebish S, Ataei N, Ameriasl H. [The effect of direct current stimulation in left dorsolateral prefrontal cortex on working memory in veterans and disabled athletes (Persian)]. *Daneshvar Medicine: Basic and Clinical Research Journal*. 2019; 26(6):25-32. http://daneshvarmed.shahed.ac.ir/article_1858.html
- [23] Arastoo AA, Parsaei S, Zahednejad Sh, Alboghebish S, BurBur A. [Effect of unilateral transcranial direct current stimulation on reaction time in veterans and athletes with disabilities (Persian)]. *Iranian Journal of War and Public Health*. 2019; 11(3):133-8. [DOI:10.29252/ijwph.11.3.133]
- [24] Suzuki T, Kim H, Yoshida H, Ishizaki T. Randomized controlled trial of exercise intervention for the prevention of falls in community-dwelling elderly Japanese women. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. 2004; 22(6):602-11. [DOI:10.1007/s00774-004-0530-2] [PMID]

- [25] Kaminski E, Steele CJ, Hoff M, Gundlach C, Rjosk V, Sehm B, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) over primary motor cortex leg area promotes dynamic balance task performance. *Clinical Neurophysiology*. 2016; 127(6):2455-62. [DOI:10.1016/j.clinph.2016.03.018] [PMID]
- [26] Takai H, Tsubaki A, Sugawara K, Miyaguchi Sh, Oyanagi K, Matsumoto T, et al. Effect of transcranial direct current stimulation over the primary motor cortex on cerebral blood flow: A time course study using near-infrared spectroscopy. In: Elwell CE, Leung TS, Harrison DK, editors. *Oxygen Transport to Tissue XXX-VII. Advances in Experimental Medicine and Biology*. Vol. 876. New York, NY: Springer; 2016. p. 335-341. [DOI:10.1007/978-1-4939-3023-4_42] [PMID]
- [27] Polanía R, Paulus W, Antal A, Nitsche MA. Introducing graph theory to track for neuroplastic alterations in the resting human brain: A transcranial direct current stimulation study. *Neuroimage*. 2011; 54(3):2287-96. [DOI:10.1016/j.neuroimage.2010.09.085] [PMID]
- [28] Ruohonen J, Karhu J. tDCS possibly stimulates glial cells. *Clinical Neurophysiology*. 2012; 123(10):2006-9. [DOI:10.1016/j.clinph.2012.02.082] [PMID]
- [29] Galea JM, Jayaram G, Ajagbe L, Celnik P. Modulation of cerebellar excitability by polarity-specific noninvasive direct current stimulation. *Journal of Neuroscience*. 2009; 29(28):9115-22. [DOI:10.1523/JNEUROSCI.2184-09.2009] [PMID] [PMCID]
- [30] Stagg CJ, Nitsche MA. Physiological basis of transcranial direct current stimulation. *The Neuroscientist*. 2011; 17(1):37-53. [DOI:10.1177/1073858410386614] [PMID]
- [31] Nitsche MA, Paulus W. Transcranial direct current stimulation-update 2011. *Restorative Neurology and Neuroscience*. 2011; 29(6):463-92. [DOI:10.3233/RNN-2011-0618] [PMID]
- [32] Di Lazzaro V, Dileone M, Capone F, Pellegrino G, Ranieri F, Musumeci G, et al. Immediate and late modulation of inter-hemispheric imbalance with bilateral transcranial direct current stimulation in acute stroke. *Brain Stimulation*. 2014; 7(6):841-8. [DOI:10.1016/j.brs.2014.10.001] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank
