

The Effect of Linear and Non-Linear Pedagogical Methods on Static Balance Ability of Children with Hemiplegic Cerebral Palsy

Morteza Pourazar^{1✉}, Morteza Homayounnia Firoozjah²

1. Corresponding Author, Department of Physical Education, Farhangian University, Tehran, Iran. E-mail: mortezapourazar@gmail.com
2. Department of Physical Education, Farhangian University, Tehran, Iran. E-mail: mortezahomayoun@gmail.com

Article Info

Article type: Research

Article history:

Received:

2 May 2024

Received in revised form:

23 June 2024

Accepted:

21 July 2024

Published online :

21 March 2025

Keywords:

Hemiplegic cerebral palsy,
Hnear pedagogical method,
Non-linear pedagogical
method,
Static balance.

ABSTRACT

Introduction: Cerebral Palsy (CP) refers to a class of non-progressive neurological disorders that permanently affect individuals' sensory-motor abilities and typically appear in infancy or early childhood. The present study aimed to investigate the effect of linear and nonlinear training methods on the static balance ability of children with hemiplegic CP.

Methods: A total of 20 boys with hemiplegic CP, aged 7-12 years, were selected through convenience sampling and they were assigned into experimental and control groups. The Sharpened Romberg test was used to measure static balance scores. The linear and nonlinear training groups performed specific exercises for four weeks, three days a week, and one hour per session for each method. Multivariate Analysis of Covariance (MANCOVA) and univariate Analysis of Covariance (ANCOVA) were conducted at a significance level of $P \leq 0.05$.

Findings: The results showed a significant difference between the linear and nonlinear training methods in at least one of the static balance variables ($p=0.001$). Additionally, considering the higher scores of the nonlinear group, this training method resulted in better static balance scores (with eyes open and closed) compared to the linear method in children with hemiplegic CP.

Conclusion: Overall, the findings of this study emphasize the importance of the nonlinear training method in improving the static balance of children with hemiplegic CP and support the constraint-led approach

Cite this article: Pourazar, M., Homayounnia Firoozjah, M., (2025). The Effect of Linear and Non-Linear Pedagogical Methods on Static Balance Ability of Children with Hemiplegic Cerebral Palsy. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, 17 (1), 69-82.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jsmdl.2024.376022.1777>



Journal of Sports and Motor Development and Learning by University of Tehran Press is licensed under [CC.BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) web site: <https://jsmdl.ut.ac.ir/> | Email: jsmdl@ut.ac.ir.

Extended Abstract

Introduction

Cerebral palsy (CP) refers to a class of non-progressive neurological disorders that permanently affect sensory-motor functions, typically manifesting in infancy or early childhood. Hemiplegic CP, a subtype of CP, often results in significant motor impairments, particularly in balance and coordination. Balance occurs when individuals try to maintain a coordinated posture, which happens when the body deviates from the line of gravity within the base of support. Static balance, a type of balance, relates to the sense of equilibrium while maintaining a stationary posture on one or both feet without movement (Pourazar et al., 2023). Numerous factors contribute to abnormal body sway, one of which is CP. This study aimed to investigate the effectiveness of linear versus nonlinear training methods in improving static balance in children with hemiplegic CP.

Methods

A total of 20 boys with hemiplegic CP, aged 7–12 years, were selected through convenience sampling and divided into experimental and control groups. The Sharpened Romberg Test was used to measure static balance scores. The linear and nonlinear groups performed specific exercises for four weeks, three days a week, and one hour per session. Descriptive statistics, including measures of central tendency and dispersion such as the mean and standard deviation, were calculated for the research groups. The Shapiro-Wilk test was conducted to evaluate the normality of the data distribution, while Levene's test was used to assess the homogeneity of variances. Analysis of Covariance (ANCOVA) was employed to compare static balance scores (both with eyes open and closed) during the post-test phase while controlling for pre-test effects. Statistical analyses were performed using SPSS software (version 18), and Excel was utilized to create graphs. The significance level for all variables was set at $p < 0.05$.

Results

The findings revealed a statistically significant difference between the linear and nonlinear training methods in at least one of the static balance variables ($p = 0.001$). Specifically, the nonlinear training group demonstrated superior performance in static balance tasks, with eyes open and closed, compared to the linear training group. These results suggest that nonlinear training methods are more effective in enhancing static balance in children with hemiplegic CP.

Discussion

The study highlights the importance of adopting nonlinear training approaches for improving static balance in children with hemiplegic CP. The inherent variability and adaptability of nonlinear training align with the principles of the constraint-led approach, which emphasizes motor learning that is task-specific and context-dependent. Coaches, occupational therapists, and physiotherapists can utilize the nonlinear training method proposed in this study to help children with hemiplegic CP enhance their motor skills by creating practice scenarios that mimic real-life situations. This approach can foster greater independence and functional improvement in daily activities. These findings have practical implications for rehabilitation programs, suggesting that incorporating nonlinear training methods can lead to better functional outcomes for children with hemiplegic CP. Future research should explore the long-term effects of these training methods and their applicability to other subtypes of CP.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines:

The present study was conducted following ethical principles.

Funding:

The present study received no financial support from any organization.

Authors' contribution:

All authors contributed equally to this study

Conflict of interest:

The authors declare no conflict of interest

Acknowledgments:

We are very grateful to the CP children who participated patiently in this research and cooperated to carry out this study.



رشد و یادگیری حرکتی ورزشی



تأثیر روش آموزش خطی و غیر خطی بر قابلیت تعادل ایستای کودکان فلج مغزی همی پلاژی

مرتضی پورآذر^۱ , مرتضی همایون نیا فیروزجاه^۲ 

۱. نویسنده مسئول، گروه آموزش تربیت بدنی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران. mortzapourazar@gmail.com

۲. گروه آموزش تربیت بدنی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران. mortezahomayoun@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	مقدمه: منظور از فلج مغزی طبقه‌ای از اختلالات عصبی غیرپیشرونده است که دارای تأثیرات دائمی بر توانایی‌های حسی - حرکتی افراد می‌شود و در نوزادی یا اوایل کودکی ظاهر می‌شود. هدف تحقیق حاضر بررسی تأثیر آموزش خطی و غیرخطی بر قابلیت تعادل ایستای کودکان فلج مغزی همی پلاژی بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۳	روش پژوهش: ۲۰ پسر فلج مغزی همی پلاژی در دامنه سنی ۷-۱۲ سال به صورت در دسترس انتخاب شدند و در دو گروه تجربی و کنترل قرار گرفتند. آزمون شارپند رومبرگ برای اندازه‌گیری نمرات تعادل ایستا به کار گرفته شد. گروه‌های خطی و غیرخطی به مدت چهار هفته، سه روز در هفته و هر روز یک ساعت به انجام تمرینات مخصوص به هر گروه پرداختند. آزمون‌های تحلیل کوواریانس چندمتغیری (MANCOVA) و تحلیل کوواریانس تک‌متغیری (ANCOVA) در سطح $p < 0.05$ اجرا شدند.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۴/۰۳	یافته‌ها: بر اساس یافته‌های تحقیق، بین دو گروه روش آموزشی خطی و غیرخطی حداقل در یکی از متغیرهای تعادل ایستا تفاوت معناداری وجود داشت ($p=0.001$). همچنین با توجه به نمرات بالاتر گروه غیرخطی، این روش آموزشی در مقایسه با روش خطی سبب نمرات بهتر تعادل ایستا (با چشم باز و بسته) در کودکان فلج مغزی همی پلاژی شد.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۳۱	نتیجه‌گیری: به طور کلی نتایج تحقیق حاضر بر اهمیت آموزش غیرخطی در بهبود تعادل ایستای کودکان فلج مغزی همی پلاژی تأکید دارد و نتایج تأییدی بر رویکرد قیودمحور است.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۱/۰۱	
کلیدواژه‌ها: روش آموزش خطی، روش آموزش غیرخطی، تعادل ایستا، فلج مغزی همی پلاژی.	

استناد: پورآذر، مرتضی؛ همایون نیا فیروزجاه، مرتضی؛ (۱۴۰۴). تأثیر روش آموزش خطی و غیرخطی بر قابلیت تعادل ایستای کودکان فلج مغزی همی پلاژی. نشریه رشد و یادگیری حرکتی ورزشی، ۱۷(۱)، ۶۹-۸۲.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jsmdl.2024.376022.1777>

این نشریه علمی رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کپی‌رایت CC BY-NC 4.0 به نویسندگان واگذار کرده است. تارنما: <https://jsmdl.ut.ac.ir> | رایانامه: jsmdl@ut.ac.ir



ناشر: انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان.

مقدمه

منظور از فلج مغزی^۱ طبقه‌ای از اختلالات عصبی غیر پیشرونده است که دارای تأثیرات دائمی بر توانایی‌های حسی - حرکتی افراد می‌شود و در نوزادی یا اوایل کودکی ظاهر می‌شود (پورآذر و همکاران، ۲۰۲۳). بیشترین نوع فلج مغزی شامل همی‌پلاژی یا فلج ناکامل یک سمت بدن است و کودک مبتلا دچار اختلالات حسی و حرکتی در سمت مبتلا است که در حدود یک‌سوم کودکان مبتلا به فلج مغزی مشاهده می‌شود (برادی و گراسیا، ۲۰۰۹).

تبادل زمانی روی می‌دهد که افراد سعی می‌کنند وضعیت قامت خود را به‌صورت هماهنگ حفظ کنند و این مورد زمانی رخ می‌دهد که بدن در مسیر انحراف از خط مرکز گرانشی در صفحه پایه قرار می‌گیرد. تبادل ایستا یکی از انواع تبادل است که به حس تبادل در هنگام حفظ قامت درجا بر روی یک پا بدون حرکت مربوط می‌شود (پورآذر و همکاران، ۲۰۲۳). عوامل متعددی در ایجاد نوسانات غیرعادی بدن نقش دارند که یکی از این عوامل فلج مغزی است.

به‌طور معمول، الگوهای تعادلی مشابه بزرگسالان در کودکان طبیعی بین ۷ تا ۱۰ سالگی کسب می‌شود. در مقابل، کودکان و نوجوانان مبتلا به فلج مغزی، کسب ناقص پاسخ‌های تعادلی به‌همراه تأخیرهای نامناسب و فعالیت عضلانی بی‌موقع نسبت به آشفتگی‌ها را نشان می‌دهند (پورآذر و همکاران، ۲۰۲۱). یکی از علت‌های مشکلات تعادلی، سفت شدن مفاصل این کودکان است. علت شایع دیگر اسپاسم است که در موارد خفیف تعادل به پشت و در موارد پیشرفته تعادل به جلو و تعادل جانبی را مختل می‌کند (چویی^۳ و همکاران، ۲۰۱۹). با توجه به موارد ذکرشده، یکی از اختلالات شایع در کودکان فلج مغزی همی‌پلاژی ضعف در کنترل قامت است، به‌طوری‌که در هنگام ایستادن عمودی با مشکلاتی در یکپارچگی حواس روبه‌رو هستند و این مورد سبب تأخیر و انحراف آنها در اکتساب و تکامل مهارت‌های حرکتی می‌شود (کاکس^۴ و همکاران، ۲۰۲۲). کودکان فلج مغزی همی‌پلاژی دارای برخی مشکلات عصبی - عضلانی مانند اختلال در کنترل حرکتی، وجود تون عضلانی غیرطبیعی، محدودیت اسکلتی عضلانی مانند ناهنجاری‌های استخوانی، عدم تعادل بین عضلات موافق و مخالف، ضعف و اختلالات حسی‌اند (کاکس و همکاران، ۲۰۲۲). این کودکان به‌صورت تدریجی یاد می‌گیرند که فعالیت‌ها را منحصراً با سمت سالم خود انجام دهند که دلیل آن تجارب منفی ناشی از کاربرد اندام سمت مبتلا، ترس و خجالت از انجام نامناسب فعالیت‌ها با اندام مبتلا و همچنین ناکافی بودن و یا فقدان تجارب حسی - حرکتی طبیعی است (پورآذر و همکاران، ۲۰۲۱).

معمول‌ترین رویکرد آموزش مهارت‌های حرکتی، رویکرد سنتی خطی است (موی، رنشاو و دیویدز^۵، ۲۰۱۴). در این روش، برای کسب مهارت‌ها از تقلید با استفاده از روش‌های آشکار یا تکرار دستورهای کلامی برای رسیدن به هدف تکلیف استفاده می‌شود (آبرنتی^۶ و همکاران، ۲۰۰۷). بر اساس این رویکرد آموزشی، برای کسب یک مهارت همیشه باید از الگوهای حرکتی ایده‌آل مختص همان تکلیف استفاده کرد و مربیان در خلق مجدد الگوی حرکتی موردنظر به یادگیرنده کمک می‌کنند (ویلیامز و هاگز^۷، ۲۰۰۵). در این رویکرد، تغییرپذیری به‌عنوان خطای اندازه‌گیری تلقی شده و باید کنار گذاشته شود، چراکه مانع همسانی در حرکت می‌شود (رانگانتان و نیول^۸، ۲۰۱۳). از معایب این رویکردهای آموزشی سنتی به ویژه برای افراد دارای ناتوانایی‌های جسمی (نظیر کودکان فلج مغزی) می‌توان به این مورد اشاره کرد که تا اندازه‌ای خسته‌کننده‌اند و قادر به تحریک علاقه شرکت‌کنندگان نیستند (ورناداکیس^۹ و همکاران، ۲۰۱۲). از رویکردهای آموزشی جدید که اخیراً توجه محققان زیادی را به خود جلب کرده، رویکرد آموزش غیرخطی است. در این رویکرد نحوه اجرای تکالیف به نحوی است که کودک اجازه دارد الگوهای مختلف را بررسی و کشف کرده و در خصوص مناسب‌ترین الگو با توجه به محدودیت‌های منحصربه‌فرد خود تصمیم‌گیری کند (چاو^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۶). اساس رویکرد آموزش غیرخطی ریشه در روانشناسی بوم‌شناختی و نظریه سیستم‌های پویا دارد. براساس نظریه سیستم‌های پویا رشد مهارت‌های حرکتی بنیادی فرایندی پویا و غیرخطی است و کارآمدی الگو با

1. Cerebral Palsy
2. Brady & Garcia
3. Choi
4. Cox

5. Moy, Renshaw & Davids
6. Abernethy
7. Williams & Hodges
8. Ranganathan, R., Newell

9. Vernadakis
10. Chow

توجه به تکلیف پیش رو تغییر می‌کند و بر الگوی بالیده تأکید زیادی نمی‌شود (گالاهو و همکاران، ۱۹۸۹). رویکرد غیرخطی بر دستکاری قیود در حال تعامل فرد، تکلیف و محیط استوار است تا در ظهور الگوهای حرکتی مختلف به آنان کمک کند. روش آموزش غیرخطی از طریق بررسی راه‌حل‌های حرکتی مختلف با دستکاری قیود تکلیف مانند دستورالعمل‌ها، قوانین فعالیت و تجهیزات (نظیر توپ‌ها، اندازه زمین و راکت) کودک را به انتخاب مناسب‌ترین راه تشویق می‌کند (لی^۱ و همکاران، ۲۰۱۴)، از این رو فرض اینکه رویکرد آموزش غیرخطی در مقایسه با رویکرد آموزش سنتی به ایجاد راه‌حل‌های متنوع‌تری در اکتساب مهارت‌های حرکتی منجر شود، منطقی به نظر می‌رسد (اسکالهورن، هگن و دیویدس^۲، ۲۰۱۲) ولی تحقیقات بیشتری نیاز است تا این فرضیه بررسی دقیق شود.

بهبود قابلیت‌های تعادلی کودکان فلج مغزی در تحقیقات پیشین نشان داده شده است. برای مثال پورآذر و همکاران (۲۰۲۱ و ۲۰۲۳) نشان دادند که تمرینات حرکتی از طریق تمرینات مجازی و بازخوردی سبب بهبود قابلیت‌های تعادلی در کودکان فلج مغزی می‌شود. شاموی-کوک^۳ و همکاران (۲۰۰۳) اثرات تمرین انبوه بر کنترل تعادل شش کودک ۷ تا ۱۲ ساله مبتلا به فلج مغزی (چهار پسر و دو دختر) را بررسی کردند. نتایج حاکی از پیشرفت معنادار تمامی کودکان در قابلیت بازگشت به وضعیت تعادلی را نشان داد و این پیشرفت پس از ۳۰ روز از تکمیل تمرینات نیز همچنان مشاهده شد. کیم^۴ و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر تعادل در کودکان فلج مغزی همی‌پلاژی را بررسی کردند. آزمودنی‌ها به مدت ۱۲ جلسه (سه جلسه ۱۵ دقیقه‌ای در هفته، به مدت چهار هفته) تحت تمرین قرار گرفتند. نتایج تحقیق آنها حاکی از بهبود وضعیت تعادلی آزمودنی‌ها پس از انجام تمرینات ثبات مرکزی بود.

در سال‌های اخیر علی‌رغم افزایش توجه پژوهشگران به رویکرد آموزش غیرخطی تحقیقات محدودی در چند رشته ورزشی انجام گرفته است. برای مثال اثربخشی رویکرد آموزش غیرخطی در رشته‌های ورزشی فوتبال (اسکالهورن، هگن و دیویدس، ۲۰۱۲)، مهارت ضربه فوره‌ند تیس (لی و همکاران، ۲۰۱۴)، شنای قورباغه (کومار^۵ و همکاران، ۲۰۱۴) نشان داده شده است. از طرفی، تحقیق سحر^۶ و همکاران (۲۰۱۷) نیز حاکی از اثربخشی رویکرد آموزش غیرخطی در بهبود مهارت‌های بنیادی در کودکان عادی بود. با وجود این، تحقیقی یافت نشد که به بررسی رویکرد آموزش خطی و غیرخطی بر کودکان دارای ناتوانایی جسمی نظیر کودکان فلج مغزی در خصوص تأثیر این نوع روش‌های تمرینی بر بهبود مهارت‌های حرکتی آنها پرداخته باشد. این در حالی است که بر اساس تحقیقات انجام‌شده، این دسته از مهارت‌های بنیادی در کودکان نسبت به سایر مهارت‌های حرکتی بنیادی دچار ضعف و عقب‌ماندگی بیشتری است، به نحوی که این مهارت‌ها نسبت به سایر مهارت‌های بنیادی نیازمند هماهنگی چشم - دست و چشم - پا بوده و از نظر محققان نیازمند تمرین تخصصی و ساختار بندی شده است. تعیین اثربخشی رویکرد آموزشی غیرخطی در مقابل روش‌های سنتی می‌تواند روزنه جدیدی در آموزش مهارت‌های بنیادی برای کودکان مبتلا به فلج مغزی ایجاد کند. بنابراین محقق در پژوهش حاضر در پی پاسخگویی به این مسئله است که آیا رویکردهای آموزشی خطی و غیرخطی می‌تواند نتایج متفاوتی در بهبود تکلیف تعادل ایستا در کودکان فلج مغزی داشته باشد.

روش‌شناسی پژوهش

شرکت‌کنندگان

جامعه آماری تحقیق حاضر شامل تمامی دانش‌آموزان مبتلا به فلج مغزی همی‌پلاژی مدارس استثنایی در شهر تهران بودند. از طریق روش نمونه‌گیری در دسترس ۲۰ نفر از دانش‌آموزان پسر مبتلا به فلج مغزی اسپاستیک همی‌پلاژی در دامنه سنی ۷ تا ۱۲ سال (ولف و همکاران، ۲۰۰۳) که داوطلب شرکت در این تحقیق بودند، به عنوان نمونه انتخاب شدند و به‌طور تصادفی در دو گروه خطی و غیرخطی قرار گرفتند (۱۱). معیارهای ورود به تحقیق شامل ۱. ابتلا به فلج مغزی اسپاستیک همی‌پلاژی (سطح یک تا سه که بر اساس مقیاس تقسیم‌بندی

¹. Lee

². Schöllhorn, Hegen & Davids

³. Shumway Cook

⁴. Kim

⁵. Komar

⁶. Sahar

عملکرد حرکتی درشت^۱ (GMFCS) تعیین می‌شود، ۲. جنسیت (تنها پسران)، ۳. سن (بین ۷ تا ۱۲ سال) بود. معیارهای خروج هم شامل داشتن درجات اسپاسیتی شدید (امتیاز ۴+ از مقیاس تعدیل شده اشورث^۲)، ۲. ابتلا به بیماری‌های تخریب عصبی، ۳. آسیب‌های جراحی سر، ۴. نقص بینایی و شنوایی و ۵. عقب‌ماندگی ذهنی (متوسط تا شدید) بود.

ابزار

از آزمون شارپند رومبرگ به منظور اندازه‌گیری تعادل ایستا استفاده شد که دارای روایی بالایی برای ارزیابی تعادل است (میرآخوری و همکاران، ۲۰۲۱). روایی این آزمون در حالت چشم بسته $0.77 - 0.76$ و در حالت چشم باز برابر $0.91 - 0.90$ گزارش شده است (پائولا و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین برای تعیین پایایی آزمون تعادل ایستا از روش آزمون-آزمون مجدد استفاده شد که ضریب پایایی پیرسون بین دو مرحله آزمون محاسبه شد (برای آزمون شارپند رومبرگ با چشمان باز برابر با $r=0.83$ و آزمون شارپند رومبرگ با چشمان بسته برابر با $r=0.95$).

روند اجرای پژوهش

در ابتدای پژوهش از تمامی والدین شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه کتبی اخذ شد. سپس آزمونگر نحوه اجرای تمرینات و آزمون‌ها را به تمامی آزمودنی‌ها نمایش و آموزش می‌داد. آزمون تعادلی به این صورت انجام گرفت که کودکان فلج مغزی حاضر در پژوهش پس از گرم کردن، با پای برهنه طوری هر دو پا را در یک خط قرار می‌دادند و پای برتر را جلوتر از پای دیگر و بازوها را به صورت ضربدری روی سینه قرار می‌دادند. پیش از شروع ارزیابی هریک از آزمودنی‌ها به منظور آشنایی با تکلیف چندین مرتبه به تمرین پرداختند. امتیاز فرد شامل مدت زمانی است که قادر به حفظ این وضعیت با چشم باز و بسته باشد. پس از چند دقیقه استراحت، هر یک از آزمودنی سه مرتبه با چشمان باز و سه مرتبه با چشمان بسته به اجرا آزمون پرداختند و میانگین سه تکرار به عنوان رکورد وی ثبت می‌گردید. در مرحله پیش‌آزمون، اندازه‌گیری‌های مربوط به تعادل ایستا از کودکان مبتلا به فلج مغزی در گروه‌های خطی و غیرخطی صورت گرفت، تمامی آزمون‌های تعادلی در یک جلسه انجام گرفت.

برنامه تمرینی تعادل برای شرکت‌کنندگان حاضر در هریک از گروه‌های تمرینی خطی و غیرخطی بر اساس تقسیم‌بندی حرکتی جنتایل انجام گرفت، به نحوی که تمرینات شامل سه دسته فعالیت‌های ایستادگی، انتقالی و راه رفتن بود (قربانی و همکاران، ۲۰۲۱). پنج دقیقه ابتدا و انتهای هر جلسه تمرینی به گرم کردن و سرد کردن بدن آزمودنی‌ها اختصاص داده شد تا از هرگونه آسیب احتمالی جلوگیری شود. پروتکل تمرینی پژوهش حاضر شامل موارد ذیل بود: ایستادن روی سطح اتکا باریک با چشمان باز و بسته، راه رفتن روی سطح اتکا باریک، ایستادن به صورت خردار با چشمان باز و بسته، راه رفتن دور موانع و به طرفین و عقب، نشستن و برخاستن، ایستادن از حالت نشسته و راه رفتن، اداکشن و اداکشن ران، راه رفتن و نگاه داشتن یک کتاب روی سر، قدم برداشتن از طرفین، ضربه زدن به توپ در حالت ایستاده، راه رفتن و ضربه زدن به توپ، پرتاب توپ درون سبد در حالت ایستاده (قربانی و همکاران، ۲۰۲۱).

ابتدا شکل اجرای مهارت توسط یک فرد ماهر به آزمودنی‌های حاضر در دو گروه نمایش داده شد. بر اساس رویکرد آموزش خطی که به عنوان یک سیستم خطی برگرفته از دیدگاه سنتی است، شیوه انجام تمرین به این صورت بود که فرد مبتلا به فلج مغزی یک الگوی حرکتی ایده‌آل را کسب کند، از این رو تمرینات تعادلی ذکر شده در بالا (فعالیت‌های ایستادگی، انتقالی و راه رفتن) را بدون تغییر در قیود فردی، محیطی و تکلیف به مدت یک ساعت در هر جلسه تمرینی انجام می‌داد. به نحوی که برای کودک مبتلا به فلج مغزی حاضر در گروه آموزش خطی، ابتدا حرکات دست‌ها و پاها به صورت مجزا و در مرحله بعدی به صورت یک حرکت کلی با توضیحات کامل و دقیق

^۱ Gross Motor Function Classification System

^۲ Modified Ashworth Scale (MAS)

نمایش داده می‌شد و سپس از وی خواسته می‌شد تا دقیقاً همان حرکت را تقلید کند (رابرتز^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). از طرفی، در شرایط آموزش غیرخطی که تأکید بر تغییرپذیری در طول تمرین و نتیجه متمرکز است برای شرکت‌کنندگان حاضر در رویکرد آموزش غیرخطی، دستکاری قیود محیطی و تکلیف در هر دو موقعیت چشم باز و چشم بسته به روش‌های زیر اعمال شد: مدت زمان ایستادن تعادلی (۲۰، ۴۰ و ۶۰ ثانیه)، فاصله گام‌ها (کوتاه، متوسط و بلند)، مسافت راه رفتن (۳، ۴ و ۵ متر)، تغییر مسیر راه رفتن (مستقیم، مورب، مارپیچ)، تغییر اندازه توپ (کوچک، متوسط و بزرگ)، تغییر ابعاد هدف (۳۰*۳۰ سانتی‌متر، ۵۰*۵۰ سانتی‌متر و ۷۰*۷۰ سانتی‌متر) (قربانی و همکاران، ۲۰۲۱). محقق در شرایط غیرخطی میزان سختی تکلیف را از طریق تغییرپذیری قیود فردی (سن، قد و آمادگی) تعیین می‌کرد. به عنوان مثال، در تکلیف راه رفتن تعادلی، محقق با تغییر دادن مسافت مسیر، فاصله گام‌ها، سرعت گام‌برداری و ... به عنوان قیود، تمرینات را طراحی کرد. این دستکاری‌ها در هر جلسه تمرین برای همه افراد گروه غیرخطی انجام گرفت که تغییرپذیری و هماهنگی کارکردی را تشویق می‌کرد. هر کدام از افراد برای هر دستکاری ۱۰ کوشش تمرینی انجام دادند و پیش از اجرای تمرین به آنها این نکته یادآوری شد که نتیجه تمرینات تعادلی با حالت طبیعی اجرا هیچ تفاوتی نباید داشته باشد. شرکت‌کنندگان در این گروه دستورالعمل‌هایی بر اساس میزان پیشرفت در هر دور تمرینی دریافت کردند و در صورت تأیید، به مرحله بعدی هدایت شدند (لی^۲ و همکاران، ۲۰۱۴). به منظور اطمینان از رویکرد غیرخطی، برنامه اجرایی جلسات تمرینی بر اساس چک‌لیست برگرفته از کتاب چاو و همکاران (۲۰۱۵) ارزیابی شد (قربانی و همکاران، ۲۰۲۱).



شکل ۱. تکلیف راه رفتن تعادلی

مداخلات تمرینی برای هر دو گروه آموزش خطی و غیرخطی به مدت چهار هفته، یک روز در میان به مدت یک ساعت بود. محیطی آرام برای کلیه مراحل تمرین در نظر گرفته شد. تمرینات و آزمون‌ها در یک نوبت (صبح‌ها) انجام گرفت. پس از اتمام دوره تمرینی، مجدداً شاخص‌های مربوط به تعادل ایستا در آزمودنی‌های گروه آموزش خطی و غیرخطی ارزیابی شد.

روش آماری

بررسی شاخص‌های مرکزی و پراکندگی گروه‌های تحقیق (میانگین و انحراف معیار) در بخش آمار توصیفی صورت گرفت. آزمون شاپیرو ویلک به منظور آگاهی از طبیعی بودن توزیع داده‌ها، آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس‌ها، آزمون تحلیل کوواریانس به منظور مقایسه نمرات تعادل ایستا (با چشم باز و بسته) در مرحله پس‌آزمون با کنترل اثر پیش‌آزمون نیز در بخش آمار استنباطی استفاده شدند. از نرم‌افزار اس پی اس اس ۱۸ برای تجزیه و تحلیل‌های آماری و از نرم‌افزار اکسل برای رسم نمودارها استفاده شد. سطح معناداری برای تمامی متغیرها $p < 0.05$ در نظر گرفته شد.

¹- Roberts et al

²- Lee

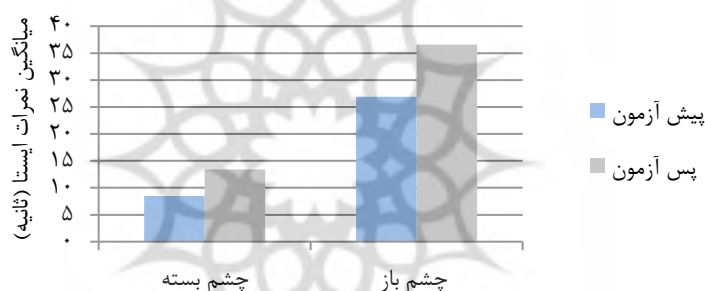
یافته‌های پژوهش

در جدول ۱ ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها نشان داده شده است.

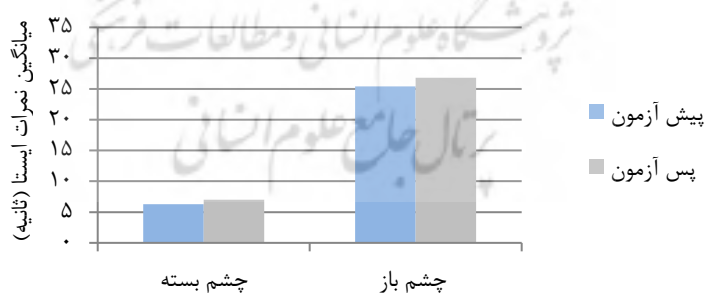
جدول ۱. شاخص‌های دموگرافیک شرکت‌کنندگان

متغیرها	گروه‌ها	تعداد (نفر)	میانگین	انحراف استاندارد
سن	تجربی	۱۰	۸/۴	۱/۲
	کنترل	۱۰	۷/۹	۱/۷۵
قد	تجربی	۱۰	۱۴۷/۲	۹/۳۵
	کنترل	۱۰	۱۳۹/۴	۸/۴۱
وزن	تجربی	۱۰	۳۲/۶	۶/۲۵
	کنترل	۱۰	۳۵/۳	۵/۳۳

بر اساس نتایج آزمون t مستقل، در هیچ‌یک از شاخص‌های دموگرافیک بین کودکان فلج مغزی همی‌پلاژی در دو گروه روش آموزش خطی و روش آموزش غیرخطی تفاوت معناداری وجود نداشت. میانگین نمرات تعادل ایستا (چشم بسته و چشم باز) در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه‌های آموزش خطی و غیرخطی کودکان فلج مغزی همی‌پلاژی در شکل‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌شود.



شکل ۲. میانگین نمرات تعادل ایستا در گروه آموزش غیرخطی



شکل ۳. میانگین نمرات تعادل ایستا در گروه آموزش خطی

بر اساس نتایج آزمون شاپیرو-ویلک، نرمال بودن توزیع داده‌های پیش‌آزمون در متغیرهای مورد بررسی تأیید شد. بر اساس نتایج آزمون لون، در مرحله پس‌آزمون متغیرهای تعادل ایستا با چشم بسته ($F(1,18) = 2/58, p = 0/125$) و چشم باز ($F(1,18) = 1/58, p = 0/225$) همگنی واریانس‌ها تأیید شد ($p > 0/05$). همچنین، برابری ماتریس‌های کوواریانس در بین متغیرهای وابسته در مرحله پس‌آزمون از طریق آزمون M باکس تأیید شد ($F(3, 5/832) = 2/21, p = 0/059$). در ادامه نتایج آزمون تحلیل واریانس چندمتغیری (MANCOVA) در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون مانکوا

نام آزمون	مقدار	df فرضیه	df خطا	F	sig	مجذور اتا	توان آماری
اثر پیلاهی	۰/۷۷۳	۲	۱۵	۲۷/۱۸۲	۰/۰۰۱	۰/۷۷۳	۱/۰۰

همان گونه که در جدول ۲ ملاحظه می شود، بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس چندمتغیری (MANCOVA)، بین روش های تدریس (آموزش خطی و آموزش غیرخطی) حداقل در یکی از متغیرهای وابسته (تعادل ایستا با چشم بسته یا باز) - پس از کنترل نمرات مرحله پیش آزمون - تفاوت معناداری وجود دارد ($F=36/917, p=0/001$). در جدول ۳ نتایج آزمون تحلیل کوواریانس یکراهه در متن مانکوا گزارش شده است تا مشخص شود که بین دو روش تدریس خطی و غیرخطی در کدام متغیر تعادلی تفاوت وجود داشته است.

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس یکراهه در متن مانکوا

متغیر	منبع تغییرات	مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	p	مجذور اتا
چشم بسته	پیش آزمون	۹/۵۶۸	۱	۰/۶۳۸	۱/۱۰۶	۰/۳۰۹	۰/۰۶
	گروه	۷۵/۶۴۶	۱	۷۵/۶۴۶	۸/۶۲۹	۰/۰۱۰	۰/۳۵
	خطا	۱۳۸/۰۵	۱۶	۸/۶۵۰	-	-	-
	مجموع	۳۰۴۲	۲۰	-	-	-	-
باز	پیش آزمون	۲۷/۷۴۰	۱	۲۷/۷۴۰	۳/۲۳	۰/۰۸۳	۰/۱۷
	گروه	۲۳۹/۸۸۳	۱	۲۳۹/۸۸۳	۳۲/۸۳۶	۰/۰۰۱	۰/۶۷
	خطا	۱۱۶/۸۸۸	۱۶	۷/۳۰۵	-	-	-
	مجموع	۱۶۰۰	۱۹	-	-	-	-

بر اساس نتایج آزمون کوواریانس یکراهه در متن مانکوا، بین دو روش تدریس خطی و غیرخطی در تعادل ایستا با چشم بسته ($F=8/629, p=0/010$) و تعادل ایستا با چشم باز ($F=32/836, p=0/001$) کودکان مبتلا به فلج مغزی تفاوت معناداری وجود داشت. از این رو با توجه به مقادیر اندازه اثر در هریک از موقعیت های آزمون (چشم بسته = ۰/۳۵، چشم باز = ۰/۶۷) که حاکی از میزان تأثیر تغییرات متغیر مستقل (تمرینات خطی/غیرخطی) بر متغیر وابسته (تعادل ایستا) است می توان گفت که تمرینات تعادلی با استفاده از روش تدریس غیرخطی سبب پیشرفت تعادل کودکان فلج مغزی در مقایسه با روش تدریس خطی در هر دو موقعیت چشم بسته و چشم باز شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر، مقایسه تأثیر آموزش خطی و غیرخطی بر قابلیت تعادل ایستای کودکان فلج مغزی همی‌پلاژی بود. بر اساس نتایج پژوهش حاضر تمامی کودکان فلج مغزی همی‌پلاژی حاضر در دو گروه آموزش خطی و غیرخطی پیشرفت شایان توجهی در مرحله اکتساب تعادل ایستا داشتند. این یافته با نتایج نیلسن^۱ (۲۰۲۳) و چانگ^۲ و همکاران (۲۰۱۴) همراستاست. در پژوهش چانگ و همکاران (۲۰۱۴) که با استفاده از فرایند دستکاری قیود به آموزش مهارت فوره‌ند تنیس به دو روش خطی و غیرخطی پرداختند، هر دو گروه در رسیدن به نتایج تکلیف عملکرد یکسانی داشتند. همچنین در پژوهش علیزاده و محمدزاده (۲۰۱۹) که به بررسی نقش دستکاری قیود تکلیف (تغییر در فضای بازی، اندازه توپ، ارتفاع حلقه و تغییر در قوانین بازی) بر یادگیری مهارت‌ها و راهبردهای بسکتبال به روش آموزش غیرخطی پرداختند، آزمودنی‌ها پس از آموزش راهبردها و مهارت‌های بسکتبال نسبت به زمان قبل از آموزش خود عملکرد بهتری داشتند (احمدی و الهی‌پناه، ۲۰۲۱).

از طرفی، بر اساس نتایج پژوهش حاضر بین اثر آموزش خطی و غیرخطی بر میانگین امتیازات تعادل ایستای کودکان فلج مغزی در مرحله یادداری و انتقال تفاوت معناداری وجود داشت و گروه آموزش غیرخطی نمرات بالاتری را کسب کردند. این یافته با نتایج تحقیقات پیشین نظیر پورآذر و همکاران (۲۰۲۱ و ۲۰۲۳)، ترابی و ممتازی (۲۰۲۲)، رابرتز، رود و ریوس^۳ (۲۰۲۰)، کومار^۴ و همکاران (۲۰۱۹) و ماچادو^۵ و همکاران (۲۰۱۹) همراستاست. موسوی و همکاران (۲۰۱۹) اثربخشی روش آموزش غیرخطی در رسیدن به نتایج تکلیف و خلق الگوهای حرکتی متناسب با ویژگی‌های یادگیرندگان را نشان دادند. همچنین در پژوهش علیزاده و محمدزاده (۲۰۱۹) تفاوت اثر آموزش بسکتبال با دستکاری قیود تکلیف و بدون دستکاری قیود تکلیف بر یادگیری مهارت‌ها و راهبردهای بازی بسکتبال نشان داده شد که بیانگر نقش مثبت دستکاری قیود تکلیف بود. بر اساس نظریه پویایی‌های بوم شناختی (ترکیبی از ادراک مستقیم و زمینه پویا)، اثربخشی رویکرد آموزش غیرخطی را می‌توان به دلیل ایجاد فراهم‌سازهای حرکتی از طریق دستکاری قیود به‌ویژه قیود تکلیف، در نظر گرفتن پیچیدگی‌های کسب مهارت و تمایلات ذاتی افراد در تحقق اهداف و رسیدن به نتایج دلخواه تکلیف دانست. بنابراین، برای رسیدن به هدف و موفقیت نیازی به تقلید از الگو و مدل نیست، چراکه کودکان فلج مغزی حاضر در گروه رویکرد آموزش غیرخطی از طریق تشویق به کاوش و داشتن تنوع نمرات بهتری را کسب کردند (لی و همکاران، ۲۰۱۴).

یکی از اصل‌های مهم در آموزش کودکان فلج مغزی این است که محتوای آموزشی را در قالب فعالیت‌های دلخواه آنها طراحی کنیم، چراکه ایجاد انگیزه برای این دسته از کودکان با توجه به محدودیت‌های حرکتی موجود از اهمیت زیادی در ادامه روند توانبخشی آنها برخوردار است. انگیزه بالاتر کودکان فلج مغزی گروه آموزش غیرخطی در تداوم پرداختن به فعالیت‌ها را می‌توان به علاقه انجام فعالیت‌های دلخواه در روش غیرخطی با توجه به محدودیت‌های حرکتی آنها مرتبط دانست. پورآذر و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند کودکان فلج مغزی از طریق قرار گرفتن در محیط واقعیت مجازی علاقه و انگیزه بالاتری برای ادامه فعالیت‌ها نسبت به محیط واقعی اجرای حرکات دارند و این مورد با نمرات بالاتر تعادلی آنها همراه بود. همچنین در تحقیق پورآذر و همکاران (۲۰۲۳) کودکان حاضر در گروه بازخورد خودکنترلی که آزادی عمل بالاتری در انتخاب نوع و میزان بازخورد داشتند، نتایج بهتری در آزمون تعادل پویا کسب کردند. در صورت توجه به مهارت حل مسئله و تفکر خلاق می‌توان شرایط بهتری را برای آموزش به‌ویژه برای کودکان فلج مغزی طراحی کرد. بر اساس یافته‌های پژوهش محمدی اورنگی و همکاران (۲۰۲۵)، رویکرد آموزش غیرخطی به خلاقیت بالاتر آزمودنی‌ها منجر شد و بیان کردند دستکاری قیود به دلیل ماهیت اکتشافی بودن و کمک به حل چالش‌های حرکتی برای ارتقای خلاقیت کمک‌کننده است. اثربخشی رویکرد آموزش غیرخطی را می‌توان به ویژگی‌هایی نظیر تنوع و انگیزش مرتبط دانست. در این روش تمرینی فراهم ساختن تجارب حرکتی متنوع و متناسب برای رشد همه‌جانبه هر کودک در اولویت قرار دارد و بر نتایج حرکت بیشتر از شکل حرکت تأکید می‌شود و سعی بر ظهور الگوی اختصاصی منحصر به هر فرد است (ترابی و ممتازی، ۲۰۲۲). از طرفی، همان‌گونه که اشاره شد، ایجاد انگیزش از عوامل کیفی مهم در برنامه آموزشی کودکان

¹: Nielsen

²: Chang

³: Roberts, Rudd & Reeves

⁴: Komar

⁵: Machado

مبتلا به فلج مغزی محسوب می‌شود. از این رو از ویژگی‌های روش غیرخطی آموزش می‌توان علاوه بر تنوع حرکات به افزایش سطوح انگیزش و لذت از فعالیت بدنی اشاره کرد که تمامی این موارد به رشد خودپنداره جسمانی در کودکان مبتلا به فلج مغزی منجر شده و تداوم مشارکت آنها در فعالیتهای آینده را در پی دارد. نمرات بهتر کودکان فلج مغزی حاضر در گروه آموزش غیرخطی را می‌توان از طریق دیدگاه گیسون یعنی ارتباط بین اطلاعات و حرکت نیز توجیه کرد. بر اساس این دیدگاه، تمرین مؤثر باید براساس یکپارچگی کارکردی خرده سیستم‌های ادراک و عمل یادگیرنده سازماندهی شود. به این معنی که تمرین باید در شرایط کم و بیش پویا با تمامی منابع اطلاعات کلیدی برای یادگیرنده‌ها انجام گیرد و مربیان آموزشی باید از راهبردهای ساده‌سازی استفاده کنند. ساده‌سازی، یعنی شبیه‌سازی شرایط تمرین با شرایط طبیعی اجرا به نحوی که متغیرهای کلیدی نظیر سرعت، فاصله و نیروهای حرکت افراد و اشیاء کاهش یابد (رابرتز و همکاران، ۲۰۲۰).

آنها که به بررسی اثر آموزش غیرخطی بر عملکرد سرویس بک‌هند کوتاه بدمینتون پرداختند، با وجود پیشرفت هر دو گروه خطی و غیرخطی نسبت به پیش‌آزمون، تفاوتی در نمرات دقت اجرای سرویس بین گروه‌ها وجود نداشت. ممکن است دلیل تناقض یافته‌ها در پژوهش آنها رویکردهای تمرینی و تکالیف متفاوت در مقایسه با تحقیق حاضر باشد. در پژوهش موسوی و همکاران (۲۰۱۹) هرچند دقت اجرا و الگوی معیار بین گروه خطی و غیرخطی تفاوت معناداری نداشت، اما گروه غیرخطی نمرات بهتری را در هر دو مرحله پس‌آزمون و یادداری کسب کرد که مشابه نتایج بهتر کودکان فلج مغزی گروه آموزش غیرخطی در آزمون‌های یادداری و انتقال پژوهش حاضر است. رویکرد غیرخطی با قوانین آموزش سنتی خطی که بر محیط‌های ثابت آموزشی تأکید دارند، متناقض است.

مطابق دیدگاه گیسون، چالش مربیان آموزشی طراحی فعالیتهایی است که به یادگیرنده‌ها در فرایند جفت شدن اطلاعات حرکت کمک کند، درحالی که قیود اطلاعاتی بر یادگیرنده را کنترل می‌کنند (اسپازلازو^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). استفاده از قیود تکلیف و دستکاری آنها به یادگیرندگان اجازه می‌دهد با موفقیت حرکاتشان را با منابع اطلاعاتی حیاتی در زمینه‌های خاص جفت کنند. مهم‌ترین سود برای یادگیرندگان از طریق آموزش رویکرد غیرخطی این است که آنها را محل مناسب برای قیود جدید تکلیف را خودشان پیدا کنند. از طرفی، انتقال‌پذیری مهارت‌ها در یادگیرندگان بهبود می‌یابد، زیرا آنها مجبورند الگوهای هماهنگی را با زمینه جدید سازگار کنند (اسپازلازو و همکاران، ۲۰۲۳). به نظر می‌رسد که کودکان فلج مغزی پژوهش حاضر که تحت آموزش غیرخطی قرار گرفته بودند نیز توانستند از آثار مثبت حل مسئله و انتقال‌پذیری به موقعیت جدید استفاده کنند و نمرات بالاتر کودکان در آزمون‌های یادداری و انتقال بیانگر این مورد است. دیدگاه گیسون از این ایده حمایت می‌کند که یکپارچه‌سازی زیرسیستم‌های ادراک و تمرین برای سازماندهی یادگیرنده مهم است. به این معنا که تمرین باید شرایط پویایی و تمامی منابع کلیدی را برای یادگیرنده داشته باشد و شرایط ایجاد خلاقیت را در فرد ایجاد کند. این رویکرد برخلاف روش آموزش سنتی و قوانین آن است، زیرا آموزش سنتی بر ثابت بودن محیط و عدم پویایی آن تأکید دارد و معتقد است که با ایجاد محیط‌های ثابت بار اطلاعات دریافتی توسط یادگیرنده کاهش می‌یابد. در عوض، این رویکرد غیرخطی پیشنهاد می‌کند که مربیان باید از راهبردهای ساده‌سازی برای کاهش بار اطلاعاتی یادگیرنده استفاده کنند (اسپازلازو و همکاران، ۲۰۲۳).

همان‌طور که در بخش یافته‌ها اشاره شد برنامه تمرینی در رویکرد آموزش غیرخطی به بهبود تعادل ایستای کودکان فلج مغزی همی پلاژی منجر شد. اثربخشی رویکرد آموزش غیرخطی را می‌توان به ویژگی‌هایی نظیر تنوع و انگیزش مرتبط دانست. در این روش تمرینی فراهم ساختن تجارب حرکتی متنوع و متناسب برای رشد همه‌جانبه هر کودک در اولویت قرار دارد و بر نتایج حرکت بیشتر از شکل حرکت تأکید می‌شود و سعی بر ظهور الگوی اختصاصی منحصر به هر فرد است (نیلسن^۲، ۲۰۲۳). از طرفی، همان‌گونه که پیشتر اشاره شد، ایجاد انگیزش از عوامل کیفی مهم در برنامه آموزشی کودکان مبتلا به فلج مغزی محسوب می‌شود. از این رو از ویژگی‌های روش غیرخطی آموزش می‌توان علاوه بر تنوع حرکات به افزایش سطوح انگیزش و لذت از فعالیت بدنی اشاره کرد که تمامی این موارد منجر به رشد خودپنداره جسمانی در کودکان مبتلا به فلج مغزی شده و تداوم مشارکت آنها در فعالیتهای آینده را در پی دارد.

^۱ Espoz-Lazo

2. Nielsen

از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به دامنه سنی کودکان فلج مغزی در پژوهش حاضر اشاره کرد که تنها شامل کودکان ۷ تا ۱۲ ساله بود و نوع ابتلا که تنها فلج مغزی یکطرفه اسپاستیک را در برمی‌گرفت. از این رو نمی‌توان نتایج حاصل از این پژوهش را به تمامی افراد مبتلا به فلج مغزی تعمیم داد. در تحقیق حاضر تعادل ایستای کودکان فلج مغزی مورد بررسی قرار گرفت و در پژوهش‌های آتی می‌توان تأثیر روش آموزش خطی و غیرخطی را بر سایر عملکردهای حرکتی این قشر از کودکان (نظیر تعادل پویا و تعادل عملکردی) بررسی کرد. مربیان، کادر درمان‌ها و پزشکان فیزیوتراپ می‌توانند از طریق به کارگیری روش آموزش غیرخطی پژوهش حاضر به کودکان مبتلا به فلج مغزی همی‌پلاژی کمک کنند تا از طریق ایجاد موقعیت‌های تمرینی مشابه بتوانند مهارت‌های حرکتی خود را افزایش دهند و استقلال خود را تا حد ممکن در موقعیت‌های واقعی زندگی بهبود ببخشند.

تقدیر و تشکر

از تمامی شرکت‌کنندگان به دلیل مشارکت در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.

References

- Abernethy, B. R. U. C. E., Maxwell, J. P., Masters, R. S., Van Der Kamp, J., & Jackson, R. C. (2007). *Attentional processes in skill learning and expert performance. Handbook of sport psychology*, 3, 245-263. <https://doi.org/10.1002/9781118270011.ch11>
- Ahmadi, G., & Elahi Panah, F. (2021). The effect of linear and nonlinear training on the performance of selected basic motor skills in female students. *journal of motor and behavioral sciences*, 4(2), 143-150. (In Persian)
- Alizadeh, L., & Mohammad Zadeh, H. (2019). The Role of Task Constraints Manipulation on Learning of Skills and Strategies of Basketball by Nonlinear Pedagogy (TGfU). *Motor Behavior*, 11(38), 115-128. <https://doi.org/10.22089/mbj.2018.4684.1547> (In Persian)
- Brady, K., & Garcia, T. (2009). Constraint-induced movement therapy: pediatric applications. *Dev Dis Res Rev*, 15, pp: 102-111. <https://doi.org/10.1002/ddrr.59>
- Chang, S. H., & YU, N. Y. (2010). Characterization of motor control in handwriting difficulties in children with or without developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(3), 244-250. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2009.03478.x>
- Choi, Y. H., Kim, J. D., Lee, J. H., & Cha, Y. J. (2019). Walking and balance ability gain from two types of gait intervention in adult patients with chronic hemiplegic stroke: A pilot study. *Assistive Technology*, 31(2), 112-115. <https://doi.org/10.1080/10400435.2017.1387616>
- Chow, J. Y., Davids, K., Button, C., & Renshaw, I. (2021). *Nonlinear pedagogy in skill acquisition: An introduction*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315813042>
- Cox, C. S., Jr., Juranek, J., Kosmach, S., Pedroza, C., Thakur, N., Dempsey, A., Savitz, S. I. (2022). Autologous cellular therapy for cerebral palsy: A randomized, crossover trial. *Brain Communications*, 4(3), fcac131. <https://doi.org/10.1093/braincomms/fcac131>
- Espoz-Lazo, S., Farías-Valenzuela, C., Hinojosa-Torres, C., Giakoni-Ramirez, F., Del Val-Martín, P., Duclos-Bastías, D., & Valdivia-Moral, P. (2023). Activating Specific Handball's Defensive Motor Behaviors in

- Young Female Players: A Non-Linear Approach. *Children*, 10(3), 469. <https://doi.org/10.3390/children10030469>
- Goodway, J. D. Ozmun, J. C. Gallahue D. L. Gallahue, D. L. (1989). Understanding motor development: infants, children. *Adolescents*, 200-236.
- Ghorbani marzoni, M. , bahram, A. , ghadiri, F. and yaali, R. (2021). The comparison of effectiveness Linear and Nonlinear Pedagogy on manipulation Motor Skills performance of children. *Motor Behavior*, 13(45), 91-112. <https://doi.org/10.22089/mbj.2019.6200.1703>
- Komar, J., Chow, J. Y., Chollet, D., & Seifert, L. (2014). Effect of analogy instructions with an internal focus on learning a complex motor skill. *Journal of Applied Sport Psychology*, 26(1), 17-32. <https://doi.org/10.1080/10413200.2013.771386>
- Lee, M. C. Y., Chow, J. Y., Komar, J., Tan, C. W. K., Button, C. (2014) Nonlinear Pedagogy: An Effective Approach to Cater for Individual Differences in Learning a Sports Skill. *PLoSONE*, 9(8): e104744. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104744>
- Machado, J. C., Barreira, D., Galatti, L., Chow, J. Y., Garganta, J., & Scaglia, A. J. (2019). Enhancing learning in the context of Street football: a case for Nonlinear Pedagogy. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 24(2), 176–189. <https://doi.org/10.1080/17408989.2018.1552674>
- Mirakhori, F., Pourazar, M., & Bagherzadeh, F. (2021). Improvement of Static Balance Through Virtual Reality Practices in Children with Cerebral Palsy. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, 12(4), 397-413. <https://doi.org/10.22059/jmlm.2017.236685.1271>(In Persian)
- Mohammadi Orangi, B., Shahbazi, M. and Bakhshinezhad, B. (2025). Comparison of Linear, Nonlinear, Differential, and TGFU Methods on Creativity and Decision-making in Futsal among Ordinary, DCD, and ADHD Children: A Focus on Inclusive Education. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*. <https://doi.org/10.22059/jsmdl.2025.383679.1801>(In Persian)
- Ghorbani marzoni, M. , bahram, A. , ghadiri, F. and yaali, R. (2021). The comparison of effectiveness Linear and Nonlinear Pedagogy on manipulation Motor Skills performance of children. *Motor Behavior*, 13(45), 91-112. <https://doi.org/10.22089/mbj.2019.6200.1703>(In Persian)
- Mousavi, S. K., Yaali, R., Bahram, A., & Abbasi, A. (2019). Effect of nonlinear pedagogy on the performance of the short backhand serve of badminton . *Research in Sport Management and Motor Behavior*, 9(18), 1-16.(In Persian)
- Nielsen, F. (2023). The Revolution of Skill Acquisition in Sports: Comparing Linear and Non-Linear Pedagogical Methods to Teach Adolescents the Wide Receiver Stance and Start in American Football.
- Paula, K., Yim-Chiplis, P.K., & Laura, A.T. (2000). “Defining and measuring balance in adults.” *Biological Research for Nursing*, 1, 321-331. <https://doi.org/10.1177/109980040000100>
- Pourazar, M., Bagherzadeh, F., & Mirakhori, F. (2021). Virtual reality training improves dynamic balance in children with cerebral palsy. *International journal of developmental disabilities*, 67(6), 429–434. <https://doi.org/10.1080/20473869.2019.1679471>
- Pourazar, M., Firoozjah, M. H., & Ardakani, M. D. (2023). Improving dynamic balance by self-controlled feedback in children with cerebral palsy. *Human movement science*, 90, 103123. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2023.103123>
- Ranganathan, R., Newell, KM. (2013). Changing Up the Routine: Intervention-Induced Variability in Motor Learning. *Exercise Sport Science Review*, 41(1): 64-70. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e318259beb5>

- Roberts, S.J., Rudd, J.R., Reeves, M.J. (2020). Efficacy of using non-linear pedagogy to support attacking players' individual learning objectives in elite-youth football: A randomized cross-over trial. *Journal of sports sciences*. 38(11-12):1454-64. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1609894>
- Sahar, F., & Chow, J. Y. (2017). Impact of nonlinear pedagogy to teaching Fundamental Movement Skills (FMS).
- Schollhorn, W., Hegen, P., & Davids, K. (2012). The nonlinear nature of learning- A differential learning approach. *The Open Sports Sciences Journal*, 5(1). <https://doi.org/10.2174/1875399X01205010100>
- Shumway Cook, A., Hutchinson, S., Kartin, D., & Woollacott, M. (2003). Effect of balance training on recovery of stability in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 45(9), pp: 591-602. <https://doi.org/10.1017/S0012162203001099>
- Torabi, F., & Momtazi, M. (2022). Comparison of the effect of linear and non-linear training on the coordination pattern of drop forehand badminton skills in adolescent girls. *Research in School and Virtual Learning*, 9(3), 53-62. <https://doi.org/10.30473/etl.2022.60517.3600>(In Persian)
- Vernadakis, N., Gioftsidou, A., Antoniou, P, et al. (2012). The impact of Nintendo Wii on physical education students' balance compared to the traditional approaches. *Comput Educ*, 59, pp: 196-205. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.01.003>
- Williams, A.M., Hodges, N.J. (2005). Practice, instruction and skill acquisition in soccer: Challenging tradition. *Journal of Sports Sciences*, 23(6):637-50. <https://doi.org/10.1080/02640410400021328>
- Kim, Y. D., & Hwang, B. Y. (2009). The effects of core stability exercise on the ability of postural control in patients with hemiplegia. *Physical Therapy Korea*, 16(4), 23-30.