Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

March & April 2026. Volume 15. Num 1

Research Paper

Comparison of the Effect of Transcranial Direct Current Stimulation of the Cerebellum and Dorsolateral Prefrontal Cortex on the Static Balance in Children With Autism

Seyed Masoud Hosseini[1], Mahmoud Sheikh[2], Davood Hoomanian[2], Fazlolah Bagherzadeh[2], Ali Moghadamzadeh[3]

1. Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Iran.
2. Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Department of Psychology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Hosseini SM, Sheikh M, Hoomanian D, Bagherzadeh F, Moghadamzadeh A. [Comparison of the Effect of Transcranial Direct Current Stimulation of the Cerebellum and Dorsolateral Prefrontal Cortex on the Static Balance in Children With Autism (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2026; 15(1):70-81. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.1.3324

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.1.3324

ABSTRACT

Background and Aims Balance disorder is common among individuals with autism and can be considered one of the core features of this condition, as these individuals exhibit a range of postural instabilities. Therefore, this study aimed to compare the effects of cerebellar and dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) transcranial direct current stimulation (tDCS) on static balance in children with moderate autism spectrum disorder (ASD).

Methods This quasi-experimental study, conducted with a pretest-post-test design, involved 36 children aged 7-10 years with moderate autism in Sanandaj City, Iran. The participants were purposefully selected and assigned to four groups of nine participants each: real cerebellar stimulation, real DLPFC stimulation, sham cerebellar stimulation, and sham DLPFC stimulation. The study included pretest, intervention, and post-test phases. During the pretest, participants stood barefoot on a force plate for 30 s, repeated thrice, with a one-minute rest between trials, while keeping their arms at their sides and looking forward. The intervention was conducted over two weeks, consisting of 10 20-minute sessions. The post-test was administered 24 hours after the final session. Data were analyzed using paired t tests and univariate analysis of covariance.

Results Cerebellar and dlPFC tDCS significantly affected the anterior-posterior and central-lateral displacement of the center of pressure in children with moderate ASD ($P<0.05$). The results indicated that the anterior-posterior and central-lateral displacements of the center of pressure in children with moderate ASD were significantly reduced by cerebellar and dlPFC tDCS. However, other results of the present study indicated that there was no significant difference between cerebellar and dlPFC tDCS on the anterior-posterior and central-lateral displacement of the center of pressure in children with moderate ASD ($P>0.05$).

Conclusion Considering the results obtained regarding the effect of cerebellar and dlPFC tDCS on the static balance of children with moderate ASD, these exercises are recommended as a cost-effective, accessible, and effective program to improve the balance of children with moderate ASD.

Keywords Noninvasive brain stimulation, Anterior-posterior displacement, Central-lateral displacement, Moderate autism spectrum disorder (ASD)

Received: 06 Jan 2025
Accepted: 13 Dec 2025
Available Online: 21 Mar 2026

**** Corresponding Author:***
Mahmood sheikh, Professor.
Address: Department of motor behavior and sport psychology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.
Tel: +98 (21) 61118879
E-Mail: msheikh@ut.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: 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.

Extended Abstract

Introduction

In recent years, there has been increasing evidence that autism spectrum disorder (ASD) affects not only communication, cognition, mood/emotion, and behavior, but also motor control and balance function. For example, balance deficits in ASD are common and can be considered a "potential core feature" of ASD [5]. Indeed, it has been suggested that patients with ASD have a "full spectrum of balance deficits (including postural instability)" [6]. Noninvasive brain stimulation, particularly transcranial direct current stimulation (tDCS), has received increasing attention in the scientific literature on therapeutic interventions for individuals with ASD [10]. The electrical field produced by tDCS and its effect on cortical excitability depend on several factors, including the stimulation site. Given that the cerebellum plays a crucial role in maintaining posture and balance [4], the cerebellum is one of the sites of tDCS stimulation in individuals with ASD [13]. The results of various studies indicate a positive effect of cerebellar tDCS on the balance in children with ASD [13, 14].

Another area that affects balance and gait control is the left dorsolateral prefrontal cortex (DlPFC) [15]. Although studies have been conducted on cerebellar tDCS and left DlPFC tDCS on improving balance and postural control in children with ASD, the main challenge is to determine which area stimulates better balance in children with ASD. However, cerebellar tDCS appears to be an effective modality for improving balance compared to the primary motor cortex [20]; however, the effects of cerebellar tDCS and dlPFC stimulation on static balance in children with ASD have not been compared to date. Therefore, the present study aimed to compare the effects of cerebellar and dlPFC tDCS on static balance in children with moderate ASD.

Methods

In this quasi-experimental study, conducted with a pretest-post-test design, 36 children aged 7-10 years with moderate ASD from Sannadaj City, Iran, were purposefully selected and randomly assigned to 4 groups of 9: real cerebellar cortex stimulation, real DLPFC stimulation, sham cerebellar stimulation, and sham DLPFC stimulation. The present study included pretest, intervention (practice), and post-test phases. In the pretest phase, participants were asked to stand barefoot on a force plate for 3 attempts of 30 seconds each, with a one-minute rest between attempts, while their arms hung by their sides and they looked straight ahead. The intervention phase was conducted over two weeks, with five consecutive sessions per week, each lasting 20 minutes. The post-test phase was conducted 24 hours after the last intervention session. The obtained data were analyzed using the dependent t test and the univariate analysis of covariance.

Results

As a result of the intervention of real cerebellar stimulation (from pre-test [3.10] to post-test [2.58]), and real dLPFC stimulation (from pretest [2.95] to post-test [2.44]), the anterior-posterior displacement of the center of pressure of children with moderate ASD has improved significantly ($P<0.01$). Other results indicate a significant difference between the groups, with an effect size of 0.28 for anterior-posterior displacement of the center of pressure ($\eta^2=0.288$, $P=0.001$, $F=11.25$). The results of the Bonferroni post-test test showed that, in the post-test phase, the interventions of real cerebellar stimulation and real dLPFC stimulation had statistically lower anterior-posterior displacement of the center of pressure compared to sham cerebellar stimulation, with mean differences of 0.48 and 0.62 units, respectively ($P<0.05$).

Also, real cerebellar stimulation and real DlPFC stimulation, compared to sham DlPFC stimulation, showed statistically significant differences of 0.28 and 0.28, respectively ($P<0.05$). The mean difference was 0.46 and 0.60 units, respectively, and the anterior-posterior displacement of the center of pressure was statistically lower ($P<0.05$). However, other results indicated no significant difference between the interventions of real cerebellar stimulation and real DlPFC stimulation in the anterior-posterior displacement of the center of pressure ($P<0.05$). Also, as a result of the intervention of real cerebellar stimulation (from pretest [2.77] to post-test [2.33]), and real DlPFC stimulation (from pretest [2.74] to post-test [2.38]), the central-lateral displacement of the center of pressure of children with moderate ASD was significantly improved ($P<0.01$).

Other results indicated a significant difference between the groups, with an effect size of 0.25 for central-lateral displacement of the center of pressure ($\eta^2=0.254$, $P=0.001$, $F=9.44$). The results of the Bonferroni post hoc test showed that, in the post-test phase, the interventions of real cerebellar stimulation and real DlPFC stimulation had statistically lower central-lateral displacement of the center of pressure compared to sham cerebellar stimulation, with mean differences of 0.56 and 0.51 units, respectively ($P<0.05$).

Also, real cerebellar stimulation and real dLPFC stimulation showed statistically lower central-lateral displacement of the center of pressure compared to sham dLPFC stimulation, with mean differences of 0.46 and 0.40 units, respectively ($P<0.05$). However, other results indicated that there was no significant difference between the interventions of real cerebellar stimulation and real dLPFC stimulation in the central-lateral displacement of the center of pressure ($P<0.05$).

Conclusion

The results of the present study showed that real cerebellar and DLPFC stimulation can improve static balance in children with moderate ASD. Therefore, the effect of cerebellar and DLPFC stimulation can be considered an interesting tool to improve the static balance of children with moderate ASD. As a result, the benefits of direct electrical stimulation can be used in more than just small spaces, in places without enough space for other exercises, and for people with moderate ASD who are not interested in other sports. Considering the effectiveness of cerebellar and DLPFC stimulation in improving static balance in children with moderate ASD, and the positive characteristics of such exercises, they can be used in welfare centers and autism schools.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles were observed in this article. The ethical principles observed in the article include the informed consent of the participants, the confidentiality of information, and the participants' permission to cancel their participation in the research. Ethical approval was obtained from the Research Ethics Committee of the Shahid Beheshti University of Tehran. (IR.SBU.REC.1403.143)

Funding

This article was a extracted from PhD thesis of Seyed Masoud Hosseini at the Department of Motor Behavior and Sport Psychology of Tehran University. This study is part of a research project which has been accepted and funded by the Shahid Beheshti University of Tehran.

Authors' contributions

All authors contributed equally to the conception and design of the study, data collection and analysis, interpretation of the results, and drafting of the manuscript. Each author approved the final version of the manuscript for submission.

Conflict of interest

The authors declared no conflicts of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank all participant in this study for their cooperation.

مقاله پژوهشی

مقایسه اثر تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای مخچه و قشر پیش‌پیشانی جانبی خلفی بر تعادل ایستای کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط

سید مسعود حسینی[۱]، *محمود شیخ[۲]، داوود حومنیان[۲]، فضل اله باقرزاده[۲]، علی مقدم زاده[۳]

۱. گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳. گروه روانشناسی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی ، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Hosseini SM, Sheikh M, Hoomanian D, Bagherzadeh F, Moghadamzadeh A. [Comparison of the Effect of Transcranial Direct Current Stimulation of the Cerebellum and Dorsolateral Prefrontal Cortex on the Static Balance in Children With Autism (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2026; 15(1):70-81. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.1.3324

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.1.3324

چکیده

مقدمه و اهداف اختلال تعادل در افراد دارای اُتیسم شایع است و می‌تواند به‌عنوان یکی از ویژگی‌های اصلی این اختلال محسوب شود. به‌طوری‌که این افراد طیفی از ناپایداری‌های وضعیتی را نشان می‌دهند؛ بنابراین مطالعه حاضر با هدف مقایسه اثر تحریک الکتریکی فرا جمجمه ای مخچه و قشر پیش پیشانی جانبی خلفی بر تعادل ایستای کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط انجام گرفت.

مواد و روش‌ها در این پژوهش نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون پس‌آزمون، ۳۶ کودک ۷ تا ۱۰ ساله مبتلا به اُتیسم متوسط در سنندج به‌صورت هدفمند انتخاب و در ۴ گروه ۹ نفره شامل تحریک واقعی قشر مخچه، تحریک واقعی DLPFC، تحریک ساختگی مخچه و تحریک ساختگی DLPFC قرار گرفتند. مراحل پژوهش شامل پیش‌آزمون، مداخله و پس‌آزمون بود. در پیش‌آزمون، شرکت‌کنندگان ۳ بار به‌مدت ۳۰ ثانیه روی صفحه نیرو ایستادند. مداخله طی ۲ هفته، در ۱۰ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای انجام شد و ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه، پس‌آزمون اجرا شد. داده‌ها با آزمون تی وابسته و تحلیل کوواریانس تک‌متغیری بررسی شدند.

یافته‌ها نتایج نشان داد tDCS مخچه و DLPFC بر جابه‌جایی قدامی‌خلفی و مرکزی جانبی مرکز فشار کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط تأثیر معناداری دارد (P<۰/۰۵). نتایج حاکی از این بود که در اثر tDCS مخچه و DLPFC جابه‌جایی قدامی‌خلفی و مرکزی جانبی مرکز فشار کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط کاهش معناداری یافت، اما دیگر نتایج مطالعه حاضر حاکی از این بود که تأثیر بین tDCS مخچه و DLPFC بر جابه‌جایی قدامی‌خلفی و مرکزی جانبی مرکز فشار کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط تفاوت معناداری ندارد (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده مبنی بر اثرگذاری tDCS مخچه و DLPFC بر تعادل ایستای کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط، این تمرینات به‌عنوان برنامه‌ای مقرون‌به‌صرفه، دردسترس و مؤثر جهت بهبود تعادل کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط پیشنهادمی‌شود.

کلیدواژه‌ها تحریک غیرتهاجمی مغز، جابه‌جایی قدامی خلفی، جابه‌جایی مرکزی جانبی، اختلال اُتیسم طیف متوسط

تاریخ دریافت: ۱۷ دی ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۲۲ آذر ۱۴۰۴
تاریخ انتشار: ۰۱ فروردین ۱۴۰۵

* **نویسنده مسئول:**
دکتر محمود شیخ
نشانی: تهران، دانشگاه تهران، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی.
تلفن: ۶۱۱۱۸۸۷۹ (۲۱) ۹۸+
رایانامه: msheikh@ut.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: 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 و اهداف

اختلال طیف اُتیسم در حال حاضر از هر ۱۰۰ کودک در سراسر جهان ۱ نفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد که در مقایسه با شیوع ثبت‌شده در ۱ دهه قبل تقریباً ۶۰ درصد افزایش یافته است [۱]. برای کشورهای توسعه‌یافته (به‌عنوان مثال، ایالات متحده آمریکا و استرالیا) با درک بیشتر درمورد علائم اختلال طیف اُتیسم و آگاهی عمومی نسبت به این بیماری، آخرین شیوع ۱ در ۵۴، یا حتی ۱ در ۲۳ ثبت شده است [۲]. روند رو به افزایش شیوع در کشورهای درحال‌توسعه آسیا نیز دیده شده است؛ جایی که گزارش‌های بسیاری نشان داده‌اند تشخیص‌های نادرست اختلال طیف اُتیسم به‌جای تشخیص درست، معمولاً در این کشورها یافت می‌شود [۳]. این نشان می‌دهد انتظار می‌رود شیوع جهانی اختلال طیف اُتیسم به‌طور مداوم افزایش یابد. ویژگی‌های اولیه اختلال طیف اُتیسم شامل اختلال در ارتباطات، کاهش رفتار متقابل اجتماعی و رفتار محدود است [۴]. درحالی‌که اکثر افراد با این جنبه‌ها آشنا هستند، سایر نقص‌ها یا اختلالات حسی نیز ممکن است در کودکان مبتلا به اختلال طیف اُتیسم ظاهر شود. در سال‌های اخیر، شواهد فزایندهای وجود داشته است که نشان می‌دهد اختلال طیف اُتیسم نه‌تنها بر ارتباطات، شناخت، خلق‌وخو / احساسات و رفتار تأثیر می‌گذارد، بلکه بر کنترل حرکتی و عملکرد تعادل نیز تأثیر می‌گذارد. به‌عنوان مثال، گزارش شده است که نقص تعادل در اختلال طیف اُتیسم به قدری شایع است که می‌تواند به‌عنوان یک «ویژگی اصلی بالقوه» اختلال طیف اُتیسم در نظر گرفته شود [۵].

درواقع، پیشنهاد شده است که بیماران مبتلا به اختلال طیف اُتیسم دارای «طیف کامل نقایص تعادل (ازجمله بی‌ثباتی وضعیتی)» هستند [۶]. در این مورد، بررسی تعادل ایستا در ۷۹ نفر با اختلال طیف اُتیسم بدون کم‌توانی ذهنی و ۶۱ فرد طبیعی، کاهش ثبات قامت را در افراد با این اختلال نشان داد. در این مطالعه ازنظر بالینی ثبات قامت زمانی که ورودی حس پیکری به‌تنهایی یا در ترکیب با دیگر حس‌ها دچار چالش‌های حسی بود، مختل شد [۷]. همچنین فورنیر و همکاران با مطالعه ۱۳ کودک با اختلال طیف اُتیسم و ۱۲ کودک با رشد طبیعی دریافتند کودکان با اختلال طیف اُتیسم، ۴۳۸ درصد نوسان بیشتری در جهت مرکزی جانبی و ۱۰۴ درصد نوسان بیشتر در جهت قدامی‌خلفی نسبت به کودکان با رشد طبیعی دارند [۸]. باتوجه‌به اینکه انجام هر مهارت و تکلیفی نیازمند داشتن تعادل است، بنابراین بهبود تعادل ایستا و یا داشتن ثبات قامتی خوب در کودکان اُتیسم کاربردهای زیاد در زندگی روزمره آن‌ها و انجام فعالیت‌های روزمره دارد [۹].

به‌طورکلی، کنترل قامت به اطلاعات حسی حاصل از بینایی، سیستم وستیبولار و گیرنده‌های عمقی وابسته است و از فرایندهای بازخوردی برای تولید پاسخ‌های عضلانی صحیح بهره‌برداری می‌کند [۱۰]. در این راستا درمانگران این حوزه به رویکردهای درمانی متفاوتی برای بهبود این عوامل پرداخته‌اند؛ برای مثال تمرینات تعادلی (با و بدون تکالیف دوگانه و با سطوح متفاوت اتکا)، تمرینات یکپارچگی حسی‌پیکری و غیره. به غیر از تضعیف این عوامل در تضعیف تعادل، می‌توان به کاهش فعال شدن مدارهای عصبی لازم برای اجرای فعالیت‌های تعادلی در تعادل ضعیف کودکان دارای اختلال اُتیسم اشاره کرد [۱۱] که می‌تواند نتیجه توان‌بخشی کودکان دارای اختلال اُتیسم را به خطر بیندازد [۱۲]. در حال حاضر توان‌بخشی دارای یک تکنیک درمانی مهم است که در صورت همراهی با تمرینات حرکتی عملکرد عصبی، قادر به بهینه‌سازی نتایج تمرین برای این اختلال است [۱۳].

تحریک غیرتهاجمی مغز، به‌ویژه تحریک جریان مستقیم ترانس کرانیال قشر پیش پیشانی جانبی خلفی[1] (tDCS)، توجه روزافزونی را در ادبیات علمی درمورد مداخلات درمانی برای افراد دارای اختلال اُتیسم جلب کرده است [۱۳]. تحریک جریان مستقیم ترانس کرانیال به‌عنوان ایجاد تغییرات پایدار در تحریک‌پذیری قشر مغز شناخته شده است و یک شکل ایمن و قابل‌دسترس از تحریک غیرتهاجمی مغز است که شامل تزریق یک جریان الکتریکی تک‌فازی با شدت کم به پوست سر با استفاده از الکترودهای سطحی اسفنجی‌سیلیکونی مرطوب‌شده با محلول نمکی است [۱۴]. مدولاسیون کورتیکال به قطبیت جریان بستگی دارد. تحریک آنودال تحریک‌پذیری قشر مغز را افزایش می‌دهد و به دپلاریزاسیون غشای عصبی کمک می‌کند، درحالی‌که تحریک کاتدی ازطریق هایپرپلاریزاسیون غشای عصبی یک اثر بازدارنده اعمال می‌کند [۱۵].

میدان الکتریکی تولیدشده توسط tDCS و تأثیر آن بر تحریک‌پذیری قشر مغز به عوامل متعددی، ازجمله مکان تحریک بستگی دارد. باتوجه‌به اینکه مخچه نقش تعیین‌کننده‌ای در حفظ وضعیت و تعادل دارد [۴]، یکی از مکان‌های تحریک tDCS در افراد دارای اختلال اُتیسم است [۱۶]. نتایج مطالعات مختلف حاکی از اثر مثبت tDCS مخچه بر تعادل کودکان دارای اختلال اُتیسم است [۱۶، ۱۷]. ناحیه دیگری که در تعادل و کنترل راه رفتن تأثیر دارد قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ[2] (DlPFC) است [۱۸]. مزایای عملکردی tDCS بر تعادل با هدف قرار دادن قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ در بزرگسالان جوان سالم [۱۹]، کودکان دارای اختلال اُتیسم [۱۵، ۲۰، ۲۱] و در افراد مبتلا به بیماری‌های عصبی، ازجمله بیماری پارکینسون و سکته مغزی [۲۲] گزارش شده است. در این مورد، سوسا و همکاران

1. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)
2. Dorsolateral Prefrontal Cortex (DLPFC)

[۱۷] نشان دادند که تحریک قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ، خرده‌مقیاس تعادل در مجموعه آزمون ارزیابی عملکرد حرکتی نسخه دوم را بهبود بخشید.

اگرچه پژوهش‌هایی درزمینه تأثیر tDCS مخچه و tDCS قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ بر بهبود تعادل و کنترل وضعیتی کودکان مبتلا به اُتیسم انجام شده است، اما چالش اصلی این است که تحریک کدام ناحیه باعث تعادل بهتر کودکان اُتیسم می‌شود. اگرچه به نظر می‌رسد که tDCS مخچه در مقایسه با قشر حرکتی اولیه ناحیه مؤثری در بهبود تعادل است [۲۳]؛ اما تاکنون مقایسه اثر تحریک tDCS مخچه و قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ بر تعادل ایستای کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط انجام نشده است؛ بنابراین مطالعه حاضر با هدف مقایسه اثر tDCS مخچه و قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ بر تعادل ایستای کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، باتوجه‌به اهداف پیش‌بینی‌شده، از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی و همچنین باتوجه‌به طول زمان اجرای تحقیق از نوع مقطعی بود. طرح پژوهش حاضر پیش‌آزمون پس‌آزمون بود. پژوهش حاضر نیز ازلحاظ هدف از دسته تحقیقات کاربردی بود. همچنین پژوهش حاضر به لحاظ اجرا به‌صورت میدانی اجرا شد. در این پژوهش اخلاق پژوهش، کاملاً رعایت و به شرکت‌کنندگان در این پژوهش، درزمینه محرمانه ماندن اطلاعات، اطمینان خاطر داده شد و شرکت‌کنندگان با رضایت کامل و بدون ذکر نام، فرم رضایت‌نامه را تکمیل کردند.

علاوه‌براین کدهای رایج اخلاق در پژوهش‌های پزشکی شامل ۱۳، ۱۴، ۲ (منافع حاصل از یافته‌ها در جهت پیشرفت دانش بشری)، کد ۲۰ (هماهنگی پژوهش با موازین دینی و فرهنگی) و کدهای ۱، ۳، ۲۴ (رضایت شرکت‌کننده و نماینده قانونی او) در این پژوهش رعایت شد.

جامعه آماری تحقیق حاضر شامل کلیه کودکان دختر و پسر ۷ الی ۱۰ ساله دارای اختلال اُتیسم متوسط شهر سنندج بودند که در مرکز اُتیسم شهر سنندج واقع در قطارچیان، کوچه گرجی، خیابان کشاورز، پلاک صفر حضور داشتند. اندازه نمونه ۳۶ نفر (۹ نفر در هر گروه) بود. باتوجه‌به مطالعات پیشین، از نسخه ۲/۹/۱/۳ توان جی‌پاور که با آلفای ۵ درصد و بتای ۹۵ درصد و اندازه اثر ۳/۰ محاسبه شده بود، استفاده شد. در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Randlist نمونه‌ها به‌صورت موازی ۱:۱ تصادفاً به ۴ گروه (تحریک واقعی مخچه، تحریک ساختگی مخچه، تحریک واقعی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ و تحریک ساختگی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ) تخصیص داده شدند. پس از کسب موافقت مدیریت مرکز و توجیه والدین نسبت به چگونگی مطالعه، اهداف و نوع مداخله، پرونده‌های کودکان داوطلب برای شرکت در پژوهش در اختیار پژوهشگر قرار داده شد. پس از مطالعه پرونده‌ها، کودکان واجد شرایط معیارهای ورود به مطالعه به مصاحبه دعوت شدند. با کسب رضایت‌نامه از والدین، جهت تشخیص قطعی اُتیسم متوسط، تمامی کودکان مورد ارزیابی روان‌پزشک اطفال قرار گرفتند. برای کودکان شرکت‌کننده، پرسش‌نامه مقیاس رتبه‌بندی اُتیسم گیلیام، ویرایش دوم تکمیل شد و کودکان مبتلا به اُتیسم متوسط باتوجه‌به معیارهای ورود وارد مطالعه شدند. معیارهای ورود: دامنه سنی ۷ تا ۱۰ سال، دارای اختلال اُتیسم متوسط براساس مقیاس رتبه‌بندی اُتیسم گیلیام، ویرایش دوم (نمره ۷۰ تا ۸۴)، داشتن ضریب هوشی بالاتر از ۷۵ براساس آزمون هوش استانفورد بینه، عدم تجربه قبلی دریافت تمرینات تحریک تهاجمی مغز و عدم شرکت در دوره‌های توان‌بخشی دیگر و داشتن توان ذهنی برای آموزش‌پذیری (چون تمام شرکت‌کنندگان از مدارس طیف اُتیسم بودند، پس همه ازنظر ذهنی آموزش‌پذیر بودند که در پرونده مدرسه‌شان ثبت شده بود). معیارهای خروج: داشتن غیبت بیش از ۲ جلسه متوالی در جلسات تمرینی، داشتن درد و آسیب در روز انجام آزمون و عدم همکاری مطلوب در جلسه ارزیابی یا مداخله.

در این پژوهش از فرم رضایت آگاهانه جهت تأیید رضایت والدین شرکت‌کنندگان، برای شرکت در مطالعه حاضر استفاده شد. همچنین در این پژوهش از دستگاه صفحه نیرو شرکت دانش سالار ایرانیان کشور ایران با اندازه ۴۰ در ۶۰ سانتی‌متر برای اندازه‌گیری تعادل شرکت‌کنندگان استفاده شد. تحلیل داده‌های تعادل ایستا توسط نرم‌افزار مطلب نسخه ۲۰۱۴ انجام گرفت و باتوجه‌به فرمول‌های موجود انحراف‌معیار جابه‌جایی مرکز فشار در راستای محور قدامی‌خلفی و مرکزی جانبی مرکز فشار به‌عنوان ۲ متغیر تعادل ایستا محاسبه شد. تمام ارزیابی‌های انجام‌شده با استفاده از این دستگاه زیر نظر کارشناس آزمایشگاه علوم ورزشی دانشگاه کردستان انجام گرفت.

همچنین به‌منظور اندازه‌گیری شاخص اُتیسم آزمودنی‌ها از مقیاس رتبه‌بندی اُتیسم گیلیام، ویرایش دوم استفاده شد. گارز ـ دو به‌طور گسترده‌ای در برنامه‌های آموزشی و پژوهشی به کار برده می‌شود. این مقیاس براساس مشاهده مستقیم و مصاحبه با والدین و معلمان کودکان با اختلال طیف اُتیسم تکمیل می‌شود. براساس دستورالعمل موجود احتمال اختلال طیف اُتیسم با استفاده از نمره برش ۸۵ و بیشتر (سطح ۳) بیانگر احتمال زیاد اختلال طیف اُتیسم است، نمره ۷۰ تا ۸۴ (سطح ۲) بیانگر احتمال متوسط است و نمره ۶۹ و کمتر (سطح ۱) بیانگر احتمال کم ابتلا به اختلال طیف اُتیسم است.

همچنین به‌منظور اندازه‌گیری ضریب هوشی شرکت‌کنندگان از آزمون هوش استانفورد بینه استفاده شد. این تست هوش در دامنه سنی ۲ تا ۹۰ سال کاربرد دارد و از آن می‌توان در زمینه‌های شناسایی، تشخیص و گمارش افراد در برنامه‌های آموزش و پرورش ویژه، استفاده کرد.

نیمرخ به شناسایی دقیق عملکرد آزمودنی در ۱۰ خرده‌آزمون با تأکید بر ۲ حیطه کلامی و غیرکلامی معطوف است. علاوه‌براین از دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای جهت تحریک الکتریکی مغز استفاده شد. دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای (ActivaDose II) ساخت شرکت ActivaTeK-TM تایوان ازطریق اتصال الکترودهایی با قطبیت متفاوت (آند و کاتد) روی پوست سر نصب می‌شود و جریان ثابت الکتریکی را از روی جمجمه به مغز منتقل می‌کند. در این پژوهش الکترودها با اسفنج‌های سطحی آغشته به نمک برای تحویل ۱/۵ میلی‌آمپر tDCS به‌مدت ۲۰ دقیقه روی مخچه و قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ استفاده شد [۱۷]. این پژوهش زیر نظر کارشناس بالینی که دارای مجوز سازمان نظام پزشکی بود، انجام گرفت.

روش گردآوری مطالعه حاضر به روش میدانی بود. در ابتدا از والدین شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه آگاهانه کتبی کسب شد. همچنین شرکت‌کنندگان به‌صورت شفاهی تمایل خود را برای شرکت در پژوهش اعلام کردند. سپس شرکت کنندگان با اهداف تحقیق و نحوه امتیازدهی و اجرای آزمون موردنظر آشنا شدند. سپس شرکت‌کنندگان به‌صورت تصادفی در یکی از گروه‌های تحریک واقعی قشر مخچه، تحریک واقعی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ، تحریک ساختگی مخچه و تحریک ساختگی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ قرار گرفتند. مطالعه حاضر شامل مراحل پیش‌آزمون، مداخله (تمرین) و پس‌آزمون بود. ارزیابی‌ها قبل از شروع مداخلات و در جلسه بعد از مداخلات، توسط کاردرمانگر دیگری غیر از مجری طرح به‌صورت دوسویه‌کور انجام گرفت. این ارزیاب طی روند مطالعه از اهداف و نیز محتوای جلسات ناآگاه بود و هر دو ارزیابی توسط همان فرد صورت گرفت. بعد از آشنایی، در مرحله پیش‌آزمون از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا با پای برهنه طی ۳ کوشش به‌مدت ۳۰ ثانیه و با استراحت ۱ دقیقه‌ای بین کوشش‌ها بر روی صفحه نیرو بایستند درحالی‌که دست‌ها کنار بدن آویزان بود و روبه‌رو را نگاه می‌کردند. مرحله مداخله در ۲ هفته و هر هفته ۵ جلسه متوالی و به‌طورکلی در ۱۰ جلسه انجام گرفت [۱۷].

در گروه تحریک الکتریکی مستقیم قشر مخچه شرکت‌کنندگان در هر روز به‌مدت ۲۰ دقیقه تحریک الکتریکی مغز فراجمجمه‌ای قشر مخچه (آند ۲ سانتی‌متر پایین‌تر از inion و کاتد Cz) را دریافت کردند (بدین‌صورت که در تحریک الکتریکی آندی جریان مستقیم ۱ میلی‌آمپر در تمام طول مدت تحریک به فرد وارد می‌شود). در گروه تحریک الکتریکی مستقیم قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ شرکت‌کنندگان در هر روز به‌مدت ۲۰ دقیقه تحریک الکتریکی مغز فراجمجمه‌ای قشر (آند F3 و کاتد F4) را دریافت کردند (بدین صورت که در تحریک الکتریکی آندی جریان مستقیم ۱ میلی‌آمپر در تمام طول مدت تحریک به فرد وارد می‌شود).

در گروه‌های تحریک الکتریکی ساختگی (چه مخچه و چه قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ) شرکت‌کنندگان در هر روز به‌مدت ۲۰ دقیقه تحریک الکتریکی ساختگی را دریافت کردند (تحریک الکتریکی شم[3] بعد از اتصال الکترودها جریان الکتریکی ۱ میلی‌آمپر به فرد وارد شد، اما بعد از گذشت ۳۰ ثانیه بدون اینکه به فرد اطلاعی داده شود، جریان الکتریکی قطع می‌شد) [۱۷]. ۲۴ ساعت پس از مداخله مرحله پس‌آزمون انجام گرفت که در آن شرکت‌کنندگان همانند پیش‌آزمون به اجرای آزمون تعادل ایستا پرداختند. داده‌های جمع‌آوری‌شده با استفاده از آزمون‌های تی وابسته، کوواریانس و آزمون تعقیبی بنفرونی با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ در سطح ۰/۰۵ تحلیل شد.

یافته‌ها

در **جدول شماره ۱** میانگین و انحراف‌معیار مربوط به متغیرهای آنتروپومتریکی شرکت‌کنندگان در گروه‌های مختلف ارائه شده است. همان‌طور که در **جدول شماره ۱** مشاهده می‌شود گروه‌ها در شاخص‌های سن (P=۰/۷۸)، قد (P=۰/۳۹) و وزن (P=۰/۵۲) همگن هستند.

3. Sham

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان (n=۹)

گروه	میانگین±انحراف‌معیار		
	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)
tDCS مخچه	۸/۳۳±۱/۰۷	۱۰۹/۰۰±۱۰/۵۳	۲۴/۵۸±۴/۲۷
tDCS DlPFC	۸/۹۱±۱/۰۸	۱۱۰/۷۵±۹/۴۴	۲۵/۰۸±۴/۱۴
tDCS ساختگی مخچه	۸/۸۳±۱/۳۳	۱۱۰/۳۳±۱۱/۹۸	۲۵/۳۳±۴/۴۳
tDCS ساختگی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ	۸/۵۰±۱/۳۸	۱۱۳/۷۵±۱۲/۳۶	۲۷/۶±۲۰/۰۶
آزمون آنووا	(F=۰/۲۳ ،sig=۰/۷۸)	(F=۱/۰۵ ،sig=۰/۳۹)	(F=۰/۸۷ ،sig=۰/۵۲)

جدول ۲. نتایج تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی جابه‌جایی قدامی‌خلفی مرکز فشار

گروه	میانگین±انحراف‌معیار		تفاوت‌های درون‌گروهی		تفاوت‌های بین‌گروهی		
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	تی وابسته		آزمون کوواریانس		
			t	P	F	P	اندازه اثر
واقعی مخچه	۱۰/۳۵±۳/۰	۵۸/۳۹±۲/۰	۴/۲۵	۰/۰۰۱*	۱۱/۲۵	۰/۰۰۱*	۰/۲۸۸
واقعی DlPFC	۹۵/۲۸±۲/۰	۴۴/۲۹±۲/۰	۳/۹۸	۰/۰۰۱*			
ساختگی مخچه	۹۶/۳۵±۲/۰	۳/۰±۰۶/۳۲	-۰/۵۶	۰/۴۷۸			
ساختگی DlPFC	۳/۰±۰۰/۳۰	۳/۰±۰۴/۳۱	-۰/۸۷	۰/۷۸۱			

*: تفاوت‌های معنی‌دار از پیش‌آزمون به پس‌آزمون؛ *: تفاوت معنی‌دار بین ۴ گروه.

طب توانبخشی

برای بررسی همگونی واریانس ۴ گروه در مرحله پس‌آزمون، از آزمون همگونی واریانس‌های لون استفاده شد. بر پایه نتایج آزمون لون، واریانس نمرات پس‌آزمون جابه‌جایی قدامی‌خلفی مرکز فشار ($F_{۳,۳۲}$=۰/۸۴، P>۰/۰۵) و جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار ($F_{۳,۳}$=۱/۰۹، P>۰/۰۵) در گروه‌های آزمایش و کنترل همگون است. آزمون شاپیرو ویلک نشان داد توزیع نمرات جابه‌جایی قدامی‌خلفی مرکز فشار (Z=۰/۹۱۲، P>۰/۰۵) و جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار (Z=۰/۹۴۹، P>۰/۰۵) نرمال است. شرط اجرای تحلیل کوواریانس وجود همبستگی بین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. تحلیل همبستگی نشان داد بین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون جابه‌جایی قدامی‌خلفی مرکز فشار (P<۰/۰۱، r=۰/۳۷۱) و جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار (P<۰/۰۱، r=۰/۲۹۲)، همبستگی معنادار وجود دارد.

مفروضه همگنی شیب رگرسیون نمرات جابه‌جایی قدامی‌خلفی مرکز فشار (F=۱/۰۹، P>۰/۰۵) و جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار (F=۰/۹۸، P>۰/۰۵) در گروه‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفت. خطوط میزان و جهت شیب رگرسیون نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون جابه‌جایی قدامی‌خلفی مرکز فشار و جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار در ۴ گروه مشابه است و بین متغیر وابسته و همپراش آن رابطه خطی برقرار است. تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی شرکت‌کنندگان در گروه‌های مختلف در نمرات جابه‌جایی قدامی‌خلفی مرکز فشار و جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار در **جدول‌های شماره ۲** و **۳** ارائه شده است.

همان‌طور که در **جدول شماره ۲** مشاهده می‌شود در اثر مداخله تحریک واقعی مخچه (از پیش‌آزمون (۳/۱۰) تا پس‌آزمون (۲/۵۸)) و تحریک واقعی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ (از پیش‌آزمون (۲/۹۵) تا پس‌آزمون (۲/۴۴) جابه‌جایی قدامی‌خلفی مرکز فشار کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط بهبود معنی‌داری یافته است (P<۰/۰۱). دیگر نتایج حاکی از این است که بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۲۸ در جابه‌جایی قدامی‌خلفی مرکز فشار تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($\eta^۲$=۰/۲۸۸، P=۰/۰۰۱، F=۱۱/۲۵). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد در مرحله پس‌آزمون مداخلات تحریک واقعی مخچه و تحریک واقعی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ در مقایسه با تحریک ساختگی مخچه به ترتیب با اختلاف میانگین ۰/۴۸ و ۰/۶۲ واحد ازلحاظ آماری جابه‌جایی قدامی‌خلفی مرکز فشار پایین‌تری داشته‌اند (P<۰/۰۵). همچنین تحریک واقعی مخچه و تحریک واقعی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ در مقایسه با تحریک ساختگی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ به ترتیب با اختلاف میانگین ۰/۴۶، ۰/۶۰ واحد ازلحاظ آماری جابه‌جایی قدامی‌خلفی مرکز فشار پایین‌تری داشته‌اند (P<۰/۰۵)، اما دیگر نتایج حاکی از این بود که بین مداخلات تحریک واقعی مخچه و تحریک واقعی قشر

جدول ۳. نتایج تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار

گروه	میانگین±انحراف‌معیار		تفاوت‌های درون‌گروهی		تفاوت‌های بین‌گروهی		
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	تی وابسته		آزمون کوواریانس		
			t	P	F	P	اندازه اثر
واقعی مخچه	۷۷/۳۱±۲/۰	۳۳/۳۱±۲/۰	۳/۱۳	۰/۰۰۹*	۹/۴۴	۰/۰۰۱*	۰/۲۵۴
واقعی DlPFC	۷۴/۳۲±۲/۰	۳۸/۳۴±۲/۰	۳/۰۹	۰/۰۱۲*			
ساختگی مخچه	۷۹/۳۱±۲/۰	۹۰/۲۶±۲/۰	-۰/۷۴	۰/۷۶۶			
ساختگی DlPFC	۸۴/۳۲±۲/۰	۷۹/۳۵±۲/۰	۰/۹۰	۰/۸۹۱			

*: تفاوت‌های معنی‌دار از پیش‌آزمون به پس‌آزمون؛ *: تفاوت معنی‌دار بین ۴ گروه.

طب توانبخشی

پریفورنتال خلفی جانبی چپ در جابه‌جایی قدامی‌خلفی مرکز فشار تفاوت معناداری وجود ندارد (P>۰/۰۵).

همان‌طور که در **جدول شماره ۳** مشاهده می‌شود در اثر مداخله تحریک واقعی مخچه (از پیش‌آزمون (۲/۷۷) تا پس‌آزمون (۲/۳۳)) و تحریک واقعی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ (از پیش‌آزمون (۲/۷۴) تا پس‌آزمون (۲/۳۸) جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط بهبود معنی‌داری یافته است (P<۰/۰۱). دیگر نتایج حاکی از این است که بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۲۵ در جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار تفاوت معنی‌داری وجود دارد (η^2=۰/۲۵۴، P=۰/۰۰۱، F=۹/۴۴).

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد در مرحله پس‌آزمون مداخلات تحریک واقعی مخچه و تحریک واقعی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ در مقایسه با تحریک ساختگی مخچه به ترتیب با اختلاف میانگین ۰/۵۶ و ۰/۵۱ واحد ازلحاظ آماری جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار پایین‌تری داشته‌اند (P<۰/۰۵). همچنین تحریک واقعی مخچه و تحریک واقعی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ در مقایسه با تحریک ساختگی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ به ترتیب با اختلاف میانگین ۰/۴۶، ۰/۴۰ واحد ازلحاظ آماری جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار پایین‌تری داشته‌اند (P<۰/۰۵). اما دیگر نتایج حاکی از این بود که بین مداخلات تحریک واقعی مخچه و تحریک واقعی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ در جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار تفاوت معناداری وجود نداشت (P>۰/۰۵).

بحث

مطالعه حاضر با هدف مقایسه اثر tDCS مخچه و قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ بر تعادل ایستای کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط انجام گرفت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد تحریک واقعی مخچه بر تعادل ایستای کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط تأثیر معناداری دارد و در اثر تحریک واقعی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ جابه‌جایی قدامی‌خلفی و جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط، بهبود معناداری پیدا کرد.

براساس نتایج مطالعه حاضر، این مداخله ممکن است عملکردهای مخچه را بهبود بخشد، عملکرد شناختی، حرکتی و تعادلی را تعدیل کند. ازآنجایی‌که هدف تحقیق بهبود تعادل بود، نقطه O براساس سیستم الکترونسفالوگرافی ۱۰ تا ۲۰ تحریک شد. این ناحیه در نزدیکی لوب خلفی، عقده‌های قاعده‌ای، جسم سیاه و مخچه قرار دارد که همگی نقش مهمی در تعادل و راه رفتن دارند. تحریک این ناحیه ممکن است تأثیر مستقیمی بر تعادل و راه رفتن فرد داشته باشد و تأثیر مؤثری بر قشر مغز و نواحی زیر قشر مغز داشته باشد.

همچنین، می‌توان گفت که tDCS مخچه ممکن است منجر به کنترل دقیق‌تر سیستم عصبی مرکزی بیمار نسبت به نوسانات ناشی از عدم پایداری شود و خطر سقوط را کاهش دهد و درنهایت منجر به کنترل بهتر تعادل و حفظ پایداری شود. هم‌راستا با این یافته نتایج مطالعات مختلف حاکی از اثر مثبت tDCS مخچه بر تعادل کودکان اُتیسم است [۱۶، ۲۴]. برای مثال دی اورسو و همکاران نشان دادند تحریک مخچه باعث بهبود معنادار خرده‌مقیاس تعادل در آزمون ابزار ارزیابی حرکتی کودکان-۲[4] شد. به‌طورکلی، مخچه نقش مهمی در هماهنگی وضعیتی دارد؛ زیرا اطلاعات حسی‌حرکتی، ازجمله حس عمقی، بینایی و دهلیزی در این ناحیه یکپارچه شده و دوباره وزن داده می‌شود [۲۵]. علاوه‌براین اتصال عملکردی بین مخچه و قشر حرکتی نقش مهمی در وظایف شناختی و حرکتی دارد [۲۶].

ورمیس همچنین با تنظیم فعالیت عضلات محوری به کنترل ثبات وضعیتی کمک می‌کند. در این مطالعه احتمالاً tDCS آنودال ممکن است اتصال بین قشر حرکتی و مخچه را تسهیل کند که می‌تواند منجر به بهبود پردازش اطلاعات و کنترل وضعیتی شود. همچنین tDCS آنودال مخچه احتمالاً فعالیت سلول‌های پورکنژ را افزایش داده و عملکرد ورمیس و ماده سفید مرتبط را تسهیل می‌کند [۲۷] که این می‌تواند باعث بهبود تعادل شود. علاوه‌براین tDCS مخچه ممکن است بر اتصال مخچه با بقیه مغز تأثیر بگذارد و عملکردهای حرکتی دهلیزی و مرتبط با تعادل را بهبود بخشد [۲۸]؛ بنابراین tDCS مخچه می‌تواند برای افزایش تعادل در کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط پیشنهاد شود.

دیگر نتایج مطالعه نشان داد تحریک واقعی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ بر تعادل ایستای کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط تأثیر معناداری دارد و در اثر تحریک واقعی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ جابه‌جایی قدامی‌خلفی و جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط بهبود معناداری پیدا کرد. این یافته با یافته مطالعات هادوش و همکاران [۲۰]، کیو و همکاران [۲۱] و سوسا و همکاران [۱۷] همخوان است. در این مورد سوسا و همکاران [۱۷] نشان دادند تحریک قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ خرده‌مقیاس تعادل در مجموعه آزمون ارزیابی عملکرد حرکتی نسخه دوم را بهبود بخشید.

به‌طورکلی قشر جلوی پیشانی پشتی جانبی چپ که در کارکرد اجرایی مداخله می‌کند، یکی از مناطق کلیدی مغز است که در انجام وظایف ترکیبی شناختی و حرکتی تحت شرایط دوگانه نقش دارد [۲۹]؛ بنابراین در مطالعه حاضر، احتمالاً مداخله tDCS طراحی‌شده برای تسهیل فعال‌سازی عملکردی قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ و شبکه‌های عصبی آن می‌تواند عملکرد تعادلی را بهبود بخشد. ۲ مسیر ممکن وجود دارد که می‌تواند پشتیبان این حالت باشد. اول، گزارش‌هایی مبنی بر حمایت از نقش قشر جلوی مغز در جهت‌گیری فضایی وجود دارد [۲۹].

4. Movement Assessment Battery for Children-Second Edition (MABC-2)

همچنین مطالعاتی وجود دارد که نشان می‌دهد قشر جلوی مغز در هنگام کنترل حرکت در شرایط راه رفتن چالش‌برانگیز، فعال می‌شود [۳۰]؛ بنابراین در پژوهش حاضر افزایش تحریک‌پذیری در قشر پیش‌پیشانی جانبی خلفی ممکن است پردازش بینایی‌فضایی را افزایش داده و به بهبود تعادل کودکان مبتلا به اختلال طیف اُتیسم منجر شود. دوم، نواحی پیش‌حرکتی جانبی ممکن است به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم توسط tDCS مورد هدف قرار گرفته باشند: به‌طور مستقیم، زیرا قرار دادن آند در محل F3 ممکن است این مناطق را نیز هدف قرار دهد که ازنظر آناتومیک دقیقاً در کنار قشر جلوی پیشانی پشتی جانبی قرار دارند و به‌طور غیرمستقیم؛ قشر پیش حرکتی به قشر پیش‌پیشانی جانبی خلفی متصل است [۳۱]. این بسیار مهم است؛ زیرا نواحی پیش‌حرکتی جانبی نواحی اصلی مغز هستند که نقص فعالیت قشر حرکتی را جبران می‌کنند [۳۲]. همچنین شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد قشر پیش‌حرکتی پشتی جانبی نقش روشنی در توجه دیداری‌فضایی و پیش‌بینی حرکت ایفا می‌کند [۳۳]؛ توانایی‌هایی که برای تعادل کارآمد و تحرک عملکردی حیاتی هستند.

دیگر نتایج مطالعه حاضر نشان داد بین تحریک tDCS مخچه و قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ در تعادل کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط تفاوت معناداری وجود ندارد. تاکنون مطالعه‌ای به بررسی تفاوت این دو ناحیه در تعادل کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط نپرداخته‌اند. اگرچه در تحقیق حاضر نتایج بر اهمیت یکسان ۲ ناحیه در تعادل کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط تأکید دارند، ولی به نظر می‌رسد تفاوت بین این ۲ ناحیه در نمونه‌های با عملکرد شدید ملموس‌تر باشد. شاید به دلیل اینکه نمونه‌های تحقیق حاضر کودکان مبتلا به اختلال طیف اُتیسم با عملکرد متوسط بوده‌اند، تحریک این ۲ ناحیه تفاوتی در تعادل آن‌ها نشان نداده است.

همچنین، دیگر نتایج تحقیق حاضر نشان داد جابه‌جایی قدامی‌خلفی و جابه‌جایی مرکزی جانبی مرکز فشار به دنبال کاربرد تحریک ساختگی مخچه و قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ تغییر نمی‌کنند. مطابق با یافته‌های مطالعه حاضر، تعدادی از مطالعاتی که به بررسی اثر tDCS ساختگی بر تعادل کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط پرداختند، هیچ تأثیری بر تعادل و کنترل وضعیتی مشاهده نکردند [۱، ۱۷، ۲۴]. این یافته نشان می‌دهد تحریک واقعی مخچه و قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ مسئول تغییرات مشاهده‌شده است و اثر دارونما هیچ نقشی در این زمینه نداشته است.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد تحریک واقعی مخچه و قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ باعث بهبود تعادل ایستای کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط شد؛ بنابراین تحریک مخچه و قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ، به‌عنوان یک روش درمانی جالب برای متخصصان حوزه اُتیسم برای بهبود تعادل ایستای پیشنهاد می‌شود. همچنین باتوجه‌به اثربخشی تحریک مخچه و قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ در بهبود تعادل ایستای کودکان دارای اختلال اُتیسم متوسط و برخی از ویژگی‌های مثبت این‌گونه تمرینات، می‌توان از آن‌ها در مراکز بهزیستی و مدارس اُتیسم استفاده کرد.

پژوهش حاضر مانند سایر پژوهش‌ها با محدودیت‌هایی مواجه بود. پژوهش‌های کمی درمورد مقایسه اثربخشی تحریک واقعی مخچه و قشر پریفورنتال خلفی جانبی چپ در جامعه اُتیسم وجود داشت. تعداد کم ممکن است تعمیم نتایج آن را به جوامع بزرگ‌تر با مشکل مواجه کند. در این مطالعه متغیرهای مداخله‌گر، مانند وضعیت فعالیت بدنی و میزان حمایت اطرافیان کنترل نشد. از دیگر محدودیت‌های تحقیق حاضر تصادفی نبودن روش نمونه‌گیری و محدود بودن جامعه پژوهش به مرکز اُتیسم شهر سنندج بود که پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی مورد توجه قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این پژوهش مطابق با استانداردهای کمیته تحقیقات **دانشگاه شهید بهشتی** با کد (IR.SBU.REC.1403.143) بود.

حامی مالی

این مطالعه برگرفته از پایان‌نامه دکترای سید مسعود حسینی در دانشکده رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی **دانشگاه تهران** است. این مطالعه بخشی از یک طرح تحقیقاتی است که توسط **دانشگاه شهید بهشتی تهران** تأمین مالی شده است.

مشارکت‌نویسندگان

همه نویسندگان به‌طور یکسان در مفهوم و طراحی مطالعه، جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، تفسیر نتایج و تهیه پیش‌نویس مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از همکاری تمامی شرکت‌کنندگان در این مطالعه تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

[1] Dong L, Fan R, Shen B, Bo J, Pang Y, Song Y. A comparative study on fundamental movement skills among children with autism spectrum disorder and typically developing children aged 7-10. Frontiers in Psychology. 2024; 15:1287752. [DOI:10.3389/fpsyg.2024.1287752] [PMID]

[2] Leisman G, Melillo R, Melillo T. Prefrontal functional connectivities in autism spectrum disorders: A connectopathic disorder affecting movement, interoception, and cognition. Brain Research Bulletin. 2023; 198:65-76. [DOI:10.1016/j.brainresbull.2023.04.004] [PMID]

[3] McKenna K, Prasad S, Cooper J, King AM, Shahzeidi S, Mittal J, et al. Incidence of otolaryngological manifestations in individuals with autism spectrum disorder: A special focus on auditory disorders. Audiology Research. 2024; 14(1):35-61. [DOI:10.3390/audiolres14010005] [PMID]

[4] Oster LM, Zhou G. Balance and vestibular deficits in pediatric patients with autism spectrum disorder: An underappreciated clinical aspect. Autism Research and Treatment. 2022; 2022:7568572. [DOI:10.1155/2022/7568572] [PMID]

[5] Yifu L, Yan M, Libing H, Chunling X, Tao D. The effects of human-computer interaction-based interventions for autism spectrum disorder: A meta-analysis. Education and Information Technologies. 2025; 30(7):8353-72. [DOI:10.1007/s10639-024-13096-x]

[6] Stins JF, Emck C. Balance performance in autism: A brief overview. Frontiers in Psychology. 2018; 9:901. [DOI:10.3389/fpsyg.2018.00901] [PMID]

[7] Minshew NJ, Sung K, Jones BL, Furman JM. Underdevelopment of the postural control system in autism. Neurology. 2004; 63(11):2056-61. [DOI:10.1212/01.WNL.0000145771.98657.62] [PMID]

[8] Fournier KA, Kimberg CI, Radonovich KJ, Tillman MD, Chow JW, Lewis MH, et al. Decreased static and dynamic postural control in children with autism spectrum disorders. Gait & Posture. 2010; 32(1):6-9. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2010.02.007] [PMID]

[9] Ruggeri A, Dancel A, Johnson R, Sargent B. The effect of motor and physical activity intervention on motor outcomes of children with autism spectrum disorder: A systematic review. Autism. 2020; 24(3):544-68. [DOI:10.1177/1362361319885215] [PMID]

[10] Kohen-Raz R, Volkmar FR, Cohen DJ. Postural control in children with autism. Journal of Autism and Developmental Disorders. 1992; 22(3):419-32. [DOI:10.1007/BF01048244] [PMID]

[11] de Almeida Carvalho Duarte N, Collange Grecco LA, Zanon N, Galli M, Fregni F, Santos Oliveira C. Motor cortex plasticity in children with spastic cerebral palsy: A systematic review. Journal of Motor Behavior. 2017; 49(4):355-64. [DOI:10.1080/00222895.2016.1219310] [PMID]

[12] Grecco LA, Oliveira CS, Galli M, Cosmo C, Duarte ND, Zanon N, et al. Spared primary motor cortex and the presence of MEP in cerebral palsy dictate the responsiveness to tDCS during gait training. Frontiers in Human Neuroscience. 2016; 10:361. [DOI:10.3389/fnhum.2016.00361]

[13] Khaleghi A, Zarafshan H, Vand SR, Mohammadi MR. Effects of non-invasive neurostimulation on autism spectrum disorder: A systematic review. Clinical Psychopharmacology and Neuroscience. 2020; 18(4):527-52. [DOI:10.9758/cpn.2020.18.4.527] [PMID]

[14] Woods AJ, Antal A, Bikson M, Boggio PS, Brunoni AR, Celnik P, et al. A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools. Clinical Neurophysiology. 2016; 127(2):1031-48. [DOI:10.1016/j.clinph.2015.11.012] [PMID]

[15] Thibaut A, Chatelle C, Gosseries O, Laureys S, Bruno MA. [Transcranial direct current stimulation: A new tool for neurostimulation (French)]. Revue Neurologique. 2013; 169(2):108-20. [DOI:10.1016/j.neurol.2012.05.008] [PMID]

[16] Araujo MO, Tamplain P, Duarte NAC, Comodo ACM, Ferreira GOA, Queiróga A, et al. Transcranial direct current stimulation to facilitate neurofunctional rehabilitation in children with autism spectrum disorder: A protocol for a randomized, sham-controlled, double-blind clinical trial. Frontiers in Neurology. 2023; 14:1196585. [DOI:10.3389/fneur.2023.1196585.] [PMID]

[17] Sousa B, Martins J, Castelo-Branco M, Gonçalves J. Transcranial direct current stimulation as an approach to mitigate neurodevelopmental disorders affecting excitation/inhibition balance: Focus on autism spectrum disorder, schizophrenia, and attention deficit/hyperactivity disorder. Journal of Clinical Medicine. 2022; 11(10):2839. [DOI:10.3390/jcm11102839] [PMID]

[18] Zhou J, Manor B, Yu W, Lo OY, Gouskova N, Salvador R, et al. Targeted tDCS mitigates dual-task costs to gait and balance in older adults. Annals of Neurology. 2021; 90(3):428-39. [DOI:10.1002/ana.26156] [PMID]

[19] Zhou J, Hao Y, Wang Y, Jor'dan A, Pascual-Leone A, Zhang J, et al. Transcranial direct current stimulation reduces the cost of performing a cognitive task on gait and postural control. European Journal of Neuroscience. 2014; 39(8):1343-8. [DOI:10.1111/ejn.12492] [PMID]

[20] Hadoush H, Nazzal M, Almasri NA, Khalil H, Alafeef M. Therapeutic effects of bilateral anodal transcranial direct current stimulation on prefrontal and motor cortical areas in children with autism spectrum disorders: A pilot study. Autism Research. 2020; 13(5):828-36. [DOI:10.1002/aur.2290] [PMID]

[21] Qiu J, Kong X, Li J, Yang J, Huang Y, Huang M, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) over the left dorsal lateral prefrontal cortex in children with autism spectrum disorder (ASD). Neural Plasticity. 2021; 2021:6627507. [DOI:10.1155/2021/6627507] [PMID]

[22] Dong K, Meng S, Guo Z, Zhang R, Xu P, Yuan E, et al. The effects of transcranial direct current stimulation on balance and gait in stroke patients: A systematic review and meta-analysis. Frontiers in Neurology. 2021; 12:650925. [DOI:10.3389/fneur.2021.650925] [PMID]

[23] Bernard JA, Seidler RD. Moving forward: Age effects on the cerebellum underlie cognitive and motor declines. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2014; 42:193-207. [DOI:10.1016/j.neubiorev.2014.02.011.] [PMID]

[24] D'Urso G, Toscano E, Sanges V, Sauvaget A, Sheffer CE, Riccio MP, et al. Cerebellar transcranial direct current stimulation in children with autism spectrum disorder: A pilot study on efficacy, feasibility, safety, and unexpected outcomes in tic disorder and epilepsy. Journal of Clinical Medicine. 2021; 11(1):143. [DOI:10.3390/jcm11010143] [PMID]

[25] Manto M, Bower JM, Conforto AB, Delgado-García JM, da Guarda SN, Gerwig M, et al. Consensus paper: Roles of the cerebellum in motor control--the diversity of ideas on cerebellar involvement in movement. The Cerebellum. 2012; 11(2):457-87. [DOI:10.1007/s12311-011-0331-9] [PMID]

[26] Lim CY, Shin HI. Noninvasive DC stimulation on neck changes MEP. Neuroreport. 2011; 22(16):819-23. [DOI:10.1097/WNR.0b013e32834b939d] [PMID]

[27] Celnik P. Understanding and modulating motor learning with cerebellar stimulation. Cerebellum. 2015; 14(2):171-4. [DOI:10.1007/s12311-014-0607-y] [PMID]

[28] Priori A, Ciocca M, Parazzini M, Vergari M, Ferrucci R. Transcranial cerebellar direct current stimulation and transcutaneous spinal cord direct current stimulation as innovative tools for neuroscientists. The Journal of Physiology. 2014; 592(16):3345-69. [DOI:10.1113/jphysiol.2013.270280] [PMID]

[29] Mao Y, Chen P, Li L, Huang D. Virtual reality training improves balance function. Neural Regeneration Research. 2014; 9(17):1628-34. [DOI:10.4103/1673-5374.141795] [PMID]

[30] Hamacher D, Herold F, Wiegel P, Hamacher D, Schega L. Brain activity during walking: A systematic review. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2015; 57:310-27. [DOI:10.1016/j.neubiorev.2015.08.002] [PMID]

[31] Picard N, Strick PL. Imaging the premotor areas. Current Opinion in Neurobiology. 2001; 11(6):663-72. [DOI:10.1016/S0959-4388(01)00266-5] [PMID]

[32] Fregni F, Boggio PS, Bermpohl F, Maia F, Rigonatti SP, Barbosa ER, et al. Immediate placebo effect in Parkinson's disease--is the subjective relief accompanied by objective improvement? European Neurology. 2006; 56(4):222-9. [DOI:10.1159/000096490] [PMID]

[33] Lamm C, Windischberger C, Moser E, Bauer H. The functional role of dorso-lateral premotor cortex during mental rotation: An event-related fMRI study separating cognitive processing steps using a novel task paradigm. NeuroImage. 2007; 36(4):1374-86. [DOI:10.1016/j.neuroimage.2007.04.012] [PMID]