

The effect of vestibular disturbances on spatio-temporal parameters of walking in active children aged 7 to 11 years

Seyed Morteza Mansouri Mehrian¹ , Saeed Ilbeigi^{2*} , Ali Fatahi¹ 

¹ Faculty of Physical Education, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran

² Faculty of Sports Sciences, Birjand University, Birjand, Iran

Article Info

Article type:
Research article

Article History:

Received: Apr. 12, 2025

Received in revised form:

Jun. 02, 2025

Accepted: Jul. 12, 2025

Published Online: Sep. 27, 2025

*** Correspondence to:**

Saeed Ilbeigi

Faculty of Sports Sciences,
Birjand University, Birjand, Iran

Email:

silbeigi@birjand.ac.ir

ABSTRACT

Introduction: The vestibular system is one of the components of balance maintenance, and its disruption can affect the biomechanics of walking. The aim of the present study was to investigate the effect of vestibular disorders on spatiotemporal parameters of gait in children aged 7 to 11 years.

Materials & Methods: The present study was conducted on 30 boys aged 7 to 11 years in Tehran, who were selected for the study using convenience sampling. Subjects walked a 12-meter track in the laboratory under four different sensory conditions (walking with eyes open, walking with eyes closed, walking with eyes open with vestibular perturbation, and walking with eyes closed with vestibular perturbation). Spatio-temporal parameters, including cadence, walking speed, stride length, step length, step time, and step width as a percentage of the length of the walking cycle, were recorded and measured through Vicon cameras. Data analysis was done using ANOVA with repeated measures with significance level ($p \leq 0.05$) in SPSS V.22.

Results: The results showed that in the indices of stride length ($p=0.001$), stride time ($p=0.001$), step length ($p=0.001$), step time ($p=0.001$), walking speed ($p=0.008$), and cadence ($p=0.001$), a significant effect was observed between different conditions, while no significant effect was observed between different conditions in the step width index ($p=0.110$).

Conclusion: Vestibular disturbances can alter the biomechanics of the lower limb, which causes changes in parameters related to walking, thereby reducing balance and increasing the risk of falls and subsequent complications. Vestibular disturbances can enhance motor efficiency by altering spatio-temporal parameters and walking patterns, indicating a compensatory mechanism for maintaining balance.

Keywords: vestibular disorders, spatiotemporal parameters, walking, active children

Cite this paper: Mansouri Mehrian M, Ilbeigi S, Fatahi A. The effect of vestibular disturbances on spatio-temporal parameters of walking in active children aged 7 to 11 years. *Journal of Ilam University of Medical Sciences*. 2025;33(4):90-105.

Introduction

The vestibular system, as one of the main components of the body's balance system, plays an indispensable role in maintaining posture stability, controlling eye movements, and spatial orientation (1). This complex system, by receiving information from the inner ear and processing it in the brain, allows us to maintain our balance and make precise and coordinated movements even in challenging environmental conditions (2). Disorders in this system, which can be caused by various factors such as infections, trauma, or developmental abnormalities, can severely affect the biomechanics of walking (3). Walking seems to

be a simple and automatic action, but in fact it requires a complex coordination between the visual, vestibular, and proprioceptive systems (4). In children, weakness or defects in the vestibular system can lead to problems such as clumsiness, problems with motor coordination, and an increased risk of falling (5). Given the importance of walking as a fundamental skill in daily life and its direct impact on quality of life, the present study was conducted with a dual objective: 1) to accurately assess the immediate effects of vestibular disorders on spatiotemporal parameters of walking (such as stride length, speed, and cadence) in active children aged 7 to 11 years and 2) to investigate the compensatory



© The Author(s)

Publisher: Ilam University of Medical Sciences

mechanisms that the body uses to maintain balance in the face of vestibular challenges (1). This study attempts to fill the existing knowledge gap in the field of the specific effects of vestibular disorders on children's walking patterns and provide a basis for future rehabilitation interventions.

Methods

This experimental study was conducted with a within-group design on 30 healthy active boys, aged 7 to 11 years, from Tehran. Strict inclusion and exclusion criteria, including the absence of underlying diseases, structural abnormalities, visual or neuromuscular problems, and the absence of pain in the lower extremities, ensured the homogeneity of the sample group. The mean age of the subjects was 8.9 years with a standard deviation of 0.7, and the mean weight was 29.4 kg with a standard deviation of 2.2. The sample size was determined to be at least 34 people using G*Power software with a statistical power of 0.8, an effect size of 0.50, and a significance level of 0.05, but due to existing limitations, 30 people were selected using the convenience sampling method. The experimental protocol consisted of four controlled conditions in which each subject participated: 1) walking with eyes open and no stimulation (control condition), 2) walking with eyes closed and no stimulation (to assess the role of vision), 3) walking with eyes open and vestibular stimulation, and 4) walking with eyes closed and vestibular stimulation. Vestibular stimulation was induced by performing five rapid clockwise rotations and immediately five counterclockwise rotations before starting walking to challenge the vestibular system. Subjects walked a 12-meter path, and spatiotemporal gait parameters (including stride length, stride time, step length, step time, stride width, gait speed, and cadence) were recorded using a Vicon motion analysis system equipped with WebKit cameras and specialized software with a high sampling rate. After filtering with a Butterworth level 2 filter with a cutoff frequency of 6 Hz, the raw data were extracted using Vicon Nexus software and then entered into SPSS version 22 for statistical analysis. The Kolmogorov-Smirnov (K-S) test was used to check the normality of the data distribution. To compare the means of the variables in four different conditions, analysis of variance with repeated measures was used, and in case of significant differences, the Bonferroni

post hoc test was used for pairwise comparisons. The statistical significance level for all tests was set at $P \leq 0.05$ in SPSS V.22.

Results

The results of the present study showed that vestibular disorders have a significant effect on spatiotemporal parameters of gait in children aged 7 to 11 years. Statistical analyses revealed significant differences in stride length ($P=0.01$), stride time ($P=0.001$), step length ($P=0.001$), step time ($P=0.001$), gait speed ($P=0.001$), and cadence ($P=0.008$) between the different experimental conditions. In other words, when the vestibular system was affected, children changed their gait pattern in a way that indicated an attempt to maintain balance. Interestingly, closing the eyes alone (without vestibular stimulation) had no significant effect on any of these parameters ($P>0.05$), indicating the high ability of children to use the vestibular system to compensate for the lack of visual information. The only parameter that did not show a statistically significant change ($P=0.110$) in any of the studied conditions was stride width, and it remained constant. These findings generally confirm that vestibular disorders can affect motor efficiency by changing the spatial and temporal parameters of gait, which indicate compensatory mechanisms for maintaining balance.

Conclusion

The results of this study clearly demonstrate that vestibular disturbances have a significant impact on spatiotemporal gait parameters in active children aged 7 to 11 years. These findings not only emphasize the pivotal role of the vestibular system in maintaining dynamic balance but also reveal the body's compensatory strategies in the face of balance challenges. The observation of decreased walking speed, shortened steps, and increased ground contact time under vestibular stimulation all support the body's attempt to increase stability and reduce the risk of falls. These patterns reflect an innate defense mechanism in which the motor system attempts to maintain posture stability and continue safe movement by adjusting itself. Importantly, the removal of visual input alone (without vestibular disturbance) did not produce significant changes in gait, which is evidence of the high power and efficiency of the vestibular system in children to compensate for the lack of

other sensory information. However, when the vestibular system is disrupted, the body is forced to make significant changes in gait patterns. These changes, although acting as a compensatory mechanism, can lead to inefficient gait patterns in the long term and affect the quality of the individual's movement. Therefore, considering the results obtained, the necessity of paying attention to the assessment and strengthening of the vestibular sense in children is emphasized. Such an approach can not only help improve motor efficiency and balance in childhood but also promote individual health and independence throughout life by reducing the risk of falls and their subsequent complications in older ages.

Authors' Contribution

Conceptualization, Methodology, Validation, Formal Analysis, Investigation, Software, Resources, Data Curation, Writing-Original Draft Preparation, Writing -Review & Editing, Visualization, Supervision, Project Administration: SM, SI, AF.

Ethical Statement

This study was approved by the Research Ethics Committee of the Tehran Sports Sciences Research Institute (Iran) (IR.SSRC.REC.1403.005). The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Funding

This study has not received any funding from government, private, or non-profit organizations.

Acknowledgment

This study is based on the doctoral thesis of Seyed Morteza Mansouri Mehrian, Department of Sports Biomechanics, Islamic Azad University, Central Tehran Branch (Iran). The authors would like to thank all the participants in this study who provided the necessary cooperation.

تأثیر اغتشاشات وستیبولاری بر مؤلفه‌های فضایی-زمانی راه رفتن در پسران فعال ۷ تا ۱۱ سال

سیدمرتضی منصوری مهربان^۱، سعید ایل بیگی^{۲*}، علی فتاحی^۱

^۱ گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تربیت بدنی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۲ گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۳

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۵

مقدمه: دستگاه وستیبولاری یکی از مؤلفه‌های حفظ تعادل است که اغتشاش آن می‌تواند بیومکانیک راه رفتن را تحت تأثیر قرار دهد. هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر اغتشاشات وستیبولاری بر مؤلفه‌های فضایی-زمانی راه رفتن در پسران ۷ تا ۱۱ سال است.

مواد و روش‌ها: مطالعه حاضر روی ۳۰ نفر از پسران با دامنه سنی ۷ تا ۱۱ سال شهر تهران انجام گرفت که به روش نمونه‌گیری در دسترس برای پژوهش انتخاب شدند. آزمودنی‌ها تحت چهار شرایط حسی مختلف (راه رفتن با چشمان باز، راه رفتن با چشمان بسته، راه رفتن با چشمان باز با اغتشاش وستیبولاری و راه رفتن با چشمان بسته با اغتشاش وستیبولاری)، یک مسیر ۱۲ متری را در آزمایشگاه طی کردند. مؤلفه‌های فضایی-زمانی شامل کادنس، سرعت راه رفتن، طول قدم، طول گام، زمان قدم و گام و عرض گام برحسب درصدی از طول چرخه راه رفتن از طریق دوربین‌های ویکون ثبت و اندازه‌گیری شد.

یافته‌های پژوهش: نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های مکرر نشان داد که در شاخص‌های طول گام ($P=0.01$)، زمان گام ($P=0.001$)، طول قدم ($P=0.001$)، زمان قدم ($P=0.001$)، سرعت راه رفتن ($P=0.008$) و کادنس ($P=0.001$)، تأثیر معناداری میان شرایط مختلف مشاهده گردید، درحالی‌که در شاخص عرض گام ($P=0.110$) تأثیر معناداری میان شرایط مختلف مشاهده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری: اغتشاشات وستیبولاری می‌تواند بیومکانیک اندام تحتانی را دچار تغییر کند که موجب تغییر مؤلفه‌های مرتبط با راه رفتن شود و از این طریق، باعث کاهش تعادل و افزایش میزان خطر سقوط و عوارض متعاقب آن گردد؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که اغتشاشات وستیبولاری می‌تواند با تغییر مؤلفه‌های فضایی-زمانی و الگوی راه رفتن که نشان از سازوکار جبرانی حفظ تعادل دارد، کارایی حرکتی را افزایش دهند.

نویسنده مسئول:

سعید ایل بیگی

گروه بیومکانیک ورزشی،

دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه

بیرجند، بیرجند، ایران

Email:

silbeigi@birjand.ac.ir

واژه‌های کلیدی: اغتشاشات وستیبولاری، مؤلفه‌های فضایی-زمانی، راه رفتن، پسران فعال

استناد: منصوری مهربان سیدمرتضی، ایل بیگی سعید، فتاحی علی. تأثیر اغتشاشات وستیبولاری بر مؤلفه‌های فضایی-زمانی راه رفتن در پسران فعال ۷ تا ۱۱ سال. مجله دانشگاه علوم

پزشکی ایلام، مهر ۱۴۰۴؛ ۳۳(۴): ۹۰-۱۰۵.

مقدمه

راه رفتن به عنوان حالتی حرکتی در هر دو پا تعریف می شود که توسط سیکل های تک پا و دو پا به صورت متوالی شکل می گیرد که امکان جابجایی مرکز ثقل بدن انسان را با هزینه انرژی کمتری نسبت به هر شکل دیگری از حرکت انسان فراهم می کند. سیکل اصلی راه رفتن با گام تشکیل می شود. تجزیه و تحلیل مؤلفه های فضایی-زمانی امکان مطالعه دقیق این حالت حرکت را فراهم می کند (۱). تعداد بسیاری از مطالعات علمی برای تجزیه و تحلیل متغیرهای فضایی-زمانی راه رفتن، مانند طول قدم، طول گام، مدت زمان قدم، مدت زمان گام، عرض گام، کادنس و سرعت راه رفتن وجود دارد. راه رفتن یکی از معمول ترین حرکات انسان است که در افراد جوان به وسیله ناحیه زیر قشر و نخاع کنترل می شود (۲). در چند دهه گذشته، تحقیقات فراوانی انجام شده است که نشان داده اند، راه رفتن فعالیتی خود کار نیست و عملکردی شناختی است که نقش معنی داری در کنترل تعادل و تحرک فرد دارد (۱، ۲). همه فعالیت های روزمره زندگی به کنترل تعادل در حالت سکون و جابجایی نیاز دارند و بر اساس همین، اختلال در دستگاه وستیبولار سبب بروز مشکلاتی در جهت یابی، تعادل و حرکت افراد می شود. ایجاد تعادل بدن طی راه رفتن فعالیتی است که انسان ها ظاهراً بدون زحمت انجام می دهد (۳). اختلالات تعادل می تواند تأثیر منفی بر مهارت های حرکتی دیگر همچون یکپارچه سازی حسی، هماهنگی عمومی پویا هماهنگی چشم بگذاورد (۴، ۵). دستگاه وستیبولار شامل قسمت هایی از گوش داخلی و مغز است که به کنترل تعادل، حرکت چشم و جهت گیری فضایی فرد کمک می کند. این مسیر تنها پس از دو ماه از لقاح داخل رحم شروع به رشد می کند و تا حدود پنج ماه پس از لقاح کاملاً شکل می گیرد و حرکت در رحم به رشد این حس کمک می کند. حس دهلیزی اولین دستگاه حسی است که عملکرد آن به طور کامل دچار تحول می شود (۶). این دستگاه کمک می کند تا افراد پایداری و ثبات خود را حفظ کنند و بتوانند در حالت ایستاده قرار بگیرند. کودکان با حس دهلیزی قوی هماهنگی و تعادل بهتری دارند. کودکانی که این حس به طور

کامل در آنان رشد نکرده اند، دست و پا چلفتی به نظر می رسند و دائم با اشیاء برخورد می کنند. کودکانی که دستگاه وستیبولار آنان مشکل دارد، ممکن است که ندانند که بدن آنان در چه فضایی قرار دارد و حس تعادل خود را از دست بدهند و قادر به کنترل بدن خود نباشند (۶). فعالیت هایی که کودک در آنان دور خود می چرخد، به بالا بردن سطح هوشیاری، افزایش توجه و آرامش بیشتر در او منجر می شوند. شاید به همین سبب است که کودکان به انجام این فعالیت ها تمایل دارند؛ بنابراین، با تقویت این حس در کودکی می توان از آسیب های احتمالی ناشی از ضعف دستگاه وستیبولار جلوگیری کرد (۷، ۶). مجموعه دهلیزی-نخاعی، مخچه و ساختار شبکه ای بر رفتار حرکتی تأثیر می گذارند و همچنین در توسعه مهارت های حرکتی، ادغام رفلکس های وضعیتی، هماهنگی حرکات چشم و مهارت های بصری و همچنین توسعه رفتار کاوشگرانه و تنظیم سطح سرزندگی از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند (۸).

اگر فرض بر این باشد که برای حفظ پاسچر (وضعیت بدنی) به همه اطلاعات مربوط به دستگاه های حسی نیاز داریم، کمبود اطلاعات یکی از دستگاه های حسی بر تعادل بدن در هنگام ایستادن و راه رفتن تأثیر می گذارد (۹). دستگاه بینایی اطلاعات محیط اطراف فرد مانند فاصله را جمع آوری می کند و نقش بسزایی در گرفتن و حفظ تعادل و ثبات و برنامه ریزی مسیر حرکت دارد (۱۱، ۱۰). به طور معمول، تشخیص اختلال دستگاه دهلیزی از طریق مجموعه ای از آزمایش های تخصصی (به عنوان مثال، پوسچروگرافی پویا کامپیوتری، ویدئونیستاگموگرافی (VNG) و تست صندلی چرخشی) تعیین می گردد (۱۲). دوران کودکی مهم ترین دوره رشد و تکامل انسان است. پاسچر کودکان و الگوهای راه رفتن تا سن ۱۲ تا ۱۳ سالگی ادامه می یابد که فرایندی مداوم و آهسته است (۱۳). کوثری و همکاران (۲۰۱۳) به این نتیجه رسیدند که در سنین کودکی رشد جسمانی، عاطفی، شناختی و عقلانی کودک نسبت به سال های بعد، از سرعت بیشتری برخوردار است و قابلیت اصلاح پذیری کودکان در سنین ۷ تا ۱۱ سالگی فوق العاده است، به گونه ای که ارائه فعالیت های حرکتی منظم

در چهار وضعیت عادی (چشم باز و بسته) و تحت اغتشاش (چشم باز و بسته) بود.

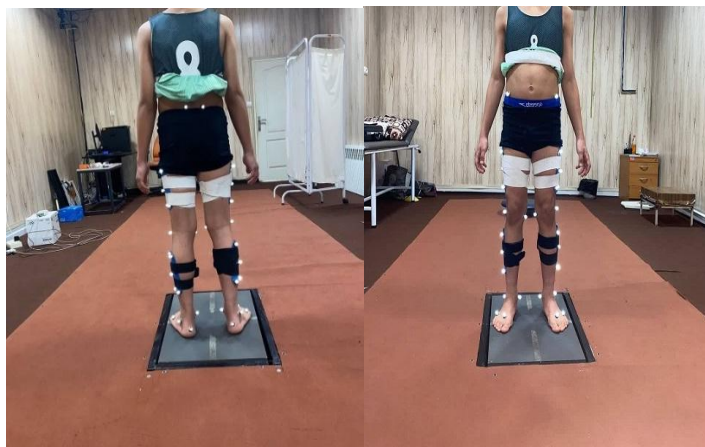
مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ۳۰ کودک فعال پسر ۷ تا ۱۱ ساله شهر تهران (باشگاه فوتبال پاسارگاد، منظور از فعال این است که به‌طور منظم در طول شش ماه اخیر سه جلسه در هفته، فعالیت ورزشی منظم انجام داده بودند)، با توجه به معیارهای پژوهش انتخاب شدند. در معیارهای ورود به تحقیق این نکته مدنظر بود که آزمودنی‌ها بدون هرگونه بیماری، ناهنجاری‌های ساختار قامتی، مشکلات دهلیزی، بینایی، اختلالات عصبی عضلانی و آسیب‌های اندام تحتانی در زمان آزمون باشند و معیارهای خروج از تحقیق شامل داشتن ناهنجاری‌های ساختار قامتی مشهود، مشکلات دهلیزی، بینایی، اختلالات عصبی عضلانی، هرگونه درد در اندام تحتانی که بر زوایا یا دامنه حرکتی فرد تأثیرگذار باشد، رضایت نداشتن فرد از ادامه همکاری در پژوهش حاضر و وقوع هرگونه آسیب در حین انجام دستورالعمل بودند (۱۸)، (۱۷). میانگین و انحراف استاندارد اطلاعات توصیفی آزمودنی‌های تحقیق در جدول شماره ۱ آورده شده است. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور نشان داد که برای یک توان آماری ۰/۸۰ در یک اندازه اثر ۰/۵۰ با سطح معنی‌داری ۰/۰۵، حجم نمونه حداقل ۲۴ نفر لازم است (۸) که تعداد ۳۰ نفر به‌صورت نمونه‌گیری در دسترس انتخاب گردیدند. آزمودنی‌ها پس از پر کردن فرم رضایت‌نامه از سوی والدین، در پژوهش شرکت کردند. پرسش‌نامه مشخصات فردی، پرسش‌نامه سلامت روانی و جسمانی، نحوه اجرای تحقیق به‌صورت کتبی و شفاهی در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت. با وجود این، اگر در هر زمان حین انجام فرایند آزمون، شرکت‌کنندگان تصمیم به انصراف از مطالعه گرفتند، با حفظ اطلاعات و اسناد خود می‌توانستند از تحقیق خارج شوند. لازم به ذکر است که مطالعه حاضر در کمیته اخلاق در پژوهش پژوهشگاه علوم ورزشی با شماره IR.SSRC.REC.1403.005 ثبت و تأیید گردید. اندازه‌گیری‌های آنتروپومتری پیش از گرم کردن افراد

در این سنین اهمیت ویژه‌ای دارد؛ به عبارت دیگر می‌توان گفت، تجارب حرکتی کودک در این برهه زمانی علاوه بر بهبود عملکرد شخص، احتمال آسیب‌دیدگی این افراد در همه ورزش‌ها را کاهش می‌دهد (۱۴). شوموی-کوک و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که کنترل پاسچر در سنین ۷-۱۱ سالگی به‌طور کامل مشابه بزرگسالان می‌شود؛ به این معنی که کودکان با سن بیشتر از ۷ سال به آسانی ثبات پاسچر خود را در هر دو پاسچر ایستاده و در حال حرکت حفظ می‌کنند (۱۵). کودکان با شرکت در یک برنامه منظم ورزشی، این فرصت را خواهند داشت که از لحاظ عضلانی تقویت شوند و یک زندگی فعال و سالم را در زمان ورود به بزرگسالی داشته باشند و این امر اهمیت ضرورت ورزش و فعالیت‌های حرکتی را در کودکان نشان می‌دهد (۱۶)؛ بنابراین، پاسچر کودکان در سلامتی جامعه و نسل‌های آینده تأثیرگذار است و فعالیت بدنی در کودکان به رشد و کیفیت زندگی آنان در زمان بزرگسالی کمک می‌کند و بی‌توجهی به پاسچر و تعادل در دوران کودکی، صدمات جبران‌ناپذیری بر سلامت وی در بزرگسالی وارد خواهد کرد (۱۴)؛ بنابراین، برای شناخت بیشتر شرایط ویژه پاسچر کودکان و تغییرات جسمانی آنان در این سنین به مطالعات گسترده‌ای نیاز است. در بررسی متون علمی چاپ‌شده، مقاله‌ای که متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن در حین اغتشاش دستگاه وستیولار بررسی کرده باشد، به‌ندرت یافت شد، درحالی‌که علاوه بر بررسی نیرو و زاویه مفصل در زمان مشخص، متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن نیز در درک کنترل حرکتی افراد بسیار مهم هستند. نشان داده شده است که تجزیه و تحلیل متغیرهای فضایی-زمانی روش معتبری برای ارائه مطالعه دقیق راه رفتن است؛ بنابراین، برای درک بهتر تأثیر اغتشاشات وستیولاری بر راه رفتن افراد، باید الگوی راه رفتن افراد به‌طور دقیق بررسی گردد. با توجه به مطالب بیان‌شده و با در نظر گرفتن این موضوع که اجرای بیشتر تکالیف بنیادی به ثبات و تعادل افراد نیازمند است و با توجه به اینکه مطالعات درباره تأثیر اغتشاشات وستیولار بسیار محدود است، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر اغتشاشات وستیولاری بر مؤلفه‌های فضایی زمانی راه رفتن کودکان فعال

ارزیابی شد. متغیرهای سن (سال)، قد (سانتی-متر) و وزن (کیلوگرم) نیز ثبت گردید. طول اندام تحتانی از خار خارصه-ای قدامی فوقانی (ASIS) تا قوزک داخلی برای هر دو اندام اندازه-گیری شد؛ سپس تعداد ۱۶ مارکر کروی منعکس کننده نور به قطر ۱۴ میلی متر به نقاط آناتومیکی در هر دو پای شرکت کنندگان، بر اساس الگوی مارکرگذاری

پلاگ این گیت متصل گردید. این نقاط شامل خارخارصه‌ای قدامی فوقانی و خلفی فوقانی، اپی کندیل خارجی ران، یک سوم پایینی ران، یک سوم پایینی ساق، قوزک داخلی، قوزک خارجی، سر متاتارسال دوم و پشت استخوان پاشنه بود (شکل شماره ۱).



شکل شماره ۱. نحوه قرار دادن مارکر مدل پلاگ این گیت نمای قدامی (سمت راست) نمای خلفی (سمت چپ)

پس از آماده سازی آزمودنی ها از آنان خواسته شد که در مسیر مشخص شده راه بروند. هر آزمودنی ۶ مرتبه (سه مرتبه مربوط به فاز استانس راه رفتن با چشم باز و سه مرتبه مربوط به فاز استانس راه رفتن با چشم بسته) مسیر مشخص شده را طی کردند و داده های مربوط به هر آزمودنی ثبت گردید. یک روز پس از انجام پیش آزمون، همه آزمودنی ها مجدداً به آزمایشگاه فراخوانده شدند و پس از آماده سازی آزمودنی ها، روش انجام پس آزمون به آنان شرح داده شد و پس از توجیه آزمودنی ها، پس آزمون اجرا گردید. آزمودنی ها ابتدا روی یک صفحه گردان روی زمین ایستادند و پنج دور در جهت عقربه های ساعت و پنج دور در خلاف جهت عقربه های ساعت چرخیدند و پس از متوقف شدن، در مسیر مشخص شده ۱۲ متری راه رفتند. آزمودنی ها مانند پیش آزمون، این تست را نیز ۶ مرتبه (سه مرتبه مربوط به اغتشاش با چشم باز و سه مرتبه مربوط به اغتشاش با چشم بسته) در مسیر مشخص شده طی کردند و داده های مربوط به هر آزمودنی ثبت شد.

شرح نحوه انجام شرایط؛ شرایط اول: فرد با چشم باز و بدون هرگونه اغتشاش، شروع به راه رفتن در مسیر اتاق

می کند.

شرایط دوم: فرد با چشم بسته و بدون هرگونه اغتشاش، شروع به راه رفتن در مسیر اتاق می کند.

شرایط سوم: فرد با چشم باز و با اغتشاش (پنج چرخش در جهت عقربه های ساعت و بلافاصله پنج چرخش در خلاف عقربه های ساعت)، شروع به راه رفتن در مسیر اتاق می کند.

شرایط چهارم: فرد با چشم بسته و با اغتشاش (پنج چرخش در جهت عقربه های ساعت و بلافاصله پنج چرخش در خلاف عقربه های ساعت)، شروع به راه رفتن در مسیر اتاق می کند.

پردازش داده ها:

داده های به دست آمده از سیستم آنالیز حرکت ویکون با استفاده از نرم افزار نکسوس ویکون پردازش و با استفاده از فیلتر باتروورث سطح ۴ و بدون اختلاف فازی با فرکانس برش ۶ هرتز برای حذف نویز فیلتر شدند؛ سپس با استفاده از نرم افزار پلی گان متغیرهای کادنس (تعداد قدم در دقیقه)، سرعت راه رفتن (سرعت راه رفتن با تقسیم مسافت پیموده شده به زمان راه رفتن به دست آمد)، طول گام (فاصله

توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) برای توصیف داده‌ها، آزمون کولموگرووف اسمیرنوف (K-S) برای طبیعی بودن توزیع داده‌ها، آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های مکرر برای مقایسه مقادیر ثبت شده در سطح معناداری $P \leq 0.05$ و برای مقایسه‌های زوجی از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده گردید.

یافته‌های پژوهش

مشخصات فردی آزمودنی‌ها در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

طولی از پاشنه پای راست تا تماس مجدد پاشنه همان پا)، طول قدم (فاصله طولی پاشنه پای راست و پای چپ)، عرض قدم (فاصله عرضی پای راست و پای چپ)، زمان گام و زمان قدم (مدت زمان طی شده) در یک چرخه راه رفتن استخراج گردیدند.

تحلیل آماری:

متغیرهای پژوهش در دو بخش توصیفی و استنباطی، به وسیله نرم افزار SPSS vol.22 تجزیه و تحلیل شدند. از آمار

جدول شماره ۱. اطلاعات توصیفی متغیرهای پژوهش

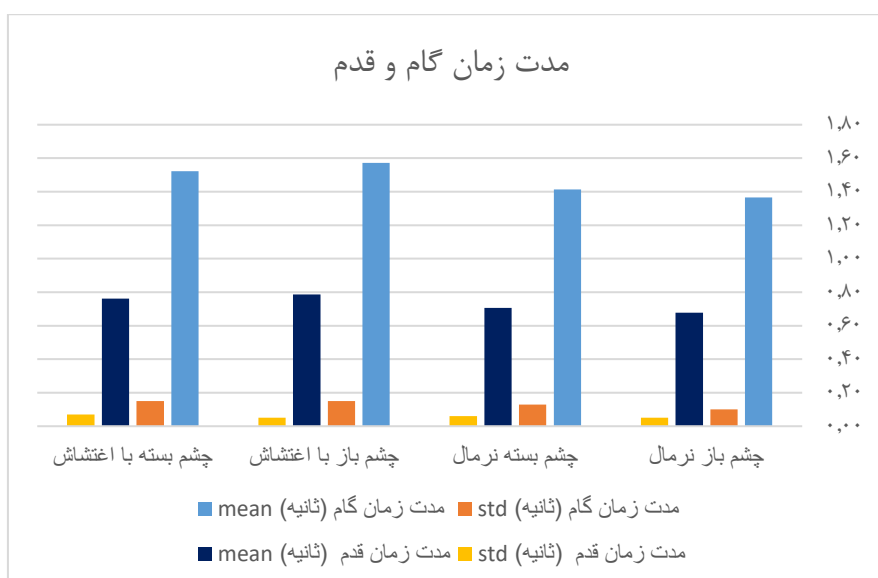
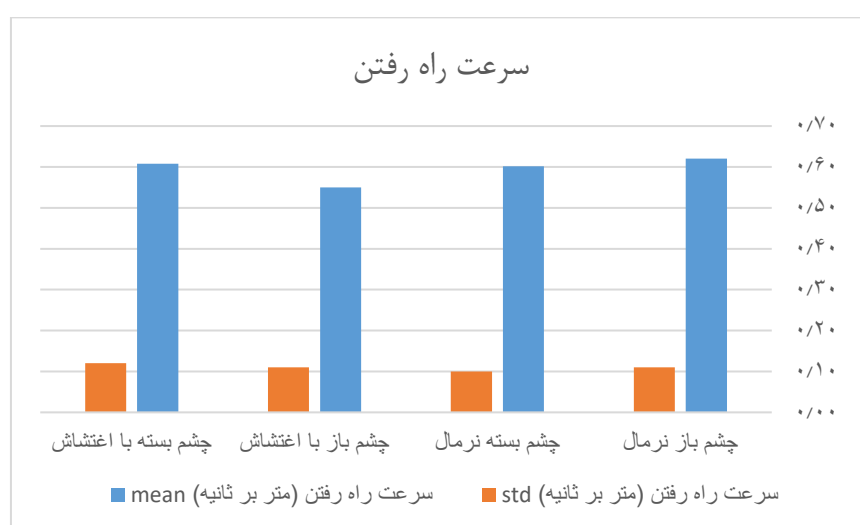
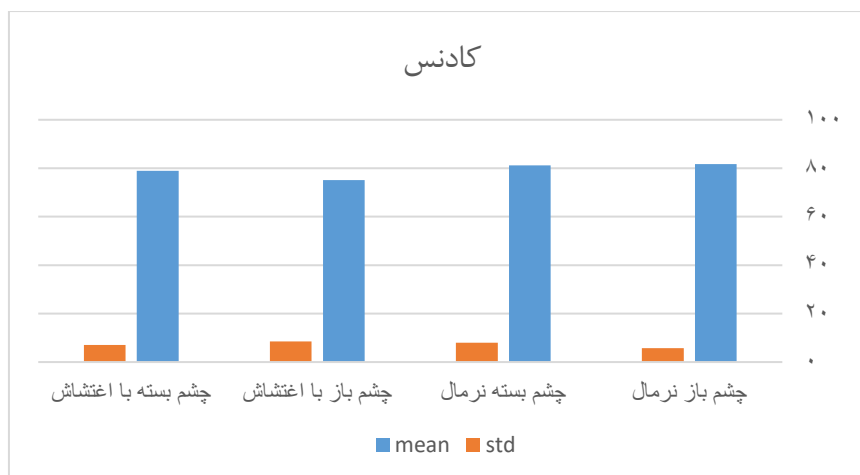
متغیر	N	میانگین	انحراف معیار
سن (سال)	۳۰	۸/۹	۰/۷
وزن بدن (کیلوگرم)		۲۹/۴	۲/۲
قد (سانتیمتر)		۱۳۳/۹	۴/۳
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)		۱۶/۴	۱/۵۴

(چشم باز بدون اغتشاش، چشم بسته بدون اغتشاش، چشم باز با اغتشاش، چشم بسته با اغتشاش) است.

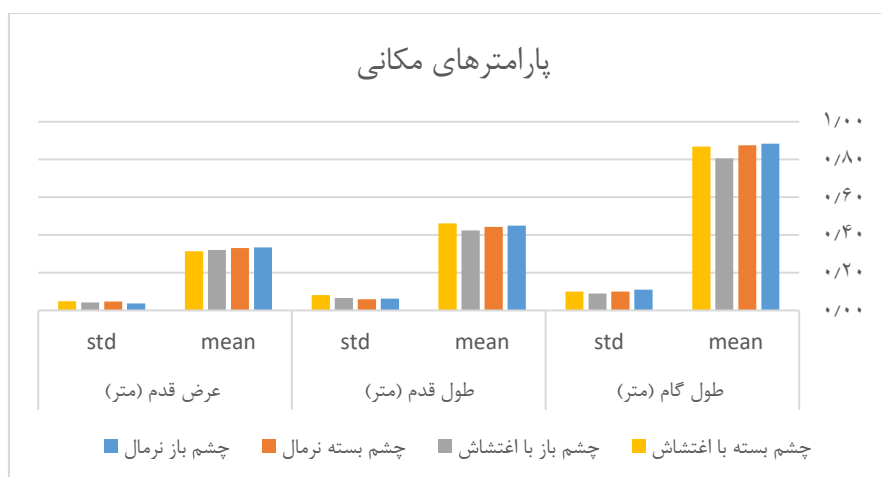
جدول شماره ۲ نشان دهنده میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای فضایی زمانی در ۴ وضعیت ذکر شده

جدول شماره ۲. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن

تکرار								متغیر
چشم بسته با اغتشاش		چشم باز با اغتشاش		چشم بسته بدون اغتشاش		چشم باز بدون اغتشاش		
Std	میانگین	Std	میانگین	Std	میانگین	Std	میانگین	
۷/۰۵	۷۸/۹۰	۸/۵۵	۷۵/۰۷	۸/۰۴	۸۱/۲	۵/۷	۸۱/۷	کادنس (قدم در دقیقه)
۰/۱۲	۰/۶۰	۰/۱۱	۰/۵۴	۰/۱۰	۰/۶۰	۰/۱۱	۰/۶۲	سرعت راه رفتن (متر بر ثانیه)
۰/۰۷	۰/۷۶	۰/۰۵	۰/۷۸	۰/۰۶	۰/۷۰	۰/۰۵	۰/۶۷	مدت زمان قدم (ثانیه)
۰/۰۸۱	۰/۴۶	۰/۰۶۶	۰/۴۲	۰/۰۵۹	۰/۴۴	۰/۰۶۳	۰/۴۴	طول قدم (متر)
۰/۱۵	۱/۵۲	۰/۱۵	۱/۵۷	۰/۱۳	۱/۴۱	۰/۱۰	۱/۳۶	مدت زمان گام (ثانیه)
۰/۱۰	۰/۸۶	۰/۰۹	۰/۸۰	۰/۱۰	۰/۸۷	۰/۱۱	۰/۸۸	طول گام (متر)
۰/۰۴۹	۰/۳۱۵	۰/۰۴۳	۰/۳۲	۰/۰۴۸	۰/۳۳	۰/۰۳۷	۰/۳۳۳	عرض گام (متر)



شکل شماره ۲. مقایسه مؤلفه‌های زمانی راه رفتن در شرایط مختلف



شکل شماره ۳. مقایسه مؤلفه‌های مکانی راه رفتن در شرایط مختلف

معنی‌داری مشاهده گردید. تنها در مؤلفه عرض قدم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در میان شرایط چشم باز بدون اغتشاش و چشم بسته بدون اغتشاش در هیچ کدام از مؤلفه‌ها تأثیر معنی‌داری مشاهده نگردید.

بر اساس نمودارهای بالا (شکل‌های ۱، ۲ و ۳) بیشترین تأثیر اغتشاش وستیولار بر متغیرهای فضایی زمانی، در حالت اغتشاش با چشم باز رخ داده است. در مؤلفه‌های کادنس، سرعت راه رفتن، طول گام، طول قدم، مدت‌زمان گام و مدت‌زمان قدم در شرایط اغتشاش با چشم باز تأثیر

جدول شماره ۳. نتایج تحلیل رگرسیون هم‌زمان متغیرهای پژوهش (مادران پسران)

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری	اندازه اثر
کادنس	۸۱۸/۷۳۲	۲/۸۷	۲۸۵/۰۹	۷/۷۸۷	*۰/۰۰۰۱	۰/۰۵۸
سرعت راه رفتن	۰/۰۸۷	۳	۰/۰۳۰	۴۲/۳۲	*۰/۰۰۰۸	۰/۰۹۷
مدت‌زمان قدم	۰/۱۹۵	۲/۵۸	۰/۰۷۶	۱۹/۶۳	*۰/۰۰۰۱	۰/۰۹۴
طول قدم	۰/۰۲۲	۲/۶۸۹	۰/۰۰۸	۲/۹۶	*۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶
مدت‌زمان گام	۰/۸۱۶	۲/۴۸	۰/۳۲۹	۱۹/۹۲	*۰/۰۰۰۱	۰/۰۹۴
طول گام	۰/۱۱۱	۲/۸۳	۰/۰۳۹	۴/۸۳	*۰/۰۰۰۱	۰/۰۸۳
عرض گام	۰/۰۰۷	۲/۶۸۷	۰/۰۰۳	۲/۱۳۰	*۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۶

جدول شماره ۴. نتایج آزمون بونفرونی برای مقایسه جفتی شرایط مختلف مؤلفه‌های فضایی-زمانی

مؤلفه	مقایسه شرایط		اختلاف میانگین	Sig
کادنس	چشم باز	چشم بسته	۰/۴۸۶	۱/۰۰۰
	چشم باز	چشم باز با اغتشاش	۶/۶۱۲	*۰/۰۰۰۱
	چشم باز	چشم بسته با اغتشاش	۲/۷۸۱	۰/۴۱۷
	چشم بسته	چشم باز با اغتشاش	۶/۱۲۶	*۰/۰۰۰۷
	چشم بسته	چشم بسته با اغتشاش	۲/۲۹۶	۰/۸۰۴
	چشم باز با اغتشاش	چشم بسته با اغتشاش	۳/۸۳۱	*۰/۰۰۰۵
سرعت راه رفتن	چشم باز	چشم بسته	۰/۰۱۹	۱/۰۰۰
	چشم باز	چشم باز با اغتشاش	۰/۰۷۱	*۰/۰۰۰۹

چشم باز	چشم بسته با اغتشاش	۰/۰۱۲	۱/۰۰۰
چشم بسته	چشم باز با اغتشاش	۰/۰۵۲	۰/۱۳۲
چشم بسته	چشم بسته با اغتشاش	۰/۰۰۶	۱/۰۰۰
چشم باز با اغتشاش	چشم بسته با اغتشاش	۰/۰۵۸	*۰/۰۴۲
چشم باز	چشم بسته	۰/۰۰۷	۱/۰۰۰
چشم باز	چشم باز با اغتشاش	۰/۰۷۷	*۰/۰۱۹
چشم باز	چشم بسته با اغتشاش	۵	۱/۰۰۰
چشم بسته	چشم باز با اغتشاش	۰/۰۷۰	۰/۰۶۳
چشم بسته	چشم بسته با اغتشاش	۰/۰۰۸	۱/۰۰۰
چشم باز با اغتشاش	چشم بسته با اغتشاش	۰/۰۶۲	*۰/۰۰۵
چشم باز	چشم بسته	۰/۰۴۸	۰/۳۸۰
چشم باز	چشم باز با اغتشاش	۰/۲۰۶	*۰/۰۰۱
چشم باز	چشم بسته با اغتشاش	۰/۱۵۷	*۰/۰۰۱
چشم بسته	چشم باز با اغتشاش	۰/۱۵۸	*۰/۰۰۱
چشم بسته	چشم بسته با اغتشاش	۰/۱۰۹	*۰/۰۰۲
چشم باز با اغتشاش	چشم بسته با اغتشاش	۰/۰۵۰	۰/۵۴۲
چشم باز	چشم بسته	۰/۰۰۵	۱/۰۰۰
چشم باز	چشم باز با اغتشاش	۰/۰۲۵	*۰/۰۰۳
چشم باز	چشم بسته با اغتشاش	۰/۰۱۲	۱/۰۰۰
چشم بسته	چشم باز با اغتشاش	۰/۰۲۰	۰/۸۶۵
چشم بسته	چشم بسته با اغتشاش	۰/۰۱۸	۱/۰۰۰
چشم باز با اغتشاش	چشم بسته با اغتشاش	۰/۰۳۸	*۰/۰۱۴
چشم باز	چشم بسته	۰/۰۲۹	۰/۱۲۵
چشم باز	چشم باز با اغتشاش	۰/۱۰۰	*۰/۰۰۱
چشم باز	چشم بسته با اغتشاش	۰/۰۸۴	*۰/۰۰۱
چشم بسته	چشم باز با اغتشاش	۰/۰۷۱	*۰/۰۰۱
چشم بسته	چشم بسته با اغتشاش	۰/۰۵۴	*۰/۰۰۲
چشم باز با اغتشاش	چشم بسته با اغتشاش	۰/۰۱۶	۱/۰۰۰

مقایسه چهار شرایط مختلف مؤلفه‌های فضایی-

زمانی در جدول بالا نشان می‌دهد که میان مؤلفه‌های فضایی زمانی در چهار شرایط حسی، طی فاز استانس راه رفتن، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در مقایسه شرایط چشم باز و اغتشاش با چشم باز نسبت به سایر شرایط، اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. در مقایسه شرایط چشم باز با چشم بسته بدون

اغتشاش در همه مؤلفه‌های ذکر شده اختلاف معنی‌داری دیده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر اغتشاشات وستیبولاری بر مؤلفه‌های فضایی-زمانی راه رفتن کودکان به انجام رسید. مؤلفه‌های فضایی زمانی راه رفتن در چهار شرایط

حسی در کودکان فعال با استفاده از دوربین‌های ویکون ثبت شد. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، بستن چشم تأثیر معنی‌داری بر مؤلفه‌های فضایی زمانی نداشت؛ اما تأثیر اغتشاشات و سستیولاری بر برخی مؤلفه‌های فضایی زمانی راه رفتن قابل توجه بود. در مؤلفه‌های کادنس، سرعت راه رفتن، طول گام، طول قدم، مدت زمان گام و مدت زمان قدم تفاوت معناداری وجود داشت؛ اما در مؤلفه عرض گام تفاوت معناداری مشاهده نشد.

تعادل سازوکار پیچیده‌ای است که هماهنگی سه دستگاه تعادلی (بینایی، دهلیزی و حسی-پیکری) در آن نقش بسزایی دارد (۱۴). تعادل برونداد دستگاه کنترل قامتی است که به‌طور مداوم برای هماهنگ کردن بدن در ارتباط با دیگر افراد، اشیاء و سطوح عمل می‌کند (۱۴)؛ به عبارت دیگر، تعادل به معنای حفظ وضعیت مطلوب قامت طی موقعیت‌های ایستا و پویا است (۱۵). در کنار بینایی و حس عمقی، دستگاه دهلیزی دستگاه حسی دیگری است که برای تمرکز فضایی و کنترل وضعیتی ما ضروری است. با این حال، اهمیت آن اغلب دست‌کم گرفته می‌شود و دستگاه دهلیزی به‌عنوان مکملی برای سایر دستگاه‌های حسی دیده می‌شود (۱۶، ۱۷، ۱۸). دستگاه دهلیزی مسئول درک حرکت و حفظ تعادل در بدن است. معاینه عملکرد دهلیزی برای تعیین علت علائم مرتبط، تشخیص و درمان بیماران مفید است. قشر مغز مرتبط، اطلاعات را پردازش و یکپارچه می‌کند و مکان ادراکی نهایی برای علائم مرتبط با دهلیزی است (۱۹، ۲۰). در تاریکی، این دستگاه دهلیزی است که به ما کمک می‌کند در حین حرکات زاویه‌ای مانند چرخش، جهت‌یابی کنیم؛ به‌عنوان مثال، هنگام راه رفتن در باغ یا خانه خود در شب، به درک ما از خود حرکتی و موقعیت در فضا کمک می‌کند (۲۱). از آنجا که توانایی راه رفتن به‌عنوان یکی از شاخص‌های تعیین استقلال در فعالیت‌های روزمره افراد به‌شمار می‌رود، بررسی ویژگی‌های بیومکانیکی راه رفتن افراد مورد توجه محققان قرار گرفته است (۲۲). تغییرات نامطلوب در راه رفتن با پیامدهای سلامتی متعددی از جمله زمین خوردن، ناتوانی، زوال شناختی، زوال عقل و مرگ همراه است (۲۲). ورگس و همکاران

(۲۰۰۹) در مطالعه‌ای گزارش کردند که برخی از مؤلفه‌ها مانند کاهش سرعت راه رفتن و افزایش زمان اتکای دو پا، نشان‌دهنده کاهش تعادل پویا و با خطر سقوط مرتبط هستند (۲۳). نتایج یک مطالعه همبستگی همسو با نتایج مطالعه حاضر نشان داد که خطر افتادن یا کاهش تعادل به‌شدت با برخی معیارهای راه رفتن مثل سرعت راه رفتن، طول گام و زمان گام مرتبط است (۲۳). افراد برای جلوگیری از خطر سقوط حین راه رفتن و افزایش تعادل، با سرعت کمتری راه می‌روند، قدم‌های خود را کوتاه‌تر برمی‌دارند، درصد بیشتری از الگوی حرکتی‌شان را در فاز دابل استانس سپری می‌کنند و برای افزایش سطح اتکا، گام‌های خود را عریض‌تر برمی‌دارند (۲۵). کیونسکی و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که افزایش عرض گام برداری هنگام راه رفتن احتمالاً نوعی پاسخ به کاهش تعادل باشد که با مطالعه ما همخوانی ندارد (۲۴). علت این مغایرت می‌تواند به علت روش و ابزار متفاوت میان مطالعه حاضر و مطالعات یادشده باشد. در این مطالعه، آزمودنی‌ها با پای‌برهنه راه رفتند، سرعت راه رفتن از سوی خود آزمودنی‌ها به‌طور دلخواه تعیین می‌شد و داده‌ها بر اساس طول قدم افراد نرمال‌سازی گردیدند. بالاسوکوماران و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی ویژگی‌های فضایی زمانی راه رفتن و وضعیت (کینماتیک یا سینماتیک) میچ پا را در حین راه رفتن به عقب در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن میچ پا بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که طول گام بزرگ‌تر در گروه کم‌ردن ناشی از تفاوت در دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی و ساختار متفاوت مفصل میچ پا است (۲۷). نتایج مطالعات پیشین نشان داد که افزایش خطر زمین خوردن با کاهش طول گام و سرعت راه رفتن و افزایش مدت زمان حمایت دوگانه در افراد مسن سالم همبستگی دارد (۲۸). راه رفتن فعالیت پیچیده‌ای است که علاوه بر سرعت، جنبه‌های قابل اندازه‌گیری بسیاری دارد و می‌تواند به شناسایی افراد مبتلا به زمین خوردن‌های مکرر کمک کند (۲۹). بابایی خورزوقی (۲۰۲۰) و همکاران در مطالعه خود، اثر شش هفته تمرینات منتخب چرخشی بر مؤلفه‌های فضایی و زمانی راه رفتن سالمندان مرد را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که شش هفته تمرینات ترکیبی

منتخب به صورت چرخشی در سالمندان می‌تواند موجب بهبود مؤلفه‌های مرتبط با راه رفتن شود و از این طریق، باعث کاهش میزان خطر سقوط و در نتیجه، کاهش مراجعات به مراکز درمانی در این گروه سنی گردد (۳۰). حرکات چرخشی به عنوان حرکات اصلی و پایه برای سالمندان قلمداد می‌شود تا جایی که ۲۰ درصد از فعالیت‌های روزمره افراد، به ویژه سالمندان را به خود اختصاص می‌دهد (۳۰). این حرکات شامل هرگونه چرخش در حین حرکات ایستا و پویا حول محورهای بدن است. گلیستر و همکاران (۲۰۰۷) در یک مطالعه که به بررسی میزان حرکات چرخشی طی فعالیت‌های روزمره از قبیل راه رفتن، رفتن به فروشگاه، کافه، رفتن به پارکینگ و سوار و پیاده شدن از ماشین پرداخته بود، بیان کردند که برای انجام هر کدام از این فعالیت‌ها از ۸ تا ۵۰ درصد نیاز به انجام حرکات چرخشی است و در نتیجه، مطالعه یاد شده اهمیت حرکات چرخشی را در راه رفتن و پیشگیری از سقوط عنوان نموده است (۳۱)؛ همچنین سگال و همکاران (۲۰۰۸)، دریافتند که حرکات چرخشی چالش فراوانی برای سالمندان برای حفظ الگوی راه رفتن و پیش‌بینی ریسک افتادن در مقایسه با راه رفتن مستقیم ایجاد می‌کند (۳۲). سالمندان با اختلال تعادل و سابقه افتادن در راه رفتن، طی چرخش دچار مشکل می‌شوند و این علت می‌تواند باعث افتادن در میان سالمندان گردد (۳۳). عده‌ای از محققان دریافتند که افتادن در حرکات چرخشی، خطر شکستگی را هشت برابر بیشتر از افتادن طی راه رفتن به دنبال دارد (۳۴). لازم به ذکر است که مطالعات مختلف نشان داده است که با افزایش سن، تغییرات فیزیولوژیکی، اسکلتی عضلانی و روان‌شناختی ایجاد می‌شود و در نتیجه، محدودیت‌های حرکتی و جسمانی در دستگاه‌های مختلف سالمندان را به وجود می‌آورد. به این ترتیب، توانایی افراد سالمند در حفظ تعادل و راه رفتن کاهش می‌یابد و راه رفتن این افراد آرام‌تر و طول گام آنان نیز کوتاه‌تر می‌شود که هر دو مؤلفه در مقابل عوارض تعادل، مهم و ضروری هستند (۳۵). برای گام برداشتن سریع‌تر و افزایش کادنس، علاوه بر تعادل، به همکاری دستگاه‌های مختلف عضلانی نیاز است و میزان

حرکت فلکشن (خم شدن)، اکستنشن (صاف شدن)، اداکشن (دور شدن) و اداکشن (نزدیک شدن) برای برداشتن یک گام به میزان قدرت و استقامت عضلانی و دامنه حرکتی کافی سبب می‌شود تا طول گام‌ها متناسب با اندازه بدن برداشته شود. به همین علت، طبیعی به نظر می‌رسد که با جبران ضعف به وجود آمده در تعادل کارآمد در راه رفتن، بتوان سرعت راه رفتن و کادنس افراد را در راه رفتن افزایش داد. لازم به ذکر است، با افزایش سرعت راه رفتن، زمان گام و زمان قدم نیز تغییر می‌یابد و به دنبال آن، زمان استانس (مرحله تحمل وزن در راه رفتن یا زمانی که پا در تماس با زمین هست) و زمان سوینگ (مرحله نوسان در راه رفتن یا زمانی که پا روی زمین نیست) نیز دچار تغییر خواهند شد.

نتایج نشان داد که تعامل میان اغتشاش وستیولار و تغییرات مؤلفه‌های فضایی-زمانی معنادار بود؛ بنابراین، در دو حالت راه رفتن بدون اغتشاش وستیولار با چشم باز و بسته، تغییرات مؤلفه‌های فضایی-زمانی مشابه بود. با توجه به نتایج مطالعه حاضر به نظر می‌رسد، تعادل نداشتن ناشی از اغتشاشات وستیولار می‌تواند باعث برخی تغییرات در مؤلفه‌های فضایی زمانی حین راه رفتن شود که در بلندمدت ممکن است الگوی راه رفتن فرد را دچار اختلال کند. نتایج می‌تواند ضرورت توجه به تقویت این حس را در کودکان مهم تلقی کند که در سالمندی با خطرات کمتری مواجهه شوند؛ همچنین نتایج نشان داد که حذف ورودی‌های بینایی در راه رفتن بدون اغتشاش تغییرات معناداری در مؤلفه‌های فضایی زمانی ایجاد نمی‌کند؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که اغتشاشات وستیولاری می‌تواند با تغییر مؤلفه‌های فضایی-زمانی و الگوی راه رفتن که نشان از سازوکار جبرانی حفظ تعادل دارد، کارایی حرکتی را افزایش دهند.

سپاس‌گزاری

این مطالعه برگرفته از رساله دکتری سید مرتضی منصوری مهربان گرایش بیومکانیک ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز می‌باشد. نویسندگان به این وسیله از تمامی افراد شرکت کننده در این مطالعه که همکاری‌های لازم را به عمل آوردند، سپاسگزاری می‌نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که تضاد منافی در این مقاله وجود ندارد.

کد اخلاق

لازم به ذکر است که مطالعه حاضر با شماره IR.SSRC.REC.1403.005 توسط کمیته اخلاق در پژوهش پژوهشگاه علوم ورزشی مورد تایید قرار گرفت.

حمایت مالی

این مطالعه هیچ گونه کمک مالی از سازمان‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش همه بخش‌های پژوهش حاضر مشارکت داشته‌اند.

References

1. Wollesen B, Voelcker-Rehage C. Training effects on motor-cognitive dual-task performance in older adults: A systematic review. *Eur Rev Aging Phys Act.* 2014; 11:5-24. doi:10.1007/s11556-013-0122-z.
2. Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture.* 2002; 16:1-14. doi: 10.1016/s0966-6362(01)00156-4.
3. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing.* 2006;35(suppl_2): ii7-11. doi: 10.1093/ageing/af1077.
4. Rajabi S, Goodarzi B, Mazidi M. The comparison effects of eight weeks spark and frenkel exercises on static and dynamic balance in the blinds. *Hormozgan Med J.* 2017;20. doi: 10.18869/acadpub.hmj.20.6.401.
5. De Stefano A. Textbook of vertigo: diagnosis and management. JP Medical Ltd; 2013. doi: 10.5005/jp/books/11995_11.
6. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods.* 2007; 39: 175-91. doi: 10.3758/bf03193146.
7. Nakata H, Yabe K. Automatic postural response systems in individuals with congenital total blindness. *Gait Posture.* 2001; 14:36-43. doi: 10.1016/s0966-6362(00)00100-4.
8. Hallemans A, Ortibus E, Meire F, Aerts P. Low vision affects dynamic stability of gait. *Gait Posture.* 2010; 32:547-51. doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.07.018.
9. Tramontano M, Russo V, Spitoni GF, Ciancarelli I, Paolucci S, Manzari L, Morone G. Efficacy of Vestibular Rehabilitation in Patients with Neurologic Disorders: A Systematic Review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2021; 102:1379-89. doi: 10.1016/j.apmr.2020.11.017.
10. Manicolo O, Brotzmann M, Hagmann-von Arx P, Grob A, Weber P. Gait in children with infantile/atypical autism: age-dependent decrease in gait variability and associations with motor skills. *Eur J Paediatr Neurol.* 2019; 23:117-25. doi: 10.1016/j.ejpn.2018.09.011.
11. Kosari S, Keyhani F, Hamayttalab R, Arabameri E. Effect of a selected physical activity program on the development of motor skills in attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD) and autism (HFA) children. *JSM DL.* 2013; 45-60. doi: 10.22059/jmlm.2012.28985.
12. Shumway-Cook A. Motor control: Translating research into clinical practice. Lippincott Williams & Wilkins. 2007. doi:10.1097/01253086-199620010-00023.
13. Kozieł SM, Malina RM. Modified maturity offset prediction equations: validation in independent longitudinal samples of boys and girls. *Sports Med.* 2018; 48:221-36. doi: 10.1007/s40279-017-0750-y.
14. Kim T, Jimenez-Diaz J, Chen J. The effect of attentional focus in balancing tasks: A systematic review with meta-analysis. *J Hum Sport Exerc.* 2017; 12:463-79. doi:10.14198/jhse.2017.122.22
15. Arastoo AA, Zahednejad S, Teymori N, Abdali N, Parsaei S. Effectiveness of Dual Task and Focus of Attention Intervention on Balance in Elderly people of Ahvaz in 2019. *J Geriatr Nurs.* 2025; 5: 45-57.
16. Chepishcheva MK. Spatial orientation, postural control and the vestibular system in healthy elderly and Alzheimer's dementia. *PeerJ.* 2023 May 2;11: e15040. doi: 10.7717/peerj.15040.
17. Agrawal Y, Merfeld DM, Horak FB, Redfern MS, Manor B, Westlake KP, et al. Aging, vestibular function, and balance: proceedings of a national institute on aging/national institute on deafness and other communication disorders workshop. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2020; 75:2471-80. doi: 10.1093/gerona/glaa097.
18. Agrawal Y, Smith PF, Rosenberg PB. Vestibular impairment, cognitive decline and Alzheimer's disease: balancing the evidence. *Aging Ment Health.* 2020; 24:705-8. doi: 10.1080/13607863.2019.1566813.
19. Brister E, Agarwal A, Richter CP. 2.02-The sensory organ of hearing. In *The Senses: A Comprehensive Reference: Second Ed.* Elsevier. 2020; pp. 18-31.
20. Mackowetzky K, Yoon KH, Mackowetzky EJ, Waskiewicz AJ. Development and evolution of the vestibular apparatuses of the inner ear. *J Anat.* 2021; 239:801-28. doi: 10.1111/joa.13459.
21. Cullen KE. Vestibular processing during natural self-motion: implications for perception and action. *Nat Rev Neurosci.* 2019; 20:346-63. doi: 10.1038/s41583-019-0153-1.
22. Halpern AI, Jansen JA, Giladi N, Mirelman A, Hausdorff JM. Does Time of Day influence postural control and gait? A review of the literature. *Gait Posture.* 2022; 92:153-66. doi: 10.1016/j.gaitpost.2021.10.023.
23. Verghese J, Holtzer R, Lipton RB, Wang C. Quantitative gait markers and incident fall risk in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2009; 64:896-901. doi: 10.1093/gerona/glp033.

24. Azadian E, Majlesi M, Fatahi A, Bakhtiyarian R. Evaluation of Spatio-Temporal Gait Variability during Obstacle Crossing in Parkinson's Disease. *J Sport Biomech.* 2023; 9:234-250. doi: 10.61186/JSportBiomech.9.3.234.
25. Sosnoff JJ, Sandroff BM, Motl RW. Quantifying gait abnormalities in persons with multiple sclerosis with minimal disability. *Gait Posture.* 2012; 36:154-6. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.11.027.
26. Kubinski SN, McQueen CA, Sittloh KA, Dean JC. Walking with wider steps increases stance phase gluteus medius activity. *Gait Posture.* 2015; 41:130-5. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.09.013.
27. Balasukumaran T, Gottlieb U, Springer S. Spatiotemporal gait characteristics and ankle kinematics of backward walking in people with chronic ankle instability. *Sci Rep.* 2020; 10:11515. doi: 10.1038/s41598-020-68385-5.
28. Barbosa GC, Caparrol AJ, Melo BR, Medeiros TJ, Ottaviani AC, Gratão AC. Factors correlated with the frailty of elderly in outpatient care: difference between age groups. *Escola Anna Nery.* 2022;26: e20210408. doi:10.1590/2177-9465-ean-2021-0408en.
29. Akimoto T, Kawamura K, Wada T, Ishihara N, Yokota A, Sugino-shita T, et al. Gait cycle time variability in patients with knee osteoarthritis and its possible associating factors. *J Phys Ther Sci.* 2022; 34:140-5. doi: 10.1589/jpts.34.140.
30. Babaei Khorzoghi M. The effectiveness of a six-week selective rotary exercises program on the spatial and temporal gait parameters in elderly men. *J Hayat* 2020; 26:251-65.
31. Glaister BC, Bernatz GC, Klute GK, Orendurff MS. Video task analysis of turning during activities of daily living. *Gait Posture.* 2007; 25:289-94. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.04.003.
32. Segal AD, Orendurff MS, Czerniecki JM, Shofer JB, Klute GK. Local dynamic stability in turning and straight-line gait. *J Biomech.* 2008; 41:1486-93. doi: 10.1016/j.jbiomech.2008.02.012.
33. Dite W, Temple VA. Development of a clinical measure of turning for older adults. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002; 81:857-66. doi: 10.1097/00002060-200211000-00010.
34. Nagano H, Sparrow WA, Begg RK. Biomechanical characteristics of slipping during unconstrained walking, turning, gait initiation and termination. *Ergonomics.* 2013; 56:1038-48. doi: 10.1080/00140139.2013.787122.
35. Reelick MF, van Iersel MB, Kessels RP, Rikkert MG. The influence of fear of falling on gait and balance in older people. *Age Ageing.* 2009; 38:435-40. doi: 10.1093/ageing/afp066.