

## Research Paper

## The Effect of Six Weeks of Linear Pedagogy on the Kinematics Pattern of Walking in - 3 to 5-year-old children

M.Gorbani<sup>1</sup>, R. Yaali<sup>2</sup>, H. Sadeghi<sup>3</sup>, A. Letafatkar<sup>4</sup>

1. Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
2. Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran (Corresponding Author)
3. Department of Biomechanics and Sports Injuries, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
4. Department of Biomechanics and Sports Injuries, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

Received: 2021/10/26

Accepted: 2022/04/30

---

---

### Abstract

**Purpose:** This study aimed at investigating the effect of linear pedagogy on gait kinematics characteristics in 3-3 to 5-year-old children.

**Methods:** Twenty-four children aged 3-5 years were randomly divided into two groups of experimental group (n=12) and control group (n=12). The intervention group performed the correct walking pattern for six weeks twice per week. The angles of the hip, knee, and ankle joints were measured on the sagittal plane at the moment of heel-contact and the toe-off instants, before and after the intervention, using video analysis (GoPro camera (2.7 K resolution and 120 frames per second) and kinematic data extraction through Kinovea software). Paired t-test and MANOVA were used for intra-group and inter-group comparisons, respectively, at a significance level of 0.05.

**Results:** In the intervention group, in the moment of heel-ground contact, the amount of dorsiflexion of the ankle increased by 35.5% after the intervention, knee flexion decreased by 20.62%, and hip flexion decreased by 20%. Moreover, in the moment of toe-off the ground, the amount of plantar flexion of the ankle increased by 37.73% after the intervention, knee flexion decreased by 16.74%, and hip extension increased by 37.61%. Based on the results of MANOVA analysis, there was a significant difference between the exercise and control groups in the kinematic walking variables.

---

1. E-mail: maryamm\_ghorbani@yahoo.com

2. Email: r.yaali@gmail.com

3. Email: hassan.sadeghi1@yahoo.com

4. Email: letafatkarami@yahoo.com



Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

**Conclusion:** Given that a linear pedagogy period had a significant effect on improving the kinematic pattern of gait, it is recommended to use linear pedagogy along with other educational interventions in order to change the walking pattern and increase the level of activity in children and at the same time prevent non-contact injuries during movement in children aged 3 to 5 years.

**Keywords:** Gait, Linear pedagogy, Kinematics, Lower limb

---

## Extended Abstract

### Background and Purpose

Walking is an ontogenetic motor skill (i.e., experience and environment affect the acquisition of a suitable pattern, and or skills that are more environmentally determined). Lack of care, a monotonous environment, and a lack of experience and mobility opportunities typically lead to developmental delays in the emergence of appropriate displacement patterns during early childhood [1]. On the other hand, the increasing trend of orthopedic injuries in children leads to many economic problems and psychological damage to the child and his family. It also imposes a lot of economic burden on the health system [2]. Although the mechanism of orthopedic injuries in early childhood is not accurately discernible; however, research has shown that the correction of motor patterns plays a significant role in preventing falls [3]. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of linear pedagogy on the kinematic pattern of gait in 3 to 5 year-old children.

### Materials and methods

This quasi-experimental study received an ethics code number IR.KHU.REC.1399.031 from the Faculty of Physical Education & Sport Science, Kharazmi University and carried out based on ethical principles. The present study included 24 children aged 3-5 years without mobility problems who attended the kindergarten. Participants selected through the convenience sampling method were randomly divided into two groups: experimental group (n= 12) and control group (n= 12). The intervention group trained (repeating the correct walking pattern) for six weeks and two sessions per week. In order to measure the angles of the hip, knee and ankle joints on the sagittal plane at the moment of heel-contact and toe-off instant, before and after the intervention, video analysis method was used that included two steps: 1. motion capture and 2. evaluation and extraction of data. GoPro camera (2.7 K resolution and 120 frames per second) was used to record motion, which was placed on a fixed tripod astrophotography on the sagittal plane at a distance of two meters from the test site. Passive reflective markers (25 mm diameter) were mounted on the right lower limb of the



subjects by modified Helen Hayes method (anterior superior iliac spine (ASIS), greater trochanter of femur, external condyle of knee, external malleolus of fibula, calcaneus and fifth metatarsal bones) [4]. Next, the participant was asked to follow the specified path. Of course, the participant had to walk a six-meter path at the desired speed [5]. Afterward, the kinematic variables were calculated using Kinovea software, which has good validity and reliability for motion evaluations and analysis [6, 7]. At the next step, the children received a walking training program for six weeks. In order to make a stable change in walking pattern, it is recommended to participate in exercises for at least six to eight weeks [8]. Then, the post-test was performed. Paired t-test and MANOVA were used for intra-group and inter-group comparisons, respectively, at a significance level of 0/05.

### Findings

Statistical calculations were performed using SPSS software (version 24). The normality of data distribution was checked using Shapiro-Wilk test the results of which were higher than the alpha level ( $p \geq 0.05$ ). So, the data distribution was normal. Paired t-test was used to determine the difference between pre-test and post-test (intra-group difference). For comparison between groups, because the assumptions of homogeneity of regression slope and homogeneity of variance (which are two necessary assumptions for analysis of covariance) were significant in some kinematic variables, it was not possible to use the analysis of covariance; therefore, first the gain score (difference between post-test and pre-test) was calculated, then multivariate analysis of variance (MANOVA) was used. The significance level was considered 0.05 for all calculations.

The results of paired t-test showed that in the intervention group, in the moment of heel-ground contact, the amount of dorsiflexion of the ankle increased by 35.5% after the intervention, knee flexion decreased by 20.62% and hip flexion decreased by 20%. Furthermore, in the moment of toe-off the ground, the amount of plantar flexion of the ankle increased by 37.73% after the intervention, knee flexion decreased by 16.74%, and hip extension increased by 37.61%. Based on the results of MANOVA analysis, there was a significant difference between the exercise and control groups in the kinematic walking variables.

### Conclusion

The aim of this study was to investigate the effect of linear pedagogy intervention on the kinematic pattern of gait in children of 3 to 5 years old. The results showed that linear pedagogy intervention had a significant effect on changing the joint angles of the ankle, knee and hip at the moment of heel-ground contact and the moment of toe-off the ground. The findings of the present study were consistent



with those of Persch (2009) and Cao et al. (2007) [3, 9]. It may be due to the fact that in linear pedagogy, the emphasis was on the correct pattern of walking and the person was given feedback while walking. As a result, it leads to increased movement of the ankle and hip joints, followed by decreased movement of the knee joint. As Ling et al. (2020) pointed out in their study, by providing feedback during the implementation of motor patterns, we can teach children to learn and repeat the appropriate pattern while performing the movements [10]. Therefore, according to the findings of Ota et al. (2014), an increase in ankle dorsiflexion during the stance phase of walking can prevent kinetics and kinematics changes in the knee joint during walking and thus reduce the risk of injury to the knee joint [11].

Given that a linear pedagogy period had a significant effect on improving the kinematic pattern of gait; therefore, it is recommended to use linear pedagogy along with other educational interventions in order to change the walking pattern and increase the level of activity in children and at the same time prevent non-contact injuries during movement at the age of 3-5 years.

**Keywords:** Gait, Linear Pedagogy, Kinematics Factors, Lower Limb

## Reference

1. Goodway, J.D., J.C. Ozmun, and D.L. Gallahue, *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults*. 2019: Jones & Bartlett Learning.
2. Thornton, M.D., K. Della-Giustina, and P.L. Aronson, *Emergency department evaluation and treatment of pediatric orthopedic injuries*. *Emergency Medicine Clinics*, 2015. 33(2): p. 423-449.
3. Persch, L.N., et al., *Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly: a randomized controlled trial*. *Clinical Biomechanics*, 2009. 24(10): p. 825-830.
4. Collins, T.D., et al., *A six degrees-of-freedom marker set for gait analysis: repeatability and comparison with a modified Helen Hayes set*. *Gait & posture*, 2009. 30(2): p. 173-180.
5. Axeti, G., et al., *Assessment of kinematic characteristics of preschoolers' gait during the implementation of an intervention training program*. 2017.
6. Adnan, N.M.N., et al. *Biomechanical analysis using Kinovea for sports application*. in *IOP conference series: materials science and engineering*. 2018. IOP Publishing.
7. Fernández-González, P., et al., *Reliability of kinovea® software and agreement with a three-dimensional motion system for gait analysis in healthy subjects*. *Sensors*, 2020. 20(11): p. 3154.
8. Herman, T., et al., *Six weeks of intensive treadmill training improves gait and quality of life in patients with Parkinson's disease: a pilot study*. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 2007. 88(9): p. 1154-1158.



9. Cao, Z.-B., et al., *The effect of a 12-week combined exercise intervention program on physical performance and gait kinematics in community-dwelling elderly women*. Journal of physiological anthropology, 2007. 26(3): p. 325-332.
10. Ling, D.I., et al., *Feedback cues improve the alignment and technique of children performing ACL injury prevention exercises*. Journal of ISAKOS: Joint Disorders & Orthopaedic Sports Medicine, 2021. 6(1): p. 3-7.
11. Ota, S., et al., *Acute influence of restricted ankle dorsiflexion angle on knee joint mechanics during gait*. The Knee, 2014. 21(3): p. 669-67.



## تأثیر شش هفته آموزش خطی بر الگوی کینماتیکی راه رفتن در کودکان ۳-۵ سال

مریم قربانی<sup>۱</sup>، رسول یاعلی<sup>۲</sup>، امیر لطافتکار<sup>۳</sup>، حسن صادقی<sup>۴</sup>

۱. کارشناسی ارشد، گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی
۲. گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
۳. گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۴. گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۴

### چکیده

هدف این پژوهش بررسی تأثیر آموزش خطی بر ویژگی‌های کینماتیکی راه رفتن در کودکان سه تا پنج ساله بود. بیست و چهار کودک سه تا پنج ساله به‌طور تصادفی در دو گروه (گروه تجربی: ۱۲ نفر و گروه کنترل: ۱۲ نفر) قرار گرفتند. گروه مداخله به مدت شش هفته و هفته‌ای دو جلسه به تمرینات (تکرار الگوی صحیح راه رفتن) پرداختند. زوایای مفاصل ران، زانو و مچ پا در صفحه ساجیتال در لحظه برخورد پاشنه با زمین و لحظه جداسدن انگشت شست پا از زمین، قبل و پس از مداخله با استفاده از ویدئوآنالیز محاسبه شد (یعنی برای ضبط حرکت از دوربین گوپرو (رزولوشن ۲/۷ K و سرعت ۱۲۰ فریم بر ثانیه و برای استخراج داده‌های کینماتیکی از نرم‌افزار کینوا استفاده شد). برای مقایسه درون‌گروهی از آزمون تی همبسته و مقایسه بین‌گروهی از آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. نتایج نشان داد، در گروه مداخله، در لحظه برخورد پاشنه با زمین میزان دورسی‌فلکشن مچ پا بعد از اجرای مداخله ۳۵/۵ درصد افزایش یافت و فلکشن زانو ۲۰/۶۲ درصد و فلکشن ران ۲۰ درصد کاهش یافت. همچنین در لحظه جداسدن شست پا از زمین میزان پلانتر فلکشن مچ پا بعد از اجرای مداخله ۳۷/۷۳ درصد افزایش یافت، فلکشن زانو ۱۶/۷۴ درصد کاهش یافت و اکستنشن ران ۳۷/۶۱ درصد افزایش یافت. براساس نتایج تحلیل واریانس

1. E-mail: maryamm\_ghorbani@yahoo.com

2. Email: r.yaali@gmail.com

3. Email: hassan.sadeghi1@yahoo.com

4. Email: letafatkarami@yahoo.com



چندمتغیره، بین گروه تمرینی و کنترل در متغیرهای کینماتیکی راهرفتن، تفاوت معنادار وجود داشت. با توجه به اینکه یک دوره آموزش خطی بر بهبود الگوی کینماتیکی راهرفتن اثر معناداری داشت، توصیه می‌شود که در کنار دیگر مداخلات آموزشی از آموزش خطی به‌منظور تغییر الگوی راهرفتن و افزایش سطح فعالیت در کودکان و درعین حال پیشگیری از آسیب‌های غیربرخوردی طی جابه‌جایی در سنین سه تا پنج سال بهره بگیریم.

**واژگان کلیدی:** راهرفتن، آموزش خطی، کینماتیک، اندام تحتانی.

## مقدمه

با توجه به نظرهای اخیر درباره رشد کودک، حرکت به‌عنوان ابزاری برای رشد، نقش اصلی را ایفا می‌کند (۱). در واقع، در چارچوب «یادگیری فعال»، کودک «موضوع رشد خود» تلقی می‌شود (۲)؛ بنابراین اگر برای ارائه آموزش باکیفیت به کودکان مشتاق هستیم، باید سعی کنیم که میزان فعالیت و حرکت کودک را در محیط ارتقا دهیم تا به یادگیری فعال دست یابیم (۲). همچنین از آنجاکه در جوامع امروزی کودکان کمتر می‌توانند در فضای مناسب به فعالیت بپردازند، نیاز به آموزش مهارت‌های حرکتی بنیادی، به‌عنوان ضرورتی به‌منظور حرکت در محیط و اکتشاف در محیط، ملموس و ادراک‌شدنی است. از سوی دیگر، سنین سه تا پنج‌سالگی، مرحله‌ای مهم و اساسی برای رشد مهارت‌های حرکتی بنیادی در کودکان محسوب می‌شود (۳) و فقط درصد کمی از کودکان در این سن مهارت‌های حرکتی بنیادی را در سطح رضایت‌بخش کسب می‌کنند (۴)؛ از این رو یافتن روش‌های آموزشی مناسب که علاوه بر تقویت این مهارت بنیادی اساسی بتواند ویژگی‌های مهمی چون ویژگی‌های کینماتیکی حرکت را در جهت ارتقای مهارت راهرفتن و پیشگیری از آسیب‌های بعدی بهبود دهد، ضروری تلقی می‌شود.

مهارت حرکتی راهرفتن، به‌رغم اینکه اتوماتیک به نظر می‌رسد، بسیار پیچیده است. برای راهرفتن طبیعی، سه نیاز پیشروی، کنترل پاسچر و انطباق، حیاتی است. در فاز حمایت<sup>۱</sup>، نیاز داریم که نیروهای افقی در مقابل نیروهای سطح اتکا به‌منظور حرکت بدن در جهت مشخص (فاکتور پیشروی) و نیروهای عمودی (فاکتور کنترل پاسچر) در برابر جاذبه عمل کنند. در مجموع، استراتژی‌هایی که استفاده می‌شود، برای تکمیل کنترل پاسچر و پیشرفت باید منعطف باشند تا با تغییرات سرعت و جهت یا

## 1. Support



سطح اتکای متغیر، تطابق پیدا کنند (فاکتور انطباق). در فاز نوسان<sup>۱</sup>، هدف طی کردن مسیر توسط پای است که در حال نوسان است (فاکتور پیشروی) و همچنین بازیابی موقعیت توسط همان پا برای تحمل وزن بدن است (فاکتور کنترل پاسچر) [۵-۷]. در هر دو هدف پیشروی و کنترل پاسچر، به بالآمدن کافی پا برای جلوگیری از برخورد شست پا بر سطح اتکا در فاز نوسان نیاز است که استراتژی‌های به‌کاربرده‌شده در فاز نوسان باید به اندازه کافی منعطف باشد تا به پا اجازه دهد که در حال نوسان از هر برخوردی با مانع جلوگیری کند (فاکتور انطباق) (۷-۵).

راه‌رفتن، مهارت حرکتی جابه‌جایی اولیه‌ای است که کودک برای ارتقا و پیشرفت در مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی دیگر از جمله دویدن، لی‌لی‌کردن، یورتمه‌رفتن و... به پیشرفت و بهبود الگوی حرکتی در این مهارت جابه‌جایی نیاز دارد (۴). از سوی دیگر، تعادل کافی، زمان‌بندی و فراخوانی عضلانی برای الگوهای روان و کارآمد راه‌رفتن الزامی است و هرگونه نبود تعادل یا هر نقصی در فراخوانی و هماهنگی سینرژی‌های عضلانی در هر قسمت از زنجیره حرکتی، به ایجاد الگوهای ضعیف و غلط و در نتیجه مصرف ناکارآمد انرژی و در نهایت آسیب فرد منجر می‌شود (۸). همچنین رفلکس‌های پایه راه‌رفتن در سطح نخاع تنظیم می‌شود، اما رفلکس‌های پیچیده‌تر در سطوح زیرقشری یا قشری تنظیم می‌شوند و در کودکی اولیه که الگوی راه‌رفتن در دستگاه عصبی مرکزی تثبیت می‌شود، با گذشت زمان تغییر این الگوی حرکتی به‌سختی ممکن است (۵، ۴)؛ بنابراین تحلیل تخصصی راه‌رفتن در کودکان بسیار مهم است؛ چراکه اصلاح الگوی حرکتی راه‌رفتن در کودکان موجب پیشگیری از آسیب‌های ارتوپدی غیربرخوردی طی فعالیت در این سن می‌شود (میزان سقوط اولیه هنگام راه‌رفتن کاهش می‌یابد). همان‌طور که پرسچ و همکاران در پژوهش خود به این موضوع مهم پرداختند که با افزایش دامنه حرکتی مفاصل طی راه‌رفتن و بهبود کینماتیک طی راه‌رفتن میزان سقوط کاهش می‌یابد (۹)؛ زیرا اگر افراد در ابتدای فاز نوسان دچار سکندری‌خوردن شوند، با استفاده از استراتژی بالابردن یعنی افزایش فلکشن زانو و ران می‌توانند بدون برخورد از موانع عبور کنند و اگر در پایان فاز نوسان دچار سکندری‌خوردن شوند، از استراتژی پایین‌آوردن یعنی افزایش پلانتر فلکشن در مچ پا استفاده می‌کنند؛ بنابراین با افزایش زوایای حرکتی مفاصل طی راه‌رفتن (کینماتیک حرکتی) کمک می‌کنیم که از آسیب‌های غیربرخوردی جلوگیری شود [۵، ۹]. انا و همکاران اشاره کردند، حرکت دورسی‌فلکشن مچ پا در فاز سکون راه‌رفتن، حرکتی الزامی است که با محدود شدن آن کینتیک و کینماتیک مفصل زانو طی راه‌رفتن دستخوش تغییرات می‌شود؛ بنابراین با افزایش دورسی‌فلکشن مچ

## 1. Swing





پا می‌توانیم از این تغییرات کینتیکی و کینماتیکی در صفحه ساجیتال و فرونتال مفصل زانو پیشگیری کنیم؛ در نتیجه احتمال خطر آسیب به مفصل زانو در راه رفتن کاهش می‌یابد (۱۰). براساس دیدگاه کارکردی، از آنجا که دستگاه‌های عصبی، عضلانی و مفصلی واحدی جداناپذیر هستند که جاندا<sup>۱</sup> آن را دستگاه حسی-حرکتی نام‌گذاری کرده است (۸)، افزایش حرکت دورسی‌فلکشن مچ پا موجب می‌شود که اسلینگ‌های اکستنسوری مفاصل اندام تحتانی (ران، زانو و مچ پا) در فاز سکون و اسلینگ‌های فلکسوری اندام تحتانی در فاز نوسان به‌طور هم‌زمان با هم عمل کنند؛ در نتیجه این امر موجب حرکت روان و کارآمد اندام تحتانی به سمت جلو می‌شود. طی یک سیکل راه رفتن این دو اسلینگ به‌نوبت و به‌طور متقابل بین اندام‌های راست و چپ تسهیل و مهار می‌شوند؛ به عبارت دیگر، اسلینگ فلکسوری در پای درحال نوسان و اسلینگ اکستنسوری در پای درحال سکون فعال است (۱۱، ۱۰، ۸)؛ بنابراین زمانی که کینماتیک حرکتی اصلاح شود، براساس دیدگاه جاندا موجب می‌شود که عضلات به‌درستی و در زمان‌بندی مناسبی فراخوانی شوند. این امر به بروز الگوی حرکتی روان و کارآمد منجر می‌شود که احتمال آسیب در مفاصل اندام تحتانی را کاهش می‌دهد (۸). از سوی دیگر، برخی از پژوهشگران اشاره کرده‌اند که اصلاح الگوهای حرکتی در مهارت‌های جابه‌جایی نقش بسزایی در پیشگیری از آسیب لیگامنت صلیبی قدامی (ACL) دارد (۱۳، ۱۲)؛ بنابراین با اصلاح الگوهای حرکتی می‌توانیم از آسیب‌های ارتوپدی اطفال که موجب بروز مشکلات روانی، اجتماعی و اقتصادی در بیمار و خانواده وی و همچنین بروز ناتوانی‌های جسمانی طولانی‌مدت در آن‌ها می‌شود، جلوگیری کنیم (۱۴).

سالیانی چنین تصور می‌شده است که مهارت‌های بنیادی خودبه‌خود توسط کودکان طی مراحل رشد یاد گرفته می‌شوند و در واقع مهارت‌های بنیادی را از نوع مهارت‌های وابسته به نوع بشر می‌دانستند؛ البته این موضوع تا حدودی براساس تجربیات انسان نیز صحیح است (۱۵)، اما به‌تازگی با توجه به محدودیت‌هایی که در زندگی بشر روی داده است و کمبود فعالیت‌های حرکتی که می‌تواند زمینه‌ساز پیشرفت بهینه این مهارت‌ها شود، متخصصان در پی یافتن روش‌هایی هستند که بتواند به بهترین شکل این نقص را جبران کند (۳)؛ به همین منظور و براساس نظریه‌های مختلف یادگیری مهارت‌های حرکتی، روش‌های آموزشی مختلفی ظهور کرده‌اند. روش‌های مختلف آموزشی برای تغییر الگوی حرکتی وجود دارد، اما در پژوهش‌ها بر روش آموزش خطی تأکید می‌شود که فراگیران را به چشم سیستم‌های خطی می‌بیند که باید افراد به سمت یک الگوی حرکتی مشترک و ایده‌آل حرکت کنند. این روش آموزش منبعث از نظریه‌های شناختی در یادگیری حرکت است که حافظه را رکنی اساسی

## 1. Janda



در یادگیری مهارت دانسته‌اند و باید طی تمرین بهترین شکل حرکت تمرین شود و مربی اجازه وقوع خطا را ندهد تا الگویی کامل و ایده‌آل در حافظه فرد درباره آن مهارت شکل بگیرد. بازخورد درباره خطا در این زمینه ابزار دردسترس مربی است که می‌تواند به شکل‌گیری صحیح حافظه مناسب از حرکت کمک شایان کند. لینگ و همکاران پژوهشی با هدف بهبود راستای مفاصل و اصلاح الگوی حرکتی هنگام اجرای تمرینات نوروماسکولار در کودکان به منظور پیشگیری از آسیب لیگامنت صلیبی قدامی (ACL) هنگام جابه‌جایی انجام دادند. الگوی اجرای تمرینات نوروماسکولار به کودکان آموزش داده شد و در حین اجرای تمرینات با ارائه بازخوردهایی به کودکان سعی شد تا به آن‌ها آموزش داده شود که راستای مناسب را حفظ کنند. پژوهشگران به نتایج معناداری در زمینه بهبود الگوی حرکتی و حفظ راستای مناسب هنگام اجرای تمرینات دست یافتند (۱۶). در پژوهش نثورن و همکاران نیز ارائه بازخورد هنگام اجرای الگوهای حرکتی، نشان داد که دستورالعمل‌های تجویزی و بازخوردهای کلامی در تغییر الگوی حرکتی نقش بسزایی دارد (۱۷)؛ بنابراین آموزش خطی ابزاری مناسب برای تغییر الگوی حرکتی است.

از سوی دیگر در پژوهش‌هایی که به تأثیر یک دوره تمرینی بر تغییر الگوی حرکتی پرداختند، از جمله مطالعه پرسچ و همکاران که اثر تمرینات قدرتی بر کینماتیک حرکتی اندام تحتانی طی راه رفتن را بررسی نمودند، نتایج نشان داد که با افزایش دامنه حرکتی مفاصل هنگام راه رفتن و بهبود کینماتیک طی راه رفتن، میزان خطر سقوط در سالمندان کاهش یافت (۹). در پژوهش کائو و همکاران که اثر یک دوره برنامه تمرینی ترکیبی بر کینماتیک راه رفتن را بررسی کردند، نتایج نشان داد که مداخله ورزشی می‌تواند روشی مؤثر در بهبود عوامل خطر ساز سقوط و تقویت تحرک بیشتر در زنان سالمند جامعه باشد (۱۸). همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشتر از تمرینات قدرتی و ترکیبی برای تغییر الگوی کینماتیک حرکتی در سالمندان بهره گرفته شده است و کمتر به تأثیر مداخله بر تغییر الگوی حرکتی راه رفتن در کودکان پرداخته شده است. تنها در پژوهش آکستی و همکاران، اثرات یک دوره مداخله بر الگوی کینماتیک راه رفتن در کودکان پیش‌دبستانی بررسی شد. نتایج نشان داد، مداخله (بازی) بر الگوی کینماتیک راه رفتن کودکان پیش‌دبستانی اثر معنادار داشت و موجب بهبود الگوی کینماتیکی مهارت راه رفتن شد (۴). از آنجاکه کمتر در پژوهش‌ها به بررسی اثر مداخله بر تغییر الگوی حرکتی راه رفتن در کودکان پرداخته شده است، امروزه نیز کودکان بسیاری در سراسر جهان در فعالیت‌های بدنی متوسط تا شدید توصیه شده به طور منظم شرکت نمی‌کنند (۲۰، ۱۹)؛ بنابراین پرداختن به آموزش برای تغییر الگوی حرکتی به منظور پیشگیری از آسیب‌های ارتوپدی غیربرخوردی در کودکان و در نتیجه افزایش سطح مشارکت در فعالیت‌های بدنی نیازی است که ضرورت دارد به آن پرداخته



شود (۲۱). از سوی دیگر، از آنجاکه در بررسی مطالعات، پژوهشی یافت نشد که به تأثیر آموزش غیرخطی بر الگوی راهرفتن کودکان سه تا پنج ساله پرداخته باشد، هدف این پژوهش، بررسی تأثیر شش هفته آموزش خطی بر الگوی کینماتیکی راهرفتن در کودکان سه تا پنج ساله بود.

### روش پژوهش

آزمودنی‌ها که کودکان سه تا پنج ساله در دسترس بودند، پس از پرشدن رضایت‌نامه توسط والدین‌شان به‌طور تصادفی (روش قرعه‌کشی) در دو گروه (یک گروه تجربی و یک گروه کنترل) قرار گرفتند. تعداد نمونه‌ها با استناد به یک پژوهشی مشابه، ۲۰ نفر برآورد شد (۴) که با در نظر گرفتن احتمال ریزش نمونه‌ها، ۲۴ نفر برای این پژوهش در نظر گرفته شدند (۱۲ نفر در هر گروه). معیارهای ورود آزمودنی‌ها به مطالعه، نداشتن سابقه آسیب در اندام تحتانی، نداشتن بیماری‌های زمین‌های و توانایی راهرفتن بود. معیارهای خروج آزمودنی‌ها از مطالعه، کودکان دارای اختلالات جسمانی و ذهنی و شرکت نکردن منظم در تمرینات بود. این مطالعه دارای کد اخلاق به شماره IR.KHU.REC.1399.031 از دانشکده تربیت‌بدنی دانشگاه خوارزمی است و با رعایت اصول اخلاقی انجام شده است. همچنین مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی<sup>۱</sup> است (۲۲). در این مطالعه، متغیرهای کینماتیکی اندام تحتانی (زوایای مفصلی ران، زانو و مچ پا) در لحظه برخورد پاشنه پا با زمین و در لحظه جداشدن انگشت شست پا از زمین، متغیرهای وابسته بودند و مداخله آموزشی (شش هفته آموزش راهرفتن) متغیر مستقل در نظر گرفته شد.

پروتکل تست‌گیری: برای ارزیابی کینماتیک راهرفتن از دوربین دیجیتال Gopro Black 7 (مدل هیرو، شرکت گوپرو) استفاده شد. محل قرارگیری دوربین با رزولوشن ۲/۷ K و سرعت ۱۲۰ فریم بر ثانیه، در جانب آزمودنی با فاصله دومتري محدود شد و مارکرهای رفلکسی پاسیو (قطر ۲۵ mm) به روش هلن‌هایز تعدیل‌شده بر اندام تحتانی سمت راست آزمودنی‌ها نصب شد (خار خاصره‌ای فوقانی قدامی، برجستگی بزرگ استخوان ران، کوندیل خارجی زانو، قوزک خارجی، پاشنه و پنجمین استخوان کف پا) (۲۳). سپس از آزمودنی‌ها خواسته شد که مسیر مشخص‌شده را طی کنند؛ البته آزمودنی‌ها باید مسیر شش‌متری را با سرعت دلخواه راه می‌رفتند (۴). اگرچه سرعت راهرفتن بر ویژگی‌های کینماتیکی و کینماتیکی راهرفتن تأثیرگذار است، اما در پژوهش حاضر سرعت راهرفتن در پیش‌آزمون و پس‌آزمون با استفاده از نرم‌افزار کینوا محاسبه شد. پس از اجرای آزمون تی همبسته، نتایج نشان داد که اگرچه

#### 1. Semi-Experimental



میانگین سرعت راه رفتن در پیش‌آزمون ( $1/23 \pm 0/28$ ) و پس‌آزمون ( $1/27 \pm 0/32$ ) متفاوت بود، از نظر آماری معنادار نبود؛ بنابراین در این پژوهش سرعت راه رفتن بر ویژگی‌های کینماتیکی راه رفتن اثرگذار نبود. آنگاه متغیرهای کینماتیکی یعنی زوایای مفصلی فلکشن مفصل هیپ، اکستنشن زانو و دورسی فلکشن مچ پا در لحظه تماس پاشنه با زمین و پلانتر فلکشن مچ پا و فلکشن زانو و اکستنشن ران در لحظه جدا شدن انگشت شست پا از زمین (در استراید چهارم) با استفاده از نرم‌افزار کینوا محاسبه شد که از اعتبار و پایایی مناسبی برای ارزیابی‌ها و آنالیز حرکتی برخوردار است (۲۴، ۲۵). هشام و همکاران به اندازه‌گیری زاویه مچ پا و آنالیز راه رفتن با استفاده از نرم‌افزار کینوا پرداختند. داده‌های حاصل از ویدئوآنالیز به وسیله نرم‌افزار کینوا برای یک فرد مشابه در پنج کوشش از نظر آماری تفاوت معنادار نداشت؛ بنابراین آن‌ها اشاره کردند که نرم‌افزار کینوا سیستمی پایا برای اندازه‌گیری داده‌های کینماتیکی طی فرایند راه رفتن است (۲۶). در مطالعه پویگ-دیوی و همکاران، داده‌های کینماتیکی به دست آمده توسط نرم‌افزار کینوا با نرم‌افزار اتوگد به عنوان «استاندارد طلایی» مقایسه شد. زوایای به دست آمده از نرم‌افزار کینوا با ۹۵ درصد اطمینان با نتایج نرم‌افزار اتوگد مشابه بود؛ بنابراین دریافتند که نرم‌افزار کینوا یک سیستم دارای اعتبار برای استخراج داده‌های کینماتیکی است (۲۷). محاسبه شد. آنگاه کودکان به مدت شش هفته برنامه آموزشی راه رفتن را دریافت کردند. به منظور ایجاد تغییر بادوام در الگوی راه رفتن حداقل شش تا هشت هفته شرکت در تمرینات توصیه می‌شود (۲۸). سپس پس‌آزمون اجرا شد.

پروتکل تمرینی برای گروه تجربی (گروه آموزش خطی): در آموزش خطی ابتدا الگوی صحیح راه رفتن به کودک به صورت کلامی و به همراه یک الگوی دیداری ارائه شد و آنگاه از کودک خواسته شد که مسیر تعیین شده را طی کند. همچنین به کودک بازخورد داده می‌شد (۱۷). دوره آموزشی شش هفته بود. تعداد جلسات تمرین در هفته، هفته‌ای دو جلسه و مدت زمان هر جلسه تمرین، ۳۰ دقیقه (پنج دقیقه گرم کردن، ۲۰ دقیقه بدنه اصلی کلاس شامل آموزش راه رفتن و پنج دقیقه سرد کردن) در هر جلسه اجرا شد. الگوی صحیح راه رفتن با بهره‌گیری از یک الگوی دیداری آموزش داده شد و همچنین طی راه رفتن به منظور اصلاح الگوی راه رفتن نکات زیر مدنظر قرار گرفت و بر اساس آن بازخورد ارائه شد:

سر را بالا نگه دارید و به روبه‌رو نگاه کنید (تصور کنید سر توسط یک ریسمان نامرئی به سقف وصل شده است. این نکته کمک می‌کند کودکان در هنگام راه رفتن سر خود را به قفسه سینه نزدیک نکنند)؛



سعی کنید خود را به سمت بالا بکشید و شانه‌ها کاملاً راحت و شل هم‌زمان با حرکت پاها حرکت کنند (ابتدا شانه‌های خود را بالا بیاورید و آنگاه اجازه دهید به سمت پایین حرکت کند. این امر باعث می‌شود گرفتگی شانه‌ها برطرف شود و حرکت طبیعی داشته باشند)؛

بر به کارگیری عضلات مرکزی بدن هنگام راهرفتن تمرکز شود (به‌منظور تأکید بر این فرایند اشاره می‌شود که هنگام راهرفتن، به آرامی بازوها را به جلو و عقب تاب دهید. حرکت از مفصل شانه باشد. بدن از لگن چرخش نداشته باشد. دست‌ها را زیاد بالا نبرید)؛

الگوی حرکتی پاشنه-پنجه را رعایت کنید (الگوی راهرفتن پاشنه-پنجه را در طول راهرفتن حفظ کنید. اولین نقطه‌ای که به زمین برخورد می‌کند، پاشنه است و سپس با فشار انگشت شست، پا از زمین کنده می‌شود. با کف پا به زمین ضربه زده نمی‌شود) (۱۱).

شایان ذکر است، گروه کنترل در مدت شش هفته، آموزشی دریافت نکرد. فقط در پیش‌آزمون و پس‌آزمون شرکت کرد. به‌منظور کنترل تغییرات نمو جسمانی و رشد حرکتی که بر الگوی کینماتیکی راهرفتن در کودکان در دوره رشد تأثیرگذار است، طبق توصیه پژوهش‌ها از گروه کنترل در این پژوهش استفاده شد (۴).

محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار اسپاس نسخه ۲۴ انجام شد. تمام اطلاعات براساس میانگین و انحراف استاندارد ارائه شده است. طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد و به‌دلیل اینکه نتایج به‌دست‌آمده بیشتر از  $(P \geq 0.05)$  بود، توزیع داده‌ها طبیعی بود. برای تعیین تفاوت بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون (تفاوت درون‌گروهی) از آزمون تی همبسته استفاده شد (جدول شماره دو) و برای مقایسه بین گروه‌ها به‌دلیل اینکه پیش‌فرض‌های همگنی شیب رگرسیون و همگنی واریانس‌ها (که دو پیش‌فرض ضروری برای انجام تحلیل کوارینانس است)، در برخی متغیرهای کینماتیکی معنادار بود، امکان استفاده از آزمون کوارینانس فراهم نشد؛ بنابراین ابتدا gain score (اختلاف پس‌آزمون و پیش‌آزمون) محاسبه شد و سپس آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره به کار رفت (جدول شماره سه). سطح معناداری برای تمام محاسبات  $0.05$  در نظر گرفته شد.

## نتایج

مشخصات عمومی آزمودنی‌ها به تفکیک گروه در جدول شماره یک ارائه شده است.



جدول ۱- مشخصات عمومی آزمودنی‌ها

متغیرها	گروه تجربی (n=10)	گروه کنترل (n=10)	P-value
سن (سال)	۴/۰۰ ± ۰/۸۱	۴/۰۰ ± ۰/۸۱	۱/۰۰
وزن (کیلوگرم)	۱۷/۰۰ ± ۱/۵۶	۱۶/۷۰ ± ۱/۷۶	۰/۹۲
قد (سانتی‌متر)	۱۰۷/۸۰ ± ۲/۳۹	۱۰۷/۹۰ ± ۲/۴۷	۰/۶۹

براساس نتایج آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره برای بررسی اختلاف بین گروهی در متغیرهای سن، قد و وزن، تفاوت معنادار بین گروه‌های پژوهش در متغیرهای مذکور مشاهده نشد ( $P \geq 0.05$ ). میزان زوایه دورسی فلکشن مچ پا در لحظه تماس پاشنه با زمین در گروه تجربی در پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون افزایش معنادار یافت. زاویای مفصلی فلکشن زانو و فلکشن ران در لحظه تماس پاشنه با زمین در پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون کاهش معنادار یافت. میزان زوایای مفصلی پلانتر فلکشن مچ پا و اکستنشن ران در لحظه جداشدن انگشت شست پا از زمین در گروه تجربی در پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون افزایش معنادار یافت. زوایه فلکشن مفصل زانو در لحظه جداشدن شست پا از زمین در گروه تجربی در پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون کاهش معنادار یافت (جدول شماره دو، شکل شماره یک). نتایج آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره نشان داد که در همه متغیرهای مطالعه‌شده، اختلاف داده‌های قبل و پس از تمرین بین دو گروه معنادار بود (جدول شماره سه).

جدول ۲- نتایج آزمون تی همبسته (Paired t-test result)

متغیرها	تجربی	کنترل	P value
دورسی فلکشن مچ پا لحظه برخورد پاشنه (درجه)	پیش‌آزمون ۴/۲ ± ۵۰/۸۳	۵/۰ ± ۳/۳۶	۰/۳۴۳
	پس‌آزمون ۷/۸۰ ± ۲/۱۵		
	* ۰/۰۱۱		
فلکشن زانو لحظه برخورد پاشنه (درجه)	پیش‌آزمون ۹/۱۰ ± ۷/۷۸	۷/۴۰ ± ۷/۸۰	۰/۱۹۳
	پس‌آزمون ۴/۴۰ ± ۳/۶۲	۷/۱۰ ± ۷/۴۳	
	* ۰/۰۱۷		
فلکشن ران لحظه برخورد پاشنه (درجه)	پیش‌آزمون ۲۷/۳۰ ± ۷/۷۱	۲۳/۴۰ ± ۵/۹۴	۲۳/۴۰ ± ۵/۴۴
	پس‌آزمون ۱۹/۹۰ ± ۴/۷۹		
	* ۰/۰۰۴		۱/۰۰



ادامه جدول ۲- نتایج آزمون تی همبسته (Paired t-test result)

متغیرها	تجربی	کنترل
پلانتار فلکشن مچ پا لحظه جداشتن شست پا	پیش آزمون ۸/۴±۴۰/۶۹	۹/۶۰±۵/۰۱
(درجه)	پس آزمون ۱۴/۴۰±۲/۸۷	۱۰/۰۰±۵/۲۴
P value	* ۰/۰۰۲	
فلکشن زانو لحظه جداشتن شست پا (درجه)	پیش آزمون ۳۹/۸۰±۲/۰۴	۳۵/۳۰±۴/۸۰
	پس آزمون ۳۲/۴۰±۵/۲۹	۳۵/۳۰±۴/۴۲
P value	* ۰/۰۰۲	
اکستنشن ران لحظه جداشتن شست پا	پیش آزمون ۵/۶۰±۵/۲۳	۹/۰۰±۶/۹۹
(درجه)	پس آزمون ۱۳/۹۰±۳/۹۰	۹/۵۰±۷/۱۲
P-value	* ۰/۰۰۳	

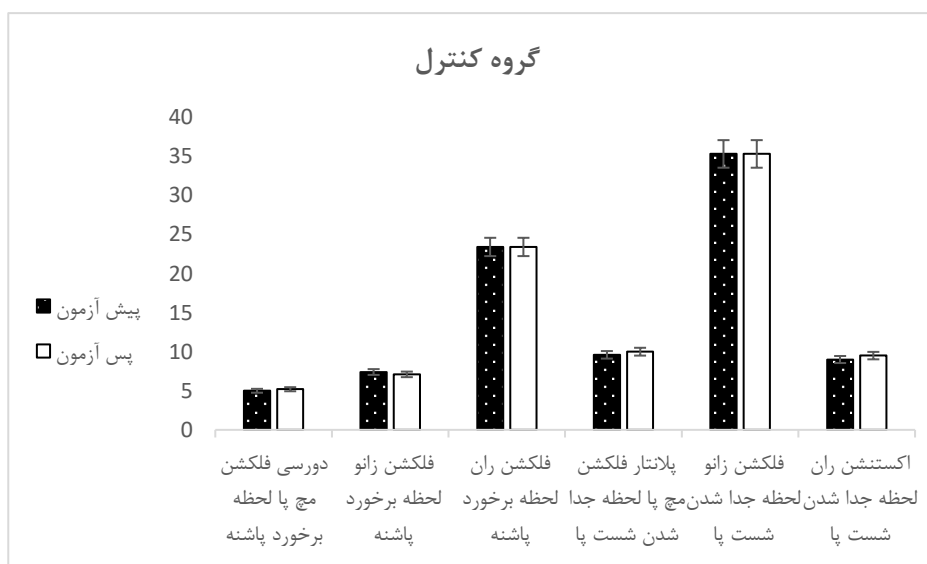
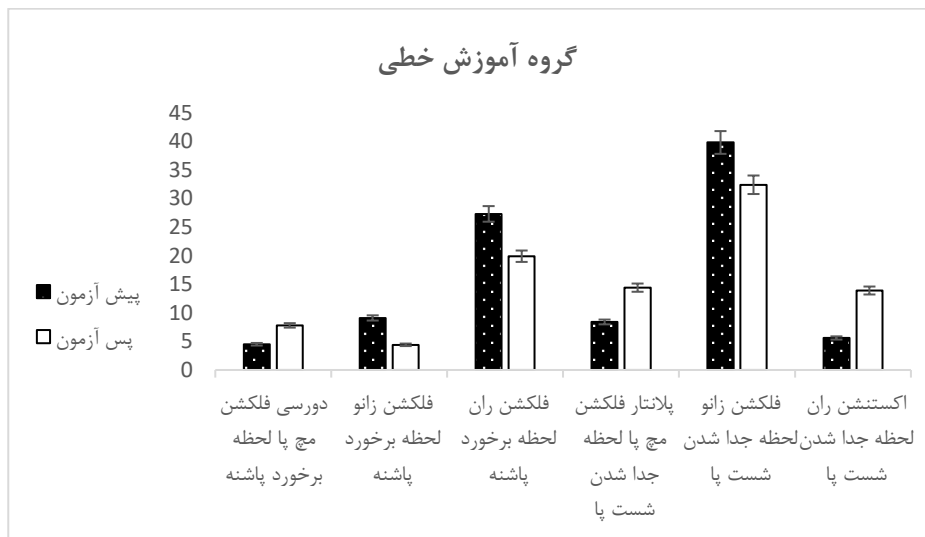
در جدول شماره دو، نتایج آزمون تی همبسته برای بررسی اختلاف درون گروهی در متغیرهای زوایای مفصلی در لحظه برخورد پاشنه و لحظه جداشتن شست پا ارائه شده است که نشان داد، بین گروهها تفاوت معنادار وجود داشت ( $P \leq 0.05$ ).

جدول ۳- نتایج آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره (Results of MANOVA)

متغیر	F	P-value	Partial Eta Squared
دورسی فلکشن مچ پا لحظه برخورد پاشنه	۸/۶۷۳	* ۰/۰۰۹	۰/۳۲۵
فلکشن زانو لحظه برخورد پاشنه	۷/۳۱۵	* ۰/۰۱۵	۰/۲۸۹
فلکشن ران لحظه برخورد پاشنه	۱۳/۴۵۱	* ۰/۰۰۲	۰/۴۲۸
پلانتار فلکشن مچ پا لحظه جداشتن شست پا	۱۵/۴۷۴	* ۰/۰۰۱	۰/۴۶۲
فلکشن زانو لحظه جداشتن شست پا	۱۷/۷۰۳	* ۰/۰۰۱	۰/۴۹۶
اکستنشن ران لحظه جداشتن شست پا	۱۴/۶۱۷	* ۰/۰۰۱	۰/۴۴۸

در جدول شماره سه، نتایج آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره برای بررسی اختلاف بین گروهی در متغیرهای زوایای مفصلی در لحظه برخورد پاشنه و لحظه جداشتن شست پا ارائه شده است که نشان داد، بین گروهها تفاوت معنادار وجود داشت ( $P \leq 0.05$ ).





شکل ۱- داده‌های کینماتیکی اندام تحتانی در گروه تجربی و گروه کنترل (پیش‌آزمون و پس‌آزمون)





## بحث و نتیجه‌گیری

هدف این مطالعه بررسی تأثیر مداخله آموزش خطی بر الگوی کینماتیک راهرفتن در کودکان سه تا پنج ساله بود. نتایج پژوهش نشان داد، آموزش خطی بر تغییر زوایای مفصلی مچ پا، زانو و ران در زمان برخورد پاشنه با زمین اثر معنادار دارد (جدول‌های شماره دو و شماره سه). نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعات پرسچ و همکاران (۹) و کائو و همکاران (۱۸) همخوانی داشت. احتمالاً به این دلیل که در آموزش خطی بر الگوی صحیح راهرفتن تأکید است و طی راهرفتن به فرد بازخورد داده می‌شود که فرد به برخورد پاشنه با زمین توجه کند؛ در نتیجه این امر به افزایش دورسی فلکشن مچ پا منجر می‌شود و به دنبال آن کاهش فلکشن زانو را روی می‌دهد. همان‌طور که لینگ و همکاران اشاره کردند، با ارائه بازخوردهایی در حین اجرای الگوهای حرکتی می‌توانیم به کودکان آموزش دهیم که الگوی مناسب را هنگام اجرای حرکات فرا بگیرند و تکرار کنند (۱۶)؛ بنابراین با ارائه بازخورد و دستورالعمل‌های تجویزی هنگام انجام فعالیت و تأکید بر الگوی صحیح (الگوی پاشنه-پنجه)، کینماتیک حرکتی بهبود می‌یابد و حرکت بیشتر از دو مفصل مچ پا و ران انجام می‌گیرد و کاهش فلکشن زانو روی می‌دهد؛ مطابق با نتایج اتا و همکاران که اشاره کردند، با افزایش دورسی فلکشن مچ پا طی فاز سکون راهرفتن می‌توانیم از تغییرات کینتیکی و کینماتیکی در مفصل زانو هنگام راهرفتن جلوگیری کنیم؛ در نتیجه احتمال خطر آسیب به مفصل زانو کاهش می‌یابد (۱۰). از سوی دیگر، براساس واکنش‌های زنجیره‌ای بیومکانیکی در مفاصل، هنگامی که دورسی فلکشن مچ پا افزایش یابد، به کاهش اورشن در مفصل سابتالار منجر می‌شود (۲۹)؛ بنابراین اورشن مچ پا که یکی از ریسک‌فاکتورهای آسیب به اندام تحتانی حین راهرفتن است، محدود می‌شود؛ در نتیجه استرین در ساختار اسکلتی-عضلانی تیبالیس داخلی کاهش می‌یابد که در نهایت از آسیب استفاده بیش از حد به اندام تحتانی پیشگیری می‌کند (۳۰، ۳۱)؛ پس احتمالاً آموزش خطی بر کاهش خطر آسیب هنگام راهرفتن مؤثر خواهد بود. همچنین این مداخله در تثبیت الگوی حرکتی در دستگاه عصبی مرکزی در سنین کودکی اولیه نقش بسزایی دارد؛ زیرا همان‌طور که در مباحث کنترل حرکتی اشاره می‌شود، در کودکی اولیه الگوی راهرفتن در دستگاه عصبی مرکزی تثبیت می‌شود و با گذشت زمان تغییر این الگوی حرکتی به‌سختی ممکن است (۵، ۴). از سوی دیگر، با توجه به جدول شماره سه، اندازه اثری که ایجاد شد (۰/۴)، اندازه اثر متوسطی است و برای تمرین شش‌هفته‌ای اندازه اثر مناسبی است و نشان می‌دهد، در مرحله آغازین تغییر الگوی حرکتی، آموزش خطی - که مبتنی بر ارائه الگوی صحیح حرکتی و درعین حال فراهم کردن بازخورد برای فرد است - توانسته است تغییرات مناسبی را در الگوی



کینماتیکی راه رفتن ایجاد کند؛ بنابراین سه مرحله مجزا در سیکل راه رفتن (تحمل وزن، حمایت یک‌عضوی و پیشروی اندام)، اصلاح می‌شود و از حرکت غیردقیق و غلط جلوگیری می‌کند؛ بنابراین احتمالاً در کاهش خطر آسیب نقش مهمی را ایفا می‌کند (۸).

از سوی دیگر نتایج نشان داد، مداخله آموزشی بر تغییر زوایای مفصلی مچ پا، زانو و ران در زمان جداشدن شست پا از زمین اثر معنادار دارد (جدول‌های شماره دو و شماره سه). نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعات پرسج (۹) و کائو و همکاران (۱۸) همخوانی داشت. احتمالاً به این علت که در آموزش خطی الگوی صحیح راه رفتن به‌طور دیداری به‌همراه دستورالعمل‌های تجویزی و بازخورد برای کودک فراهم می‌شود و طی راه رفتن کودک به رعایت الگوی پاشنه-پنجه ملزم می‌شود. همچنین تأکید می‌شود به آخرین نقطه‌ای که پا از زمین جدا می‌شود (یعنی شست پا) توجه کرده و روبه‌رو را نگاه کند تا تنه به‌سمت جلو متمایل شود (۱۱)؛ بنابراین میزان پلانتر فلکشن مچ پا و اکستنشن ران هنگام جداشدن شست پا از زمین افزایش یافته و به‌دنبال آن فلکشن زانو کاهش می‌یابد؛ همان‌طور که اتا و همکاران اشاره کردند، با فراهم کردن بازخورد و دستورالعمل‌های تجویزی می‌توانیم کینماتیک حرکتی را بهبود دهیم (۱۰). از آنجاکه پلانتر فلکشن مچ پا و اکستنشن ران افزایش یافته است، بنابراین اسلینگ‌های اکستنسوری مفاصل اندام تحتانی در فاز سکون و اسلینگ‌های فلکسوری در فاز نوسان به‌طور هم‌زمان عمل می‌کنند؛ در نتیجه موجب حرکت روان و کارآمد اندام تحتانی به‌سمت جلو می‌شود (۸، ۱۰)؛ در نتیجه براساس دیدگاه جاندا این امر موجب می‌شود که عضلات در زمان بندی و ترتیب مناسب فراخوانی شوند که این الگوی فراخوانی به کارآمدی سیستم حرکتی طی جابه‌جایی منجر می‌شود و احتمال آسیب به مفاصل اندام تحتانی را کاهش می‌دهد؛ زیرا هرگونه نبود تعادل یا هر نوع نقص در فراخوانی و هماهنگی اسلینگ‌های عضلانی در هر قسمت از زنجیره حرکتی به ایجاد الگوهای غلط و مصرف ناکارآمد انرژی منجر می‌شود (۸، ۱۰). از سوی دیگر، با افزایش اکستنشن در مفصل ران در لحظه جداشدن شست پا از زمین، دیگر شاهد افزایش جبرانی چرخش قدامی لگن و اکستنشن کمری نخواهیم بود؛ زیرا حرکت‌پذیری بیشتر از مفصل ران صورت می‌گیرد (۸). همچنین با توجه به اینکه در زمان برخورد پاشنه با زمین و در زمان جداشدن شست پا از زمین، میزان زوایای مفاصل ران و مچ پا افزایش یافته است، کودک اگر هنگام راه رفتن دچار سکندری خوردن شد، می‌تواند براساس دیدگاه شاموی-کوک<sup>۱</sup> به‌درستی از استراتژی بالابردن (افزایش فلکشن ران) و استراتژی پایین‌آوردن

## 1. Shumway-Cook



(افزایش پلاننار فلکشن مچ پا) استفاده کرده و بدون برخورد از موانع عبور کند و احتمال سقوط کاهش یابد (۹، ۵)؛ پس احتمالاً آموزش خطی بر کاهش خطر آسیب طی راهرفتن اثرگذار خواهد بود. از آنجاکه پژوهش حاضر به دلیل محدودیت در شش هفته انجام شد (فاز پیشروی)، برای بررسی بهتر تأثیر آموزش خطی بر الگوی کینماتیکی راهرفتن توصیه می‌شود، پژوهشی با مدت زمانی حداقل ۱۰ هفته (فاز نگهداری) صورت گیرد. از سوی دیگر، به منظور بررسی دقیق‌تر تأثیرات آموزش خطی بر الگوی راهرفتن توصیه می‌شود، فاکتورهای فضایی و زمانی مهارت راهرفتن، از جمله کدنس، طول استراید، طول استپ و عرض گام به همراه ماندگاری تمرینات نیز بررسی شود. نتایج نشان داد، یک دوره مداخله آموزش خطی برای تغییر الگوی کینماتیکی راهرفتن در کودکان سه تا پنج ساله مناسب است؛ بنابراین توصیه می‌شود، برای ارتقا و پیشرفت کودکان در مهارت‌های حرکتی بنیادی جابه‌جایی از روش آموزش خطی به منظور بهبود کینماتیک حرکتی و در نتیجه پیشگیری از سقوط هنگام جابه‌جایی بهره گرفته شود.

## تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد .... به راهنمایی ..... و مشاوره ..... است.

## منابع

1. Pica R. Why preschoolers need physical education. *YC Young Children*. 2011;66(2):56.
2. Clark JE. On the problem of motor skill development. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*. 2007;78(5):39-44.
3. Malina RM. Motor development during infancy and early childhood: Overview and suggested directions for research. *International Journal of Sport and Health Science*, 2004;2:50-66.
4. Axeti G, et al. Assessment of kinematic characteristics of preschoolers' gait during the implementation of an intervention training program. *Journal of Human Sport & Exercise*. 2017;12(4):1298-309.
5. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: translating research into clinical practice*. 2007: Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
6. Hak L, et al. Stepping strategies for regulating gait adaptability and stability. *Journal of Biomechanics*. 2013;46(5):905-11.
7. Muir B, et al. Proactive gait strategies to mitigate risk of obstacle contact are more prevalent with advancing age. *Gait & Posture*. 2015;41(1):233-9.



8. Page P, Frank C, Lardner R. Assessment and treatment of muscle imbalance: the Janda approach. *Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy*. 2011;41(10):799-800.
9. Persch LN, et al. Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly: a randomized controlled trial. *Clinical Biomechanics*. 2009;24(10):819-25.
10. Ota S, et al. Acute influence of restricted ankle dorsiflexion angle on knee joint mechanics during gait. *The Knee*. 2014;21(3):669-75.
11. Burnfield M. Gait analysis: normal and pathological function. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2010;9(2):353.
12. Fabricant, PD, Kocher MS. Anterior cruciate ligament injuries in children and adolescents. *Orthopedic Clinics*, 2016;47(4):777-88.
13. Holden S, Boreham C, Delahunt E. Sex differences in landing biomechanics and postural stability during adolescence: a systematic review with meta-analyses. *Sports Medicine*. 2016;46(2):241-53.
14. Lang PJ, Sugimoto D, Micheli LJ. Prevention, treatment, and rehabilitation of anterior cruciate ligament injuries in children. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 2017;8:133.
15. Goodway JD, Ozmun JC, Gallahue DL. *Understanding motor development: infants, children, adolescents, adults*. Burlington, Massachusetts: Jones & Bartlett Learning; 2019.
16. Ling DI, et al. Feedback cues improve the alignment and technique of children performing ACL injury prevention exercises. *Journal of ISAKOS: Joint Disorders & Orthopaedic Sports Medicine*. 2021;6(1):3-7.
17. Noehren B, Scholz J, Davis I. The effect of real-time gait retraining on hip kinematics, pain and function in subjects with patellofemoral pain syndrome. *British Journal of Sports Medicine*. 2011;45(9):691-6.
18. Cao Z-B, et al. The effect of a 12-week combined exercise intervention program on physical performance and gait kinematics in community-dwelling elderly women. *Journal of Physiological Anthropology*. 2007;26(3):325-32.
19. Griffiths LJ, et al. How active are our children? Findings from the Millennium cohort study. *BMJ Open*. 2013;3(8):e002893.
20. Janssen I, LeBlanc AG. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2010;7(1):1-16.
21. Ding D, et al. Towards better evidence-informed global action: lessons learnt from the Lancet series and recent developments in physical activity and public health. *British Journal of Sports Medicine*. 2020;54(8):462-8.
22. Gravetter FJ, Forzano L-AB. *Research methods for the behavioral sciences*. Mason: Cengage Learning; 2018.
23. Collins TD, et al. A six degrees-of-freedom marker set for gait analysis: repeatability and comparison with a modified Helen Hayes set. *Gait & Posture*. 2009;30(2):173-80.



24. Adnan NMN, et al. Biomechanical analysis using Kinovea for sports application. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Bristol: IOP Publishing; 2018.
25. Fernández-González P, et al. Reliability of kinovea® software and agreement with a three-dimensional motion system for gait analysis in healthy subjects. Sensors. 2020;20(11):3154.
26. Hisham NAH, et al. Measuring ankle angle and analysis of walking gait using kinovea. Conference on International Medical Devices & Technology, Johor Bharu; 2017.
27. Puig-Diví A, et al. Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. PloS One. 2019;14(6):e0216448.
28. Herman T, et al. Six weeks of intensive treadmill training improves gait and quality of life in patients with Parkinson's disease: a pilot study. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2007;88(9):1154-8.
29. Price J. The biomechanics method for corrective exercise. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2018.
30. Song Q, et al. Biomechanics and injury risk factors during race walking. in ISBS-Conference Proceedings Archive, ; 2013.
31. Willems TM, et al. A prospective study of gait related risk factors for exercise-related lower leg pain. Gait & Posture, 2006;23(1):91-8.

#### استناد به مقاله

قربانی مریم، یاعلی رسول، صادقی حسن، لطافت کار امیر. تأثیر شش هفته آموزش خطی بر الگوی کینماتیکی راهرفتن در کودکان ۳-۵ سال. رفتار حرکتی. پاییز ۱۴۰۱؛ ۱۴(۴۹): ۵۸-۳۷. شناسه دیجیتال: 10.22089/MBJ.2022.11579.1995

Gorbani M, Yaali R, Sadeghi H, Letafatkar A. The Effect of Six Weeks of Linear Pedagogy on the Kinematics Pattern of Walking in - 3 to 5-year-old children. Motor Behavior. Fall 2022; 14 (49): 37-58. (In Persian). Doi: 10.22089/MBJ.2022.11579.1995

