

Impact of transcranial direct current stimulation on executive functions in children with cerebral palsy

Fereshteh Neissari¹ , Peyman Hassani Abharian^{2*} , Reza Rostami³

1. PhD Candidate in Psychology for Exceptional Children, Faculty of Literature, Humanities and Social Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
 2. Assistant Professor, Cognitive Psychology and Rehabilitation Department, Institute for Cognitive Science Studies, Tehran, Iran
 3. Professor of Psychology Department, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Received: 4 Nov. 2024

Revised: 19 Feb. 2025

Accepted: 4 Mar. 2025

Keywords

Executive rating inventory of executive function (BRIEF)
 Cerebral palsy
 Cognitive executive functions
 Transcranial direct current stimulation (tDCS)

Corresponding author

Assistant Professor, Cognitive Psychology and Rehabilitation Department, Institute for Cognitive Science Studies, Tehran, Iran

Email: Abharian@icss.ac.ir



 doi.org/10.30514/icss.27.1.59

Introduction: Cerebral palsy (CP) is often linked to several issues, including cognitive, communication, and sensory-perceptual impairments. Due to its complexity, this study examined the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on cognitive function in children with CP.

Methods: This study employed a two-group experimental design involving children with CP aged 7-18 in Tehran. A total of 36 participants were conveniently selected and randomly assigned to either the control or the experimental group, which received the tDCS intervention, with 18 participants in each group.

The experimental group underwent ten sessions of tDCS, each lasting 20 minutes, administered five times a week over two weeks. Meanwhile, the control group was placed on a waiting list. Cognitive function was evaluated using the Parental Form of the Brief Executive Function Questionnaire (BRIEF).

During the intervention, data from eight participants were excluded from the analysis due to their unwillingness to continue, resulting in a final sample size of 28 participants for the analysis.

Results: The one-way ANOVA test showed that the two groups did not differ significantly in sub-components except in the organization ($P \geq 0.05$).

Conclusion: Recent studies indicate that tDCS can be a promising additional tool in the rehabilitation of children with CP. However, the exact mechanisms of action still require further investigation, particularly because there are not enough studies focusing on the effects of tDCS on these children's executive cognitive functions. More research is needed in this area.

Citation: Neissari F, Hassani Abharian P, Rostami R. Impact of transcranial direct current stimulation on executive functions in children with cerebral palsy. *Advances in Cognitive Sciences*. 2025;27(1):59-72.

Extended Abstract

Introduction

It is now widely accepted that Cerebral palsy (CP) is much more than a "posture and movement disorder" and is often associated with a wide range of impairments, including cognitive, language, communication,

and sensory-perceptual impairments. Transcranial direct current stimulation (tDCS) is a non-invasive technique that uses a constant, low-intensity direct current (1-2 mA) to modulate neural activity in the cerebral cortex.

This method has potential as an intervention for children with CP. However, relatively few studies have focused on applying tDCS to enhance this population's cognitive functions. As a result, more clinical research is necessary to explore the effects of tDCS interventions on cognitive abilities in children with CP.

Given the existing evidence that shows tDCS can impact cognitive disorders in children with CP, there is a clear need for new intervention methods that are cost-effective and have fewer side effects. These interventions should appeal to implementation in this group. Therefore, this research aims to investigate the effects of tDCS on the cognitive processes of children with CP.

Methods

This study utilizes an experimental design consisting of two groups. The participants were children with CP, aged 7 to 18. Using G Power software, a sample size of 36 individuals was determined (t-tests, Effect size=0.7, $\alpha=0.05$, Power=0.80, Total sample size=36. Actual power=0.86). Participants were selected through convenience sampling and were randomly assigned to either the intervention or the control group (18 participants in each group).

The inclusion criteria included a diagnosis of CP, age 7 to 18, and not participating in any other similar study. The intervention group received 10 sessions of tDCS, each lasting 20 minutes, while the control group remained on a waiting list and continued their routine treatment.

During the study, five participants from the intervention

group and three from the control group were excluded due to absences exceeding two sessions or their unwillingness to continue participation.

Instrument

Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF)

BRIEF, developed in 2000, is available in two forms for parents and teachers. It contains 86 items designed to evaluate the cognitive function of individuals aged 5 to 18, either in school or at home. BRIEF can assess various developmental and neurological disorders, including attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), autism spectrum, reading disorders, Tourette syndrome, intellectual disabilities, and brain injuries.

BRIEF utilizes a likert scale for responses: "never=0", "sometimes=1", and "always=2". It includes two main sets of subcomponents: Behavior regulation skills, encompassing inhibition, shifting, and emotional control, and metacognitive skills, including planning, organizing materials, monitoring, working memory, and initiating.

Results

Based on [Table 1](#), the study found that 53.3% of the intervention group were 14 years old and 86.6% were girls, while 66.6% of the control group were 14 years old and 91.5% were girls. Data normality was confirmed using the Kolmogorov-Smirnov test, and Levene's test showed homogeneous variances between groups ($P \leq 0.05$).

Descriptive data of BRIEF shown on the [Table 2](#).

Table 1. Demographic data

		Group		Total
		Control-frequency (%)	Intervention-frequency (%)	
Sex	Girl	11(91.5)	13(86.6)	24
	Boy	1(5.8)	2(13.4)	3
Age	<= 14	8(66.6)	8(53.3)	16
	15 +	4(33.3)	7(46.7)	11
Total		12	15	27

Table 2. Descriptive data of BRIEF

		Mean	Std. Deviation
Inhibition	Control	14.33	4.43
	Intervention	12.67	2.61
	Total	13.41	3.56
Attention transfer	Control	10.92	2.50
	Intervention	10.67	2.12
	Total	10.78	2.25
Emotion control	Control	9.67	2.67
	Intervention	10.40	2.16
	Total	10.07	2.38
Initiative	Control	7.92	2.19
	Intervention	8.40	2.94
	Total	8.19	2.60
Working memory	Control	11.00	1.65
	Intervention	9.93	2.63
	Total	10.41	2.27
Planning	Control	13.50	3.52
	Intervention	15.53	3.52
	Total	14.63	3.60
Organizing	Control	7.08	1.67
	Intervention	8.60	1.54
	Total	7.93	1.75
Controls	Control	8.75	3.30
	Intervention	8.93	2.18
	Total	8.85	2.68
Total Score	Control	83.1667	5.0781
	Intervention	85.1333	3.9072
	Total	84.2593	4.4858

The BRIEF scale sub-components showed differences before and after the tDCS intervention, detailed in Table 3.

Table 3. ANOVA to check the mean difference of sub-components of the BRIEF

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Inhibition	Between Groups	18.51	1	18.51	1.484	0.23
	Within Groups	312.00	26	12.48		
	Total	330.51	27			
Attention transfer	Between Groups	.41	1	.41	0.079	0.78
	Within Groups	132.25	26	5.29		
	Total	132.66	27			
Emotion control	Between Groups	3.58	1	3.58	0.621	0.43
	Within Groups	144.26	26	5.77		
	Total	147.85	27			
Initiative	Between Groups	1.55	1	1.55	0.22	0.64
	Within Groups	174.51	26	6.98		
	Total	176.07	27			
Working memory	Between Groups	7.58	1	7.58	1.49	0.23
	Within Groups	126.93	26	5.07		
	Total	134.51	27			
Planning	Between Groups	27.56	1	27.56	2.21	0.14
	Within Groups	310.73	26	12.42		
	Total	338.29	27			
Organizing	Between Groups	15.33	1	15.33	5.94	0.02
	Within Groups	64.51	26	2.58		
	Total	79.85	27			
Controls	Between Groups	.22	1	.22	0.03	0.86
	Within Groups	187.18	26	7.48		
	Total	187.40	27			
Total Score	Between Groups	25.78	1	25.78	1.29	0.26
	Within Groups	497.40	26	19.89		
	Total	523.18	27			

The one-way ANOVA results indicate that any sub-component, except the organization the two groups did not differ significantly in ($P \leq 0.05$).

Conclusion

This study aims to investigate the impact of tDCS on the executive cognitive functions of children with CP. The results indicate that while there were differences in average executive function scores between the intervention and control groups, these differences were not statistically significant.

Only a few published studies are exploring the effects of tDCS on cognitive performance in children with CP. However, some research, including a study by Ko et al. (2021) (25), presents findings that contrast with the current study's. Kuo et al. reported that applying tDCS, combined with cognitive training for 20 minutes per session over 12 weeks (totaling 20 sessions), led to significant improvements in cognitive function, daily living activities, and language skills in children with CP who had cognitive impairments. Importantly, no complications or notable side effects were reported.

The differences between this study's and Kuo et al.'s results can be attributed to several factors: The number of intervention sessions, the ages of the children involved, and the combination of cognitive training with tDCS. Existing research on other cognitive disorders suggests that more intervention sessions, targeting younger participants, and integrating the intervention with additional rehabilitation methods can enhance the likelihood of achieving effective outcomes.

Recent studies indicate that tDCS can be a promising additional tool in the rehabilitation of children with CP. However, the exact mechanisms of action still require further investigation, particularly because not enough

studies focus on the effects of tDCS on these children's executive cognitive functions. More research is needed in this area.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All participants engaged in the study with parental consent. Children could exit the room anytime if they chose not to continue or felt fatigued. Participants' information is safeguarded. This research is based on a doctoral dissertation (ID 162856289) from the Science and Research Branch of Azad University (Tehran). The study was designed to avoid any physical or psychological harm to the participants.

Authors' contributions

The first author implemented the project, collected data, and drafted the initial manuscript. The second author supervised the project. The third author provided editing assistance and finalized the document.

Funding

The authors funded this research without any external financial support.

Acknowledgments

The authors thank all participants and their caregivers who assisted in conducting this study.

Conflict of interest

All authors declared no conflict of interest.

تأثیر تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر عملکردهای اجرایی کودکان مبتلا به فلج مغزی

فرشته نیساری^۱، پیمان حسنی ابهریان^{۲*}، رضا رستمی^۳

۱. دانشجوی دکتری رشته روان‌شناسی گرایش کودکان استثنایی، دانشکده ادبیات، علوم انسانی و اجتماعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. استادیار گروه روان‌شناسی و توان‌بخشی شناختی، مؤسسه آموزش عالی علوم شناختی، تهران، ایران
۳. استاد گروه روان‌شناسی دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

مقدمه: در حال حاضر به طور گسترده پذیرفته شده که فلج مغزی بسیار بیشتر از یک "اختلال در وضعیت و حرکت" است و اغلب با طیف گسترده‌ای از اختلالات، مانند اختلالات شناختی، ارتباطی و حسی-ادراکی همراه است. لذا این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر عملکردهای اجرایی کودکان مبتلا به فلج مغزی صورت گرفت.

روش کار: مطالعه حاضر از نوع آزمایشی دو گروهی بود. شرکت‌کنندگان کودکان مبتلا به فلج مغزی ۷ تا ۱۸ سال ساکن شهر تهران بودند، ۳۶ نفر به صورت در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه کنترل و آزمایش (tDCS) (هر گروه ۱۸ نفر) جای‌دهی شدند. گروه آزمایش ۱۰ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای به صورت پنج بار در هفته به مدت ۲ هفته tDCS دریافت کرد و گروه کنترل در لیست انتظار باقی ماندند. ارزیابی با استفاده از پرسشنامه کارکردهای اجرایی BRIEF فرم والدین انجام شد و داده‌ها با استفاده از آزمون واریانس یک راهه تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد در گروه آزمایش زیر مولفه بازداری ($77/26 \pm 2/7$)، انتقال توجه ($54/21 \pm 1/6$)، کنترل هیجان ($80/2 \pm 1/6$)، آغازگری ($77/16 \pm 2/35$)، حافظه کاری ($54/20 \pm 2/14$)، سازمان‌دهی ($16/38 \pm 1/98$) و نمره کل عملکرد اجرایی ($170/3 \pm 92/73$) بالاتر از گروه کنترل بوده است؛ این در حالی است که در زیر مولفه‌های برنامه‌ریزی ($37/23 \pm 3/56$) و کنترل ($17/2 \pm 62/02$) بود که این میزان از گروه کنترل پایین‌تر بوده است؛ با این وجود نتایج آزمون واریانس یک راهه نشان داد دو گروه به جز در زیرمولفه سازمان‌دهی در سایر زیرمولفه‌ها با یکدیگر تفاوت معناداری نداشته‌اند ($P \geq 0/05$).

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد tDCS به عنوان یک وسیله کمکی برای توان‌بخشی کودکان مبتلا به فلج مغزی چشم‌انداز کاربردی خوبی دارد و اگرچه نتایج بررسی‌های این مطالعه معنادار نبود در زمینه تأثیر tDCS بر عملکردهای اجرایی شناختی کودکان مبتلا به فلج مغزی نیاز به مطالعات بیشتری وجود دارد.

دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۴

اصلاح نهایی: ۱۴۰۳/۱۲/۰۱

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۴

واژه‌های کلیدی

تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای
فلج مغزی

کارکردهای اجرایی BRIEF
عملکردهای اجرایی شناختی

نویسنده مسئول

پیمان حسنی ابهریان، استادیار گروه
روان‌شناسی و توان‌بخشی شناختی، مؤسسه
آموزش عالی علوم شناختی، تهران، ایران

ایمیل: Abharian@icss.ac.ir



doi.org/10.30514/icss.27.1.59

مقدمه

فلج مغزی (Cerebral Palsy (CP)) به گروهی از اختلالات حرکتی و وضعیت بدنی اطلاق می‌شود که در اثر اختلال مغز در حال رشد ایجاد می‌شود (۱). این اختلال گروهی از شرایط ناهمگن را توصیف می‌کند که از طیف متنوعی از ضایعات و یا ناهنجاری‌های مغز جنین یا نوزاد ناشی می‌شود. ویژگی تعیین‌کننده CP تون ماهیچه‌ای و وضعیت غیر طبیعی و حرکات غیرارادی بدن است که بر فعالیت‌های زندگی روزمره

تأثیر می‌گذارد. افراد مبتلا به CP ممکن است علاوه بر آسیب حرکتی دارای اختلالات هوشی، حسی و صرع باشند (۲). تخمین شیوع کلی این اختلال ۰/۸ تا ۴/۴ در هر ۱۰۰۰ تولد زنده بوده (۳) و شواهد موجود نشان می‌دهد بار بیماری CP در کشورهای با درآمد کم و متوسط زیاد است و اکثر این کودکان دسترسی نسبتاً کمی به هر گونه خدمات توان‌بخشی یا وسایل کمکی دارند (۴). در حال حاضر به طور

گسترده پذیرفته شده است که فلج مغزی بسیار بیشتر از یک "اختلال در وضعیت و حرکات" است و اغلب با طیف گسترده‌ای از اختلالات، از جمله اختلالات شناختی، زبانی، ارتباطی و حسی-ادراکی همراه است (۵).

این دانش که کودکان مبتلا به CP در معرض خطر اختلالات شناختی هستند در جدیدترین تعریف CP گنجانده شده است (۶)؛ چرا که عملکرد شناختی نتیجه تعامل پیچیده بین فرآیندهای عصبی، حرکتی و ارتباطی است و به عنوان یک گروه خاص، کودکان مبتلا به CP در معرض خطر ناتوانی ذهنی ((Intellectual Disability (ID) و اختلالات شناختی خاص قرار دارند (۷). توانایی شناختی فرآیند ذهنی کسب دانش و درک از طریق دانش و تجربه اکتسابی است و عملکرد اجرایی به طور کلی یک اصطلاح چتر برای فرآیندهای شناختی مرتبه بالای لازم برای رفتار هدفمند در نظر گرفته می‌شود که عناصر اصلی آن کنترل بازدارنده، حافظه کاری و انعطاف‌پذیری شناختی است. کنترل بازدارنده شامل توانایی سرکوب اطلاعات نامربوط یا رفتار نامناسب برای تمرکز بر یک هدف است (۸). حافظه کاری به ظرفیت نگهداری و دستکاری اطلاعات در طول فعالیت‌های شناختی پیچیده اشاره دارد (۹) و انعطاف‌پذیری شناختی توانایی انطباق تفکر و راهبردهای فرد در پاسخ به وظایف یا شرایط در حال تغییر است (۸).

در کودکان CP سطح ناتوانی شناختی به ساختار یا جزء شیمیایی آسیب دیده مغز بستگی دارد و از آنجایی که CP به دلیل آسیب به مغز در حال رشد ایجاد می‌شود، می‌توان علل اختلال شناختی در این بیماران را با این آسیب تبیین کرد (۱۰). به عنوان مثال، اختلال در عملکرد اجرایی اغلب بر توانایی کودک برای مشارکت در فعالیت‌های اجتماعی و یادگیری تأثیر می‌گذارد و بنابراین تأثیرات ثانویه‌ای بر رشد مهارت‌های اجتماعی ایجاد می‌کند. با این حال، میزان و شدت مشکلات شناختی که این کودکان تجربه می‌کنند به شیوه‌های حمایتی و اصلاحی نیز بستگی دارد (۶).

به منظور افزایش سطح توانایی شناختی در بیماران مبتلا به CP از ابزارهای مداخله‌ای متعدد مانند آموزش‌های مغزی، نوروفیدبک و تحریک مغناطیسی فراجمجمه‌ای استفاده می‌شود (۱۰). اخیراً، تحریک غیرتهاجمی مغز ((Noninvasive Brain Stimulation (NIBS)، به دلیل پتانسیل تعدیل تحریک‌پذیری و انعطاف‌پذیری قشر مغز به عنوان یک مداخله نسبتاً جدید به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است (۱۱). در میان بسیاری از روش‌های NIBS، تحریک جریان مستقیم ترانس کراینال ((Transcranial Direct (tDCS Current Stimulation) یک روش رایج (۱۲) غیرتهاجمی است که

از جریان مستقیم ثابت و با شدت کم (معمولاً ۱-۲ میلی‌آمپر) برای تعدیل فعالیت عصبی در قشر مغز استفاده می‌کند. این مداخله عمدتاً از طریق جریان مستقیم قطبی ضعیف از طریق دو الکترود قرار داده شده روی پوست سر عمل می‌کند و جریان الکتریکی با تغییر پتانسیل غشای استراحت نورون‌ها تحریک‌پذیری عصبی را تعدیل می‌کند (۱۳). تصور می‌شود که اثرات تحریکی یا بازدارنده tDCS بر فعالیت قشر مغز به قطبیت الکترود بستگی دارد، غشای استراحت نورون‌ها در نزدیکی کاتد به تدریج هیپرپلاریزه شده و کمتر تحریک‌پذیر می‌شوند، در حالی که غشای نورون‌های نزدیک به آنود کمی دپلاریزه می‌شوند، بنابراین تحریک‌پذیرتر می‌شوند. tDCS انعطاف‌پذیری بالایی دارد و هیچ محدودیت سختی برای فعالیت‌های بیماران ندارد. همچنین به درمانگران کمک می‌کند تا زمانی که کودک tDCS دریافت می‌کند، کار درمانی یا گفتار درمانی را نیز به صورت هم زمان انجام دهند، که به طور قابل توجهی زمان درمان را کاهش می‌دهد و به دلیل طولانی نبودن مدت درمان از فرسودگی مراقبان کودک جلوگیری می‌کند. لذا به نظر می‌رسد tDCS روش مداخله‌ای مناسب و راحتی برای کودکان فلج مغزی باشد (۱۴). با این حال مطالعات اندکی بر کاربرد tDCS در عملکردهای شناختی، زبانی و گفتاری در کودکان CP متمرکز شده‌اند. بنابراین، پژوهش‌های بالینی بیشتری برای انتخاب منطقه‌ای مداخلات tDCS برای عملکردهای شناختی و زبانی در کودکان CP مورد نیاز است. در همین حال، گزارش‌های زیادی در مورد استفاده از tDCS برای بهبود عملکرد شناختی و گفتاری در کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی ((Attention-deficit/hyperactivity (ADHD disorder) (۱۵) و طیف اوتیسم (۱۶) در دسترس است. شواهد بیماران ADHD نشان می‌دهد تحریک آند قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی چپ می‌تواند توجه انتخابی، کنترل اجرایی و حتی توانایی راه رفتن را بهبود بخشد (۱۷، ۱۸). مطالعات روی این بیماران بهبودهایی را در عملکرد شناختی نشان داده است در نتیجه، می‌توان حدس زد که قشر پیش‌پیشانی پشتی جانبی چپ مغز، به عنوان ناحیه‌ای از مغز که ارتباط نزدیکی با شناخت دارد، همچنین می‌تواند نقش مهمی در درمان tDCS برای توانایی‌های شناختی کودکان CP ایفا کند (۱۵). با توجه به این که به خوبی مشخص شده است که مداخلات tDCS برای کاهش اختلالات حرکتی در کودکان مبتلا به CP مفید است، و از طرفی دیگر مطالعات اثر بخشی توان‌بخشی شناختی با استفاده از tDCS را در سایر اختلالات شناختی نشان داده‌اند و این در حالی است که تأثیر شناختی این مداخله در کودکان CP به ندرت مورد مطالعه قرار گرفته است و یا این که اگر مطالعه‌ای در این گروه از کودکان انجام

ابزار

پرسشنامه کارکردهای اجرایی (Behavioral Rating (BRIEF)) (Scale of Executive Functions): ابزار استفاده شده در این مطالعه جهت ارزیابی عملکردهای اجرایی شناختی نسخه والدین بود. پرسشنامه کارکردهای اجرایی BRIEF توسط بالستر Gioia و همکاران در سال ۲۰۰۰ طراحی شده است (۲۳). این معیار دارای دو فرم والدین و معلمین بوده و ۸۶ سؤال دارد که با توجه به شرایط حادث شدن وضعیت برای کودک به عنوان "هیچ وقت" و "گاهی اوقات" و "همیشه" به ترتیب از ۱ تا ۳ توسط والدین نمره‌گذاری می‌شود و رفتارهای کودک را در مدرسه و یا منزل مورد بررسی قرار می‌دهد و به منظور تفسیر رفتاری عملکرد اجرایی کودکان ۵ تا ۱۸ سال طراحی شده است. زمان تکمیلی این فرم بین ۱۰ تا ۱۵ دقیقه است. جامعه مورد هدف آن شامل اختلالات رشدی و اختلالات عصبی مانند اختلال بیش‌فعالی و نقص توجه، اختلال طیف اوتیسم، اختلالات یادگیری خاص، سندرم تور، کم‌توانی ذهنی و آسیب‌های مغزی است. این پرسشنامه با مقیاس لیکرت نمره‌گذاری می‌شود. هر کدام از سؤالات مربوط به یکی از زیر مجموعه‌های پرسشنامه می‌باشد و این زیر مجموعه‌ها به دو قسمت اصلی مهارت‌های تنظیم رفتار و مهارت‌های فراشناخت تقسیم می‌شود که شامل، مهارت‌های تنظیم رفتار با زیر مولفه‌های بازداری، انتقال توجه، کنترل هیجان و مهارت‌های فراشناخت با زیر مولفه‌های برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، نظارت، حافظه کاری، آغازگری است (۲۴).

یافته‌ها

داده‌های جمعیت‌شناختی افراد شرکت‌کننده در مطالعه در جدول ۱ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد در گروه آزمایش یا مداخله ۸۶/۶ درصد مشارکت‌کنندگان دختر و ۴۰ درصد ۱۵ ساله بوده‌اند و در گروه کنترل ۶۶/۶ درصد مشارکت‌کنندگان زیر ۱۴ سال سن داشته و ۹۱/۵ درصد آنها دختر بوده‌اند. همچنین بر اساس مقایسه صورت گرفته با استفاده از آزمون t دو نمونه‌ای متغیر سن در دو گروه تفاوت معناداری نداشته است ($P \geq 0.05$).

در ادامه تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا بررسی بهنجاری توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف صورت گرفت و نتایج نشان داد، داده‌های جمع‌آوری شده از توزیع نرمال برخوردار هستند ($P \geq 0.05$)، همچنین بررسی همگنی واریانس‌های دو گروه با استفاده از آزمون لوین صورت گرفت و نتایج نشان داد واریانس‌های دو گروه همگن است ($P \geq 0.05$)، با توجه به برقرار بودن این دو مفروضه از آزمون‌های

شده است هدف آن بهبود توانایی خواندن و نوشتن بوده است (۱۹) و این مطالعات در زمینه زندگی روزمره این کودکان صورت نگرفته است؛ در حالی که مطالعات نشانگر اهمیت عملکردهای اجرایی مغز در زندگی روزمره هستند با توجه به موارد ذکر شده و وجود شواهدی دال بر تأثیر tDCS بر اختلالات حرکت (۲۰-۲۲) در کودکان دچار فلج مغزی و نیاز به روش‌های مداخله‌ای جدید با هزینه و عوارض کمتر در کودکان دچار فلج مغزی که پتانسل اثرگذاری بر اختلالات عملکردهای اجرایی مغز و حرکت را به صورت هم زمان داشته باشد و همچنین جذابیت‌هایی جهت اجرا در این کودکان نیز داشته باشند در این پژوهش بر آن شدیم تا تأثیر tDCS را بر فرایندهای شناختی کودکان مبتلا به فلج مغزی مورد بررسی قرار دهیم.

روش کار

مطالعه حاضر، یک کار آزمایشی تصادفی، کنترل شده از نوع آزمایشی بود. شرکت‌کنندگان واجد شرایط، کودکان مبتلا به فلج مغزی ۷ تا ۱۸ ساله بودند که رضایت آگاهانه از همه والدین کودکان برای شرکت فرزندان به عنوان داوطلب اخذ شده است. معیارهای ورود به این مطالعه برای این کودکان، نداشتن صرع و احتمال تشنج، نداشتن ایمپلنت یا اشیاء فلزی در داخل بدن، تشخیص فلج مغزی توسط متخصص مغز و اعصاب و شرکت نکردن در برنامه مداخله‌ای مشابه با برنامه‌های این طرح بود و معیارهای خروج از آن عدم تمایل به ادامه همکاری با گروه پژوهش و غیبت بیش از دو جلسه از برنامه درمانی بود. حجم نمونه بر اساس توان ۸۵ درصد و $\alpha = 0.05$ در هر گروه ۱۸ نفر تعیین شد و ۳۶ کودک ۷ تا ۱۸ ساله، مبتلا به فلج مغزی با توجه به معیارهای ورود به پژوهش به صورت در دسترس انتخاب و وارد مطالعه شدند. این ۳۶ نفر به صورت تصادفی در دو گروه کنترل و آزمایش جای‌دهی شدند. در ادامه گروه آزمایش ۱۰ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای هر هفته ۵ بار به مدت ۲ هفته جلسه tDCS دریافت کردند که طی آن الکتروود آند بر روی منطقه پیش‌پیشانی پشتی جانبی چپ (LDLPFC) و کاتد بر روی منطقه کاسه چشمی پیشانی راست (ROFC) قرار گرفت و گروه کنترل در لیست انتظار باقی مانده و درمان‌ها و مداخلات روتین خود را دریافت کردند. در طی دوره مداخله و تا انتهای دوره داده‌های ۶ نفر از افراد گروه کنترل و ۳ نفر از افراد گروه آزمایش به دلیل عدم تمایل به ادامه همکاری و غیبت بیش از ۲ جلسه برای دریافت مداخله از تحلیل‌ها کنار گذاشته شد و بدین ترتیب داده‌های ۱۵ نفر در گروه آزمایش و ۱۲ نفر از گروه کنترل با استفاده از نرم‌افزار SPSS-27 مورد تجزیه و تحلیل نهایی قرار گرفت.

آزمون واریانس یک راهه جهت بررسی معناداری تفاوت‌های میان دو گروه دریافت‌کننده مداخله و کنترل به کار رفته است.

پارامتریک برای تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده استفاده شده است و با توجه به تعداد مولفه‌های آزمون کارکردهای اجرایی BRIEF

جدول ۱. داده‌های جمعیت‌شناختی افراد شرکت‌کننده در مطالعه

گروه				
تعداد		کنترل (فراوانی-درصد) آزمایش (فراوانی-درصد)		
جنسیت	دختر	۱۱ (۹۱/۵)	۱۳ (۸۶/۶)	۲۴
	پسر	۱ (۵/۸)	۲ (۱۳/۴)	۳
سن	کمتر از ۱۱	۴ (۳۳/۳)	۳ (۲۰)	۷
	۱۴-۱۲	۴ (۳۳/۳)	۵ (۳۳/۳)	۹
	بالاتر از ۱۶	۴ (۳۳/۴)	۷ (۴۶/۷)	۱۱
	کل	۱۲	۱۵	۲۷

حالی است که در زیر مولفه‌های برنامه‌ریزی ($۳۱/۲۳ \pm ۳/۵۶$) و کنترل ($۱۷/۶۲ \pm ۲/۰۲$) بود که این میزان از گروه کنترل پایین‌تر بوده است که این نتایج نشانگر وجود تفاوت‌هایی در میانگین زیر مولفه‌های مقیاس BRIEF قبل و پس از دریافت مداخله tDCS بوده است حال جهت تعیین معنادار بودن این تفاوت‌ها به جدول ۳ توجه می‌کنیم.

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد در گروه آزمایش یا دریافت‌کننده مداخله tDCS زیر مولفه بازداری ($۷۷/۲۶ \pm ۲/۷$)، انتقال توجه ($۵۴/۲۱ \pm ۱/۶۱$)، کنترل هیجان ($۸۰/۲۰ \pm ۱/۶$)، آغازگری ($۷۷/۱۶ \pm ۲/۳۵$)، حافظه کاری ($۵۴/۲۰ \pm ۲/۱۴$)، سازمان‌دهی ($۱۶/۳۸ \pm ۱/۹۸$) و نمره کل عملکرد اجرایی ($۱۷۰/۹۲ \pm ۳/۷۳$) بالاتر از گروه کنترل بوده است؛ این در

جدول ۲. داده‌های توصیفی مولفه‌های آزمون کارکردهای اجرایی BRIEF

تعداد	انحراف معیار	میانگین	گروه	
۱۵	۷۹	۲۷/۲۸	کنترل	بازداری
۱۳	۲/۷۱	۷۷/۲۶	آزمایش	
۱۵	۲/۲۴	۰۷/۲۲	کنترل	انتقال توجه
۱۳	۱/۶۱	۵۴/۲۱	آزمایش	
۱۵	۲/۵۴	۷۳/۱۹	کنترل	کنترل هیجان
۱۳	۱/۶۰	۸۰/۲۰	آزمایش	
۱۵	۱/۶۸	۴۰/۱۵	کنترل	آغازگری
۱۳	۲/۳۵	۷۷/۱۶	آزمایش	
۱۵	۲/۰۳	۵۳/۲۱	کنترل	حافظه کاری
۱۳	۲/۱۴	۵۴/۲۰	آزمایش	

گروه	میانگین	انحراف معیار	تعداد
برنامه ریزی	کنترل	۴۷/۲۹	۱۵
	آزمایش	۳۱/۲۳	۱۳
سازمان‌دهی	کنترل	۱۴/۸۷	۱۵
	آزمایش	۱۶/۳۸	۱۳
کنترل	کنترل	۱۸/۰۰	۱۵
	آزمایش	۱۷/۶۲	۱۳
نمره کل عملکرد اجرایی	کنترل	۱۶۹/۳۳	۱۵
	آزمایش	۱۷۰/۹۲	۱۳

نتایج آزمون واریانس یک راهه (جدول ۳) نشان می‌دهد دو گروه در زیرمولفه سازمان‌دهی ($P \leq 0.05$) با یکدیگر تفاوت معناداری داشته‌اند، این در حالی است که در بازداری، کنترل هیجان، آغازگری، حافظه کاری، برنامه‌ریزی، کنترل و نمره کل عملکردهای اجرایی دو گروه با یکدیگر تفاوت معناداری نداشته‌اند ($P \geq 0.05$).

جدول ۳. آزمون واریانس یک راهه جهت بررسی تفاوت میانگین زیر مولفه‌های مقیاس BRIEF

مقدار P	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات
۰/۲۷۱	۱/۲۶۴	۱۵/۶۱۶	۱	۱۵/۶۱۶
		۱۲/۳۵۵	۲۶	۳۲۱/۲۴۱
			۲۷	۳۳۶/۸۷۵
۰/۵۱۹	۰/۴۲۸	۱/۹۴۳	۱	۱/۹۴۳
		۴/۵۴۵	۲۶	۱۱۸/۱۶۴
			۲۷	۱۲۰/۱۰۷
۰/۶۷۹	۰/۱۷۵	۰/۸۲۲	۱	۰/۸۲۲
		۴/۶۸۷	۲۶	۱۲۱/۸۵۶
			۲۷	۱۲۲/۶۷۹
۰/۸۵	۳/۲۰۵	۱۳/۰۵۷	۱	۱۳/۰۵۷
		۴/۰۷۳	۲۶	۱۰۵/۹۰۸
			۲۷	۱۱۸/۹۴۶

مقدار P	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات		
۰/۲۱۹	۱/۵۸۷	۶/۸۹۳	۱	۶/۸۹۳	میان گروهی	حافظه کاری
		۴/۳۴۵	۲۶	۱۱۲/۹۶۴	درون گروهی	
			۲۷	۱۱۹/۸۵۷	کل	
۰/۲۱۱	۱/۶۴۷	۲۱/۶۷۳	۱	۲۱/۶۷۳	میان گروهی	برنامه‌ریزی
		۱۳/۱۵۵	۲۶	۳۴۲/۰۴۲	درون گروهی	
			۲۷	۳۶۳/۷۱۴	کل	
۰/۰۲۴	۵/۷۳۰	۱۶/۰۴۷	۱	۱۶/۰۴۷	میان گروهی	سازمان‌دهی
		۲/۸۰۰	۲۶	۷۲/۸۱۰	درون گروهی	
			۲۷	۸۸/۸۵۷	کل	
۰/۶۸۵	۰/۱۶۸	۱/۰۳۰	۱	۱/۰۳۰	میان گروهی	کنترل
		۶/۱۱۸	۲۶	۱۵۹/۰۷۷	درون گروهی	
			۲۷	۱۶۰/۱۰۷	کل	
۰/۳۶۳	۰/۸۷۵	۱۷/۶۰۱	۱	۱۷/۶۰۱	میان گروهی	نمره کل عملکرد اجرایی
		۲۰/۵۴۸	۲۶	۵۳۴/۲۵۶	درون گروهی	
			۲۷	۵۵۱/۸۵۷	کل	

بحث

که tDCS آندال به همراه تمرین شناختی به مدت ۲۰ دقیقه در هر جلسه به مدت ۱۲ هفته، در مجموع ۲۰ جلسه، بدون عوارض جانبی جدی، عملکرد شناختی، فعالیت‌های زندگی روزانه و عملکرد زبانی را در میان کودکان مبتلا به CP با اختلالات شناختی به طور قابل توجهی بهبود بخشید. این مطالعه یک کارآزمایی بالینی تصادفی، کنترل شده، دوسوکور بود که در آن ۱۳ کودک CP با سن شناختی زیر ۴۲ ماه وارد مطالعه شدند (۲۵). تفاوت میان نتایج این مطالعه و مطالعه حاضر را می‌توان با تفاوت‌های موجود در تعداد جلسات مداخله و سن کودکان مورد بررسی و استفاده از روش آموزش شناختی به همراه tDCS در مطالعه Ko و همکاران (۲۰۲۱) توجیه کرد (۲۵). چرا که بر اساس مطالعات موجود در سایر اختلالات شناختی (۲۶، ۲۷) تعداد جلسات بالاتر مداخله به همراه سن پایین‌تر مداخله و همراه کردن مداخله با سایر روش‌های توان‌بخشی احتمال تأثیرگذاری این نوع از مداخلات را افزایش می‌دهد. همچنین در مداخله حاضر بر اساس مطالعات موجود

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر عملکردهای شناختی کودکان مبتلا به فلج مغزی صورت گرفته است، نتایج به دست آمده نشان داد دو گروه در زیر مولفه سازمان‌دهی با یکدیگر تفاوت معناداری نداشته‌اند و در سایر زیر مولفه‌ها نیز با وجود معنادار نبودن تفاوت‌ها در زیر مولفه‌های بازداری، انتقال توجه، کنترل هیجان، آغازگری، حافظه کاری و نمره کل عملکرد اجرایی میانگین گروه آزمایش یا دریافت‌کننده tDCS بالاتر از گروه کنترل بوده است؛ این در حالی است که با وجود تفاوت میانگین‌های مولفه‌های مقیاس کارکردهای اجرایی BRIEF این میانگین در گروه دریافت‌کننده tDCS و بدون دریافت این مداخله تفاوت معناداری نداشته است.

مطالعات منتشر شده زیادی در مورد اثرات tDCS بر عملکرد شناختی در کودکان وجود ندارد. با این حال، برخی از مطالعات مانند مطالعه Ko و همکاران (۲۰۲۱)، برخلاف یافته‌های مطالعه حاضر مطالعه نشان داد

نمونه‌های بزرگتر و ابزارهای ارزیابی غیر خودگزارشگر مانند مصاحبه بالینی که کودک را به صورت مستقیم مورد بررسی قرار می‌دهد تکرار کنند تا اثربخشی این نوع از مداخلات آشکارتر باشد.

نتیجه‌گیری

مطالعات اخیر نشان می‌دهد که tDCS می‌تواند یک ابزار امیدوارکننده در توان بخشی کودکان فلج مغزی باشد. با این حال، مکانیسم‌های دقیق عمل هنوز به بررسی بیشتر نیاز دارد، به ویژه به این دلیل که مطالعات کافی بر روی اثرات tDCS روی عملکردهای شناختی اجرایی این کودکان وجود ندارد و پژوهش‌های بیشتری در این زمینه مورد نیاز است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

این پژوهش برگرفته از رساله دکتری با شناسه ۱۶۲۸۵۶۲۸۹ دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات (تهران) بوده است. در این مطالعه شرایط پژوهش به نحوی طراحی شده بود که اجرای آن هیچ‌گونه آسیب جسمی و ذهنی برای مشارکت‌کنندگان در بر نداشته باشد.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول در نقش اجرا، جمع‌آوری داده‌ها و نوشتن متن اولیه، نویسنده دوم به عنوان استاد راهنما در نقش نویسنده مسئول و ناظر پروژه و نویسنده سوم به عنوان استاد مشاور در ویراستاری و نهایی‌سازی نقش داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

از کلیه مشارکت‌کنندگان و مراقبین آنها که ما را در انجام این مطالعه یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع مالی

تامین مالی این پژوهش بر عهده نویسندگان یوده و در انجام این مطالعه حمایت مالی دریافت نشده است.

تعارض منافع

کلیه نویسندگان اعلام می‌دارند در این مطالعه تعارض منافی نداشته‌اند.

در سایر اختلالات شناختی ما از مدت زمان ۲۰ دقیقه برای طول مدت تحریک استفاده کردیم که این زمان در بسیاری دیگر از مطالعات (۲۷) بالاتر از این زمان و تا ۴۵ دقیقه بوده است. از سوی دیگر، مطالعه Lima و همکاران او (۲۰۲۱) نشان داد برنامه درمان ترکیبی تحریک جریان مستقیم فراجمجه‌ای همراه با گفتار درمانی یکپارچه در کودک فلج مغزی به بهبود نتایج توان بخشی گفتار در بیمار مبتلا به فلج مغزی کمک کرده است (۲۸). تفاوت موجود در این مطالعه و مطالعه حاضر را نیز می‌توان با توجه به ناحیه و عملکرد مورد بررسی تبیین کرد. همچنین بر اساس بررسی‌های صورت گرفته اگرچه مطالعات کمی در مورد کاربرد tDCS در کودکان CP در دسترس است اکثر پژوهش‌های موجود از اثربخشی tDCS بر عملکرد حرکتی، زبان و عملکرد شناختی در کودکان CP پشتیبانی می‌کنند (۲۹-۳۱). در این مطالعات مکان‌های تحریک، شدت تحریک و مدت زمان و فرکانس مداخله با مداخله حاضر متفاوت بوده است وجود مقادیر بهینه برای این پارامترهای خاص ناشناخته است و مستلزم مطالعه بیشتر است. به طور کلی این مطالعات نشان می‌دهد tDCS دارای چشم‌اندازهای کاربردی خوبی برای سایر علائم همراه در کودکان CP، مانند اختلالات خواب و اختلالات اضطرابی است. مداخله tDCS به عنوان یک وسیله کمکی برای توان بخشی کودکان CP چشم‌انداز کاربردی خوبی دارد، اگرچه مکانیسم عمل آن نیاز به کاوش بیشتر دارد (۳۲). در انتها با توجه به کمبود مطالعات در زمینه تاثیر مداخله tDCS بر عملکردهای شناختی کودکان مبتلا به فلج مغزی نیاز به پژوهش‌های بیشتری در این زمینه وجود دارد.

در این مطالعه از مهمترین محدودیت‌ها می‌توان به عدم آگاهی والدین و مراقبان این کودکان از شیوه‌های نوین مداخلات توان بخشی و در نتیجه عدم تمایل به همکاری برای این نوع از مداخلات در این کودکان بود که در نتیجه دستیابی به نمونه‌های مورد بررسی را با دشواری‌های بسیار زیادی روبه‌رو بود کرده و همین مورد موجب ریزش و یا غیبت بالای مشارکت‌کنندگان در این مطالعه بود که می‌تواند در تعمیم‌پذیری نتایج این مطالعه تاثیر داشته باشد. علاوه بر این با توجه به این که ارزیابی‌ها توسط والدین کودکان مورد ارزیابی انجام می‌گرفت، این موضوع می‌تواند در قابلیت اعتماد به پاسخ‌ها تاثیرگذار باشد و لازم به ذکر است با توجه به وضعیت این بیماران، انجام مداخله شم در این گروه حساس و آسیب‌دیده از نظر اخلاقی امکان‌پذیر نبود. با توجه به اهمیت مداخله در اختلالات عملکردهای اجرایی کودکان مبتلا به فلج مغزی به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌شود این مطالعه را با استفاده از

References

1. Quartermaine JR, Rose TA, Auld ML, Johnston LM. Participation measures that evaluate attendance and involvement for young people aged 15 to 25 years with cerebral palsy: A systematic review. *Disability and Rehabilitation*. 2023;46(9):1734-1750.
2. Waight E, McIntyre S, Woolfenden S, Watson L, Reid S, Scott H, et al. Temporal trends, clinical characteristics, and sociodemographic profile of post-neonatally acquired cerebral palsy in Australia, 1973-2012: A population-based observational study. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2023;65(1):107-116.
3. Avila-Soto F, Kakooza AM, Ueda K, Aravamuthan B. Studies of CP prevalence: Disparities in authorship, citations and geographic location. *Pediatric Neurology*. 2023;143:59-63.
4. Narayan A, Muhit M, Whitehall J, Hossain I, Badawi N, Khandaker G, et al. Associated impairments among children with cerebral palsy in rural Bangladesh—findings from the Bangladesh cerebral palsy register. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(4):1597.
5. Fluss J, Lidzba K. Cognitive and academic profiles in children with cerebral palsy: A narrative review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2020;63(5):447-456.
6. Bottcher L, Stadsleiv K, Berntsen T, Christensen K, Korsfelt A, Kihlgren M, et al. Systematic cognitive monitoring of children with cerebral palsy—the development of an assessment and follow-up protocol. *Scandinavian Journal of Disability Research*. 2016;18(4):304-315.
7. Stadsleiv K, Jahnsen R, Andersen GL, von Tetzchner S. Neuropsychological profiles of children with cerebral palsy. *Developmental Neurorehabilitation*. 2018;21(2):108-120.
8. Karlsson P, Shepherd M, Honan I. Accommodations to cognitive assessment for a child with dyskinetic cerebral palsy: Case study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. 2024;19(2):360-366.
9. Hassanzadeh Z, Bahrami F, Dortaj F. Exploring the dynamic interplay between learning and working memory within various cognitive contexts. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2024;18:1304378.
10. Gupta M, Bhatia D, Rajak BL. Study of available intervention technique to improve cognitive function in cerebral palsy patients. *Current Neurobiology*. 2017;8(1):51-59.
11. Shah-Basak PP, Wurzman R, Purcell JB, Gervits F, Hamilton R. Fields or flows? A comparative metaanalysis of transcranial magnetic and direct current stimulation to treat post-stroke aphasia. *Restorative Neurology and Neuroscience*. 2016;34(4):537-558.
12. D'Urso G, Bruzzese D, Ferrucci R, Priori A, Pascotto A, Galderisi S, et al. Transcranial direct current stimulation for hyperactivity and noncompliance in autistic disorder. *The World Journal of Biological Psychiatry*. 2015;16(5):361-366.
13. Staggs CJ, Nitsche MA. Physiological basis of transcranial direct current stimulation. *The Neuroscientist*. 2011;17(1):37-53.
14. Tang L, Wu Y, Ma J, Lu Y, Wang L, Shan C. Application of tDCS in children with cerebral palsy: A mini review. *Frontiers in Pediatrics*. 2022;10:966650.
15. Huang R, Liu Y. Research progress of tDCS in the treatment of ADHD. *Journal of Neural Transmission*. 2024;132(2):237-251.
16. Oberman LM, Francis SM, Lisanby SH. The use of noninvasive brain stimulation techniques in autism spectrum disorder. *Autism Research*. 2024;17(1):17-26.
17. Bandeira ID, Guimaraes RSQ, Jagersbacher JG, Barretto TL, de Jesus-Silva JR, Santos SN, et al. Transcranial direct current stimulation in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) a pilot study. *Journal of Child Neurology*. 2016;31(7):918-924.
18. Soltaninejad Z, Nejati V, Ekhtiari H. Effect of anodal and cathodal transcranial direct current stimulation on DLPFC on modulation of inhibitory control in ADHD. *Journal of Attention Disorders*. 2019;23(4):325-332.
19. Stadsleiv K. Cognitive functioning in children with ce-

- rebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2020;62(3):283-9.
20. Fleming MK, Theologis T, Buckingham R, Johansen-Berg H. Transcranial direct current stimulation for promoting motor function in cerebral palsy: A review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2018;15:121.
21. Inguaggiato E, Bolognini N, Fiori S, Cioni G. Transcranial direct current stimulation (tDCS) in unilateral cerebral palsy: A pilot study of motor effect. *Neural Plasticity*. 2019;2019:2184398.
22. Cangussu AI, Lucarini B, de Freitas Melo I, Diniz PA, Mancini M, de Mattos Viana B, et al. Motor effects of intervention with transcranial direct current stimulation for physiotherapy treatment in children with cerebral palsy: Protocol for a randomized clinical trial. *JMIR Research Protocols*. 2024;13:e52922.
23. Gioia GA, Isquith PK, Guy SC, Kenworthy L. Behavior rating inventory of executive function: BRIEF. Odessa, FL:- Psychological Assessment Resources;2000. pp. 235-238.
24. Abdolmohamadi K, Alizadeh H, Farhad GSA, Taiebli M, Fathi A. Psychometric properties of Behavioral Rating Scale of Executive Functions (BRIEF) in children aged 6 to 12 years. *Quarterly of Educational Measurement*. 2017;8(30):135-151. (Persian)
25. Ko EJ, Hong MJ, Choi EJ, Yuk JS, Yum MS, Sung IY. Effect of anodal transcranial direct current stimulation combined with cognitive training for improving cognition and language among children with cerebral palsy with cognitive impairment: A pilot, randomized, controlled, double-blind, and clinical trial. *Frontiers in Pediatrics*. 2021;(9):713792.
26. Chen Y, Zhao Z, Huang J, Wang T, Qu Y. Computer-aided cognitive training combined with tDCS can improve post-stroke cognitive impairment and cerebral vasomotor function: A randomized controlled trial. *BMC Neurology*. 2024;24:132.
27. Rathinam C, Mohan V, Yates D, Bill P, Peirson J, Gupta R. Effect of non-invasive brain stimulation in children with acquired brain injury—a scoping review. *Frontiers in Neurology*. 2024;15:1388718.
28. Lima VLCC, Cosmo C, Lima KB, Martins MA, Rossi SG, Collange Grecco LA, et al. Neuromodulation: A combined-therapy protocol for speech rehabilitation in a child with cerebral palsy. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2022;29:10-15.
29. Lima VLC, Grecco LAC, Marques VC, Fregni F, de Ávila CRB. Transcranial direct current stimulation combined with integrative speech therapy in a child with cerebral palsy: A case report. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2016;20(2):252-257.
30. Hamilton A, Wakely L, Marquez J. Transcranial direct-current stimulation on motor function in pediatric cerebral palsy: A systematic review. *Pediatric Physical Therapy*. 2018;30(4):291-301.
31. Auvichayapat P, Aree-Uea B, Auvichayapat N, Phuttharak W, Janyacharoen T, Tunkamnerdthai O, et al. Transient changes in brain metabolites after transcranial direct current stimulation in spastic cerebral palsy: A pilot study. *Frontiers in Neurology*. 2017;8:366.
32. Tang L, Wu Y, Ma J, Lu Y, Wang L, Shan C. Application of tDCS in children with cerebral palsy: A mini review. *Frontiers in Pediatrics*. 2022;10:966650.