Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

Sep & Oct 2024. Volume 13. Num 4

Research Paper

A Kinetic Gait Analysis During Obstacle Crossing in Middle-Aged Women

Sara Khoshjamal Fekri[1], ***Farhad Tabatabai Ghomsheh**[2], **Ali Fatahi**[2]

1. Department of Sports Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Science, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Ergonomics, Pediatric Neurorehabilitation Research Center, Social Welfare and Rehabilitation Sciences University, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Khoshjamal Fekri S, Tabatabai Ghomsheh F, Fatahi A. [A Kinetic Analysis of Gait During Obstacle Crossing in Middle-Aged Women (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2024; 13(4):784-795. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.4.3285

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.4.3285

ABSTRACT

Background and Aims Aging causes physiological changes such as decreased walking speed, influencing motor control. Obstacle crossing challenges the neuromuscular system and changes the dynamics of the center of pressure (COP) and center of mass (COM). Analyzing the COP variations and ground reaction forces (GRFs) during walking is needed to identify movement abnormalities, assess fall risk, and develop effective interventions to improve quality of life and prevent injuries in middle age. This study aims to compare the GRFs and variability in COP and COM during normal walking and obstacle crossing in middle-aged women.

Methods This is a quasi-experimental, causal-comparative study on 24 healthy middle-aged women (aged 55-64) in Tehran, Iran. Participants were selected using a convenience sampling method. Kinetic data during obstacle crossing and normal walking were collected using two force plates (AMTI, USA) and motion analysis cameras (Vero version 2.2, UK). Motion errors were minimized by wearing special clothes and walking with barefoot. Statistical data analysis was performed in SPSS sofware, version 22.

Results Participants' mean age, height, and body mass index were 59.31±3.07 years, 157.91±0.03 cm, and 27.02±3.65, respectively. Significant increases were observed in the COP-COM of the right foot at the mediolateral (t=-2.79, P=0.009) and anteroposterior (t=-4.21, P=0.001) directions, and in the GRFs of the right foot at the anteroposterior (t=-8.539, P=0.001) and vertical (t=-3.604, P=0.001) directions during obstacle crossing, compared to those during normal walking.

Conclusion There are significant increases in the COP-COM and GRFs during obstacle crossing in middle-aged women, which are not evident during normal walking. Further studies using advanced analyses and diverse populations are recommended to better understand these changes.

Keywords Walking, Obstacle, Joint Kinetic, Middle Age.

Received: 17 Jul 2024
Accepted: 02 Aug 2024
Available Online: 22 Sep 2024

Corresponding Author:
Farhad Tabatabai Ghomsheh, Professor.
Address: Department of Ergonomics, Pediatric Neurorehabilitation Research Center, Social Welfare and Rehabilitation Sciences University, Tehran, Iran
Tel: +98 (912) 3252883
E-Mail: fa.tabatabai@uswr.ac.ir

Copyright © 2024 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Extended Abstract

Introduction

Aging is accompanied by various physiological changes, such as decreased walking speed, commonly seen in older adults. Examining the onset of these changes provides insight into the effect of aging on motor control. Complex activities such as walking, especially in the presence of obstacles, put more pressure on physiological systems, making the changes caused by aging more visible [3]. Middle-aged women (aged 45-64) experience significant physical, hormonal, and lifestyle changes, including menopause and alterations in body composition and physical function [4]. They have to balance responsibilities such as work, family roles and personal health. In midlife, it is crucial to understand the factors that can affect overall health and quality of life [5].

The gradual decline of the nervous, muscular, skeletal, and cognitive systems due to aging affects mobility and walking [1]. Although comparisons between the gait of young and old people have been made in several studies, there is a lack of sufficient data on the onset of age-related changes. The progression of age-related changes in older adults is expected to become apparent during middle age. However, middle-aged adults do not exhibit different gait patterns on the paths without obstacles compared to younger adults, implying that age-related changes during middle age do not pose a barrier to maintaining or changing a fixed gait pattern [6, 7]. Therefore, walking on a path without obstacles may not be sufficient to reveal changes in the nervous, muscular, and cognitive systems in middle age, and more challenging activities are needed to fully assess the impact of aging on mobility.

Crossing obstacles during walking is challenging, and it can be more difficult as the obstacle height increases [8]. During this movement, the individual collects visual information to accurately adjust foot placement and successfully cross the obstacle [9, 10]. Previous studies have shown that final foot placement prior to the obstacle is highly controlled in both young and older adults [11-13] because the placement of the foot closer to the obstacle increases the risk of falling [9, 11-14]. The obstacle crossing task can thus provide an assessment of gait adaptation with increasing obstacle height and show gait changes in middle-aged people that are not evident in walking tasks on specific paths.

Walking requires precise coordination between ground reaction forces (GRF) and body movement characteristics [3]. Obstacle crossing adds challenges for the neuromuscular system as centers of pressure (COP) and mass shift, altering movement strategies [4, 5]. The COP variability and GRF measurement during walking are critical for assessing balance and the risk of falling [15]. Increased COP variability may indicate trunk instability, while decreased COP variability suggests a stable gait pattern [16]. GRF measurements provide information about the forces exerted by the ground on the body, which is necessary for understanding gait mechanics and balance problems [17]. This study aims to compare GRFs and variability in COP and center of mass (COM) during normal walking and obstacle crossing in middle-aged women.

Materials and Methods

This is a quasi-experimental, causal-comparative study. Participants were 24 healthy middle-aged women (aged 55-64) in Tehran, Iran. The minimum sample size was determined using G*Power software, version 3.1.9.2, considering a test power of 0.8, effect size of 0.25 and significance level of 0.05 and sampling was done using a convenience sampling method.

Before the study, participants were informed about the study objectives, test protocols and safety measures and signed a consent form. Then, their personal information, including age, surgical history, dominant leg, height and weight, were recorded and inactive markers were placed on the limbs. Kinetic data during obstacle crossing were collected using two force plates (AMTI, USA) and motion analysis cameras (Vero version 2.2, UK), capturing GRFs and COP movements. The participant's right foot was placed on the first force plate and left foot on the second force plate (crossing the obstacle), defining a complete walking phase from heel strike to toe-off. Participants were asked to walk with a normal speed and pattern. During walking, the gait speed was recorded using a speedometer. A barefoot condition was used to eliminate footwear-related biases during analysis.

Descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviations, were used to describe the data. The Shapiro-Wilk test was used to assess the normality of data distribution, and independent t-test was used to analyze the data in SPSS software, version 22.

Results

Participants' mean age, height and body mass index (BMI) were 59.31±3.07 years, 157.91±0.03 cm, and 27.02±3.65, respectively. Significant increases were observed during obstacle crossing in COP-COM of the right foot at mediolateral (t=-2.79, P=0.009) and anteroposterior (t=-4.21, P=0.001) directions compared to those during normal walking. Furthermore, there were significant increases in GRFs of the right foot in the anteroposterior (t=-8.539, P=0.001) and vertical (t=-3.604, P=0.001) directions during obstacle crossing compared to those during normal walking. No significant difference between normal walking and obstacle-crossing tasks was found in GRFs at the mediolateral direction (P=0.9).

Conclusion

There are significant changes in the COP-COM and GRFs during obstacle crossing in middle-aged women, possibly due to the need for balance adjustment and movement control during obstacle crossing. Further studies using advanced analyses and diverse populations are recommended to better understand these changes.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles such as obtaining informed consent from the participants, ensuring the confidentiality of their information, and respecting their rights to leave the study, were observed in this article. Ethical approval was obtained from the Ethics Committee of Kharazmi University (Code: IR.KHU.KRC.1000.231).

Funding

This study was extracted from the PhD thesis of Sara Khoshjamal Fekri at Islamic Azad University, Central Tehran Branch. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public.

Authors' contributions

All authors equally contributed to preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank Maryam Kakavand and Sahar Elyasi for their invaluable assistance throughout the study, and all participants for their cooperation.

طب توانبخشی

مقاله پژوهشی

تحلیل کینتیکی راه رفتن در هنگام عبور از مانع در زنان میانسال

سارا خوش جمال فکری[۱]، *فرهاد طباطبائی قمشه[۲]، علی فتاحی[۲]

۱. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. گروه ارگونومی، مرکز تحقیقات توانبخشی اعصاب کودکان، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Khoshjamal Fekri S, Tabatabai Ghomsheh F, Fatahi A. [A Kinetic Analysis of Gait During Obstacle Crossing in Middle-Aged Women (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2024; 13(4):784-795. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.4.3285

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.4.3285

چکیده

مقدمه و اهداف افزایش سن باعث تغییرات فیزیولوژیکی متنوعی می‌شود که بر کنترل حرکتی تأثیر می‌گذارد، از جمله کاهش سرعت راه رفتن. زنان میانسال (۴۵-۶۴ سال) تحت تغییرات فیزیکی و هورمونی قرار می‌گیرند که بر عملکرد حرکتی آن‌ها اثر می‌گذارد. عبور از موانع چالشی برای سیستم عصبی‌عضلانی ایجاد می‌کند و دینامیک مرکز فشار و مرکز جرم را تغییر می‌دهد. تحلیل تغییرات مرکز فشار و نیروهای عکس العمل زمین در طول راه رفتن برای شناسایی ناهنجاری‌های حرکتی، ارزیابی خطر سقوط و توسعه مداخلات مؤثر جهت بهبود کیفیت زندگی و پیشگیری از آسیب‌ها در این گروه سنی حیاتی است. مقایسه راه رفتن عادی و عبور از موانع، تغییرات حرکتی مرتبط با سن را نمایان می‌کند و به پیشرفت تحقیقات درزمینه ثبات راه رفتن و طراحی استراتژی‌های مناسب برای ارتقای تحرک و ایمنی در بزرگسالان میانسال کمک می‌کند.

مواد و روش‌ها این مطالعه نیمه‌تجربی و علّی‌مقایسه‌ای بر روی ۲۴ زن میانسال سالم (۵۵ تا ۶۴ سال) در تهران انجام شد. شرکت‌کنندگان با استفاده از روش نمونه‌گیری دردسترس انتخاب شدند. داده‌های کینتیکی در حین عبور از موانع و راه رفتن عادی با استفاده از دو صفحه نیرو (AMTI، آمریکا) و دوربین‌های تحلیل حرکت (Vero، نسخه ۲/۲ انگلستان) جمع‌آوری شدند. برای کاهش خطاهای حرکتی، شرکت‌کنندگان لباس‌های مخصوص پوشیدند و به‌صورت پابرهنه راه رفتند. تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

یافته‌ها در تحقیق حاضر تفاوت معنی‌داری در سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی میان شرکت‌کنندگان مشاهده نشد. افزایش قابل‌توجهی در جابه‌جایی‌های میانی–جانبی با سطح معنی‌داری P=۰/۰۰۹ و قدامی–خلفی با سطح معناداری P=۰/۰۰۱ مرکز فشار نسبت به مرکز جرم، و همچنین در نیروهای عکس العمل زمین در جهت‌های قدامی–خلفی و عمودی پای راست در هنگام عبور از مانع با سطح معنی‌داری P=۰/۰۰۱ مشاهده شد (P≤۰/۰۵).

نتیجه‌گیری به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد این تغییرات معنی‌دار می‌تواند به‌دلیل نیاز به تنظیم تعادل و کنترل حرکت در هنگام عبور از مانع باشد. با وجود اینکه این یافته‌ها با نتایج تحقیقات موجود همخوانی دارد و نشان‌دهنده اهمیت بررسی دقیق‌تر نیروهای مختلف در تحلیل مکانیک حرکت است اما مطالعات بیشتری با استفاده از تحلیل‌های پیشرفته‌تر و جمعیت‌های مختلف می‌تواند به فهم بهتری از این تغییرات کمک کند.

کلیدواژه‌ها راه رفتن، مانع، کینتیک، مفاصل، میانسالی

تاریخ دریافت: ۲۷ تیر ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۲ مرداد ۱۴۰۳
تاریخ انتشار: ۰۱ مهر ۱۴۰۳

* **نویسنده مسئول:**
دکتر فرهاد طباطبایی قمشه
نشانی: تهران، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، مرکز تحقیقات توانبخشی اعصاب کودکان، گروه ارگونومی.
تلفن: ۳۲۵۲۸۸۳ (۹۱۲) ۹۸+
رایانامه: fa.tabatabai@uswr.ac.ir

Copyright © 2024 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه و اهداف

با افزایش سن، تغییرات قابل‌توجهی در عملکردهای فیزیولوژیکی بدن مشاهده می‌شود که یکی از بارزترین آن‌ها کاهش سرعت راه رفتن است [۱]. این پدیده به وضوح در افراد مسن دیده می‌شود و نقش مهمی در درک تأثیر سن بر کنترل حرکتی دارد. تعیین زمان دقیق شروع این تغییرات می‌تواند به فهم بهتر چگونگی تأثیر افزایش سن بر سیستم‌های فیزیولوژیکی کمک کند. تحقیقات نشان می‌دهند که فعالیت‌های روزمره‌ای مانند راه رفتن، به‌ویژه هنگامی که با موانعی همراه شوند، فشار بیشتری بر سیستم‌های فیزیولوژیکی وارد می‌کنند و بدین ترتیب تغییرات ناشی از افزایش سن را بیشتر نمایان می‌کنند [۲].

برای‌مثال، عبور از موانع نیازمند هماهنگی و کنترل حرکتی دقیق‌تری است که با افزایش سن توانایی افراد در این زمینه کاهش می‌یابد. این موضوع نشان می‌دهد فعالیت‌های پیچیده‌تر مانند عبور از موانع می‌توانند تغییرات جزئی در الگوی راه رفتن را بهتر آشکار کنند و به‌عنوان شاخصی برای بررسی مشکلات حرکتی در سنین بالاتر استفاده شوند [۳]. ازسوی‌دیگر، در فعالیت‌های ساده‌تر مانند راه رفتن بدون موانع، این تغییرات به وضوح قابل‌تشخیص نیستند. بنابراین، بررسی رفتار حرکتی در شرایط پیچیده‌تر می‌تواند اطلاعات دقیق‌تری درباره تغییرات فیزیولوژیکی و عملکردی مرتبط با افزایش سن ارائه دهد. این مطالعه می‌تواند به توسعه راهکارهایی برای بهبود کیفیت زندگی و حفظ استقلال حرکتی در افراد مسن کمک کند و نقش مهمی در طراحی برنامه‌های توانبخشی و پیشگیری از افتادگی‌ها ایفا کند [۴].

زنان میانسال معمولاً به زنانی اشاره دارد که در بازه سنی ۴۵ تا ۶۴ سالگی قرار دارند و در این دوره از زندگی، در حال گذار از میانسالی به سالمندی هستند. زنان معمولاً در دوران میانسالی با تغییرات فیزیکی و هورمونی و همچنین تغییراتی در سبک زندگی که با افزایش سن همراه است، مانند شروع یائسگی و تغییرات احتمالی در ترکیب بدن و عملکرد فیزیکی مواجه می‌شوند [۴]. علاوه‌براین، در مرحله میانسالی، زنان ممکن است در شرایطی قرار گیرند که باید بین مسئولیت‌های مختلفی مانند کار، خانواده و سلامت شخصی تعادل برقرار کنند. این دوره از زندگی برای درک عواملی که می‌توانند بر سلامت کلی و کیفیت زندگی آن‌ها تأثیر بگذارند، بسیار حیاتی است [۵].

مشخصه‌های افزایش سن شامل کاهش تدریجی سیستم‌های عصبی، عضلانی، اسکلتی و شناختی است [۱] که بر تحرک و راه رفتن اثر می‌گذارد. مقایسه وسیعی بین راه رفتن افراد جوان و مسن انجام شده است، اما داده‌های کافی درباره زمان آغاز تغییرات مرتبط با سن وجود ندارد. پیش‌بینی می‌شود پیشرفت تغییرات مرتبط با سن در بزرگسالان مسن‌تر در دوران میانسالی مشخص شود. بااین‌حال، بزرگسالان میانسال در طول راه رفتن بدون موانع در مسیرهای طبیعی به شکلی متفاوت از بزرگسالان جوان حرکت نمی‌کنند [۶، ۷] که نشان می‌دهد هر گونه تغییرات مرتبط با سن در محدوده سنی ۵۵ تا ۶۴ سال، به مانعی برای حفظ یا تغییر الگوی ثابت راه رفتن نمی‌پردازد. این ممکن است نشان دهد راه رفتن بدون موانع در یک آهنگ طبیعی، ممکن است به مقدار کافی برای آشکار شدن تغییرات در سیستم عصبی، عضلانی و شناختی در میانسالی کافی نباشد و برای تشخیص کامل تأثیر افزایش سن بر تحرک، نیاز به فعالیت‌های چالش‌برانگیزتر است.

گام برداشتن از روی موانع باعث افزایش چالش در راه رفتن می‌شود، به‌طوری‌که این چالش به‌صورت سیستماتیک با افزایش ارتفاع مانع افزایش می‌یابد [۸]. در حین انجام حرکت، فرد اطلاعات بصری مانند ارتفاع و موقعیت مانع را جمع‌آوری می‌کند تا محل قرارگیری پا را به‌طور دقیق‌تر تنظیم و با موفقیت مانع را طی کند [۹، ۱۰]. مشاهداتی قوی از مطالعات قبلی نشان می‌دهد که قرارگیری نهایی پا قبل از یک مانع در بزرگسالان جوان (۲۰-۳۵ سال) [۹] و افراد مسن (۶۵-۹۰ سال) به‌شدت کنترل می‌شود [۱۱-۱۳]، این به این دلیل است که قرارگیری پا نزدیک‌تر به مانع، خطر سقوط را افزایش می‌دهد [۱۰-۱۲]؛ بنابراین، فعالیت عبور از مانع می‌تواند ارزیابی سازگاری راه رفتن را با افزایش ارتفاع مانع فراهم کند. تطبیق با ارتفاع مانع و همچنین قرارگیری متوالی پا در طول نزدیک شدن به مانع ممکن است تغییرات راه رفتن را در یک گروه میانسال نشان دهد که در تکلیف‌های راه رفتن در سطح مشخص نیست.

راه‌رفتن به‌عنوان یکی از حرکات بنیادی و حیاتی در زندگی انسان، نیازمند هماهنگی دقیق بین نیروهای عکس‌العمل زمین و ویژگی‌های حرکتی بدن است [۳]. در زمان عبور از موانع، این هماهنگی به چالش‌های اضافی برای سیستم عصبی و عضلانی نیز منجر می‌شود [۴]، زیرا مراکز فشار و جرم بدن و استراتژی‌های حرکتی تغییر می‌کنند [۵]. تغییرپذیری مرکز فشار[1] (COP) و ارزیابی نیروهای واکنش زمین[2] (GRF) در هنگام راه رفتن، روش‌های حیاتی در تحقیقات مربوط به راه رفتن و پایداری برای ارزیابی تعادل و خطر افتادن هستند [۱۴، ۱۵]. COP که نقطه اعمال GRF را نشان می‌دهد، کنترل تعادل دینامیکی فرد را از طریق مسیر خود در هنگام راه رفتن نمایان می‌کند. افزایش تغییرپذیری COP ممکن است نشان‌دهنده ناپایداری یا مشکل در حفظ یک الگوی راه رفتن ثابت باشد، درحالی‌که کاهش تغییرپذیری می‌تواند نشان‌دهنده یک الگوی راه رفتن پایدارتر و کنترل‌شده‌تر باشد [۱۶]. اندازه‌گیری GRF اطلاعاتی در مورد نیروهای اعمال‌شده توسط زمین بر بدن فراهم می‌کند که برای

1. Center of Pressure (COP)
2. Ground Reaction Force (GRF)

درک مکانیک راه رفتن و شناسایی مشکلات تعادل و پایداری ضروری است [۱۷]. تحلیل هر دو تغییرپذیری COP و GRF به محققان و پزشکان کمک می‌کند تا ناهنجاری‌های الگوی راه رفتن را شناسایی و خطر افتادن را ارزیابی کند. مداخلاتی برای بهبود راه رفتن و پایداری توسعه دهند، به‌ویژه در تحقیقات مرتبط با این گروه سنی.

این تحقیق با بهبود شناخت علمی ما از دینامیک حرکت و ارائه راهکارهای بهینه‌تر برای افزایش پایداری و پیشگیری از آسیب‌های مرتبط با حرکت در زنان میانسال، می‌تواند موجب پیشرفت‌های مهمی درزمینه بهبود کیفیت زندگی این گروه از افراد جامعه شود. با درک عمیق‌تر از تغییرات و تأثیرات آن‌ها بر راه رفتن، می‌توان به بهترین شکل از استراتژی‌های حرکتی استفاده کرد و پیشگیری از مشکلات مرتبط با قدرت و ثبات حرکتی را تسهیل کرد. در این مقاله، به بررسی عمیق‌تر این موضوع پرداخته می‌شود تا اطلاعات بیشتری در این زمینه فراهم شود و به بهبود کیفیت حرکتی و پیشگیری از نقصان‌های مرتبط با آن کمک شود و برای شناسایی تأثیر افزایش سن بر راه رفتن به‌عنوان پارامتری جهت افزایش چالش حرکتی در طول انجام عبور از مانع، به مقایسه نیروهای عکس‌العمل زمین، تغییرات مرکز فشار و مرکز جرم بدن در هنگام راه رفتن عادی و عبور از موانع در زنان میانسال پرداختیم.

مواد و روش‌ها

این تحقیق از نوع نیمه‌تجربی و مدل تاثیرسنجی (علّی-مقایسه‌ای) بود. جامعه آماری این تحقیق، زنان میانسال سالم ۵۵ تا ۶۴ سال شهر تهران بودند و حداقل حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور[3] با در نظر گرفتن توان آماری ۰/۸ و اندازه اثر ۰/۲۵ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ ۲۴ نفر در نظر گرفته شد. روش نمونه‌گیری به‌صورت تصادفی در دسترس بود.

با تمام شرکت‌کننده‌ها چند روز قبل از شروع تحقیق هماهنگی لازم جهت مراحل اجرای پروتکل تمرینی صورت گرفت و به‌طور جامع درمورد روش‌های آزمایش، اهداف تحقیق و پروتکل‌های ایمنی مطلع شدند. معیارهای ورود آزمودنی‌ها عبارت‌اند از: فاقد ناهنجاری، محدودیت حرکتی، آسیب یا جراحی در تنه و اندام تحتانی در ۶ ماه گذشته، فاقد سابقه بیماری‌های عصبی‌عضلانی، فاقد اختلال دیداری یا اختلال دیداری اصلاح نشده که بر روی الگوی عبور کردن از روی مانع تأثیر بگذارد و در هر قسمت از آزمون یکی از معیارها در آزمودنی‌ها تشخیص داده شد از ادامه شرکت ممانعت به عمل آمد. بعد از اینکه آن‌ها رضایت خود را جهت شرکت در تحقیق اعلام کردند، فرم‌های رضایت‌نامه شرکت درتحقیق تکمیل شد. برای جلوگیری از خطاهای حرکت نسبی، آزمودنی‌ها از لباس مخصوصی که برای کاهش این خطاها طراحی شده است، استفاده کردند. اطلاعات شخصی آزمودنی‌ها مثل سن، مدت‌زمان گذشته از جراحی و جهت پای موردجراحی، قد و وزن آن‌ها، ثبت و ارزیابی شد. سپس نشانگرهای غیرفعال براساس موقعیت‌هایی که در بخش قبلی ذکر شده است، بر روی اندام‌ها قرار گرفت. در این پژوهش روند جمع‌آوری اطلاعات به‌ترتیب شامل چهار بخش راه‌اندازی سیستم، آماده کردن آزمودنی‌ها، نحوه ثبت داده‌ها و پردازش داده‌ها می‌باشد.

در این پژوهش، برای تعیین یک چرخه راه‌رفتن و جمع‌آوری اطلاعات کینتیکی از دو دستگاه صفحه نیرو مدل AMTI ساخت کشور امریکا و دوربین‌های تجزیه‌وتحلیل حرکتی Motion analysis ده دوربینه مدل Vero نسخه ۲/۲ ساخت کشور انگلستان دارای رزولوشن ۲/۲ مگاپیکسل و دارای قابلیت تغییر فاصله کانونی ۱ از ۶ الی ۱۲ میلی‌متر (نرخ ضبط ۱۰۰ هرتز) برای ضبط نیروهای عکس‌العمل زمین و تغییرات مرکز جرم به مرکز فشار هنگام عبور از موانع استفاده شد. باتوجه‌به اهمیت پای غالب هنگام عبور از مانع [۱۸-۲۰]، در این مطالعه پای راست آزمودنی‌ها روی صفحه نیرو قرار گرفت و پای چپ از روی مانعی که بعد از صفحه نیروی قرار داده شده بود، عبور کرد. این تنظیم برای بررسی داده‌های کینتیکی پایداری پای تکیه‌گاه و پای غالب در مرحله بحرانی عبور از مانع انتخاب شد. از آزمودنی خواسته شد تا در راستای مثبت محور طولی آزمایشگاه شروع به راه رفتن کند و از یک مانع ۴۰ سانتی‌متری عبور کند. طول این مانع که بعد از صفحه نیرو قرار گرفت، برای همه آزمودنی‌ها یکسان بود. از آزمودنی‌ها خواسته شد سرعت و نحوه راه‌رفتن را مشابه با حالت عادی تنظیم کنند و با سرعت انتخابی خود مسیر را طی کنند. در طول مسیر، سرعت راه‌رفتن فرد با سرعت‌سنج کنترل شد تا اثر احتمالی سرعت راه‌رفتن و کنترل آن بر اطلاعات تجزیه‌وتحلیل‌شده مقایسه شود. برای یکسان‌سازی شرایط تأثیر گذار بر نحوه راه رفتن، همه آزمودنی‌ها راه رفتن را با پا برهنه (بدون کفش) انجام دادند. این اقدام باعث شد نتایج مستقل از نوع کفش یا پوشاک فرد باشد و تأثیرات این عوامل خارجی در تحلیل داده‌ها محدود شود.

برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات این پژوهش از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. از روش آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های توصیفی نظیر فراوانی و درصد فراوانی، میانگین و انحراف‌معیار استفاده شد. به‌منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلک[4] استفاده شد. در بخش آمار استنباطی به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از آزمون تی مستقل[5] توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ (ساخت نیویورک ایالت متحده، شرکت IBM) در سطح معناداری P≤۰/۰۵ استفاده شد.

3. G*power

4. Shapiro-Wilk Test
5. Independent Samples T-Test

جدول ۱. میانگین و انحراف‌معیار مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها

متغیر	میانگین	انحراف استاندارد
سن (سال)	۵۹/۳۱	۳/۰۷
قد (سانتی‌متر)	۱۵۷/۹۱	۰/۰۳
وزن (کیلوگرم)	۶۷/۳	۸/۶۶
ترکیب بدنی*	۲۷/۰۲	۳/۶۵

طب توانبخشی
* Body Composition (BMI)

یافته‌ها

در جدول شماره ۱ مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها ارائه شده است که مقادیر میانگین و انحراف معیار به‌ترتیب سن (۵۹/۳۱±۳/۰۷) سال و قد (۱۵۷/۹۱±۰/۰۳) سانتی‌متر و ترکیب بدنی (۲۷/۰۲±۳/۶۵) بودند.

جدول شماره ۲ مقایسه تغییرات مرکز فشار به مرکز جرم در راستای داخلی-خارجی (COP-COMx) و قدامی-خلفی (COP-COMy) پای راست را هنگام راه رفتن طبیعی و هنگام عبور از مانع نشان می‌دهد. باتوجه‌به نتایج افزایش معنی‌داری در مرکز فشار به مرکز جرم در راستای داخلی-خارجی (COP-COMx) پای راست در هنگام عبور از مانع مشاهده شد (P=۰/۰۰۹، ۲/۷۹- =t) و در عبور از مانع بیشتر بود. باتوجه‌به نتایج افزایش معنی‌داری در تغییرات مرکز فشار به مرکز جرم در راستای قدامی-خلفی (COP-COMy) پای راست در هنگام عبور از مانع مشاهده شد (P=۰/۰۰۱، ۴/۲۱- =t) و مقدار بیشتری را نشان داد.

جدول شماره ۳ مقایسه نیروی عکس‌العمل زمین در راستای داخلی-خارجی، قدامی-خلفی و عمودی پای راست را در هنگام راه رفتن طبیعی و هنگام عبور از مانع نشان می‌دهد. باتوجه‌به نتایج، تغییرات معنی‌داری در نیروی عکس‌العمل زمین در راستای داخلی-خارجی در هنگام عبور از مانع مشاهده نشد. باتوجه‌به نتایج، افزایش معنی‌داری در نیروی عکس‌العمل زمین در راستای قدامی-خلفی پای راست در هنگام عبور از مانع مشاهده شد (P=۰/۰۰۱، ۸/۵۳۹- =t).

جدول شماره ۳ مقایسه نیروی عکس‌العمل زمین در راستای عمودی در پای راست را هنگام راه رفتن طبیعی و هنگام عبور از مانع نشان می‌دهد. باتوجه‌به نتایج افزایش معنی‌داری در نیروی عکس‌العمل زمین در راستای عمودی پای راست در هنگام عبور از مانع مشاهده شد (P=۰/۰۰۱، ۳/۶۰۴- =t).

بحث

براساس نتایج آزمون آماری تحقیق حاضر، می‌توانیم نتیجه بگیریم که تغییرات COP-COM در هنگام عبور از مانع در زنان میانسال تغییرات معنی‌داری را ایجاد می‌کند. این تغییرات شامل افزایش معنی‌داری در تغییرات مرکز فشار به مرکز جرم در راستای داخلی-خارجی پای راست و افزایش معنی‌داری در راستای قدامی-خلفی پای چپ هنگام عبور از مانع است.

مطالعه پارک و همکاران در سال ۲۰۱۳ نشان داد تغییرات COP-COM در هنگام عبور از مانع در زنان میانسال تأثیرات قابل‌توجهی دارد و می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مفید برای ارزیابی وضعیت تعادل و کنترل حرکت در این گروه از افراد استفاده شود [۲۱]. مطالعه دیگری که پاو و همکاران در سال ۲۰۱۷ انجام دادند نشان داد تغییرات COP-COM در هنگام عبور از مانع در زنان میانسال باعث افزایش استفاده از عضلات پاها و بهبود کنترل حرکت می‌شود. این تحقیق نشان داد این تغییرات ممکن است بهبودهای معنی‌داری در عملکرد حرکتی و پایداری بدن زنان میانسال ایجاد کند [۲۲]. همچنین میچالسکا و همکاران نشان دادند با افزایش سن، توانایی کنترل تعادل و ثبات کاهش می‌یابد و زنان میانسال در مقایسه با زنان جوان‌تر، COP را با نوسانات بیشتری جابه‌جا می‌کنند که ممکن است به افزایش

جدول ۲. مقایسه تغییرات مرکز فشار به مرکز جرم در راستای داخلی- خارجی و قدامی- خلفی پای راست

متغیر	نوع راه رفتن	میانگین	میانگین اختلاف	درجه آزادی	t	سطح معنی داری
COP-COMx	عادی	۰/۰۰۰۰۳۳۰۹	-۰/۰۰۰۰۰۶۳	۲۳	-۲/۷۹	۰/۰۰۹
	عبور از مانع	۰/۰۰۰۰۳۹۴۱				
COP-COMy	عادی	۰/۰۰۰۰۲۸۶	-۰/۰۰۰۰۰۷۵	۲۳	-۴/۲۱	۰/۰۰۱
	عبور از مانع	۰/۰۰۰۰۳۶۱				

طب توانبخشی

جدول ۳. مقایسه نیروی عکس‌العمل زمین در راستای داخلی-خارجی، قدامی-خلفی و عمودی پای راست

متغیر	نوع راه رفتن	میانگین	میانگین اختلاف	درجه آزادی	t	سطح معنی‌داری
نیروی عکس‌العمل زمین در راستای داخلی-خارجی (GRFx)	عادی	۰/۰۸۲۱۲	۰/۰۰۰۴۱	۲۳	۰/۱۲۷	۰/۹
	عبور از مانع	۰/۰۸۱۷۱				
نیروی عکس‌العمل زمین در راستای قدامی-خلفی (GRFy)	عادی	۰/۱۰۰۰۸۴	-۰/۰۴۹۱۰۵	۲۳	-۸/۵۳۹	۰/۰۰۱
	عبور از مانع	۰/۱۴۹۹۴				
نیروی عکس‌العمل زمین در راستای عمودی (GRFz)	عادی	۱/۱۴۷	-۰/۰۶۶۶	۲۳	-۳/۶۰۴	۰/۰۰۱
	عبور از مانع	۱/۲۱۳				

طب توانبخشی

خطر سقوط منجر شود [۲۳].

ازسوی‌دیگر مطالعه‌ای که ماکی و همکاران در سال ۲۰۰۰ انجام دادند نشان داد تغییرات COP-COM در هنگام عبور از مانع در زنان میانسال تأثیر معنی‌داری ندارد. این تحقیق برخلاف فرضیه، نشان داد تغییرات COP-COM در این گروه از افراد به اندازه کافی معنی‌دار نیست و این تغییرات ممکن است به دلایل دیگری مانند توانایی عضلات و استقامت عضلانی مرتبط با سن و وضعیت فیزیکی افراد مربوط باشد [۲۴]. باتوجه‌به این نتایج، می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات COP-COM در هنگام عبور از مانع در زنان میانسال تأثیر قابل‌توجهی بر مرکز فشار به مرکز جرم و حرکت پاها دارد. این نتایج نشان می‌دهد که برای زنان میانسال، توجه به تغییرات COP-COM در هنگام عبور از مانع و کنترل آن‌ها می‌تواند اهمیت داشته باشد و باید در برنامه‌های تمرینی و درمانی برای این گروه از افراد در نظر گرفته شود.

دررابطه‌با نیروهای عکس‌العمل زمین در این تحقیق در راستای قدامی-خلفی و عمودی پای راست در هنگام عبور از مانع تغییرات معنی‌دار مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که عبور از مانع به تنظیمات قابل‌توجهی در نیروهای قدامی-خلفی و عمودی نیاز دارد. این نتایج می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات در مکانیک حرکت و کنترل تعادل باشد. مطالعات نشان داده‌اند نیروهای داخلی-خارجی (مدیولترال) به‌طور کلی کمتر تحت تأثیر فعالیت‌های خاص قرار می‌گیرند. این نیروها بیشتر مرتبط با حفظ تعادل و پایداری بدن هستند. مطالعه وینتر و همکاران نشان داد که نیروهای داخلی-خارجی درمقایسه با نیروهای قدامی-خلفی و عمودی کمتر تغییر می‌کنند و بیشتر برای پایداری بدن استفاده می‌شوند [۲۵].

مطالعه دی ویتا و هورتوبگی نشان داد نیروهای قدامی-خلفی و عمودی به‌طور مستقیم با حرکت و کنترل پویای بدن در هنگام راه رفتن و دویدن مرتبط هستند. این نیروها برای تسهیل حرکت به جلو و کاهش نیروی برخورد به زمین اهمیت دارند [۲۶].

تحقیقات نشان می‌دهند با افزایش سن، تغییراتی در سیستم عضلانی‌اسکلتی، قدرت عضلات و تعادل بدن رخ می‌دهد. به‌عنوان‌مثال، مطالعه وینتر و همکاران نشان داد افراد مسن نسبت به افراد جوان‌تر، نیروی عکس‌العمل زمین کمتری تولید می‌کنند که به‌دلیل کاهش قدرت عضلانی و تغییرات در مکانیک حرکت می‌تواند باشد [۲۷]. مطالعه جاج و همکاران نشان داد که با افزایش سن، تغییرات قابل‌توجهی در نحوه توزیع نیروها در پاها هنگام حرکت مشاهده می‌شود [۲۸]. این تغییرات می‌تواند به‌دلیل کاهش قدرت عضلانی و تغییرات در سیستم تعادلی باشد. همچنین جاج و همکاران نشان دادند که با افزایش سن، نیروهای عکس‌العمل زمین کاهش می‌یابد و این کاهش به‌ویژه در زنان میانسال به‌دلیل تغییرات هورمونی و کاهش تراکم عضلانی بیشتر محسوس است [۲۸]. همچنین باتوجه‌به تحقیقات مخالف و موافق، به نظر می‌رسد همچنان به بررسی‌های بیشتر و پژوهش‌های دقیق‌تر در این زمینه نیاز است. همچنین، باید به دقت به نتایج هر تحقیق نگاه کرد و باتوجه‌به شرایط خاص هر گروه از افراد، نتایج را تفسیر کرد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که این تغییرات معنی‌دار می‌تواند به‌دلیل نیاز به تنظیم تعادل و کنترل حرکت در هنگام عبور از مانع باشد و تغییرات راه رفتن در اوایل میانسالی مشاهده شد و تغییرات در COP-COM و GRF با افزایش سختی کار آشکارتر شد. دستکاری چالش تکلیف حرکتی با موانع، دریچه‌ای به تغییرات بیومکانیکی که بر تحرک در دوران میانسالی تأثیر می‌گذارد و در طی آن مشهود نیست، فراهم می‌کند. به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که این تغییرات معنی‌دار می‌تواند به‌دلیل نیاز به تنظیم تعادل و کنترل حرکت در هنگام عبور از مانع باشد. با وجود اینکه این یافته‌ها با نتایج تحقیقات موجود همخوانی دارد و نشان‌دهنده اهمیت بررسی دقیق‌تر نیروهای مختلف در تحلیل مکانیک حرکت است، اما مطالعات بیشتری با استفاده از تحلیل‌های پیشرفته‌تر و جمعیت‌های مختلف می‌تواند به فهم بهتری از این تغییرات کمک کند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق پژوهشکده علوم حرکتی دانشگاه خوارزمی در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره (IR-KHU.KRC.1000.231) دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه سارا خوش‌جمال فکری گروه بیومکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز می‌باشد و هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان تأمین‌کننده مالی در بخش‌های عمومی و دولتی، تجاری، غیرانتفاعی دانشگاه یا مرکز تحقیقات دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از مریم کاکاوند و سحر الیاسی به‌دلیل حمایت‌ها و کمک‌های ارزشمندشان و همچنین از شرکت‌کنندگان برای همکاری و مشارکتشان در این مطالعه سپاسگزاری می‌کنند.

References

[1] Nigam Y, Knight J, Bhattacharya S, Bayer A. Physiological changes associated with aging and immobility. Journal of Aging Research. 2012; 2012:468469. [DOI:10.1155/2012/468469] [PMID]

[2] Kuo CC, Wang JY, Chen SC, Lu TW, Hsu HC. Aging affects multi-objective optimal control strategies during obstacle crossing. Applied Sciences. 2021; 11(17):8040. [DOI:10.3390/app11178040]

[3] Muir BC, Haddad JM, van Emmerik REA, Rietdyk S. Changes in the control of obstacle crossing in middle age become evident as gait task difficulty increases. Gait & Posture. 2019; 70:254-9. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2019.01.035] [PMID]

[4] Sipilä S, Törmäkangas T, Sillanpää E, Aukee P, Kujala UM, Kovanen V, et al. Muscle and bone mass in middle-aged women: Role of menopausal status and physical activity. Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle. 2020; 11(3):698-709. [DOI:10.1002/jcsm.12547] [PMID]

[5] Avis NE, Ory M, Matthews KA, Schocken M, Bromberger J, Colvin A. Health-related quality of life in a multiethnic sample of middle-aged women: Study of women's health across the nation (SWAN). Medical Care. 2003; 41(11):1262-76. [DOI:10.1097/01.MLR.0000093479.39115.AF] [PMID]

[6] Hollman JH, Kovash FM, Kubik JJ, Linbo RA. Age-related differences in spatiotemporal markers of gait stability during dual task walking. Gait & Posture. 2007; 26(1):113-9. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2006.08.005] [PMID]

[7] Auvinet B, Berrut G, Touzard C, Moutel L, Collet N, Chaleil D, et al. Reference data for normal subjects obtained with an accelerometric device. Gait & Posture. 2002; 16(2):124-34. [DOI:10.1016/S0966-6362(01)00203-X] [PMID]

[8] Rietdyk S, Rhea CK. The effect of the visual characteristics of obstacles on risk of tripping and gait parameters during locomotion. Ophthalmic & Physiological Optics. 2011; 31(3):302-10. [DOI:10.1111/j.1475-1313.2011.00837.x] [PMID]

[9] Patla AE, Greig M. Any way you look at it, successful obstacle negotiation needs visually guided on-line foot placement regulation during the approach phase. Neuroscience Letters. 2006; 397(1-2):110-4. [DOI:10.1016/j.neulet.2005.12.016] [PMID]

[10] Patla AE, Vickers JN. How far ahead do we look when required to step on specific locations in the travel path during locomotion? Experimental Brain Research. 2003; 148(1):133-8. [DOI:10.1007/s00221-002-1246-y] [PMID]

[11] Chen HC, Ashton-Miller JA, Alexander NB, Schultz AB. Stepping over obstacles: Gait patterns of healthy young and old adults. Journal of Gerontology. 1991; 46(6):M196-203. [DOI:10.1093/geronj/46.6.M196] [PMID]

[12] Muir BC, Haddad JM, Heijnen MJ, Rietdyk S. Proactive gait strategies to mitigate risk of obstacle contact are more prevalent with advancing age. Gait & Posture. 2015; 41(1):233-9. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2014.10.005] [PMID]

[13] Lowrey CR, Watson A, Vallis LA. Age-related changes in avoidance strategies when negotiating single and multiple obstacles. Experimental Brain Research. 2007; 182(3):289-99. [DOI:10.1007/s00221-007-0986-0] [PMID]

[14] Chou LS, Draganich LF. Placing the trailing foot closer to an obstacle reduces flexion of the hip, knee, and ankle to increase the risk of tripping. Journal of Biomechanics. 1998; 31(8):685-91. [DOI:10.1016/S0021-9290(98)00081-5] [PMID]

[15] Gil H, Ryu JS, Yoon S, Back KH, Shin JH, Park SK. A new approach to quantify the centre of pressure (COP) trajectory using a shoelace formula as a potential measure of movement control during walking and running. Footwear Science. 2017; 9(sup1):S86-8. [DOI:10.1080/19424280.2017.1314353]

[16] Vega D, Huang HJ, Arellano CJ. Step-to-step variability indicates disruption to balance control when linking the arms and legs during treadmill walking. Plos One. 2022; 17(3):e0265750. [DOI:10.1371/journal.pone.0265750] [PMID]

[17] Ancillao A, Tedesco S, Barton J, O'Flynn B. Indirect measurement of ground reaction forces and moments by means of wearable inertial sensors: A systematic review. Sensors. 2018; 18(8):2564. [DOI:10.3390/s18082564] [PMID]

[18] Schorderet C, Hilfiker R, Allet L. The role of the dominant leg while assessing balance performance. A systematic review and meta-analysis. Gait & Posture. 2021; 84:66-78. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2020.11.008] [PMID]

[19] Byrne JM, Prentice SD. Swing phase kinetics and kinematics of knee replacement patients during obstacle avoidance. Gait & Posture. 2003; 18(1):95-104. [DOI:10.1016/S0966-6362(02)00164-9] [PMID]

[20] Petrarca M, Di Rosa G, Cappa P, Patanè F. Stepping over obstacles of different heights: Kinematic and kinetic strategies of leading limb in hemiplegic children. Gait & Posture. 2006; 24(3):331-41. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2005.10.010] [PMID]

[21] Park S, Ko YM, Park JW. The correlation between dynamic balance measures and stance sub-phase COP displacement time in older adults during obstacle crossing. Journal of Physical Therapy Science. 2013; 25(9):1193-6. [DOI:10.1589/jpts.25.1193] [PMID]

[22] Porta M, Pau M, Pilloni G, Corona F, Coghe G, Lorefice L, et al. Hourly trends of physical activity in people with Multiple Sclerosis. Multiple Sclerosis. 2017;23(6):900-. [Link]

[23] Michalska J, Kamieniarz A, Sobota G, Stania M, Juras G, Słomka KJ. Age-related changes in postural control in older women: Transitional tasks in step initiation. BMC Geriatrics. 2021; 21(1):17. [DOI:10.1186/s12877-020-01985-y] [PMID]

[24] Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. Journal of Gerontology. 1994; 49(2):M72-84. [DOI:10.1093/geronj/49.2.M72] [PMID]

[25] Winter DA. Biomechanics of human movement. Hoboken: Wiley; 1979. [Link]

[26] DeVita P, Hortobagyi T. Age causes a redistribution of joint torques and powers during gait. Journal of Applied Physiology. 2000; 88(5):1804-11. [DOI:10.1152/jappl.2000.88.5.1804] [PMID]

[27] Winter DA, Patla AE, Frank JS, Walt SE. Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. Physical Therapy. 1990; 70(6):340-7. [DOI:10.1093/ptj/70.6.340] [PMID]

[28] Judge JO, Schechtman K, Cress E. The relationship between physical performance measures and independence in instrumental activities of daily living. The FICSIT Group. Frailty and Injury: Cooperative Studies of Intervention Trials. Journal of the American Geriatrics Society. 1996; 44(11):1332-41. [DOI:10.1111/j.1532-5415.1996.tb01404.x] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank