

Case Paper

Effect of Concurrent Transcranial Direct Current Stimulation on the Primary Motor Cortex and Dorsolateral Prefrontal Cortex on Essential Tremor: A Case Report

Monire Alem¹ , *Minoo Khalkhali Zavieh¹ , Khosro Khademi-Kalantari¹ , Alireza Akbarzadeh Baghban²

1. Department of Physiotherapy, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

2. Department of Biostatistics, Proteomics Research Center, School of Allied Medical Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.



Citation Alem, M., Khalkhali Zavieh, M., khademi-kalantari, Kh., & Akbarzadeh Baghban, A. Effect of Concurrent Transcranial Direct Current Stimulation on the Primary Motor Cortex and Dorsolateral Prefrontal Cortex on Essential Tremor: A Case Report. *Archives of Rehabilitation*. 2026; 27(2):366-377. <https://doi.org/10.32598/RJ.27.2.4130.1>

doi <https://doi.org/10.32598/RJ.27.2.4130.1>

ABSTRACT

Objective Abnormal trembling movement in one or more parts of the body during various activities is called tremor, which is one of the most common neurological disorders. Transcranial direct current stimulation (tDCS) is a non-invasive treatment that increases cortical excitability and is effective in treating many brain dysfunctions. Previous studies have shown that concurrent stimulation of the primary motor cortex (M1) and dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) has more effective and long-lasting effects. This study reports the therapeutic effects of concurrent tDCS over M1 and DLPFC on tremor severity in an old man with essential tremor (ET).

Materials & Methods The case was a 75-year-old man with right-hand ET during daily activities. He received two sessions of tDCS with a one-week interval. In the first session, only M1 was stimulated, while in the second session, both M1 and DLPFC were stimulated. The tremor severity and quality of life were measured using the Fahn-Tolosa-Marin (FTM) scale and the Short Form Health Survey (SF-12), respectively, before, immediately after, one month after, and two months after treatment.

Results After treatment, the FTM scale score decreased from 9 to 1, and the SF-12 score increased from 26 to 40; these changes were sustained up to 3 months after treatment, indicating the stability of treatment effects.

Conclusion It seems that the proposed tDCS method is effective in reducing the intensity of tremor and improving the quality of life in older men with ET.

Keywords Transcranial Direct Current Stimulation, Tremor, primary motor cortex, Dorsolateral Prefrontal Cortex.

Received: 02 Nov 2025

Revised: 24 Feb 2026

Accepted: 23 May 2026

* Corresponding Author:

Minoo Khalkhali Zavieh

Address: Department of Physiotherapy, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Tel: +98 (21) 77561743

E-Mail: m.khalkhali@sbmu.ac.ir

Copyright © 2026 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

English Version

T

Introduction

tremor refers to involuntary uncontrolled movements of one or several parts of the body during various activities. Tremor is classified as rest, postural, kinetic, or action [1]. Risk factors causing tremor include physiologic factors (e.g., fear and anxiety), psychological factors, stroke, Parkinson's, multiple sclerosis, alcohol abuse, dystonia, muscle fatigue, fever, thyroid disorder, vitamin B12 deficiency, and the use of drugs such as antidepressants, corticosteroids, and antiarrhythmic agents [2]. According to recent studies, tremor is the most common neurodegenerative disorder with a prevalence of 1.3% in the general population and 5.9% in the population above 60 years old [3].

One of the most prevalent tremors is essential tremor (ET), which has a central origin [4] and may be caused by neurodegenerative changes in the cerebellum, disturbance in Gamma-aminobutyric acid (GABA) tone, or in the neural network [5], including the cerebellar-thalamo-cortical network [6]. Treatment of ET is based on trial and error. The treatments recommended in previous studies include using drugs such as gabapentin and beta-blockers and surgeries such as deep brain stimulation. It is recommended to use medication when tremor disrupts patients' daily activities; if medication does not stop the tremor, surgery is recommended [7]. Considering the side effects of current treatment plans and the prevalence of tremor mostly with unknown origin, the use of non-invasive treatments has become more important [8].

Recently, noninvasive brain stimulation targeting the neural network involved in tremor has been most commonly used for treatment. One of these noninvasive brain stimulation methods targeting the cerebellum is called transcranial magnetic stimulation (TMS). Girolini et al applied TMS to the cerebellum of 10 patients with ET and observed that tremor severity was reduced 5 minutes after the treatment; however, this effect was not sustained an hour later [9]. According to the findings of a systematic review study in 2024, no difference was observed in tremor severity between active repetitive TMS and sham repetitive TMS [10]. Transcranial direct current stimulation (tDCS) is another non-invasive brain stimulation method. This method alters cortical excitability and increases brain neuroplasticity [11]. Of two studies on tDCS, only one showed significant effects in improving tremor [12, 13]. TDCS, compared to TMS, is a more noninvasive treatment and is easier to

use, more cost-effective, and has fewer side effects [14]. Also, according to recent studies, stimulating brain areas other than the cerebellum can be effective in reducing tremor [6]. More recent tDCS studies involve the concurrent stimulation of two cortical areas. Simultaneous stimulation of the primary motor cortex (M1) and dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) has a greater effect on increasing cortical excitability and reducing reaction time in patients with stroke [15, 16].

Among studies conducted on the effect of tDCS on tremor, only one brain area, usually the cerebellum, has been stimulated, and despite the greater effects of concurrent stimulation of two cortical areas compared to stimulating a single brain area, no study has examined these simultaneous effects on tremor. It also seems that stimulating M1 before applying other stimulations can enhance their effects. Therefore, this case report aimed to investigate the effect of stimulating M1 in one session, followed by concurrent stimulation of M1 and DLPFC in the second session, on ET and quality of life (QOL). It was hypothesized that concurrent stimulation of M1 and DLPFC with tDCS could affect the central nervous system response by modulating the connection between these regions and, consequently, reduce tremor.

Case presentation

Case

The study was conducted at the Clinic of the School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, in 2022. The case was a 75-year-old man with a history of hypertension and heart problems, with the onset of tremor about 4 years ago. His chief complaint was right-hand ET during daily activity (not at rest), and it got worse with anxiety or sadness, and when raising his hand. He had not received treatment for tremor before. The patient received two tDCS treatment sessions in a seated position with a one-week interval. Stimulating areas were identified using the international 10-20 system (Figure 1).

Brain stimulation

In the first session, M1 stimulation was performed. It was placed on the left side of the head (C3 lobe). An anodal electrode was placed at M1, localized by measuring the distance from the junction of the forehead and the nasal bone (nasion) to the prominence point of the occipital bone (inion) with a caliper and marking halfway, followed by measuring the distance between the left and right preauricular regions with a tape measure and mark-

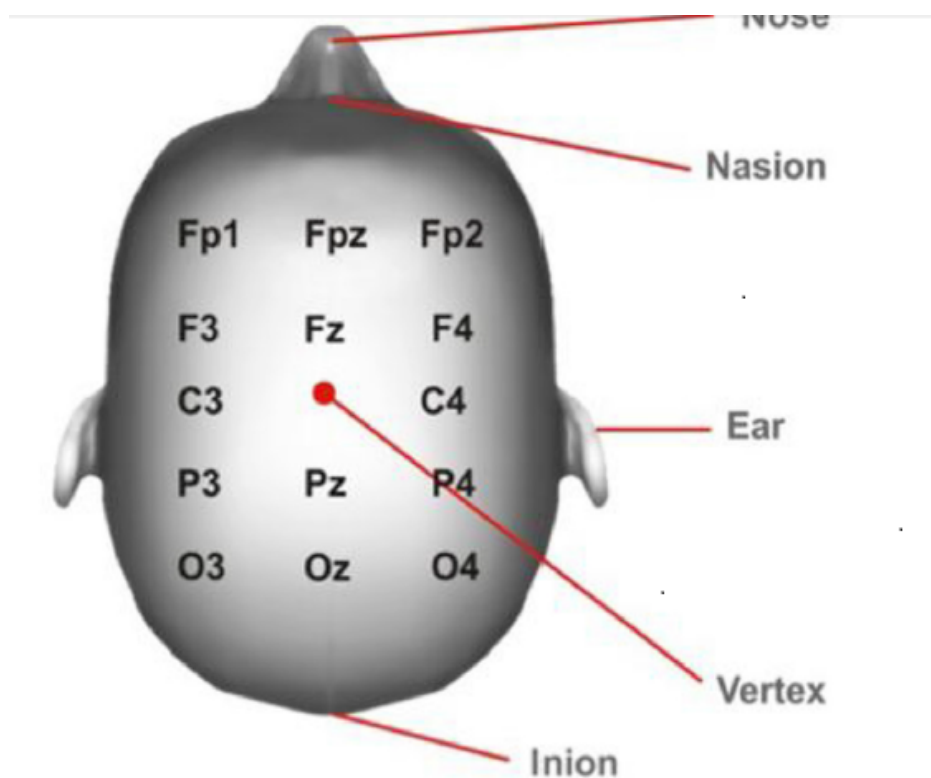


Figure 1. International 10-20 system

Archives of
Rehabilitation

ing halfway. The intersection of these two points was Cz. The C3 was positioned by marking the point on the left side at 20% of the distance between the right and left periauricular areas that passes through Cz, in order to place the anodal electrode. The cathodal electrode was placed on the right supraorbital lobe, and both electrodes were fixed on the points using a strap.

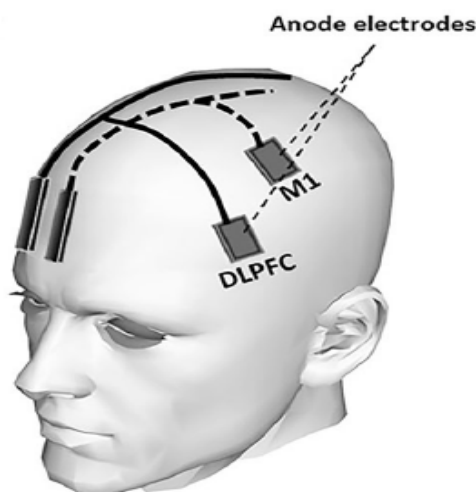


Figure 2. M1 and DLPFC areas

Archives of
Rehabilitation

In the second session, two tDCS devices (ActivaDose, Activa Tek, Taiwan) were used simultaneously to stimulate M1 and the DLPFC, both located in the frontal lobe of the brain (Figure 2 and Figure 3). DLPFC corresponds to F3 on the left side of the head. The anodal electrodes were placed in the M1 and DLPFC areas. To find the location of DLPFC or F3, a diagonal measurement from the nasion to the inion through the C3 point was taken; 20% of the distance from the nasion to the inion, anterior to C3, was marked. The cathode electrodes were placed in the right supraorbital area. The size of the electrodes was 4×5 (20 cm^2), and they were soaked with saline solution before treatment. Electric stimulation in both treatment sessions was at 2 mA (increased gradually in steps of 0.1 mA) and lasted 20 minutes. The treatment took two weeks, with one session per week. Tremor and QOL were assessed before treatment, after treatment, and at 1 and 3 months after treatment.

Measures

Fahn-Tolosa-Marin rating scale

In the Fahn-Tolosa-Marin (FTM) clinical rating scale for tremor, scores are based on a person's tremor in doing activities (0-144), with higher scores showing higher tremor. It consists of three parts, A, B, and C, each of



Figure 3. Simultaneous stimulation of M1 and DLPFC

Archives of
Rehabilitation

which can be evaluated independently. In this study, we used part C, which assesses the patient's functional disability and includes a total score of 28 [17]. The reliability and validity of the Persian version of the FTM scale have been confirmed by Olfati et al. in 2020 [18, 19].

Short form health survey

The short form health survey (SF-12) consists of 12 questions assessing a person's QOL physically and mentally. Based on the total score, the QOL is categorized as good (37-48), moderate (25-36), and poor (12-24) [20]. The validity and reliability of the Persian SF-12 have been confirmed by Montazeri et al. in 2009 [21].

Results

As shown in Table 1, the SF-12 score increased from 26 to 40 after treatment, and the FTM score decreased from 9 to 1.

Discussion

According to the results of this study, it seems that tDCS was effective in alleviating ET, since the patient's FTM scale score considerably decreased (from 9 to 1). It also increased the patient's QOL, due to an increase in the SF-12 score (from 26 to 40). Follow-up was conducted one month and three months after the completion of the intervention, and the scores of the two scales were sustained, indicating the stability of the improvement resulting from tDCS.

The innovation of this study was the stimulation of M1 in one session and concurrent stimulation of M1 and DLPFC in another session for improving M1 connection with the premotor area, while previous studies have mainly focused on the stimulation of the cerebellum. The results of our study are similar to the findings of the study by Yilmaz et al. In a case series study on 6 people with ET, they placed anode electrodes with an intensity of 2 mA on the DLPFC at 5 sessions and on the inion

Table 1. Mean scores of FTM scale and SF-12 before, immediately after, 1 month after, and 3 months after treatment

Variable	Before treatment	Immediately after treatment	One month after treatment	Three months after treatment
FTM scale score	9	1	1	1
SF-12 score	26	40	40	40

Archives of
Rehabilitation

at 5 sessions. They observed that tDCS improved daily activities and tremor assessment score immediately after and 50 days after the intervention [12]. The results of our study differ from those of Gironel et al. They applied tDCS with cathode electrodes on both sides of the cerebellar hemispheres and anode electrodes on the pre-frontal areas at an intensity of 2 mA in individuals with ET at 10 sessions. They observed no significant effect on tremor severity, daily activities, and motor function immediately after and one month after the intervention [13]. This discrepancy can be due to the differences in the stimulation sites between the two studies.

According to the functional magnetic resonance imaging (fMRI) studies, one of the possible causes of tremor is the reduced connection of M1 with the cerebellum and the premotor cortex [6]. Considering the functional connectivity between M1 and DLPFC, concurrent stimulation of M1 and DLPFC may activate this pathway, resulting in increased connectivity between M1 and the premotor cortex [15]. On the other hand, based on a study examining the effect of M1 stimulation on the pathway between M1 and the cerebellum, the stimulation of M1 can increase the excitability of the pathway between M1 and the cerebellum [22] and result in reduced tremor severity. Therefore, in this study, stimulation of M1 in the first session and concurrent stimulation of M1 and DLPFC in the second session were used for greater and more lasting stimulation effects and tremor improvement.

The main limitation of this study was that, being a case report, its results cannot be easily generalized. Thus, it is recommended to conduct clinical trials with control groups to determine the precise effects of tDCS on ET.

Conclusion

It seems that tDCS on M1 in the first session and on both M1 and DLPFC in the second session can be effective in reducing the severity of ET and improving QOL in older men, and that its positive effects can be sustained for 1 and 2 months. Considering the lack of consensus on the brain areas for placing tDCS electrodes in the treatment of tremor, this study can provide a new approach for future studies.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This case report study was approved by the Ethics Committee of the School of Rehabilitation Science,

Shahid Beheshti University of Medical Sciences (Code: IR.SBMU.RETECH.REC.1400.498) Before starting the treatment, the patient was briefed on the procedure and the goals of the study, and his written informed consent was obtained. He was assured of the confidentiality of his information and had the right to withdraw from the study at any time.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for profit sectors.

Authors' contributions

Conceptualization, methodology, and validation: Minoo Khalkhali Zavie, Khosro Khademi-Kalantari; investigation and data analysis: Monire Alem, Alireza Akbarzadeh Baghban; resources, initial draft preparation, visualization: Monire Alem; Editing & review, supervision, and project administration: Minoo Khalkhali Zavie.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.



مقاله پژوهشی

تأثیر تحریک هم‌زمان یک‌طرفه فراجمجه‌ای کورتکس حرکتی اولیه و کورتکس خلفی خارجی پری فرونتال با جریان الکتریکی مستقیم بر ترمور: یک مطالعه گزارش موردی

منیره عالم^۱، مینو خلخالی زاویه^۱، خسرو خادمی کلانتری^۱، علیرضا اکبرزاده باغبان^۲

۱. گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲. گروه آمار زیستی، مرکز تحقیقات پروتئومیکس، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.



Citation Alem, M., Khalkhali Zavieh, M., khademi-kalantari, Kh., & Akbarzadeh Baghban, A. Effect of Concurrent Transcranial Direct Current Stimulation on the Primary Motor Cortex and Dorsolateral Prefrontal Cortex on Essential Tremor: A Case Report.. *Archives of Rehabilitation*. 2026; 27(2):366-377. <https://doi.org/10.32598/RJ.27.2.4130.1>

doi <https://doi.org/10.32598/RJ.27.2.4130.1>

چکیده

هدف ترمور به حرکات غیرعادی یک یا چند بخش از بدن در حین انجام فعالیت‌های مختلف گفته می‌شود که براساس مطالعات اخیر شایع‌ترین اختلال نورودژنراتیو می‌باشد. تحریک فراجمجه‌ای با جریان الکتریکی مستقیم یکی از مدالیته‌های غیرتهاجمی است که باعث افزایش تحریک‌پذیری کورتکس می‌شود و اثرات سودمندی در درمان بسیاری از اختلالات مغزی دارد.

روش بررسی هدف ما در این مطالعه گزارش موردی بررسی اثر روش درمانی تحریک ناحیه کورتکس اولیه حرکتی و بهبود ارتباط آن با مدار تالاموس-کورتکس-مخچه می‌باشد. مطالعات پیشین نشان داده‌اند تحریک هم‌زمان کورتکس اولیه حرکتی و ناحیه خلفی خارجی پری فرونتال اثرات تحریکی بیشتر و طولانی‌تری را به همراه دارد. بیمار با مشکل ترمور دست راست با منشأ نامشخص ۲ جلسه درمان با فاصله ۱ هفته دریافت نمود که در جلسه اول فقط ناحیه کورتکس اولیه حرکتی و در جلسه دوم نواحی کورتکس اولیه حرکتی و خلفی خارجی پری فرونتال به‌صورت هم‌زمان تحریک شدند. قبل از جلسه اول و بعد از پایان جلسه دوم و ۱ ماه و ۳ ماه بعد از درمان شدت ترمور با شاخص Fahn-Tolosa-Marin و کیفیت زندگی با شاخص Short-Form-12 (SF12) ارزیابی شد.

یافته‌ها در انتهای جلسات درمانی شدت ترمور از ۹ به ۱ و کیفیت زندگی از ۲۶ به ۴۰ رسید و امتیاز این شاخص‌ها تا ۳ ماه پس از درمان ثابت بود که نشانه ماندگاری اثر درمان می‌باشد.

نتیجه‌گیری به نظر می‌رسد درمان پیشنهادی بر روی ترمور بیمار مؤثر بوده است و باعث کاهش شدت ترمور و بهبود کیفیت زندگی بیمار شده است.

کلیدواژه‌ها تحریک فراجمجه‌ای با جریان الکتریکی مستقیم، ترمور، کورتکس حرکتی اولیه، ناحیه خلفی خارجی پری فرونتال

تاریخ دریافت: ۱۱ آبان ۱۴۰۴

تاریخ اصلاح: ۰۵ اسفند ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۰۲ خرداد ۱۴۰۵

* نویسنده مسئول:

مینو خلخالی زاویه

نشانی: تهران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده علوم توانبخشی، گروه فیزیوتراپی.

تلفن: ۳۹۳۴۸۸۶ (۹۱۲) ۹۸+

رایانامه: m.khalkhali@sbmu.ac.ir



Copyright © 2026 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه

مشاهده نشده است [۱۰]. تحریک فراجمعه‌ای مغز با جریان الکتریکی مستقیم^۴ از دیگر انواع تحریکات مغزی غیرتهاجمی دیگر است. این جریان موجب تغییر در تحریک‌پذیری کورتکس و افزایش قابلیت نوروپلاستیسیته مغز می‌گردد [۱۱].

از دو مطالعه تحریک مغز با جریان الکتریکی مستقیم یکی از آن‌ها در بهبود ترمور تأثیر معنادار داشته و دیگری تأثیر معنادار نداشته است [۱۲، ۱۳]. تحریک مغز با جریان الکتریکی مستقیم در مقایسه با تحریک مغناطیسی درمان غیرتهاجمی تر و استفاده از آن راحت‌تر، ارزان‌تر و دارای عوارض کمتری می‌باشد [۱۴]. همچنین براساس مطالعات اخیر تحریک مناطق مغزی دیگر علاوه بر مخچه می‌تواند بر روی ترمور مؤثر باشد [۱۵].

روش جدیدتر تحریک فراجمعه‌ای مغز با جریان مستقیم، استفاده هم‌زمان از تحریک دو ناحیه از کورتکس می‌باشد. باتوجه به نتایج مطالعات اخیر تحریک هم‌زمان کورتکس اولیه حرکتی و ناحیه خلفی خارجی پری فرونتال تأثیر بیشتری در افزایش تحریک‌پذیری کورتکس در افراد سالم و کاهش زمان عکس‌العمل در افراد سکتة مغزی داشته است [۱۵، ۱۶]. از آنجایی که در مطالعاتی که تاکنون تأثیر تحریک مغز با جریان الکتریکی مستقیم را بر ترمور بررسی کرده‌اند، تنها یک ناحیه از مغز و غالباً مخچه تحریک شده است؛ باتوجه به اثرات بیشتر تحریک هم‌زمان دو ناحیه از کورتکس نسبت به تحریک تنها یک ناحیه، تاکنون مطالعه‌ای در دسترس ما نبوده است که تأثیر تحریک هم‌زمان این دو ناحیه را بر ترمور بررسی کرده باشد. همچنین به نظر می‌رسد تحریک ناحیه حرکتی اولیه قبل از اعمال تحریکات دیگر بتواند تأثیر آن‌ها را افزایش دهد. هدف از این مطالعه گزارش موردی بررسی تأثیر تحریک ناحیه کورتکس اولیه حرکتی در یک جلسه و سپس تحریک هم‌زمان کورتکس اولیه حرکتی و ناحیه خلفی خارجی پری فرونتال در جلسه دوم روی ترمور است. فرض بر این بوده است که تحریک هم‌زمان این دو نقطه با جریان الکتریکی مستقیم می‌تواند با تأثیر بر ارتباط این دو نقطه، بر پاسخ سیستم عصبی مرکزی تأثیر بگذارد و موجب کاهش ترمور گردد.

گزارش مورد

بیمار

این مطالعه در کلینیک دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی در سال ۱۴۰۱ صورت گرفت. بیمار آقای ۷۵ ساله با سابقه فشار خون بالا و ناراحتی قلبی بود که از حدود ۴ سال قبل از مراجعه در حین فعالیت‌های روزمره دچار ترمور در دست راست شده بود اما در حین استراحت ترمور نداشت (ترمور اساسی یا Essential tremor) و این ترمور در صورت

ترمور به حرکات غیرعادی یک یا چند بخش از بدن در حین انجام فعالیت‌های مختلف گفته می‌شود که ماهیت این حرکات به صورت غیرارادی بوده و فرد قادر به متوقف کردن آن نمی‌باشد. ترمور را می‌توان به انواع ترمور استراحت، پاسچرال، کینتیک و وابسته به فعالیت تقسیم نمود [۱]. از جمله دلایل ترمور می‌توان به دلایل فیزیولوژیک (مانند ترس و استرس)، سایکولوژیک، سکتة پارکینسون، مالتیپل اسکلروزیس، مصرف الکل، دیستونی، خستگی عضلانی، تب، مشکلات تیروئید، کمبود ویتامین B۱۲ و داروهایی مانند کورتیکواستروئیدها، داروهای ضد افسردگی و داروهای آنتی آریتمی اشاره نمود [۲]. براساس مطالعاتی که اخیراً صورت گرفته است ترمور شایع‌ترین اختلال نورودژنراتیو می‌باشد و شیوع آن ۱/۳ درصد در جمعیت کلی و ۵/۹ درصد در جمعیت بالای ۶۰ سال است [۳].

یکی از شایع‌ترین ترمورها، ترمور اساسی^۱ می‌باشد که منشأ مرکزی دارد [۴] و ممکن است به علت تغییرات نورو دژنراتیو در مخچه، اختلال در تون گابا و یا اختلال در شبکه عصبی باشد [۵]. یکی از علت‌های اصلی ایجادکننده ترمور وجود اختلال در مدار تالاموس-کورتکس-مخچه^۲ می‌باشد [۶].

درمان لرزش‌های اساسی با استفاده از آزمون و خطا می‌باشد؛ از جمله درمان‌های پیشنهادی قبلی در این زمینه می‌توان به استفاده از داروهایی مانند گاباپنتین و بتابلاکرها و عمل‌های جراحی مانند تحریک عمقی مغز اشاره نمود. زمانی که ترمور فعالیت روزمره فرد را مختل می‌نماید استفاده از داروها توصیه می‌شود و اگر فرد به داروها پاسخ ندهد جراحی پیشنهاد می‌گردد [۷]. باتوجه به عوارض درمان‌های پیشنهادی فعلی و درصد بالای مبتلایان به ترمور که اکثریت آن‌ها را افراد مبتلا به ترمورهای با منشأ نامشخص تشکیل می‌دهند، استفاده از درمان‌های غیرتهاجمی بیش‌ازپیش اهمیت می‌یابد [۸]. امروزه بیشتر از تحریکات مغزی که شبکه عصبی دخیل در ترمور را تحت تأثیر قرار می‌دهند، جهت درمان استفاده می‌شود. یکی از این تحریکات مغزی غیرتهاجمی، تحریک مغناطیسی فراجمعه‌ای^۳ ناحیه مخچه است که برای درمان ترمور استفاده شده است.

گیرونل و همکاران در سال ۲۰۰۲ بر روی ۱۰ بیمار با ترمور اساسی، تحریک مغناطیسی در ناحیه مخچه انجام دادند و مشاهده کردند که ۵ دقیقه بعد از درمان باعث کاهش شدت ترمور شده است، اما ۱ ساعت بعد، این اثرات پایدار نبودند [۹]. براساس یافته‌های مطالعه سیستماتیک در سال ۲۰۲۴، تفاوتی بین تأثیر تحریک مغناطیسی مغزی فعال و گروه شم روی شدت ترمور

1. Essential tremor
2. Cerebello-thalamo-cortical
3. Transcranial magnetic Stimulation

4. Transcranial Direct Current Stimulation

یا ۲۰ درصد فاصله بین ناحیه پری اریکولار راست و چپ که از CZ می‌گذرد به چپ رفتیم و آن را علامت زدیم تا الکتروود فعال یا آند را در این نقطه بگذاریم. الکتروود کاتد (غیرفعال) در ناحیه سوپرااوربیتال طرف راست قرار داده شد و هر دو الکتروود با استرپ بر روی ناحیه ثابت شدند.

در جلسه دوم جهت تحریک هم‌زمان کورتکس اولیه حرکتی و کورتکس خلفی خارجی پری فرونتال (DLPFC) که هر دو این نواحی در لوب پیشانی مغز قرار دارند (تصاویر شماره ۲، ۳)، از دو دستگاه تحریک فراجمجمه‌ای با جریان الکتریکی مستقیم به‌صورت هم‌زمان استفاده شد. نقطه DLPFC معادل نقطه F۳ در سمت چپ سر است. الکترودهای آند در نواحی کورتکس اولیه حرکتی و خلفی خارجی پری فرونتال قرار داده شدند. برای یافتن کورتکس خلفی خارجی پری فرونتال سمت چپ یا نقطه F۳، دراندازه‌گیری مورب از نازیون تا اینیون از طریق نقطه C۳، ۲۰ درصد فاصله نازیون تا اینیون و در قدام C۳ مشخص می‌گردید. الکترودهای کاتد در ناحیه سوپرااوربیتال سمت راست قرار داده شدند.

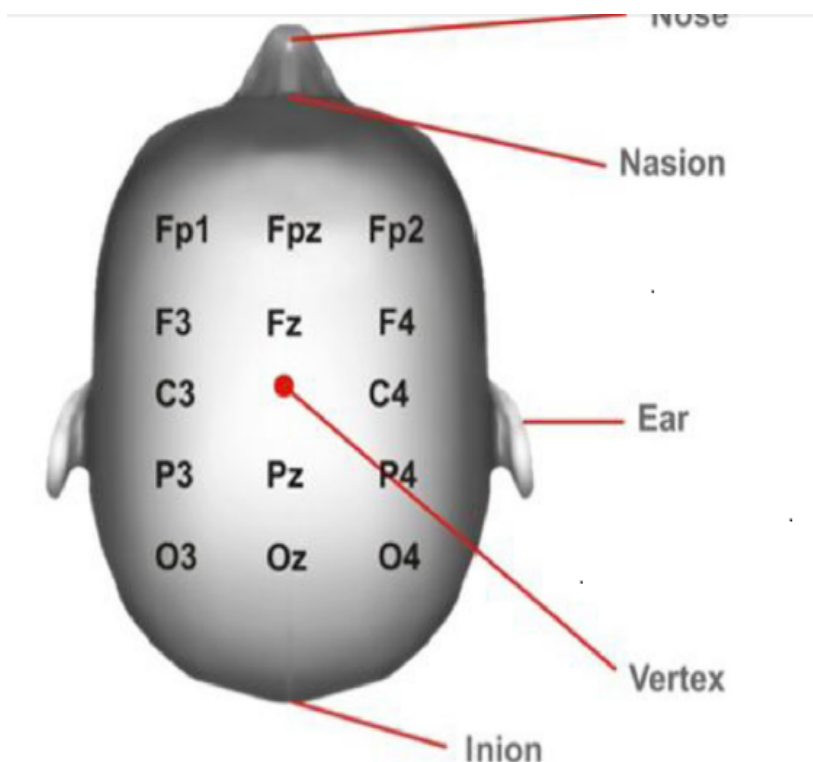
از دو دستگاه تحریک فراجمجمه‌ای با جریان الکتریکی مستقیم، مارک active dose ساخت شرکت active tek کشور تایوان استفاده شد. سایز الکترودها ۴×۵ (۲۰ سانتی‌متر مربع) بود که قبل از درمان با محلول سالیین آغشته می‌شدند. تحریک

بروز استرس یا ناراحتی و بالابردن دست بدتر می‌شد. بیمار قبل از مراجعه هیچ‌گونه درمانی در جهت بهبود ترمور دریافت نکرده بود و همچنین در حین این مطالعه نیز به غیر از تحریک فراجمجمه‌ای با جریان الکتریکی مستقیم درمان دیگری نداشته است.

درمان تحریک فراجمجمه‌ای

بیمار دو جلسه درمان تحریک فراجمجمه‌ای با جریان الکتریکی مستقیم در وضعیت نشسته روی صندلی با فاصله یک هفته بین جلسات دریافت نمود. جهت پیدا کردن نقاط تحریکی از سیستم ۱۰-۲۰ استفاده شد (تصویر شماره ۱).

در جلسه اول از تحریک ناحیه حرکتی اولیه یا M1 استفاده کردیم. این نقطه بر روی سمت چپ سر معادل نقطه C۳ است. برای این کار الکتروود آند (فعال) را در ناحیه کورتکس اولیه حرکتی (C۳) قرار دادیم که جهت پیدا کردن این نقطه، فاصله بین محل اتصال پیشانی با استخوان بینی (نازیون) تا برجستگی استخوان پس سری (اینیون) با متر نواری اندازه گرفته شد. سپس نصف این فاصله را بر روی پوست سر علامت زده و در حالی که متر نواری از روی نقطه علامت زده می‌گذرد، فاصله بین پری اریکولار گوش چپ و راست را اندازه گرفتیم و نصف این فاصله بر روی پوست سر علامت زده شد. محل تلاقی این دو نقطه CZ می‌باشد. برای تعیین محل C۳ به این ترتیب عمل شد که به اندازه یک پنجم



تصویر ۱. سیستم بین‌المللی ۱۰/۲۰

ابزار مطالعه

مقیاس Fahn-Tolosa-Marin جهت ترمور

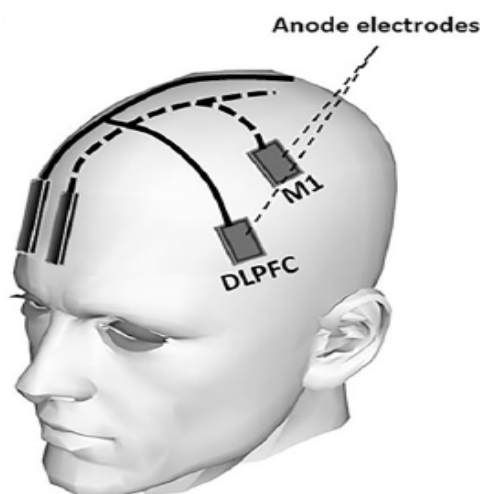
در این مقیاس براساس ترمور موجود در فعالیت‌ها به فرد امتیاز داده می‌شود (۰-۱۴۴)، که امتیاز بالاتر نشانه شدت بالاتر ترمور می‌باشد که شامل سه بخش A, B, C می‌باشد و هر کدام از بخش‌ها به تنهایی قابل ارزیابی می‌باشد. در این مطالعه از بخش C که ناتوانی عملکردی بیمار را ارزیابی می‌کند و شامل امتیاز کل ۲۸ می‌باشد استفاده شد [۱۷]. پایایی و روایی مطلوب نسخه فارسی این ابزار در مطالعات مختلف از جمله مطالعه الفتی و همکاران در سال ۲۰۲۰ نشان داده شده است [۱۸، ۱۹].

پرسش‌نامه کیفیت زندگی SF۱۲

این پرسش‌نامه از ۱۲ سؤال تشکیل شده است که کیفیت زندگی را از نظر جسمانی و روانی مورد بررسی قرار می‌دهد. تفسیر امتیازات این پرسش‌نامه به صورت خوب (۳۷-۴۸)، متوسط (۲۵-۳۶) و ضعیف (۱۲-۲۴) می‌باشد [۲۰]. این پرسش‌نامه توسط منتظری و همکاران در سال ۲۰۰۹ ترجمه شده و روایی و پایایی نسخه فارسی آن نیز تأیید شده است [۲۱].

یافته‌ها

همان‌طور که در جدول شماره ۱ مشاهده می‌شود امتیاز پرسش‌نامه کیفیت زندگی SF12 از ۲۶ به ۴۰ افزایش یافته است



توانبخشانی

تصویر ۲. نواحی کورتکس اولیه حرکتی (M1) و کورتکس خلفی خارجی پری فرونتال (DLPFC)

الکتریکی در هر دو جلسه با شدت ۲ میلی‌آمپر (شدت به تدریج ۰/۱ میلی‌آمپر، ۰/۱ میلی‌آمپر بالا برده می‌شد) و مدت زمان ۲۰ دقیقه اعمال شد. طول دوره درمان، به مدت ۲ هفته به صورت ۱ جلسه در هفته بود که قبل از شروع درمان و بعد از اتمام جلسه دوم و ۱ و ۳ ماه بعد از اتمام جلسات درمانی ارزیابی ترمور و کیفیت زندگی انجام شد.



تصویر ۳. تحریک هم‌زمان کورتکس اولیه حرکتی (M1) و خلفی خارجی پری فرونتال (DLPFC)

توانبخشانی

جدول ۱. نتایج ارزیابی ترمور و کیفیت زندگی قبل و بعد از مداخله و ۱ و ۳ ماه بعد از اتمام مداخله

متغیر	قبل از مداخله	بعد از مداخله	۱ ماه بعد از مداخله	۳ ماه بعد از مداخله
Fahn-Tolosa-Marin	۹	۱	۱	۱
پرسش نامه کیفیت زندگی	۲۶	۴۰	۴۰	۴۰

توانبخشنی

و امتیاز Fahn-Tolosa-Marin از ۹ به ۱ کاهش یافته است.

بحث

باتوجه به نتایج این مطالعه به نظر می رسد تحریک فراجمجمه ای مغز با جریان مستقیم با روش انجام شده، در کاهش ترمور مؤثر بوده است. به نظر می رسد ترمور بیمار تا حد زیادی برطرف گردیده (کاهش امتیاز Fahn-Tolosa-Marin از ۹ به ۱ که نشان دهنده کاهش چشمگیر ترمور می باشد) و افزایش امتیاز پرسش نامه کیفیت زندگی SF12 (افزایش امتیاز از ۲۶ به ۴۰) نشان می دهد کیفیت زندگی وی به این سبب افزایش یافته است. ۱ ماه و ۳ ماه بعد از اتمام مداخلات ارزیابی مجدد صورت گرفت که امتیازهای این دو مقیاس، مشابه نتایج به دست آمده بلافاصله پس از پایان مداخله بوده که نشان دهنده پایداری بهبودی ناشی از درمان می باشد. نوآوری موجود در این مطالعه تحریک کورتکس اولیه حرکتی در یک جلسه و تحریک همزمان نواحی کورتکس اولیه حرکتی و خلفی خارجی پری فرونتال در جلسه دیگر به منظور بهبود رابطه کورتکس اولیه حرکتی با ناحیه حرکتی پیشین می باشد، در حالی که مطالعات قبلی بیشتر بر تحریک مخچه تمرکز کرده اند.

نتایج مطالعه حاضر مشابه نتایج مطالعه ایلماز و همکاران در سال ۲۰۱۶ می باشد که در یک مطالعه کیس سری روی ۶ نفر با ترمور با منشأ نامشخص، ۵ جلسه الکتروود آند را در ناحیه خلفی خارجی پری فرونتال و ۵ جلسه بر روی مخچه با شدت ۲ میلی آمپر قرار دادند و مشاهده کردند تحریک فراجمجمه ای با جریان الکتریکی مستقیم بلافاصله بعد از مداخله و ۵۰ روز بعد از مداخله باعث بهبود فعالیت های روزمره و شاخص ارزیابی ترمور شده است [۱۲].

نتایج مطالعه حاضر با نتایج گیرونل و همکاران در سال ۲۰۱۴ تفاوت دارد. آن ها در افراد با ترمور با منشأ نامشخص به مدت ۱۰ جلسه تحریک فراجمجمه ای با جریان الکتریکی مستقیم را با الکترودهای کاند در دو سمت نیمکره های مخچه با شدت ۲ میلی آمپر و الکترودهای آند در نواحی پری فرونتال اعمال کردند و مشاهده کردند بلافاصله بعد از مداخله و ۱ ماه بعد از مداخله تأثیری روی شدت ترمور، فعالیت های روزمره و عملکرد حرکتی ندارد [۱۳]. شاید این تفاوت در نتایج به علت متفاوت بودن محل تحریک در دو مطالعه باشد.

براساس مطالعات صورت گرفته به وسیله تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی (fMRI) احتمالاً یکی از دلایل ایجاد ترمور به دلیل کاهش ارتباط کورتکس اولیه حرکتی با مخچه و ناحیه حرکتی پیشین می باشد [۱۶]. باتوجه به اینکه بین کورتکس اولیه حرکتی و ناحیه خلفی خارجی پری فرونتال اتصال عملکردی وجود دارد، به نظر می رسد تحریک همزمان کورتکس اولیه حرکتی و ناحیه خلفی خارجی پری فرونتال این مسیر را فعال می نماید و سبب افزایش ارتباط بین کورتکس اولیه حرکتی و ناحیه حرکتی پیشین می گردد [۱۵]. ازسوی دیگر براساس مطالعه ای که اثر تحریک کورتکس اولیه حرکتی بر مسیر میان کورتکس اولیه حرکتی و مخچه بررسی شده است، تحریک ناحیه کورتکس اولیه حرکتی می تواند موجب افزایش تحریک پذیری مسیر میان کورتکس اولیه حرکتی و مخچه گردد [۲۲] و در نتیجه باعث کاهش شدت ترمور می گردد. بنابراین در این مطالعه از یک جلسه تحریک ناحیه کورتکس حرکتی اولیه و سپس در جلسه دیگر از تحریک همزمان کورتکس اولیه حرکتی و خلفی خارجی پری فرونتال جهت تأثیرات تحریکی بیشتر، ماندگارتر و بهبود ترمور استفاده شده است.

محدودیت اصلی این مطالعه آن است که این مطالعه یک مطالعه موردی است و نمی توان نتایج آن را به راحتی تعمیم داد؛ بنابراین توصیه می شود مطالعه کارآزمایی بالینی همراه با گروه های کنترل برای تعیین تأثیر دقیق این روش درمانی بر روی درمان ترمور انجام گیرد.

نتیجه گیری

به نظر می رسد تحریک ناحیه کورتکس اولیه حرکتی در یک جلسه و سپس تحریک همزمان کورتکس اولیه حرکتی و خلفی خارجی پری فرونتال در جلسه دوم می تواند بر روی کاهش شدت ترمور و بهبود کیفیت زندگی افراد دارای ترمور اساسی مؤثر باشد که این تأثیر مثبت باتوجه به ارزیابی مجدد صورت گرفته در این مطالعه ماندگار بوده است. باتوجه به عدم اتفاق نظر بر روی محل الکتروودگذاری tDCS در درمان ترمور، این مطالعه می تواند راهکار جدیدی در این زمینه جهت مطالعات بیشتر ارائه نماید.

5. Functional magnetic resonance imaging (fMRI)

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه از کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیست پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی (IR.SBMU.RETECH.REC.1400.498) کد اخلاق دریافت کرده است. قبل از شروع درمان به بیمار در رابطه با روند اجرای پژوهش و هدف مطالعه توضیح داده شد و از او رضایت‌نامه کتبی آگاهانه گرفته شد. به بیمار گفته شد اطلاعات او محرمانه خواهد بود و هر زمان که بخواهد می‌تواند از مطالعه خارج شود.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمانی‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت‌نویسندگان

مفهوم‌سازی و روش‌شناسی و اعتبارسنجی: مینو خلخالی زاویه و خسرو خادمی کلانتری؛ تحلیل، تحقیق و بررسی: منیره عالم و علیرضا اکبرزاده باغبان؛ بصری‌سازی، منابع و نگارش پیش‌نویس: منیره عالم؛ ویراستاری، نهایی‌سازی نوشته، نظارت و مدیریت پروژه: مینو خلخالی زاویه.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

References

- [1] Puschmann A, Wszolek ZK. Diagnosis and treatment of common forms of tremor. *Seminars in Neurology*. 2011; 31(1):65-77. [DOI:10.1055/s-0031-1271312] [PMID]
- [2] Chen W, Hopfner F, Becktepe JS, Deuschl G. Rest tremor revisited: Parkinson's disease and other disorders. *Translational Neurodegeneration*. 2017; 6:16. [DOI:10.1186/s40035-017-0086-4] [PMID]
- [3] Louis ED, McCreary M. How common is essential tremor? Update on the worldwide prevalence of essential tremor. *Tremor and Other Hyperkinetic Movements*. 2021; 11:28. [DOI:10.5334/tohm.632] [PMID]
- [4] Louis ED. Essential tremor. *The Lancet Neurology*. 2005; 4(2):100-10. [DOI:10.1016/S1474-4422(05)00991-9] [PMID]
- [5] Welton T, Cardoso F, Carr JA, Chan LL, Deuschl G, Jankovic J, et al. Essential tremor. *Nature Reviews Disease Primers*. 2021; 7(1):83. [DOI:10.1038/s41572-021-00314-w] [PMID]
- [6] Nicoletti V, Cecchi P, Pesaresi I, Frosini D, Cosottini M, Ceravolo R. Cerebello-thalamo-cortical network is intrinsically altered in essential tremor: Evidence from a resting state functional MRI study. *Scientific Reports*. 2020; 10(1):16661. [DOI:10.1038/s41598-020-73714-9] [PMID]
- [7] Chandra V, Hilliard JD, Foote KD. Deep brain stimulation for the treatment of tremor. *Journal of The Neurological Sciences*. 2022; 435:120190. [DOI:10.1016/j.jns.2022.120190] [PMID]
- [8] Helvacı Yılmaz N, Polat B, Hanoglu L. Transcranial direct current stimulation in the treatment of essential tremor: An open-label study. *The Neurologist*. 2016; 21(2):28-9. [DOI:10.1097/NRL.000000000000070] [PMID]
- [9] Gironell A, Kulisevsky J, Lorenzo J, Barbanjo M, Pascual-Sedano B, Otermin P. Transcranial magnetic stimulation of the cerebellum in essential tremor: A controlled study. *Archives of Neurology*. 2002; 59(3):413-7. [DOI:10.1001/archneur.59.3.413] [PMID]
- [10] Bishay AAED, Guo A, Desai R, Mushinski S, Au A, Swenson AJ, et al. Limited Potential of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Treatment of Essential Tremor: A Systematic Review. *NeuroSci*. 2024; 5(4):523-33. [DOI:10.3390/neurosci5040038] [PMID]
- [11] Summers JJ, Kang N, Cauraugh JH. Does transcranial direct current stimulation enhance cognitive and motor functions in the ageing brain? A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*. 2016; 25:42-54. [DOI:10.1016/j.arr.2015.11.004] [PMID]
- [12] Yılmaz NH, Polat B, Hanoglu L. Transcranial direct current stimulation in the treatment of essential tremor. *Parkinsonism & Related Disorders*. 2016; 22(Supplement 2):e130. [DOI:10.1016/j.parkreldis.2015.10.311]
- [13] Gironell A, Martínez-Horta S, Aguilar S, Torres V, Pagonabarraga J, Pascual-Sedano B, et al. Transcranial direct current stimulation of the cerebellum in essential tremor: A controlled study. *Brain Stimulation*. 2014; 7(3):491-2. [DOI:10.1016/j.brs.2014.02.001] [PMID]
- [14] Priori A, Hallett M, Rothwell JC. Repetitive transcranial magnetic stimulation or transcranial direct current stimulation? *Brain Stimulation*. 2009; 2(4):241-5. [DOI:10.1016/j.brs.2009.02.004] [PMID]
- [15] Vaseghi B, Zoghi M, Jaberzadeh S. The effects of anodal-tDCS on corticospinal excitability enhancement and its after-effects: conventional vs. unihemispheric concurrent dual-site stimulation. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2015; 9:533. [DOI:10.3389/fnhum.2015.00533] [PMID]
- [16] Achacheleue ST, Rahnama L, Karimi N, Abdollahi I, Arslan SA, Jaberzadeh S. The effect of unihemispheric concurrent dual-site transcranial direct current stimulation of primary motor and dorsolateral prefrontal cortices on motor function in patients with sub-acute stroke. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2018; 12:441. [DOI:10.3389/fnhum.2018.00441] [PMID]
- [17] Fahn S, Tolosa E, Marín C. Clinical rating scale for tremor. In: Jankovic J, Tolosa E, editors. *Parkinson's Disease and Movement Disorders*. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1993. [Link]
- [18] Stacy MA, Elble RJ, Ondo WG, Wu SC, Hulihan J; TRS study group. Assessment of interrater and intrarater reliability of the Fahn-Tolosa-Marin Tremor Rating Scale in essential tremor. *Movement Disorders*. 2007; 22(6):833-8. [DOI:10.1002/mds.21412] [PMID]
- [19] Olfati N, Shoeibi A, Abdollahian E, Ahmadi H, Hoseini A, Akhlaghi S, et al. Cerebellar repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) for essential tremor: A double-blind, sham-controlled, crossover, add-on clinical trial. *Brain Stimulation*. 2020; 13(1):190-6. [DOI:10.1016/j.brs.2019.10.003] [PMID]
- [20] Kontodimopoulos N, Pappa E, Niakas D, Tountas Y. Validity of SF-12 summary scores in a Greek general population. *Health and Quality of Life Outcomes*. 2007; 5:55. [DOI:10.1186/1477-7525-5-55] [PMID]
- [21] Montazeri A, Vahdaninia M, Mousavi SJ, Omidvari S. The Iranian version of 12-item Short Form Health Survey (SF-12): Factor structure, internal consistency and construct validity. *BMC Public Health*. 2009; 9:341. [DOI:10.1186/1471-2458-9-341] [PMID]
- [22] Weightman M, Brittain JS, Miall RC, Jenkinson N. Direct and indirect effects of cathodal cerebellar tDCS on visuomotor adaptation of hand and arm movements. *Scientific Reports*. 2021; 11(1):4464. [DOI:10.1038/s41598-021-83656-5] [PMID]