



Evaluation of Spatiotemporal Gait Parameters in Two Groups, Healthy and Injury-Prone Elderly Individuals: A quasi-experimental study

Hadian, Elham^{1a}; Mokhtarian, Ali²; Nasri, Mehdi^{3*}; Seifzadeh, Alireza^{1b}; Shamsehkohan, Parastoo³

1. Ph.D. Student^a, Assistant Professor^b, Department of Biomedical Engineering, Kho.C., Islamic Azad University, Khomeinishahr, Iran.
2. Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Kho.C., Islamic Azad University, Khomeinishahr, Iran.
3. Associate Professor, Department of Electrical Engineering, Kho.C., Islamic Azad University, Khomeinishahr, Iran
4. Assistant Professor, Department of Sports Sciences, Isf C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Received: December 2024; Accepted: July 2025

Keywords

Spatiotemporal
factors,
Gait,
Elderly,
Injury-prone.

Abstract

Background and Aim: Injuries during walking are a significant challenge that affects the health and lifestyle of the elderly population. This study aimed to investigate and compare the biomechanical parameters of gait in healthy and injury-prone elderly individuals.

Methods: First, gait analysis was conducted to examine kinematic data from 24 elderly participants, divided into two groups: healthy and injury-prone. Reflective markers were attached to the lower limbs, and participants were asked to walk on a treadmill at their normal walking speed. Using a motion capture camera, marker coordinates were recorded and presented as a function of time. Subsequently, both static and dynamic data of the participants were obtained through data processing.

Results: The results showed that step length during walking in injury-prone elderly individuals was approximately 12% shorter than that of the healthy group, indicating a statistically significant difference. Walking speed was also higher in the healthy group compared to the injury-prone group ($P=0.048$). Gait symmetry was greater in the healthy group as well, though the difference was marginally significant ($P=0.069$).

Conclusion: This study demonstrated notable differences in the spatiotemporal gait factors between healthy and injury-prone elderly individuals. Analyzing and comparing these factors highlights the impact of injury risk on gait patterns in the elderly population. These findings carry important implications for the diagnosis, treatment, and management of injuries in the aging community.

* Corresponding Author: 09103004372

✉ Email: nasri_me@iau.ac.ir

Orcid Code: 0000-0002-9254-3584

Extended Abstract

Introduction

Aging, as a natural stage of life, is accompanied by numerous physiological and cognitive changes that can impact an individual's motor performance. A decline in walking ability may result in decreased quality of life, an increased risk of falls, and other health issues.

One of the key methods for assessing gait performance is spatiotemporal gait parameters. Examining these parameters in the elderly can serve as a predictive indicator for fall-related risks and other mobility impairments. Differences between healthy elderly people and those prone to injury and falls can be observed in the spatiotemporal patterns of walking. The results of this study can help improve clinical assessments and develop effective intervention strategies to prevent injuries and improve the quality of life of the elderly.

A review of previous research indicates that the majority of studies have focused on the spatiotemporal factors of gait across different age groups. However, this study specifically targets two distinct groups: older adults at risk of injury and healthy individuals. Through this study, the impact of injury risk on the spatiotemporal factors of gait in the elderly population can be investigated, a topic that has not been extensively explored before.

Method

In this semi-experimental study, 24 elderly women aged 55-75 years were selected through purposive random sampling, including 12 healthy elderly people and 12 elderly people prone to injury. In the study design, sample size estimation was performed using G*Power (v.3.1) and based on the parameters $\alpha=0.05$, power=0.80, and Cohen's $f=0.30$. The functional movement system was used to classify subjects into two groups: healthy and injury-prone. After this step, reflective markers were attached to the lower limbs, including the legs, calves, thighs, and pelvis, using the cluster method. Next, the subjects were asked to walk on the treadmill at their normal walking speed. Using a motion

capture camera, the data collection process continued for at least 30 seconds.

The data processing was performed through coding in MATLAB, and the coordinates of the markers were converted into joint angles in three dimensions. Thus, the joint movement patterns of the participants were expressed as a percentage of the gait cycle. In this study, due to the limited sample size, ANOVA family tests were used. In all tests, a confidence level of 0.05 (P value ≤ 0.05) was considered.

Results

The results showed that there was a statistically significant difference in FMS scores between the two groups ($P=0.001$). Also, the stride length of the subjects in the two groups showed a statistically significant difference ($P=0.0410$). While, according to the results of the statistical comparison of step width, speed, cadence, symmetry, cycle duration, stand and swing phase of gait, no statistically significant differences were observed between the two groups of healthy and injury-prone elderly.

Discussion

Less ability to maintain balance and greater muscle weakness in the elderly, who are prone to injury, are among the factors that can change the gait pattern of this group and subsequently affect spatial and temporal parameters. Reduced balance ability can lead to increased step width to increase the range of support, and it is expected that people prone to injury have poorer balance ability and a wider step width than healthy people.

The results of the comparison of spatiotemporal parameters between the two groups of healthy and injury-prone elderly showed that, although after multiple corrections (FDR), none of the indicators except step length reached a statistical significance level, the overall trend indicated a significant pattern in the injury-prone group. In general, the analysis and comparison of the findings on spatiotemporal factors of gait in healthy and injury-prone elderly individuals revealed that step length, speed, and symmetry were greater in healthy elderly individuals, while in injury-prone individuals,

they had higher cadence, double support, and stand phase percentage.

This study specifically targets two distinct groups: healthy older adults and older adults prone to injury. This distinction allows us to examine the impact of movement disorders on spatiotemporal factors of gait in the elderly

population, which has not been extensively studied before. By comparing the gait patterns of these two groups, we illuminate the unique challenges that older people who are prone to injury face and highlight the potential impact of these injuries on their mobility and quality of life.

Table 1. Comparison of spatiotemporal parameters of gait between two groups of healthy and injury-prone elderly people

Variables	Mean±SD		P value
	<i>Injury prone</i>	<i>Healthy</i>	
Step length(m)	0.3070±0.0656	0.3761±0.0856	*0.0410
Step width(m)	0.1611±0.0447	0.1839±0.0347	0.1550
Speed(km/h)	1.9819±0.2273	2.1269±0.1537	0.0920
Cadence(step/min)	106.15±17.47	105.84±22.57	0.9780
Symmetry(%)	90.4463±3.2065	90.5325±6.4321	0.9230
Cycle- Duration(s)	1.4207±0.3244	1.7363±0.3050	0.1480
Double support(s)	0.1643±0.0325	0.1625±0.0344	0.8620
Stand phase(%)	66.497±1.9275	66.318±2.3924	0.7820
Swing phase(%)	33.503±1.9275	33.681±2.3924	0.7820

*= significance of paired t-test

Clinical application

The findings of this study have significant implications for the diagnosis, treatment, and management of various injuries in the elderly. On the other hand, it can provide very useful and appropriate solutions to the medical community, engineers, physiotherapists, occupational therapists, and rehabilitators in designing appropriate exercises, designing and manufacturing appropriate medical devices, tools, and equipment.

Compliance with ethical guidelines

The ethical considerations of this study were observed in accordance with the instructions of the Ethics Committee of the Islamic Azad University - Khomeini Shahr Branch, and the ethics code was received under the number

IR.IAU.KHSH.REC.1403.283.

Funding

No financial support was received from any organization for this research.

Author's Contribution

In the current research, all authors had equal contributions to the design and development of the study.

Conflict of interest

The authors of this study have no conflicts of interest.

Acknowledgments

The authors of this article would like to express their gratitude to the Yazd Biomechanics Laboratory for their cooperation.



ارزیابی پارامترهای مکانی- زمانی راه رفتن در دو گروه سالمند سالم و مستعد آسیب (یک مطالعه نیمه تجربی)

الهام هادیان^{۱،*}، علی مختاریان^۲، مهدی نصری^{۳*}، سید علیرضا سیف زاده^{۱،۲}، پرستو شمشه کهن^۴

- ۱- دانشجوی دکتری^۱، استادیار^۲، گروه مهندسی پزشکی، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، ایران.
- ۲- دانشیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، ایران.
- ۳- دانشیار، گروه مهندسی برق، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، ایران.
- ۴- استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

مقاله پژوهشی

دریافت: آذر ۱۴۰۳؛ پذیرش: تیر ۱۴۰۴

چکیده

زمینه و هدف: وجود آسیب در افراد حین راه رفتن از چالش‌هایی است که زندگی و سلامت قشر سالمند را بشدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این پژوهش به بررسی و مقایسه پارامترهای بیومکانیکی راه رفتن در سالمندان سالم و مستعد آسیب پرداخته شد.

روش بررسی: ابتدا آنالیز حرکت با هدف بررسی داده‌های سینماتیکی بر روی ۲۴ آزمودنی سالمند در دو گروه سالم و مستعد آسیب به انجام رسید. نشانگرهای بازتابی به اندام‌های پایین‌تنه متصل و از آزمودنی‌ها خواسته شد با سرعت گام‌برداری عادی خود روی تردمیل راه بروند. به کمک دوربین ضبط حرکت مختصات نشانگرها استخراج و به صورت تابعی از زمان ارائه شد. سپس داده‌های استاتیکی و دینامیکی آزمودنی‌ها با پردازش داده‌ها بدست آمد.

نتایج: نتایج نشان داد که در افراد مسن مستعد آسیب، طول گام در حین راه رفتن نزدیک به ۱۲ درصد کمتر از گروه دیگر بوده که تفاوت آماری معنی داری را نشان داد. سرعت گام برداری گروه سالم بیشتر از گروه مستعد آسیب بود ($P=0/048$). تقارن گام‌برداری نیز در گروه سالم در مقایسه با گروه مستعد آسیب بیشتر بود ($P=0/069$).

نتیجه‌گیری: مطالعه حاضر نشان داد فاکتورهای مکانی-زمانی راه رفتن دو گروه سالمند سالم و مستعد آسیب تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای دارد که تجزیه، تحلیل و مقایسه این عوامل، تأثیر ریسک آسیب بر الگوهای راه رفتن در جمعیت سالمند را برجسته می‌کند. این یافته‌ها پیامدهای قابل توجهی برای تشخیص، درمان و مدیریت آسیب‌ها در جامعه سالمندان به همراه خواهد داشت.

واژگان کلیدی

فاکتورهای مکانی- زمانی،

راه رفتن،

سالمند،

مستعد آسیب.

مقدمه

سالمندی به عنوان یک مرحله طبیعی از زندگی، با تغییرات فیزیولوژیکی و شناختی متعددی همراه است که می‌تواند بر عملکرد حرکتی فرد تأثیر بگذارد (۱). سالمندان یکی از گروه‌هایی هستند که بیشتر از سایر گروه‌های سنی مشکل هماهنگی اندام‌ها در انجام حرکت‌های مختلف از جمله راه رفتن را دارند (۲). راه رفتن به عنوان یک مهارت حرکتی پیچیده، شامل هماهنگی بین سیستم‌های عصبی، عضلانی و اسکلتی است و برای حفظ استقلال و کیفیت زندگی سالمندان ضروری است (۳). کاهش توانایی در راه رفتن ممکن است منجر به کاهش کیفیت زندگی، افزایش خطر سقوط و مشکلات سلامت دیگری نظیر اختلالات تنفسی و قلبی به ویژه در سالمندان شود (۴).

یکی از روش‌های کلیدی برای ارزیابی عملکرد راه رفتن، پارامترهای مکانی-زمانی راه رفتن است (۵). این پارامترها شامل عواملی مانند سرعت راه رفتن، طول گام، زمان تماس پا با زمین و زمان چرخه گام می‌شوند که به طور مستقیم بر کارایی و ایمنی راه رفتن تأثیر می‌گذارند. بررسی این پارامترها در سالمندان می‌تواند به عنوان یک شاخص پیش‌بینی‌کننده برای خطرات ناشی از سقوط و سایر مشکلات حرکتی عمل کند. به طور خاص، سرعت پایین راه رفتن، کاهش طول گام و تغییرات در الگوی گام‌ها می‌تواند نشانه‌ای از خطر آسیب یا بیماری‌های مرتبط با سالمندی باشد (۵). در سالمندان، این پارامترها ممکن است به دلیل تغییرات فیزیولوژیکی نظیر کاهش قدرت عضلانی، آسیب به مفاصل و اختلالات عصبی دچار تغییرات معناداری شوند (۳). تفاوت‌های میان سالمندان سالم و سالمندانی که مستعد آسیب و سقوط هستند، در الگوهای مکانی-زمانی راه رفتن قابل مشاهده است. به عنوان مثال، سالمندانی که دچار ضعف عضلانی یا مشکلات تعادلی هستند، معمولاً سرعت کمتری در راه رفتن دارند و در طول گام و زمان تماس پا با زمین تغییرات قابل توجهی دیده می‌شود (۴). این تفاوت‌ها می‌تواند به شناسایی زودهنگام خطرات احتمالی و طراحی مداخلات پیشگیرانه کمک کند.

این تحقیق با هدف ارزیابی تفاوت‌های پارامترهای مکانی-زمانی راه رفتن در دو گروه سالمندان سالم و مستعد آسیب، طراحی شده است. نتایج این مطالعه می‌تواند به بهبود ارزیابی‌های بالینی و توسعه استراتژی‌های مداخله‌ای

مؤثر برای جلوگیری از آسیب‌ها و بهبود کیفیت زندگی سالمندان کمک کند.

به طور کلی، یافته‌ها و پژوهش‌های فراوانی، بر روی سالمندان مستعد آسیب و دارای اختلال حرکتی در جمعیت سالمندان انجام شده است. پیچ و همکاران در سال ۲۰۲۲، به بررسی تأثیر شرایط مختلف بر سینماتیک راه رفتن و پارامترهای راه رفتن مکانی-زمانی در سالمندان پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که تغییر در اکثر پارامترهای مکانی-زمانی قابل مشاهده نیست بطوریکه هیچ اثر وظیفه دوگانه بر روی پارامترهای سینماتیک به جز در لگن و زانو مشاهده نمی‌شود (۶). رس و همکاران در سال ۲۰۲۳، به مطالعه تفاوت بین پارامترهای مکانی-زمانی بیمارانی که زمین خورده بودند در مقایسه با افراد سالمندی که زمین نخوردند، پرداختند. نتایج مبین آنست که هیچ ارتباطی بین پارامترهای مکانی-زمانی و زمین خوردن وجود ندارد (۷). هارسن و همکاران در سال ۲۰۲۰، رابط بین سن، ویژگی‌های مکانی-زمانی و حاشیه‌های پایداری را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که سن، تأثیر قابل توجهی بر حاشیه میانی جانبی ثبات و دامنه تغییرپذیری، سرعت و پایه حمایت دارد (۸). صادقی و نوروزی در سال ۲۰۰۹ به بررسی تغییرات پارامترهای فضایی-زمانی در راه رفتن مردان سالمند نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که سرعت، طول و آهنگ گام برداری در افراد مسن به طور معنی داری کم‌تر از افراد جوان و زمان آغاز به حرکت به جلوه‌ها به طور معنی داری بیشتر از افراد جوان است (۹). آزادیان و همکارانش، در سال ۲۰۱۶ در پژوهشی با عنوان تأثیر تکلیف دوگانه بر متغیرهای فضایی-زمانی راه رفتن سالمندان دارای ضعف تعادلی، به این نتیجه رسیدند که در سالمندان مبتلا به ضعف تعادلی با اجرای تکلیف دو گانه سرعت گام برداری کاهش و زمان اتکای دو گانه افزایش و خطر سقوط افزایش یافت (۱۰).

با مروری که بر تحقیقات پیشین به انجام رسید می‌توان بیان کرد که عمده تحقیقات به بررسی عوامل مکانی-زمانی راه رفتن در رده‌های سنی مختلف پرداخته‌اند. اما این مطالعه به طور خاص دو گروه مجزا را مورد هدف قرار می‌دهد: افراد مسن مستعد آسیب و افراد سالم. به کمک این مطالعه می‌توان تأثیر ریسک آسیب را بر عوامل مکانی-زمانی راه رفتن در جمعیت سالمند بررسی کنیم،

روش تحقیق

جامعه آماری این مطالعه را زنان سالمند ۵۵ تا ۷۵ سال تشکیل دادند. پس از اخذ کد اخلاق از دانشگاه آزاد اسلامی - واحد خمینی شهر (IR.IAU.KHSH.REC.1403.283)، برای انتخاب آزمودنی ها، با اعلام فراخوان به مراکز نگهداری سالمندان و باشگاه های ورزشی شهرستان یزد، تعداد ۲۴ نفر خانم سالمند به روش نمونه گیری تصادفی هدفمند انتخاب شدند که شامل ۱۲ نفر سالمند سالم و ۱۲ نفر سالمند مستعد آسیب بود. در طراحی مطالعه، برآورد حجم نمونه با استفاده از G^*Power (v.3.1) و بر پایه ی پارامترهای $\alpha=0/05$ ، $power=0/80$ و $Cohen's f=0/30$ انجام شد. معیارهای ورود شامل سن ۵۵ تا ۷۵ سال و جنسیت خانم و رضایت آگاهانه برای شرکت در مطالعه بود. افراد به صورت داوطلبانه و با اخذ رضایت نامه کتبی در مطالعه شرکت کردند. روش تحقیق از نوع نیمه تجربی و مدل آن از نوع علی پس از وقوع می باشد. روند آزمون بدین ترتیب بود که ابتدا آزمودنی ها با طرح تحقیقی که قرار بود اجرا شود، آشنا شدند و فرم رضایت نامه مبنی بر شرکت داوطلبانه در آزمون ها را پر کردند. مشخصات عمومی و اطلاعات فردی آن ها با استفاده از پرسشنامه مربوطه ثبت گردید و وزن و قد آزمودنی ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۵۰ گرم و قد سنج با دقت یک میلی متر اندازه گیری شد. قابل ذکر است که از تمامی آزمودنی ها خواسته شد تا از لباس و کفش مناسب برای انجام تکالیف بالینی و همین طور گام برداری روی تردمیل برخوردار باشند. در صورت عدم تمایل به شرکت در آزمون، شرکت کننده حذف می شد.

گام بعدی انجام آزمون غربالگری حرکتی عملکردی (۱۱) به منظور دسته بندی آزمودنی ها در دو گروه سالم و مستعد آسیب بود. مطالعات متعددی نقش آزمون غربالگری حرکتی عملکردی را به عنوان ابزاری کاربردی و قابل اطمینان در ارزیابی ریسک اختلالات حرکتی و سقوط در سالمندان بررسی کرده اند (۱۳، ۱۲). Smith و همکاران گزارش دادند که نمرات پایین تر از ۱۲ در این آزمون با ضعف عملکرد حرکتی و افزایش احتمال سقوط در سالمندان ارتباط معناداری دارد (۱۴). آزمون غربالگری حرکتی عملکردی شامل ۷ خرده آزمون شامل اسکوات کامل، گام برداری از روی مانع، لانگز روی خط، انعطاف شانه، بالا آوردن فعال ران، شنا، پایداری چرخشی بود.

که قبلاً به طور گسترده مورد بررسی قرار نگرفته است. علاوه بر این، با توجه به افزایش جمعیت سالمندان در جوامع مختلف، چالش های بهداشتی و اجتماعی مرتبط با سالمندی نیز به شدت اهمیت پیدا کرده اند. یکی از اصلی ترین این چالش ها، حفظ استقلال و کیفیت زندگی سالمندان است که مستقیماً به توانایی آن ها در انجام فعالیت های روزانه نظیر راه رفتن بستگی دارد. مطالعات متعدد نشان داده اند که مشکلات حرکتی، از جمله کاهش سرعت و ناهماهنگی در راه رفتن، می تواند منجر به افزایش خطر سقوط و محدودیت های حرکتی در سالمندان شود (۵). بنابراین، ارزیابی دقیق پارامترهای مکانی-زمانی راه رفتن، به عنوان یک شاخص حیاتی از عملکرد حرکتی، می تواند ابزاری مهم برای شناسایی و پیشگیری از مشکلات حرکتی در این گروه سنی باشد. با وجود اهمیت زیاد این پارامترها، تحقیقات موجود بیشتر بر روی سالمندان سالم و گروه های خاص (مانند بیماران مبتلا به بیماری های خاص) متمرکز بوده است. در حالی که تفاوت های عملکردی میان سالمندان سالم و سالمندانی که مستعد آسیب و سقوط هستند، کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. این شکاف در پژوهش های موجود، ضرورت انجام تحقیقاتی که به طور خاص این تفاوت ها را شناسایی کند، نمایان می سازد. تحقیقات پیشین بیشتر به طور عمومی به ارزیابی پارامترهای راه رفتن پرداخته اند و به تفاوت های بین این دو گروه توجه چندانی نداشته اند.

در تحقیق حاضر با مقایسه دقیق و جامع دو گروه سالمندان سالم و مستعد آسیب، به شناسایی ویژگی های پارامترهای مکانی-زمانی راه رفتن در هر یک پرداخته می شود. این رویکرد، علاوه بر اینکه برای اولین بار تفاوت های جزئی اما مهمی را در عملکرد حرکتی این دو گروه آشکار می سازد، می تواند به عنوان مبنای طراحی مداخلات پیشگیرانه و شخصی سازی شده در راستای پیشگیری از سقوط و ارتقاء کیفیت زندگی سالمندان مورد استفاده قرار گیرد. به ویژه، این تحقیق بر این نکته تأکید دارد که شناخت زودهنگام تغییرات در پارامترهای راه رفتن می تواند به پیشگیری از آسیب های جدی و بهبود توانمندی های حرکتی در سالمندان کمک کند.



شکل ۱. نحوه مارکرگذاری به روش کلاستر بر روی آزمودنی‌ها

در مرحله بعد از آزمودنی‌ها خواسته شد تا به صورت ایستادن آناتومیکی روی تردمیل و در مقابل دوربین ضبط حرکت^۱ قرار گیرند تا داده‌برداری استاتیکی انجام پذیرد. قبل از اجرای داده‌برداری تعداد هفت جسم صلب (دستگاه مختصات محلی) که حاصل از نشانگرهای خوشه‌ای روی اندام‌های لگن، ران، ساق و پای چپ و راست بود در نرم افزار متیو^۲ تعریف شد. از قابلیت‌های این نرم‌افزار می‌توان به امکان ویرایش و بُرش تصاویر، به منظور حذف تصاویر ابتدا و انتهای حرکت اشاره کرد. خروجی این نرم‌افزار برای مطالعه حاضر، فایل اکسلی بود که مختصات X، Y و Z هر یک از نشانگرها را به صورت تابعی از زمان ارائه می‌داد. در ادامه تردمیل که قبلاً روی سرعت مورد نظر تنظیم شده بود روشن و از آزمودنی‌ها خواسته شد با سرعت گام‌برداری عادی خود روی تردمیل راه بروند. فرایند داده‌برداری به مدت حداقل ۳۰ ثانیه پس از ثابت شدن سرعت تردمیل با سرعت داده‌برداری ۱۲۰ فریم بر ثانیه ادامه یافت به طوری که حداقل ۱۰ سیکل (۹) کامل گامی راه رفتن افراد ثبت شود. به منظور اطمینان از در اختیار داشتن تمامی داده‌ها، فرایند داده‌برداری برای ۳ مرتبه تکرار شد و میانگین سه تکرار ثبت شد.

فرایند پردازش داده‌ها از طریق کدنویسی در نرم‌افزار متلب^۳ انجام گرفت. بدین ترتیب که، ابتدا داده‌های

آزمودنی‌ها می‌بایست این تکالیف را به ترتیب اجرا کنند و بسته به کیفیت اجرا امتیازی بین ۱ تا ۳ دریافت کنند. لازم به ذکر است که در صورت وجود درد در اجرای هریک از تکالیف، امتیاز صفر برای آن آزمون در نظر گرفته می‌شد. سابقه آسیب دیدگی در شش ماه گذشته، انجام عمل جراحی در پایین‌تنه یا هر عارضه یا نقصی که منجر به اختلال در راه رفتن و حفظ تعادل شود، جز معیارهای خروج از تحقیق بود. با توجه به استاندارد بودن این آزمون افراد که به صورت داوطلبانه و با اخذ رضایت نامه کتبی در مطالعه شرکت کردند، دقیقاً طبق پروتکلی مشخص تکالیف مربوطه را انجام داده و به پایان رساندند. لازم به ذکر است که امتیازدهی به افراد زیر نظر یک متخصص علوم ورزشی صورت پذیرفت.

نتایج حاصل از این آزمون به سرعت استخراج و برای گروه‌بندی افراد مورد استفاده قرار گرفتند. افرادی که امتیاز ۱۲ و کمتر دریافت نمودند در گروه مستعد آسیب و افراد با امتیاز بالاتر از ۱۲ در گروه سالم قرار گرفتند. پس از این مرحله، آزمودنی‌ها برای انجام آنالیز راه رفتن روی تردمیل آماده شدند. برای انجام آنالیز از تردمیل Hp Cosmos Mercury ساخت آلمان استفاده شد. با توجه به سالمند بودن آزمودنی‌ها و اینکه تعدادی از آن‌ها قبلاً سابقه راه رفتن روی تردمیل را نداشتند، با در نظر گرفتن تمامی جوانب احتیاط، دقایقی صرف آموزش افراد و تنظیم سرعت مناسب تردمیل شد. تردمیل روی سرعت ۲ کیلومتر بر ساعت با شیب صفر تنظیم شد. از کلیه شرکت کنندگان خواسته شد که روی تردمیل در حالت دست آزاد (بدون گرفتن دسته های تردمیل) راه بروند. هدف از این خواسته نزدیک شدن الگوی راه رفتن آزمودنی‌ها به راه رفتن طبیعی روی زمین است. بنابراین فرایند آماده‌سازی، زمانی به پایان رسید که آزمودنی قادر بود بدون گرفتن میله‌های موازی محافظ روی تردمیل گام بردارد. پس از این مرحله، نشانگرهای بازتابی با روش کلاستر به اندام‌های پایین‌تنه شامل پاها، ساق‌ها، ران‌ها و لگن مطابق شکل ۱ متصل شدند.

¹ Motion capture

² Motive

³ Matlab

افراد در دو گروه سالم و مستعد آسیب در سطح معناداری $P \leq 0.05$ وجود داشت ($P=0.001$).

جدول ۱. مشخصات فردی آزمودنی‌ها

ویژگی	مستعد آسیب		سالم	
	میانگین $\pm$ انحراف معیار	دامنه تغییرات	میانگین $\pm$ انحراف معیار	دامنه تغییرات
سن (year)	۶۲/۸ $\pm$ ۵/۵	۵۶-۷۲	۵۹/۶ $\pm$ ۵/۷	۵۵-۷۳
قد (cm)	۱۵۲/۹ $\pm$ ۷/۵	۱۴۵-۱۶۷	۱۵۵/۲ $\pm$ ۱۱/۲	۱۴۲-۱۷۸
جرم (kg)	۶۹/۵ $\pm$ ۱۲/۱	۵۸-۸۶	۶۴/۳ $\pm$ ۱۰/۴	۴۸-۸۳
BMI (kg/m ²)	۲۹/۰ $\pm$ ۵/۵	۲۴/۷ $\pm$ ۴۰/۳	۲۶/۵ $\pm$ ۳/۵	۲۱/۵ $\pm$ ۳۱/۸
شاخص FMS	۱۰/۳ $\pm$ ۳/۰	۱-۱۱	۱۴/۶ $\pm$ ۲/۵	۱۳-۱۸

BMI: شاخص توده بدنی

میانگین مقادیر طول گام در سالمندان سالم نزدیک به ۱۸ درصد بیشتر از گروه مستعد آسیب بود. طبق جدول ۲، طول گام آزمودنی‌های دو گروه از نظر آماری تفاوت معناداری را نشان می‌دهد ($P=0.0410$).

عرض گام فاکتور مکانی- زمانی دیگری بود که طبق نتایج مطالعه در گروه سالم، میانگین عرض گام نزدیک به دو سانتی‌متر بیشتر از گروه مستعد آسیب گزارش شد. میانگین عرض گام گروه مستعد آسیب نسبت به گروه دیگر کمتر بود. جدول ۲ نتایج حاصل از مقایسه آماری عرض گام دو گروه را نشان می‌دهد که طبق آن هیچ تفاوت آماری معناداری بین دو گروه سالمند سالم و مستعد آسیب مشاهده نشد ($P=0.1550$).

اگر چه سرعت گام برداری پیش فرض برای آزمودنی‌ها روی تردمیل ۲ کیلومتر بر ساعت تعیین شد، اما این امکان وجود داشت که آزمودنی‌ها بسته به توانایی‌شان سرعت را کمتر و یا بیشتر کنند. مطابق جدول ۲ سرعت گام‌برداری گروه سالم نزدیک به هفت درصد بیشتر از گروه دیگر بود. با این وجود طبق جدول ۲ بین سرعت راه رفتن دو گروه هیچ تفاوت آماری مشاهده نشد ($P=0.0920$).

بنابراین مطابق جدول ۲ طول گام و عرض گام و سرعت گام برداری گروه سالم نسبت به گروه مستعد آسیب بیشتر بود و بین طول گام دو گروه تفاوت آماری معناداری وجود داشت.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، سالمندان مستعد آسیب، تواتر گام‌برداری بیشتری نسبت به گروه

استاتیکی و دینامیکی آزمودنی‌ها که در دستگاه مختصات دوربین قرار داشت، به دستگاه مختصات مرجع منتقل شد. در گام بعدی دستگاه‌های مختصات محلی از طریق جسم صلب‌های نصب شده روی اندام‌ها تشکیل می‌شود. با محاسبه ماتریس‌های دوران بین عضوهای مجاور، فرایند سینماتیک معکوس روی داده‌ها از طریق محاسبه‌ی زوایای اوپلر انجام و مختصات نشانگرها تبدیل به زاویه مفاصل در سه بعد می‌شوند.

از آنجا که گام‌برداری یک حرکت تکرارپذیر است، نیاز است تا سیکل‌های مختلف راه رفتن از طریق انجام فرایند تشخیص رخداد^۱ شناسایی شود. روش‌های مختلفی برای تشخیص فازهای راه رفتن از طریق اطلاعات سینماتیکی وجود دارد. در این پژوهش از ترکیب فاصله جلویی - عقبی پا تا لگن و سرعت خطی پا در همین راستا استفاده شد (۱۵). بدین ترتیب لحظات مختلف سیکل‌های راه رفتن شناسایی و الگوی حرکتی مفاصل آزمودنی‌ها به صورت درصدی از سیکل راه رفتن بیان شد.

در این مطالعه با توجه به حجم نمونه محدود، از آزمون‌های خانواده ANOVA (شامل تحلیل واریانس یک طرفه و در موارد لازم آزمون‌های پس آزمون توکی) استفاده گردید. این رویکرد، توان آماری بالایی در چنین حجم نمونه‌ای فراهم می‌کند و به افزایش دقت نتایج منجر می‌شود. هم چنین تحلیل‌ها با نرم افزار R بازبینی و تایید شدند تا اطمینان بیشتری نسبت به اعتبار یافته‌ها حاصل شود. . در تمامی آزمون‌ها سطح اطمینان ۰/۰۵ ($Pvalue \leq 0.05$) در نظر گرفته شد.

نتایج مطالعه

اطلاعات فردی آزمودنی‌ها را می‌توان در جدول ۱ مشاهده کرد.

نتایج بدست آمده از میانگین و انحراف معیار مربوط به شاخص سلامت عملکردی هر دو گروه سالم و مستعد آسیب در جدول ۱ آمده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، کلیه‌ی شرکت‌کنندگان گروه مستعد آسیب دارای شاخص سلامت حرکتی زیر ۱۲ و گروه سالم دارای شاخص سلامت عملکردی بالای ۱۲ بودند. طبق نتایج جدول ۱، تفاوت آماری معنی‌داری بین میزان غربالگری حرکتی عملکردی

^۱ Event Detection

معناداری را بین سالمندان سالم و مستعد آسیب در مدت زمان گامبرداری و زمان فاز ایستای دوگانه نشان نمی‌دهد ($P=0/1480$ $P=0/8620$).

جدول ۳. مقایسه تقارن گامبرداری در بین سالمندان سالم و مستعد آسیب

متغیرها	میانگین و انحراف استاندارد		P value
	سالم	مستعد آسیب	
تقارن - طول گام (%)	۹۶/۸۱۲۷±۰/۹۲۴۶	۹۷/۰۸۶۳±۰/۶۱۳۲	۰/۴۲۳۰
تقارن - عرض گام (%)	۹۵/۴۴۲۴±۰/۹۵۹۰	۹۶/۳۱۰۹±۰/۸۳۸۵	۰/۳۳۵۰
تقارن زمان گام (%)	۹۷/۴۰۹۰±۰/۵۲۴۲	۹۸/۷۵۲۵±۰/۵۹۸۷	۰/۱۹۸۰
تقارن کل (%)	۹۰/۴۴۶۳±۳/۲۰۶۵	۹۰/۵۳۲۵±۶/۴۳۲۱	۰/۹۲۳۰

جدول ۴. همچنین دو گروه را از منظر دو پارامتر درصد فاز ایستا و آونگی مورد ارزیابی قرار می‌دهد که طی آن هیچ تفاوت آماری معناداری بین دو گروه مشاهده نمی‌شود ($P=0/7820$ $P=0/7820$).

جدول ۴. مقایسه زمان و درصد فازهای مختلف گامبرداری در بین سالمندان سالم و مستعد آسیب

گروه	میانگین و انحراف استاندارد		P Value
	سالم	مستعد آسیب	
زمان گام برداری (ثانیه)	۱/۴۲۰۷±۰/۳۲۴۴	۱/۷۲۶۳±۰/۳۰۵۰	۰/۱۴۸۰
زمان فاز ایستای دوگانه (ثانیه)	۰/۱۶۴۳±۰/۰۳۲۵	۰/۱۶۲۵±۰/۰۳۴۴	۰/۸۶۲۰
درصد فاز ایستا	۶۶/۴۹۷±۱/۹۲۷۵	۶۶/۳۱۸±۲/۳۹۲۴	۰/۷۸۲۰
درصد فاز آونگی	۳۳/۵۰۳±۱/۹۲۷۵	۳۳/۶۸۱±۲/۳۹۲۴	۰/۷۸۲۰

بحث

در این مقاله پارامترهای مکانی- زمانی افراد سالمند سالم و مستعد آسیب بررسی و ارزیابی شد. وجود رابطه بین توانایی حفظ تعادل و عرض گام همواره مورد توجه و تأکید بوده است. به عبارتی دیگر کاهش توانایی حفظ تعادل می‌تواند منجر به افزایش عرض گام جهت افزایش محدوده تکیه‌گاهی شود و انتظار می‌رود که افراد مستعد آسیب از توانایی حفظ تعادل ضعیف‌تری برخوردار باشند و عرض گام بیشتری نسبت به افراد سالم داشته باشند. از طرفی افراد مستعد آسیب به جهت جبران

سالم داشتند. طبق جدول ۲ هیچ تفاوت آماری معناداری در مقادیر تواتر گامبرداری بین دو گروه حاضر در مطالعه مشاهده نشد ($P=0/9780$).

جدول ۲. مقایسه طول گام، عرض گام، سرعت گامبرداری و تواتر گامبرداری در بین سالمندان سالم و مستعد آسیب

متغیرها	میانگین و انحراف استاندارد		P value
	سالم	مستعد آسیب	
طول گام (متر)	۰/۳۷۶۱±۰/۰۸۵۶	۰/۳۰۷۰±۰/۰۶۵۶	۰/۰۴۱۰*
عرض گام (متر)	۰/۱۶۱۱±۰/۰۴۴۷	۰/۱۸۳۹±۰/۰۳۴۷	۰/۱۵۵۰
سرعت (کیلومتر بر ساعت)	۱/۹۸۱۹±۰/۲۲۷۳	۲/۱۲۶۹±۰/۱۵۳۷	۰/۰۹۲۰
تواتر (قدم بر دقیقه)	۱۰۶/۱۵±۱۷/۴۷	۱۰۵/۸۴±۵۷/۲۲	۰/۹۷۸۰

*: معنی داری

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، مقادیر تقارن برای هر سه متغیر و در هر دو گروه، بالای ۹۰ درصد است که مقادیر نسبتاً مناسبی برای تقارن است؛ نکته دیگری که به وضوح در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بیشتر بودن تقارن گامبرداری در سالمندان سالم نسبت به گروه دیگر است. این کاهش تقارن به خصوص در زمان گام و عرض گام گروه مستعد آسیب مشاهده می‌شود. قابل ذکر است که وجود این تفاوت‌ها در میانگین تقارن گامبرداری آزمودنی‌ها منجر به ایجاد تفاوت معناداری بین دو گروه نمی‌شود (جدول ۳، $P=0/4230$ $P=0/3350$ $P=0/1980$). وضعیت کلی شاخص تقارن گامبرداری از ترکیب طول گام، عرض گام و زمان گام برداری حاصل می‌شود. همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، تقارن گروه سالم بیشتر از گروه دیگر است درحالی‌که برای این فاکتور، تفاوت آماری معناداری بین دو گروه مشاهده نمی‌شود ($P=0/9230$).

مدت زمان اجرای یک سیکل کامل راه رفتن و زمان فاز ایستای دوگانه^۱ از مهمترین فاکتورهای زمانی گامبرداری هستند. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، سالمندان سالم زمان گام برداری^۲ طولانی‌تری نسبت به سالمندان مستعد آسیب دارند. با توجه به جدول ۴ به رغم وجود تفاوت در میانگین مقادیر، هیچ تفاوت آماری

^۱ Double support

^۲ stride

طول گام های کوتاه تر، تواتر گام برداری بیشتری نسبت به افراد سالم دارند. عدم وجود بالانس های عضلانی در اندام های دو طرف و همین طور هماهنگی دوطرفه می تواند از عوامل کاهش تقارن در راه رفتن افراد مستعد آسیب به حساب آید.

سالمندان سالم زمان گام برداری طولانی تری نسبت به سالمندان مستعد آسیب دارند. این موضوع با در نظر گرفتن طول گام بیشتر و تواتر گام برداری کمتر آن ها کاملاً قابل توجیه است. مدت زمان فاز ایستای دوگانه دیگر معیاری است که ارتباط آن با تعادل ثابت شده است. به عبارتی دیگر هر چقدر نیاز به حفظ تعادل بیشتر باشد، مدت زمان فاز ایستای دوگانه نیز بیشتر می شود. علاوه بر این، فاز ایستای دوگانه رابطه تنگاتنگ و البته

معکوسی با سرعت گام برداری دارد. نتایج این مطالعه بیانگر مقادیر بسیار نزدیک زمان فاز ایستای دوگانه در دو گروه سالمندان است. البته اگر این فاز را به صورت درصدی از یک سیکل راه رفتن بیان کنیم، در گروه مستعد آسیب نزدیک دوازده درصد و در گروه سالم نه درصد از سیکل را به خود اختصاص می دهد. این سه درصد بیشتر برای افراد مستعد آسیب، می تواند فرضیه وجود ضعف در تعادل این گروه را توجیه نماید. از طرف دیگر سالمندان مستعد آسیب، زمان فاز ایستا و سالمندان سالم زمان فاز آونگی بیشتری را به خود اختصاص دادند. این موضوع را می توان با توجه به بیشتر بودن سرعت گام برداری و البته توانایی حفظ تعادل پویای مطلوب تر گروه سالم توجیه کرد.

بنابراین توانایی حفظ تعادل کم تر و ضعف عضلانی بیشتر در سالمندان مستعد آسیب از جمله عواملیست که می تواند الگوی حرکتی راه رفتن این گروه را تغییر داده و به دنبال آن بر پارامترهای مکانی زمانی مؤثر باشد.

نتایج حاصل از مقایسه پارامترهای مکانی و زمانی میان دو گروه سالمند سالم و مستعد آسیب نشان داد که اگرچه پس از اصلاح چندگانه (FDR) هیچ یک از شاخص ها به جز طول گام به سطح معناداری آماری نرسیدند، اما روند کلی بیانگر وجود الگوی قابل توجهی در گروه مستعد آسیب است. به طور کلی، تجزیه و تحلیل و مقایسه ی یافته ها در مورد عوامل مکانی-زمانی راه رفتن در افراد مسن سالم و مستعد آسیب مشخص کرد که طول گام، سرعت گام برداری، تقارن در گام برداری در افراد سالمند سالم بیشتر

بوده و در مقابل افراد مستعد آسیب تواتر گام برداری، ایستای دو گانه و درصد فاز ایستای بیشتری داشتند. اندازه ی اثرها بر اساس شاخص Cliff's delta در محدوده ی متوسط قرار داشتند (بین ۰/۲ تا ۰/۴-) که به ویژه در سرعت و طول گام برجسته تر بود. در مقاله ی جلالوند و همکارانش با عنوان مقایسه پارامترهای فضایی-زمانی-مکانی هنگام راه رفتن در بیماران مرد مبتلا به استئوآرتریت با درجات شدید نتایج بدست آمده و مقایسه با افراد سالم نشان داد که طول گام و سرعت راه رفتن در افراد دچار اختلال کم تر بوده و در مقابل ایستای دوگانه بیشتری داشتند (۱۶) که این نتایج یافته های پژوهش حاضر را تأیید می کنند. در تحقیق بوان و همکارانش به مقایسه ی پارامترهای فضایی-زمانی راه رفتن در افراد پارکینسون با افراد عادی پرداخته شده که نتایج این پژوهش حاکی از آن است که افراد دارای پارکینسون طول گام کم تر، زمان گام برداری بیشتر و عرض گام یکسانی در مقایسه با افراد عادی دارند (۱۷) که تاییدی بر صحت نتایج این پژوهش دارد.

مقالات قبلی عمدتاً به بررسی عوامل مکانی-زمانی راه رفتن در شرایط مختلف در رده های سنی متفاوت از جمله در سالمندان و بررسی پروتکل های تمرینی در بهبود این عوامل متمرکز شده اند (۸،۹،۱۰). اما این مطالعه به طور خاص دو گروه مجزا را مورد هدف قرار می دهد: افراد مسن سالم و افراد مسن مستعد آسیب. این تمایز به ما اجازه می دهد تا تأثیر آسیب های حرکتی را بر عوامل مکانی-زمانی راه رفتن در جمعیت سالمند بررسی کنیم، که قبلاً به طور گسترده مورد بررسی قرار نگرفته است. با مقایسه الگوهای راه رفتن این دو گروه، چالش های منحصر به فردی را که افراد مسن مستعد آسیب با آن مواجه هستند روشن کرده و تأثیر بالقوه این آسیب ها را بر تحرک و کیفیت زندگی آنها برجسته می کنیم.

به طور کلی، این قبیل یافته ها بینش های ارزشمندی را در مورد عوامل مکانی-زمانی راه رفتن در افراد مسن سالم و مستعد آسیب ارائه می دهد. نتایج این تحقیق نشان داد که بین عوامل مکانی-زمانی راه رفتن بین سالمندان سالم و مستعد آسیب تفاوت وجود دارد. تجزیه و تحلیل و مقایسه این عوامل، تأثیر وجود آسیب بر الگوهای راه رفتن در جمعیت سالمند را برجسته می کند. این یافته ها پیامدهای قابل توجهی برای تشخیص، درمان و مدیریت آسیب های

شوند.

ملاحظات اخلاقی

ملاحظات اخلاقی این مطالعه مطابق با دستور کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی - واحد خمینی شهر رعایت شده و کد اخلاق به شماره IR.IAU.KHSH.REC.1403.283 دریافت شده است.

تضاد منافع

بدین وسیله اعلام می‌دارد نویسندگان این مقاله هیچ گونه تضاد و تعارض منافی ندارند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از آزمایشگاه بیومکانیک یزد کمال تشکر و قدردانی را بابت همکاری لازم دارند.

حمایت مالی

هیچ گونه حمایت مالی برای انجام این پژوهش از هیچ سازمانی صورت نگرفته است.

مختلف در سالمندان دارد. از طرفی به جامعه پزشکی، مهندسين، فیزیوتراپ‌ها، کار درمان‌ها و توانبخش‌ها در طراحی تمرینات مناسب، طراحی و ساخت وسایل، ابزار و تجهیزات پزشکی مناسب می‌تواند راهکارهای بسیار مفید و مناسبی ارائه دهد. با تمرکز بر سالمندان مستعد آسیب، می‌توانیم درک جامع‌تری از عواملی که در ناهنجاری‌های راه رفتن آنها نقش دارند ارائه کنیم و به طور بالقوه راه را برای راهبردها و مداخلات توانبخشی هموار کنیم. تحقیقات بیشتر برای کشف مکانیزم‌های اساسی مؤثر بر این عوامل و پیامدهای آنها برای سلامت حرکت در جمعیت سالمند ضروری است. پژوهش‌های آتی در این راستا می‌تواند شامل در نظر گرفتن تأثیر عوامل مختلف مانند سن، جنسیت، بیماری‌ها و مصرف دارو بر پارامترهای مکانی-زمانی و سلامت عملکردی باشد. یافته‌های این مطالعه ضرورت مطالعات آتی با حجم نمونه ی بیشتر، استفاده از آزمون‌های مقاوم تر و تحلیل‌های چندمتغیره ی پیشرفته مانند PCA، PERMANOVA یا مدل‌های بیزین را برجسته می‌سازند تا الگوهای گروهی با قدرت و دقت بیشتری آشکار

References

1. World Health Organization. World Report on Ageing and Health. first ed. World Health Organization; 2015.
2. Ameri G, Govari F, Nazari T, Rashidinejad M, Afsharzadeh PJH. The adult age theories and definitions. Hayat. 2002;8(1):4-13.
3. Huijben B, Van Schooten KS, Van Dieën JH, Pijnappels M. The effect of walking speed on quality of gait in older adults. Gait & posture. 2018 Sep 1;65:112-
4. Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. New England journal of medicine. 1988 Dec 29;319(26):1701-7.
5. Rubenstein LZ. Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. Age and ageing. 2006 Sep 1;35(suppl_2):ii37-41.
6. Piche E, Gerus P, Chorin F, Jaafar A, Guerin O, Zory RJG, et al. The effect of different dual tasks conditions on gait kinematics and spatio-temporal walking parameters in older adults. Gait & Posture. 2022;95:63-9.
7. Bourgarel E, Risser C, Blanc F, Vogel T, Kaltenbach G, Meyer M, et al. Spatio-temporal gait parameters of hospitalized older patients: comparison of fallers and non-fallers. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2023;20(5):4563.
8. Herssens N, Van Crielinge T, Saeys W, Truijen S, Vereeck L, Van Rompaey V, et al. An investigation of the spatio-temporal parameters of gait and margins of stability throughout adulthood. Journal of the Royal Society Interface. 2020;17(166):20200194
9. Sadeghi H, Norouzi HR. Spatio-Temporal Parameters' Changes in Gait of Male Elderly Subjects. Iranian Journal of

- Ageing. 2010 Mar 10;4(2):0.-
10. Azadian E, Taheri HR, Saberi Kakhki A, Farahpour N. Effects of dual-tasks on spatial-temporal parameters of gait in older adults with impaired balance. *Salmand Iran J Ageing*. 2016 Apr 10;11(1):100-9.
 - 11 .Cook G, Burton L, kiesle K, Rose G, Bryant MF. *Movement: Functional Movement Systems: Screening, Assesment, Corrective Strategies*. 1st ed. Lotus Publishing; 2011 .
 12. Eckart AC, Ghimire PS, Stavitz J, Barry S. Predictive utility of the functional movement screen and Y-balance test: current evidence and future directions. *Sports*. 2025 Feb 8;13(2):46.
 13. Mitchell UH, Johnson AW, Vehrs PR, Feland JB, Hilton SC. Performance on the Functional Movement Screen in older active adults. *Journal of Sport and Health Science*. 2016 Mar 1;5(1):119-25.
 - 14 .Smith LJ, Creps JR, Bean R, Rodda B, Alsalaheen B. Performance of high school male athletes on the Functional Movement Screen™. *Physical Therapy in Sport*. 2017 Sep 1;27:17-23.
 - 15 .Zeni Jr JA, Richards JG, Higginson J. Two simple methods for determining gait events during treadmill and overground walking using kinematic data. *Gait & posture*. 2008 May 1;27(4):710-4 .
 - 16 .Jalalvand A, Anbarian M, Ahanjan S. Comparison of spatial-temporal-distance gait parameters in male patients with different degrees of knee osteoarthritis. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*. 2016 Aug 10;21(3):113-24.
 17. Bovonsunthonchai S, Vachalathiti R, Pisarnpong A, Khobhun F, Hiengkaew V. Spatiotemporal gait parameters for patients with Parkinson's disease compared with normal individuals. *Physiotherapy research international*. 2014 Sep;19(3):158-65.