

Research Paper



## Comparing Spatiotemporal Gait Parameters and Static Balance in the First and Third Trimesters of Pregnancy Among Women With Different Severities of Low Back Pain

Arefeh Moeini<sup>1</sup>, \*Elham Shirzad Araghi<sup>1</sup>, Seyed Hamed Mousavi<sup>1</sup>, Suzan Peyrovan<sup>2</sup>

1. Department of Sport Injuries and Biomechanics, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Department of Obstetrics and Gynecology, Member, Iranian Infertility Association, Tehran, Iran.



**Citation** Moeini A, Shirzad Araghi E, Mousavi SH, Peyrovan S. [Comparing Spatiotemporal Gait Parameters and Static Balance in the First and Third Trimesters of Pregnancy Among Women With Different Severities of Low Back Pain (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2026; 15(2):302-315. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.2.3449>

**doi** <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.2.3449>

### ABSTRACT

**Background and Aims** Pregnancy induces significant structural, postural, and biomechanical adaptations that can affect gait and balance. Pregnancy-related low back pain (LBP), one of the most common musculoskeletal complaints during gestation, may intensify these changes, leading to compensatory movement strategies and impaired postural stability. This study aimed to compare changes in spatiotemporal gait parameters and static balance between early first trimester and late third trimester among pregnant women with varying LBP severity.

**Methods** In this prospective study, participants were assessed in the third and ninth months of pregnancy. LBP severity was measured in the ninth month using the visual analogue scale (VAS), categorizing participants into mild and moderate-to-severe LBP groups. Static balance was evaluated using a Wii balance board, with center of pressure (COP) path length as the main outcome. Gait was recorded in the sagittal plane at 100 Hz. Participants performed 6 walking trials; the first three were excluded to ensure habitual gait. Three consecutive right steps from trials 4 to 6 were analyzed. Videos were calibrated and analyzed using Kinovea software (version 0.9.5), with virtual markers on the heel, lateral malleolus, and fifth metatarsal head. Changes in variables were calculated as differences between third- and ninth-month measurements and analyzed using independent t tests or the Mann-Whitney U tests.

**Results** Stride time changes differed significantly between groups ( $P < 0.01$ ). Women with moderate-to-severe LBP showed greater reductions in stride length and step length and greater increases in step time compared to the mild LBP group ( $P < 0.05$ ), indicating adoption of a more cautious gait strategy. COP path length also increased significantly more in the moderate-to-severe group ( $P < 0.05$ ), reflecting reduced postural stability.

**Conclusion** Higher LBP severity in late pregnancy is associated with unfavorable gait adaptations and increased postural sway. These findings highlight the importance of monitoring motor function and implementing targeted rehabilitation strategies to maintain mobility and balance during pregnancy.

**Keywords** Spatiotemporal gait variables, Static balance, Low back pain, Pregnancy

Received: 19 Feb 2026

Accepted: 15 Apr 2026

Available Online: 22 May 2026

\* Corresponding Author:

Elham Shirzad Araghi, Associate Professor.

Address: Department of Sport Injuries and Biomechanics, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 3723273

E-Mail: [eshirzad@ut.ac.ir](mailto:eshirzad@ut.ac.ir)



Copyright © 2026 The Author(s);  
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC 4.0: <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

Pregnancy is a critical and complex period in a woman's life, accompanied by extensive physiological, hormonal, and biomechanical changes. These adaptations occur to support maternal and fetal health and can affect multiple body systems. In particular, weight gain, altered body mass distribution, and anterior displacement of the center of mass increase demands on the musculoskeletal and neuromuscular systems to maintain postural control and stability [1]. Structural adaptations, including increased lumbar lordosis and spinal realignment, although necessary, may increase mechanical load on joints, muscles, and ligaments [2]. Concurrently, biomechanical changes, particularly in gait, serve as strategies to maintain stability and reduce fall risk. These changes include reductions in walking speed and step length, increases in step width and double-support duration, and temporal-spatial gait alterations, which become more pronounced as pregnancy progresses [3, 5].

Static balance and postural control are also significantly affected during pregnancy. Studies have demonstrated that center of pressure (COP) displacement and postural sway in standing increase with gestational age [7], largely due to changes in the center of mass and increased body weight, which challenge neuromuscular control [7, 8]. Pregnancy-related low back pain (LBP) is among the most prevalent musculoskeletal disorders, affecting 50%–70% of women, with severity increasing as pregnancy advances [2]. LBP can directly impact gait and balance; women with higher pain severity tend to walk more slowly, take shorter steps, have longer double-support phases, and exhibit impaired static postural control [5, 8]. Despite numerous studies on gait, balance, and LBP prevalence, comprehensive data comparing the effects of different LBP severities on spatiotemporal gait parameters and static balance across trimesters remain limited [2]. Understanding these effects can inform preventive and rehabilitative interventions aimed at reducing fall risk. This study aimed to compare changes in spatiotemporal gait parameters and static balance from the first to the third trimester in pregnant women with varying LBP severity.

## Methods

This descriptive-comparative study was prospective and applied in purpose, approved by the Ethics Committee of the Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran. The minimum sample size was estimated using G\*Power software, version 3.1.9.7 (effect size= 0.5,  $\alpha$ =

0.05, power=0.95), resulting in 50 participants. Pregnant women aged 25–35 years with a normal body mass index BMI (18.5–24.5 kg/m<sup>2</sup>) at the third month of gestation were recruited. The exclusion criteria included a history of lumbar trauma or surgery, chronic LBP before pregnancy, systemic diseases, orthopedic conditions, preterm labor, multiple pregnancy, or occupations affecting spinal health. Among 500 women attending health centers in Borkhar County, Isfahan Province, Iran, 53 met the inclusion criteria and provided written informed consent. Measurements were conducted at two time points: early first trimester (third month) and late third trimester (ninth month). During the second assessment, 35 participants remained due to dropouts (8 due to miscarriage, 7 due to absolute rest prescribed by a doctor, and 3 withdrew from the study). Height and weight were measured using a tape measure and a digital scale (SECA, Germany).

Gait assessment, including spatiotemporal gait parameters (stride length, right and left step length, stride time, right and left step time) were measured along a 4-m walkway. A sagittal-plane camera (Xiaomi Redmi Note 12 Pro) mounted on a tripod (250 cm from the wall, 85.5 cm from the floor) recorded at 100 Hz. Participants completed 6 back-and-forth walking trials; the first 3 stabilized natural gait, and data from trials 4 to 6 (three right steps: trials 4–6) were analyzed. Videos were analyzed using Kinovea software (v0.9.5-x64) with virtual markers on the heel, lateral malleolus, and head of the fifth metatarsal. Linear calibration using a 1-m reference line converted video measurements to real-world distances. Analyses were restricted to the sagittal plane, and rest periods were provided to prevent fatigue.

Static balance assessment: Participants stood barefoot on a Wii balance board (WBB) for 20 s with eyes open. Center of pressure (COP) displacement was recorded at 100 Hz and COP path length calculated as (Equation 1)

1.

$$\text{COP Path Length} = \sum_{i=1}^n \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Higher COP path length indicated greater postural sway and reduced static balance.

Low back pain assessment: LBP severity was assessed at the ninth month using a 10-cm visual analogue scale (VAS), where 0= no pain and 10= worst imaginable pain. Scores of 1–3 indicated mild pain, 4–7 moderate pain, and 8–10 severe pain. Participants were then categorized into two groups: mild LBP and moderate-to-severe LBP. All participants had no prior history of LBP.

## Results

All statistical analyses were conducted using SPSS version 27, with significance set at  $P < 0.05$ . Parametric independent samples t test and non-parametric Mann-Whitney U test were used for group comparisons. Significant differences were observed in all spatiotemporal gait parameters between mild and moderate-to-severe LBP groups: stride length ( $P=0.001$ ), right step length ( $P=0.001$ ), left step length ( $P=0.001$ ), stride time ( $P=0.009$ ), right step time ( $P=0.018$ ), and left step time ( $P=0.008$ ). These results indicate that gait patterns differed significantly between groups throughout pregnancy. Regarding static balance, COP path length was significantly higher in the moderate-to-severe LBP group ( $P=0.044$ ), indicating greater postural sway and reduced static balance. In summary, higher LBP severity was associated with a more conservative gait pattern and increased postural instability.

## Conclusion

Progression of pregnancy accompanied by higher severity of low back pain is associated with unfavorable changes in spatiotemporal gait parameters and reduced static balance efficiency. These findings reflect compensatory motor strategies in late pregnancy and underscore the importance of monitoring motor performance and implementing targeted rehabilitation interventions for pregnant women experiencing low back pain.

## Ethical Considerations

### Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Research Ethics Committee of Ethics Committee of [University of Tehran](#) (Cod: IR.UT.SPORT.REC.1402.015).

### Funding

This article was extracted from PhD thesis of Arefeh Moeini Korbekandi, Department of Sport Injuries and Biomechanics, Faculty of Sport Sciences and Health, [University of Tehran](#), Tehran, Iran. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

### Authors' contributions

Conceptualization, investigation, data collection, formal analysis, writing – original draft preparation, and resources: Arefeh Moeini; Study design, supervision of the research process, supervision of data analysis, and

writing – review and editing: Elham Shirzad Araghi; Methodology, supervision of data analysis, and writing – review and editing: eyed Hamed Mousavi; English language editing and supervision of testing procedures involving pregnant women: Susan Peyrovan; Reviewed and approved the final version of the manuscript: All authors.

### Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

### Acknowledgments

The authors would like to thanks the students who voluntarily participated in this study for their cooperation and time.



مقاله پژوهشی

مقایسه تغییرات متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن و تعادل ایستا در ۳ ماهه اول و سوم بارداری بین زنان باردار با شدت‌های مختلف کمردرد

عارفه معینی<sup>۱</sup>، الهام شیرزاد عراقی<sup>۱</sup>، سید حامد موسوی<sup>۱</sup>، سوزان پیروان<sup>۲</sup>

۱. گروه آسیب شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.  
۲. گروه زنان و زایمان، عضو انجمن ناباروری ایران، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online



**Citation** Moeini A, Shirzad Araghi E, Mousavi SH, Peyrovan S. [Comparing Spatiotemporal Gait Parameters and Static Balance in the First and Third Trimesters of Pregnancy Among Women With Different Severities of Low Back Pain (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2026; 15(2):302-315. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.2.3449>

**doi** <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.2.3449>

چکیده

**مقدمه و اهداف:** بارداری با تغییرات ساختاری، پاسچرال و بیومکانیکی قابل توجهی همراه است که می‌تواند الگوی راه رفتن و کنترل تعادل را تحت تأثیر قرار دهد. کمردرد بارداری به‌عنوان یکی از شایع‌ترین اختلالات اسکلتی عضلانی این دوران، ممکن است این تغییرات را تشدید کرده و منجر به اتخاذ راهبردهای حرکتی جبرانی و افزایش ناپایداری شود. هدف پژوهش حاضر، مقایسه تغییرات متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن و تعادل ایستا در زنان باردار با شدت‌های مختلف کمردرد، بین اوایل ۳ ماهه اول و اواخر ۳ ماهه سوم بارداری بود.

**مواد و روش‌ها:** این پژوهش به‌صورت آینده‌نگر انجام شد. اندازه‌گیری‌ها در ۲ مرحله شامل ماه سوم و ماه نهم بارداری صورت گرفت. شدت کمردرد بارداری صرفاً در ماه نهم با استفاده از مقیاس دیداری درد ارزیابی شد و آزمودنی‌ها براساس آن به ۲ گروه کمردرد خفیف و کمردرد متوسط تا شدید تقسیم شدند. تعادل ایستا با استفاده از صفحه تعادل وی (Wii Balance Board) و شاخص طول جابه‌جایی مرکز فشار اندازه‌گیری شد. ثبت راه رفتن در صفحه حرکتی ساجیتال و با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰ هرتز انجام شد. هر آزمودنی ۶ دور عمل رفت‌وبرگشت را انجام داد. ۳ دور ابتدایی به‌منظور دستیابی به الگوی طبیعی راه رفتن حذف و تحلیل از دور چهارم آغاز شد. ۳ گام راست متوالی از دورهای چهارم، پنجم و ششم برای تحلیل انتخاب شد. پس از کالیبراسیون خطی، ویدئوها در نرم‌افزار کینووا (نسخه ۰/۹/۱۵) تحلیل و نشانگرهای مجازی روی پاشنه، قوزک خارجی و سر متاتارس پنجم قرار گرفت. تغییرات متغیرها به‌صورت اختلاف مقادیر ماه سوم و نهم محاسبه و با آزمون تی مستقل و من‌ویتنی یو تحلیل شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد تغییر زمان گام برداشتن بین گروه‌ها معنی‌دار است ( $P < 0/01$ ). در مقایسه بین گروه‌ها، کاهش طول گام و طول قدم راست و چپ و همچنین افزایش زمان قدم‌ها در زنان با کمردرد متوسط تا شدید به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه کمردرد خفیف بود ( $P < 0/05$ ) که بیانگر اتخاذ الگوی راه رفتن محافظه‌کارانه‌تر با افزایش شدت کمردرد بارداری است؛ علاوه‌براین در شاخص‌های تعادل ایستا، طول جابه‌جایی مرکز فشار در گروه کمردرد متوسط تا شدید افزایش معنی‌داری نسبت به گروه خفیف نشان داد ( $P < 0/05$ ).

**نتیجه‌گیری:** شدت بالاتر کمردرد در ماه نهم بارداری ممکن است با تغییرات نامطلوب‌تر در الگوی راه رفتن و افزایش نوسانات تعادل ایستا همراه باشد. این یافته‌ها نشان می‌دهد پایش عملکرد حرکتی و طراحی مداخلات توان‌بخشی هدفمند در دوران بارداری می‌تواند مفید باشد.

**کلیدواژه‌ها:** پارامترهای فضای زمانی راه رفتن، تعادل ایستا، کمردرد، بارداری

تاریخ دریافت: ۳۰ بهمن ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۲۶ فروردین ۱۴۰۵

تاریخ انتشار: ۰۱ خرداد ۱۴۰۵

\* نویسنده مسئول:

دکتر الهام شیرزاد عراقی

نشانی: تهران، دانشگاه تهران، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، گروه آسیب شناسی و بیومکانیک ورزشی.

تلفن: ۳۷۲۳۲۷۳ (۹۱۲) ۹۸+

رایانامه: [eshirzad@ut.ac.ir](mailto:eshirzad@ut.ac.ir)



Copyright © 2026 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC 4.0: <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

علاوه بر تغییرات فضایی‌زمانی راه رفتن، تعادل در دوران بارداری نیز به‌طور چشمگیری تحت تأثیر تغییرات فیزیولوژیکی و بیومکانیکی قرار می‌گیرد. مطالعات متعددی نشان داده‌اند تعادل ایستای بدن در زنان باردار نسبت به غیرباردار کاهش می‌یابد و با پیشرفت سن بارداری این کاهش تعادل بیشتر می‌شود؛ برای مثال در قیاس بین ۳ ماهه اول و سوم، افزایش جابه‌جایی مرکز فشار و افزایش نوسانات بدن در وضعیت ایستاده نشان‌دهنده دشواری بیشتر در حفظ تعادل ایستا است [۶]. این تغییرات در کنترل تعادل ایستا تا حد زیادی به جابه‌جایی مرکز جرم، افزایش وزن بدن و تغییرات آناتومیکی نسبت داده می‌شود که توانایی سیستم عصبی‌عضلانی را در حفظ کنترل پاسچر تحت تأثیر قرار می‌دهند و ممکن است باعث افزایش اتکا به ورودی‌های بینایی برای جبران ناپایداری شوند [۶]. علاوه بر تعادل ایستا، مطالعات اخیر نیز نشان داده‌اند تعادل پویا و کنترل در حرکت در طول بارداری تغییر می‌کند [۷]. این یافته‌ها نشان می‌دهند تعادل و کنترل پاسچر در دوران بارداری به‌صورت پیچیده‌ای با تغییرات راه رفتن و وزن بدن ارتباط دارد و بررسی آن‌ها در کنار تغییرات پارامترهای راه رفتن می‌تواند درک جامعی از عملکرد حرکتی زنان باردار ارائه داده و اهمیت ارزیابی هم‌زمان این متغیرها را در پژوهش‌های بالینی و پیشگیری از عوارض افزایش دهد.

باتوجه به تغییرات بیومکانیکی و تعادلی که در طول بارداری رخ می‌دهد، کمردرد یکی از شایع‌ترین مشکلات اسکلتی‌عضلانی در زنان باردار محسوب می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند بیش از ۵۰ تا ۷۰ درصد زنان در طول بارداری درجاتی از کمردرد را تجربه می‌کنند و شدت آن با پیشرفت سن بارداری افزایش می‌یابد [۲]. این درد می‌تواند به‌طور مستقیم بر الگوهای راه رفتن و تعادل ایستا و پویا تأثیرگذار باشد؛ برای مثال زنان باردار با شدت‌های بالاتر کمردرد، تمایل دارند سرعت راه رفتن کاهش یابد، طول گام کوتاه‌تر و مدت حمایت دوگانه طولانی‌تر شود که این تغییرات به‌عنوان راهکاری برای کاهش فشار بر ستون فقرات و حفظ تعادل تفسیر می‌شوند [۸]. همچنین کمردرد می‌تواند تعادل ایستا و کنترل پاسچر را مختل کند؛ مطالعات نشان داده‌اند زنان باردار با درد کمری شدید نسبت به هم‌تایان بدون درد، جابه‌جایی مرکز فشار بیشتر و نوسانات تعادلی بیشتری در وضعیت ایستاده دارند و در انجام فعالیت‌های روزمره دچار محدودیت‌های حرکتی بیشتری می‌شوند [۷]. این ارتباط بین شدت کمردرد، تغییرات راه رفتن و تعادل ایستا، اهمیت ارزیابی هم‌زمان این متغیرها را نشان می‌دهد و می‌تواند به توسعه روش‌های پیشگیری و مداخلات فیزیوتراپی برای کاهش درد و حفظ عملکرد حرکتی در زنان باردار کمک کند؛ بنابراین بررسی تغییرات پارامترهای راه رفتن و تعادل در زنان باردار با شدت‌های متفاوت کمردرد در ۳ ماهه اول و سوم، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره سازگاری‌های بیومکانیکی و خطرات عملکردی ناشی از درد ارائه دهد و نقش مهمی در بهبود کیفیت زندگی و پیشگیری از سقوط و آسیب‌های

بارداری یکی از دوره‌های مهم و پیچیده زندگی زنان است که با تغییرات گسترده فیزیولوژیکی، هورمونی و بیومکانیکی همراه است. این تغییرات در راستای تطابق بدن مادر با رشد جنین و حفظ سلامت او و جنین رخ می‌دهند و می‌توانند بر عملکرد سیستم‌های مختلف بدن تأثیرگذار باشند؛ به‌ویژه افزایش وزن بدن، تغییرات در توزیع توده بدن و جابه‌جایی مرکز جرم نسبت به دوران پیش از بارداری، نیاز به سازگاری عضلانی‌استخوانی و عصبی‌عضلانی برای حفظ کنترل پاسچر و پایداری را افزایش می‌دهد [۱]. در پاسخ به این تغییرات، سیستم اسکلتی‌عضلانی مادر با افزایش انحنای کمری (لوردوز) و تغییر در راستای ستون فقرات، سعی می‌کند مرکز جرم رو به جلو را جبران کند. این سازگاری‌ها هرچند ضروری‌اند، اما می‌توانند بار مکانیکی روی مفاصل، عضلات و رباط‌ها را افزایش دهند [۲]. هم‌زمان، تغییر در بیومکانیک راه رفتن و الگوهای راه رفتن نیز به‌عنوان سازوکاری برای حفظ ثبات و کاهش خطر سقوط مشاهده شده است [۳]. علاوه بر این، این تغییرات بیومکانیکی در کنار افزایش شل‌شدگی لیگامان‌ها و تغییرات هورمونی ممکن است کنترل ایستا و پویا تعادل را تحت تأثیر قرار دهد که در برخی مطالعات با افزایش جابه‌جایی مرکز فشار و کاهش پایداری در حالت ایستاده همراه بوده است [۱]. در نتیجه تغییری در سیستم اسکلتی‌عضلانی و تحریک آن ایجاد می‌شود که منجر به سازگاری‌های عصبی‌عضلانی می‌شود که می‌تواند راه رفتن و حرکات را در زنان باردار تغییر دهد [۴].

با پیشرفت بارداری، تغییرات بیومکانیکی بدن مادر نه تنها بر ساختار ایستاده و تعادل تأثیر می‌گذارد، بلکه الگوهای راه رفتن را نیز به‌طور قابل توجهی تغییر می‌دهد. مطالعات متعدد نشان داده‌اند پارامترهای زمانی فضایی راه رفتن در دوران بارداری نسبت به وضعیت پیش از بارداری یا پس از زایمان تغییر می‌کنند؛ به‌طوری‌که سرعت راه رفتن، طول گام و فرکانس قدم برداشتن در زنان باردار کاهش می‌یابد و در مقابل عرض گام، زمان چرخه و مدت حمایت دوگانه افزایش می‌یابد که این سازگاری‌ها به‌منظور حفظ پایداری و کاهش احتمال سقوط در مواجهه با تغییرات مرکز جرم و وزن بدن هستند [۲]. گزارش‌ها حاکی از آن است که این تغییرات روندی مرحله‌ای داشته و با افزایش هفته‌های بارداری شدت می‌گیرند [۲]. این تغییرات پارامترهای فضایی‌زمانی راه رفتن نه تنها نشان‌دهنده تطبیق بیومکانیکی بدن با شرایط بدنی جدید است، بلکه منعکس‌کننده سازوکارهایی برای حفظ تعادل در طول گام‌برداری و کاهش فشار روی مفاصل تحتانی نیز هست. در نتیجه، بررسی دقیق این پارامترها در دوران بارداری و ارتباط آن‌ها با عوامل مؤثری مانند شدت کمردرد، تعادل ایستا و مرحله بارداری می‌تواند به درک بهتر ریسک‌های حرکتی در این دوره حساس کمک کند [۵].

حرکتی ایفا کند.

با وجود تحقیقات متعدد درباره تغییرات راه رفتن، تعادل و شیوع کمردرد در دوران بارداری، اطلاعات مقایسه‌ای درباره اثر شدت‌های متفاوت کمردرد بر پارامترهای فضایی زمانی راه رفتن و تعادل ایستا در مراحل مختلف بارداری محدود است. بیشتر تحقیقات یا تنها به راه رفتن پرداخته‌اند یا تنها به تعادل ایستا و مطالعات کمی وجود دارد که رابطه شدت کمردرد با تغییرات راه رفتن و تعادل را هم‌زمان در ۳ ماهه اول و سوم بارداری بررسی کرده باشند [۲]. هدف این مطالعه، مقایسه تغییرات پارامترهای فضایی زمانی راه رفتن و تعادل ایستا در زنان باردار با شدت‌های مختلف کمردرد در ۳ ماهه اول و سوم بارداری است تا شکاف موجود در دانش بالینی و بیومکانیکی این حوزه پر شود. نتایج این تحقیق می‌تواند زمینه‌ساز ارائه راهکارهای بالینی و فیزیوتراپی تخصصی برای کاهش عوارض حرکتی و افزایش کیفیت زندگی زنان باردار شود.

### مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر یک مطالعه طولی مشاهده‌ای بود که بر روی ۵۳ زن باردار انجام شد. این پژوهش قبل از آغاز توسط کمیته تخصصی اخلاق در دانشکده علوم ورزشی و تندرستی دانشگاه تهران مورد تأیید قرار گرفته است.

حداقل تعداد نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور نسخه ۷/۹/۱/۳ (با اندازه اثر ۰/۵، سطح اطمینان ۹۵ درصد، خطای ۰/۰۵ و توان آزمون ۹۵ درصد) ۵۰ نفر برآورد شد.

### معیارهای ورود

زنان باردار ۲۵ تا ۳۵ سال که در ماه سوم بارداری خود هستند و دارای شاخص توده بدنی نرمال ۱۸/۵ تا ۲۴/۵ هستند. معیارهای عدم ورود به تحقیق: سابقه تصادف و عمل جراحی در ناحیه کمری، وجود کمردرد مزمن در دوران قبل بارداری، وجود بیماری زمینهای (فشار خون، دیابت، صرع، بیماری قلبی، بیماری ریوی و بیماری کلیوی)، سابقه بیماری‌های ارتوپدی،

سابقه زایمان زودرس، باردار بودن دوقلو و دارا بودن مشاغلی که به سلامتی زن باردار آسیب می‌زند (مثلاً باعث کمردرد شود).

براساس این معیارها ۵۳ خانم باردار از میان مراجعه‌کنندگان به مراکز بهداشت و درمان شهرستان برخوار استان اصفهان (۵۰۰ نفر) انتخاب شدند. پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه، اطلاعات زمینه‌ای آن‌ها شامل قد، وزن، سن و شاخص توده بدنی یادداشت شد. در مرحله اول اندازه‌گیری (اواخر ۳ ماهه اول بارداری)، ۵۳ زن باردار مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند، اما در مرحله دوم اندازه‌گیری (اواخر ۳ ماهه سوم بارداری) این تعداد به ۳۵ نفر ریزش داشت (۸ نفر به دلیل سقط جنین، ۷ نفر به تجویز پزشک ملزم به استراحت مطلق شدند و ۳ نفر از شرکت در ادامه تحقیق منصرف شدند) (جدول شماره ۱).

زنان باردار با تأیید و امضای فرم رضایت‌نامه، وارد این پژوهش شده و با حضور در مکان موردنظر تحقیق (مراکز بهداشت و درمان) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. آزمودنی‌های منتخب می‌بایست بعد از کامل کردن فرم اطلاعات شخصی خویش در ۲ مرحله اندازه‌گیری می‌شدند: ۱. اوایل ۳ ماه اول بارداری (ماه سوم بارداری) ۲. اواخر ۳ ماه سوم بارداری (ماه نهم بارداری). به‌منظور اطمینان از سلامت بانوان باردار در طی اندازه‌گیری، یک متخصص زنان و نازایی به تمامی روند تحقیق، آگاهی و نظارت کامل داشتند. سنجش قد و وزن زنان باردار با استفاده از متر نواری و ترازوی دیجیتال (با مارک سکا محصول کشور آلمان) انجام شد. در ادامه نیز به‌منظور اندازه‌گیری متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن (طول گام، طول قدم راست، طول قدم چپ، زمان گام، زمان قدم راست، زمان قدم چپ)، آزمودنی در مسیر تعیین‌شده (حدود ۴ متر) در مرکز سلامت مربوطه اقدام به راه رفتن کرد (۶ دور رفت‌وبرگشت؛ زیرا هدف از ۳ دور اول دستیابی به طبیعی‌ترین نسخه راه رفتن فرد بود و فیلم‌برداری از دور ۴ به بعد شروع می‌شد که ۳ گام مدنظر محقق بود: گام راست دور چهارم، گام راست دور پنجم و گام راست دور ششم) (تصویر شماره ۱).

جدول ۱. آمار توصیفی ویژگی‌های آنترپومتریک آزمودنی‌های تحقیق

گروه	تعداد	میانگین ± انحراف معیار		
		وزن (۳ ماهه اول بارداری) (کیلوگرم)	قد (متر)	شاخص توده بدنی
دارای کمردرد خفیف	۲۰	۵۸/۴۶ ± ۲/۶۶	۱/۵۷ ± ۰/۰۶	۲۳/۷۱ ± ۱/۸۷
دارای کمردرد متوسط به شدید	۱۵	۵۹/۶۸ ± ۲/۴۳	۱/۶۱ ± ۰/۰۵	۲۲/۹۰ ± ۱/۸۹
سطح معناداری		۰/۴۰	۰/۰۴	۰/۲۱



تصویر ۱. راه رفتن آزمودنی

## طب توانبخشی

در این تحقیق برای بررسی فاکتور تعادل ایستا، آزمودنی می‌بایست با پای برهنه، به مدت ۲۰ ثانیه به صورت جفت پا و با چشمان باز روی دستگاه تعادل سنج WBB (فرکانس ۱۰۰ هرتز) [۱۱] قرار می‌گرفت و خروجی دستگاه تغییرات مرکز فشار بود. در ادامه برای محاسبه طول مسیر مرکز فشار در نرم‌افزار اکسل از فرمول شماره ۱ استفاده شد [۱۲]:

$$1. \text{COP Path Length} = \sum_{i=1}^n \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

عدد حاصل از این فرمول هرچه قدر بزرگ‌تر بود، یعنی جابه‌جایی مرکز فشار بیشتر و تعادل ایستا فرد کمتر بود و بالعکس هرچه قدر عدد حاصل از این فرمول کوچک‌تر بود، یعنی جابه‌جایی مرکز فشار کمتر و تعادل ایستا فرد بیشتر بود (تصویر شماره ۲).

در ادامه به منظور اندازه‌گیری کمردرد، از مقیاس دیداری درد<sup>۱</sup> (VAS) استفاده شد. در این مقیاس افراد با نشان دادن یک خط‌کش ۱۰ سانتی‌متری افقی یا عمودی (نمره صفر نشانه عدم وجود درد و نمره ۱۰ بیشترین دردی که بیمار می‌تواند متصور شود) به کمردرد واکنش می‌دهند. سپس از آزمودنی‌ها خواسته شد درد خود را با گذاشتن علامتی روی این خط نشان دهند. کسب نمره ۱ تا ۳

## 1. Visual Analog Scale (VAS)



## طب توانبخشی

تصویر ۲. دستگاه تعادل WBB

از راه رفتن آزمودنی توسط یک دوربین فیلم‌برداری (Xiaomi redmi note 12 pro) ثابت‌شده توسط پایه (فاصله مرکز لنز دوربین تا دیوار در ۸ مرکز بهداشت = ۲۵۰ سانتی‌متر، فاصله مرکز لنز دوربین تا زمین = ۸۵/۵ سانتی‌متر) در صفحه حرکتی ساجیتال با فرکانس داده‌برداری ۱۰۰ هرتز فیلم‌برداری می‌شد. سپس فیلم‌های راه رفتن آزمودنی‌ها به منظور آنالیز و محاسبات وارد نرم‌افزار کینووا (نسخه ۰/۹/۵) [۹، ۱۰] شد.

نشانگرهای مجازی روی پاشنه (پشت پاشنه پا)، قوزک خارجی و انگشت پا (سر متاتارس پنجم) در اندام تحتانی، مورد بررسی قرار گرفتند. قبل از تجزیه و تحلیل، یک کالیبراسیون خطی با استفاده از یک خط مرجع ۱ متری که روی زمین قرار داده شد و در صفحه حرکت ویدئویی قابل مشاهده بود، انجام شد. این خط مرجع به نرم‌افزار کینووا اجازه می‌داد تا اندازه‌گیری‌های نشانگرهای ویدئو را به فواصل واقعی براساس متر تبدیل کند و دقت محاسبات فضایی را تضمین کند. برای اطمینان از قابلیت اعتماد اندازه‌گیری‌ها، همان ضریب کالیبراسیون در تمامی اندازه‌گیری‌ها به‌طور مداوم اعمال شد. تمامی تحلیل‌ها به صفحه ساجیتال محدود شدند و توسط یک محقق آموزش‌دیده انجام شد تا تکرارپذیری داده‌ها حفظ شود.

ویلیک<sup>۲</sup> بررسی شدند. در صورتی که داده‌ها نرمال بودند، از آزمون پارامتریک تی مستقل<sup>۳</sup> و در صورت عدم نرمال بودن، از معادل ناپارامتریک آن، یعنی یو من‌ویتنی<sup>۴</sup> استفاده شد. به منظور گزارش دقت اندازه‌گیری متغیرها، خطای استاندارد اندازه‌گیری<sup>۵</sup> (SEM) با استفاده از انحراف معیار و ضریب پایایی<sup>۶</sup> (ICC) محاسبه شد.

همانگونه که در **جدول‌های شماره ۲، ۳ و ۴** مشاهده می‌شود، سطح معناداری تمامی پارامترهای فضایی زمانی راه رفتن، طول گام برداشتن ( $P=0/001$ )، طول قدم راست ( $P=0/001$ )، طول قدم

نشان‌دهنده درد خفیف، ۴ تا ۷ درد متوسط و ۸ تا ۱۰ درد شدید است. سپس باتوجه به نتایج این مقیاس، آزمودنی‌ها به ۲ گروه دارای کم‌درد خفیف و کم‌درد متوسط به شدید در ماه نهم بارداری تقسیم شدند. بانوان بارداری که وارد پژوهش شدند در ابتدا نباید سابقه کم‌درد می‌داشتند و کم‌درد حاصل از بارداری در ماه نهم بارداری اندازه‌گیری شد (**تصویر شماره ۳**).

### یافته‌ها

برای محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات خام از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ استفاده شد. همچنین سطح معناداری در تمام روش‌های آماری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است. برای بررسی آماری این فرضیه، ابتدا داده‌ها از نظر نرمال بودن با آزمون شاپیرو

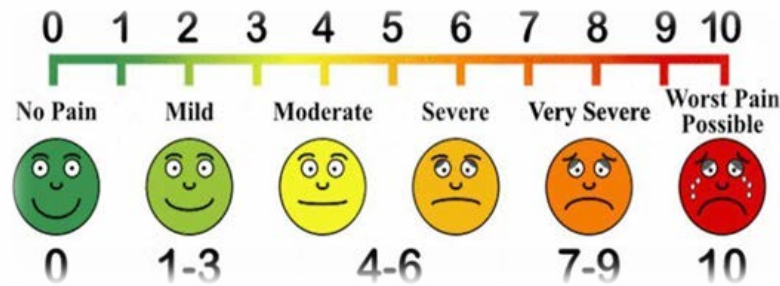
2. Shapiro-Wilk
3. Independent-Samples T Test
4. Mann-Whitney U Test
5. Standard Error of Measurement (SEM)
6. Intraclass Correlation Coefficient

جدول ۲. آمار توصیفی متغیرهای پیش‌بین پژوهش

خطای استاندارد اندازه‌گیری	میانگین $\pm$ انحراف معیار		مرحله اندازه‌گیری	متغیر
	گروه دارای کم‌درد متوسط تا شدید	گروه دارای کم‌درد خفیف		
۳/۱۸	۱۰۶/۳۴ $\pm$ ۲/۵۳	۱۱۸/۹۸ $\pm$ ۳/۰۲	اواخر ۳ ماه اول بارداری (ماه سوم بارداری)	طول گام (سانتی‌متر)
۳/۱۸	۸۵/۲۲ $\pm$ ۴/۲۵	۱۰۷/۰۴ $\pm$ ۴/۶۸	اواخر ۳ ماه سوم بارداری (ماه نهم بارداری)	
۰/۰۸	۳/۰۴ $\pm$ ۰/۰۷	۳/۳۹ $\pm$ ۰/۰۸	اواخر ۳ ماه اول بارداری (ماه سوم بارداری)	طول گام نرمال شده
۰/۰۸	۲/۴۲ $\pm$ ۰/۱۲	۳/۰۵ $\pm$ ۰/۱۳	اواخر ۳ ماه سوم بارداری (ماه نهم بارداری)	
۱/۶۷	۵۴/۰۵ $\pm$ ۱/۳۲	۶۰/۲۰ $\pm$ ۱/۵۰	اواخر ۳ ماه اول بارداری (ماه سوم بارداری)	طول قدم راست (سانتی‌متر)
۱/۶۷	۴۳/۴۳ $\pm$ ۲/۲۵	۵۴/۵۵ $\pm$ ۲/۲۱	اواخر ۳ ماه سوم بارداری (ماه نهم بارداری)	
۱/۵۹	۵۲/۶۹ $\pm$ ۱/۳۷	۵۸/۷۸ $\pm$ ۱/۵۷	اواخر ۳ ماه اول بارداری (ماه سوم بارداری)	طول قدم چپ (سانتی‌متر)
۱/۵۹	۴۱/۷۹ $\pm$ ۲/۰۴	۵۲/۳۹ $\pm$ ۲/۶۸	اواخر ۳ ماه سوم بارداری (ماه نهم بارداری)	
۰/۰۳	۱/۲۰ $\pm$ ۰/۰۳	۱/۱۱ $\pm$ ۰/۰۲	اواخر ۳ ماه اول بارداری (ماه سوم بارداری)	زمان گام (ثانیه)
۰/۰۳	۱/۵۱ $\pm$ ۰/۰۷	۱/۳۵ $\pm$ ۰/۰۴	اواخر ۳ ماه سوم بارداری (ماه نهم بارداری)	
۰/۰۱	۰/۶۰ $\pm$ ۰/۰۱	۰/۵۶ $\pm$ ۰/۰۱	اواخر ۳ ماه اول بارداری (ماه سوم بارداری)	زمان قدم راست (ثانیه)
۰/۰۱	۰/۷۶ $\pm$ ۰/۰۳	۰/۶۸ $\pm$ ۰/۰۲	اواخر ۳ ماه سوم بارداری (ماه نهم بارداری)	
۰/۰۱	۰/۵۹ $\pm$ ۰/۰۱	۰/۵۵ $\pm$ ۰/۰۱	اواخر ۳ ماه اول بارداری (ماه سوم بارداری)	زمان قدم چپ (ثانیه)
۰/۰۱	۰/۷۴ $\pm$ ۰/۰۳	۰/۶۷ $\pm$ ۰/۰۲	اواخر ۳ ماه سوم بارداری (ماه نهم بارداری)	
۶/۲۹	۶۱/۲۹ $\pm$ ۱۴/۶۶	۴۳/۲۵ $\pm$ ۴/۲۶	اواخر ۳ ماه اول بارداری (ماه سوم بارداری)	طول جابه‌جایی مرکز فشار (سانتی‌متر)
۶/۲۹	۷۸/۷۶ $\pm$ ۱۳/۵۰	۵۲/۲۶ $\pm$ ۵/۳۰	اواخر ۳ ماه سوم بارداری (ماه نهم بارداری)	

### طب توانبخش

SEM: خطای استاندارد اندازه‌گیری. SEM برای هر متغیر به صورت یک مقدار واحد گزارش شد؛ زیرا نشان‌دهنده دقت روش اندازه‌گیری بوده و مستقل از مرحله انجام اندازه‌گیری است.



تصویر ۳. مقیاس درد دیداری (VAS)

طب توانبخشی

بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد شدت کمردرد در دوران بارداری نقش تعیین‌کننده‌ای در تغییر پارامترهای فضایی زمانی راه رفتن و تعادل ایستای زنان باردار دارد؛ بنابراین زنان باردار دارای کمردرد متوسط تا شدید نسبت به گروه دارای کمردرد خفیف در طول دوران بارداری تغییرات نا مطلوب‌تری را در پارامترهای فضایی زمانی راه رفتن و حفظ تعادل تجربه کردند. به‌طور کلی، تفاوت‌های معنادار مشاهده‌شده بین ۲ گروه زنان باردار دارای کمردرد خفیف و زنان باردار دارای کمردرد متوسط تا شدید بیانگر آن است که کمردرد صرفاً یک علامت ثانویه بارداری نبوده، بلکه می‌تواند به‌طور مستقیم عملکرد حرکتی و تعادل را تحت تأثیر قرار دهد.

چپ ( $P=0/001$ )، زمان گام برداشتن ( $P=0/009$ )، زمان قدم راست ( $P=0/018$ ) و زمان قدم چپ ( $P=0/008$ ) در آزمون پارامتریک تی مستقل و آزمون ناپارامتریک یو من‌ویتنی، کمتر از مقدار تعیین‌شده ( $P=0/05$ ) است. پس نتیجه می‌گیریم اختلاف معناداری در طول گام برداشتن، طول قدم راست، طول قدم چپ، زمان گام برداشتن، زمان قدم راست و زمان قدم چپ زنان باردار در طول دوران بارداری بین ۲ گروه (زنان باردار دارای کمردرد خفیف، زنان باردار دارای کمردرد متوسط به شدید) وجود دارد. همچنین سطح معناداری متغیر تعادل ایستا ( $0/044 < 0/05 < 0/05$ ) کمتر از مقدار معین ( $P < 0/05$ ) است؛ پس نتیجه می‌گیریم تفاوت معناداری در تعادل ایستای زنان باردار در طول دوران بارداری بین ۲ گروه (زنان باردار دارای کمردرد خفیف، زنان باردار دارای کمردرد متوسط به شدید) وجود دارد.

جدول ۳. نتایج آزمون پارامتریک تی مستقل متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن

متغیر	میانگین		سطح معناداری*	ضریب F	اندازه اثر (Cohen's d)	توان آزمون (post-hoc)
	گروه دارای کمردرد خفیف	گروه دارای کمردرد متوسط تا شدید				
تفاضل زمان گام برداشتن اوایل بارداری و اواخر بارداری	۰/۲۴	۰/۳۰	۰/۰۰۹	۳/۱۲۰	۰/۹۰	۰/۹۲

\*= تفاوت معنادار

طب توانبخشی

جدول ۴. نتایج آزمون ناپارامتریک یو من‌ویتنی متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن و تعادل ایستا

متغیر	میانگین		سطح معناداری*	اندازه اثر (Cohen's d)	توان آزمون (post-hoc)
	گروه دارای کمردرد خفیف	گروه دارای کمردرد متوسط تا شدید			
تفاضل طول گام اوایل بارداری و اواخر بارداری	-۱۱/۹۴	-۲۱/۵۲	۰/۰۰۱	۲/۳۲	۰/۹۹
تفاضل طول قدم راست اوایل بارداری و اواخر بارداری	-۵/۶۴	-۱۰/۶۲	۰/۰۰۱	۲/۲۷	۰/۹۹
تفاضل طول قدم چپ اوایل بارداری و اواخر بارداری	-۶/۲۹	-۱۰/۸۹	۰/۰۰۱	۲/۱۴	۰/۹۹
تفاضل زمان قدم راست	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۰۱۸	۰/۹۵	۰/۹۲
تفاضل زمان قدم چپ	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۰۰۸	۰/۹۵	۰/۹۲
طول جابه‌جایی مرکز فشار (تعادل ایستا)	۸/۹۱	۱۷/۴۶	۰/۰۴۴	۰/۸۲	۰/۸۸

\*= تفاوت معنادار

طب توانبخشی

## تغییرات پارامترهای فضایی زمانی راه رفتن در ارتباط با شدت کمردرد

یافته‌های این پژوهش نشان داد میزان تغییر پارامترهای فضایی زمانی راه رفتن از ۳ ماهه اول به سوم، بین زنان دارای کمردرد خفیف و کمردرد متوسط تا شدید متفاوت است؛ به عبارت دیگر، شدت درد با دامنه سازگاری‌های حرکتی در اواخر بارداری همراه بوده است. این الگو از نظر تئوریک قابل انتظار است؛ زیرا با پیشرفت بارداری، تغییرات فیزیولوژیک و بیومکانیکی (جابه‌جایی مرکز جرم به جلو، تغییرات لگن و ستون فقرات، افزایش بارگذاری اندام تحتانی) معمولاً راهبردهای محافظه‌کارانه‌تری را در راه رفتن ایجاد می‌کند؛ مانند کاهش طول قدم و گام و تنظیمات زمانی برای افزایش حس پایداری. یک مرور سیستماتیک و متارگریسیون اخیر نیز نشان داده با افزایش هفته‌های بارداری، برخی شاخص‌های راه رفتن (به‌ویژه کاهش طول گام) به صورت معنی‌دار تغییر می‌کنند و علاوه بر سن بارداری، عواملی مثل دردهای کمربندی لگنی می‌توانند نقش تعدیلگر داشته باشند [۲۳]. در تحقیق حاضر، اختلاف تغییرات فضایی بین ۲ گروه کاملاً برجسته است:

### تفاضل طول گام

گروه دارای کمردرد خفیف ۱۱/۹۴ - در برابر گروه دارای کمردرد متوسط به شدید ۲۱/۵۲ - ( $P=0.001$ )؛ تفاضل طول قدم راست: گروه دارای کمردرد خفیف ۵،۶۴ - در برابر گروه دارای کمردرد متوسط به شدید ۱۰/۶۲ - ( $P=0.001$ )؛ تفاضل طول قدم چپ: گروه دارای کمردرد خفیف ۶/۲۹ - در برابر گروه دارای کمردرد متوسط به شدید ۱۰/۸۹ - ( $P=0.001$ )؛ تفاضل زمان گام: گروه دارای کمردرد خفیف ۰/۲۴ - در برابر گروه دارای کمردرد متوسط به شدید ۰/۳۰ - ( $P=0.009$ )؛ تفاضل زمان قدم راست: گروه دارای کمردرد خفیف ۰/۱۲ - در برابر گروه دارای کمردرد متوسط به شدید ۰/۱۵ - ( $P=0.018$ )؛ تفاضل زمان قدم چپ: گروه دارای کمردرد خفیف ۰/۱۱ - در برابر گروه دارای کمردرد متوسط به شدید ۰/۱۴ - ( $P=0.008$ ).

این یعنی در گروه درد متوسط تا شدید، کاهش طول گام و قدم از ۳ ماهه اول به سوم تقریباً شدیدتر رخ داده است. به عبارت دیگر یعنی درد، احتمالاً هم از مسیر تغییر کنترل عصبی-عضلانی (افزایش هم‌انقباضی / سفتی محافظتی، تغییر الگوی جذب ضربه) و هم از مسیر رفتارهای اجتنابی (برای کاهش تحریک درد و افزایش احساس امنیت) باعث کوتاه‌تر شدن گام‌ها می‌شود. در واقع، داده شما نشان می‌دهد سازگاری‌های ۳ ماهه سوم صرفاً ناشی از بارداری نیست، بلکه با شدت کمردرد تقویت می‌شود؛ نکته‌ای که با تحقیقات جدید درباره تغییرات راه رفتن طی بارداری همخوان است [۲۳]. نتایج مرتبط با زمان قدم راست و زمان قدم چپ می‌تواند نشان‌دهنده این مورد باشد که در حضور

درد بیشتر، سیستم کنترل حرکت برای مدیریت تعادل، بازه زمانی بیشتری در سیکل راه رفتن ایجاد می‌کند و نتیجه زمان گام برداشتن به صورت مکمل نشان می‌دهد شدت درد فقط روی یک جزء خاص اثر نگذاشته، بلکه با تغییر کلی‌تر در الگوی زمانی راه رفتن نیز همراه بوده است.

یافته‌های تحقیق حاضر یک گام فراتر می‌رود و نشان می‌دهد وقتی شدت کمردرد از خفیف به متوسط تا شدید افزایش می‌یابد، همین سازگاری‌های راه رفتن (طول گام، طول قدم راست و چپ، زمان گام، زمان قدم راست و چپ) نیز به‌طور معنادار بین ۲ گروه متفاوت می‌شوند. از نگاه بیومکانیک، این موضوع با این ایده همخوان است که درد شدیدتر معمولاً راهبردهای محافظتی را تقویت می‌کند: یعنی فرد برای کاهش بارگذاری دردنک، ممکن است طول گام‌ها را کوتاه‌تر و الگوی زمانی را کندتر یا محتاطانه‌تر کند. در تحقیق حاضر، گروه دارای کمردرد متوسط تا شدید نسبت به گروه دارای کمردرد خفیف، تغییرات بیشتری در پارامترهای فضایی زمانی راه رفتن از اوایل بارداری تا اواخر بارداری نشان داد. این الگو با تحقیقات پیشین هم‌راستا است که نشان می‌دهد، فاکتور کمردرد در دوران بارداری می‌تواند بیش از خود بارداری، الگوی راه رفتن را تغییر دهد.

در مطالعه کریستنسن و همکاران (۲۰۱۹)، زنان باردار مبتلا به درد کمربند لگنی نسبت به زنان باردار بدون درد، ۱۸ درصد آهسته‌تر راه رفتند و زمان چرخه راه رفتن طولانی‌تر و طول گام کوتاه‌تری داشتند [۱۳]. همچنین گزارش شده است که زنان باردار دارای درد لگنی کندتر راه می‌روند، زمان چرخه راه رفتن طولانی‌تر و طول گام کوتاه‌تری دارند [۱۳]. همچنین در دوران بارداری، افزایش هورمون‌های مرتبط با بارداری از جمله ریلکسین، استروژن و پروژسترون می‌تواند با تغییر ویژگی‌های بافت همبند و افزایش شلی رباط‌ها، به‌ویژه در کمربند لگنی، زمینه را برای ناپایداری نسبی و بروز درد کمربندی لگنی فراهم کند. با رشد جنین، جابه‌جایی مرکز جرم به جلو و افزایش چرخش قدامی لگن و لوردوز کمربندی نیز موجب افزایش بارهای مکانیکی (فشاری و برشی) بر ستون فقرات کمربندی و ساختارهای لگنی می‌شود. حاصل این شرایط، افزایش نیاز به ثبات فعال عضلانی و اتخاذ راهبردهای محافظه‌کارانه حرکتی است؛ مسئله‌ای که می‌تواند کاهش طول گام و قدم و تغییرات زمان‌بندی گام برداشتن را توجیه کند [۱۴]. همچنین در برخی مطالعات، درباره برخی پارامترهای فضایی زمانی در دوران بارداری ناهمگونی گزارش شده است (به دلیل تفاوت ابزارهای اندازه‌گیری، پروتکل راه رفتن، وجود کفش یا پا برهنه بودن، ویژگی نمونه و غیره) و همین باعث می‌شود مطالعه حاضر که شدت درد را وارد تحلیل کرده، تصویر دقیق‌تری از چرایی تفاوت‌ها ارائه دهد [۱۵].

## تعادل ایستا و شدت کمردرد

نتایج نشان می‌دهد شدت کمردرد با شاخص‌های تعادل ایستا نیز مرتبط است؛ زیرا براساس **جدول شماره ۴**، طول جابه‌جایی مرکز فشار<sup>۷</sup> در گروه درد متوسط تا شدید به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه درد خفیف است:

## طول جابه‌جایی مرکز فشار (تعادل ایستا)

گروه دارای کمردرد خفیف ۸/۹۱ سانتی‌متر در برابر گروه دارای کمردرد متوسط تا شدید ۱۷/۴۶ (P=۰/۰۴۴)؛ این یافته از نظر بالینی بسیار مهم است، چون افزایش طول مسیر مرکز فشار<sup>۸</sup> (COP) معمولاً به معنای نیاز بیشتر به اصلاحات وضعیت بدن و کنترل نوسان‌هاست. شواهد جدید در **مجله بیومکانیک بالینی**<sup>۹</sup> نیز نشان می‌دهد ویژگی‌های کنترل وضعیت بدن (به‌خصوص در شرایط دشوار مثل تک پا و چشم بسته) می‌تواند با کمردرد بیشتری طی دوران بارداری مرتبط باشد و توصیه می‌شود در افراد باردار دارای درد، غربالگری و مداخله تعادلی در مراقبت روتین مد نظر قرار گیرد **[۱۶]**. این نتیجه با ادبیات علمی موجود سازگار است که نشان می‌دهد زنان باردار دارای کمردرد می‌توانند نقص‌هایی در کنترل تعادل داشته باشند، به‌ویژه در شرایطی که اتکا به ورودی‌های حسی (مثل بینایی) کاهش می‌یابد **[۱۶]**. به‌طور کلی مرورهای نظام‌مند درباره تعادل در بارداری نشان داده‌اند نتایج مطالعات درباره جهت تغییر تعادل ثابت نیست، برخی افت تعادل با پیشرفت بارداری و برخی بهبود تعادل با پیشرفت بارداری را نشان می‌دهند، اما در مجموع تأکید می‌شود راهکارهای حفظ تعادل در بارداری تغییر می‌کنند و این تغییرات می‌توانند با عواملی مثل کمردرد تشدید یا تعدیل شوند **[۱۷]**.

همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد طول جابه‌جایی مرکز فشار در گروه زنان باردار دارای کمردرد متوسط تا شدید به‌طور معنی‌داری بیشتر بود، این نتیجه با تحقیقاتی همسو است که نشان می‌دهد، در بارداری (مخصوصاً ۳ ماهه سوم بارداری)، تعادل ایستا معمولاً کاهش می‌یابد و حتی گزارش شده است طول مسیر مرکز فشار در زنان باردار از غیرباردار بیشتر است **[۱۸]**. همچنین در مطالعه هرواتین و همکاران **[۱۸]**، مشاهده شده است زنان دارای درد کمربند لگنی مرتبط با بارداری<sup>۱۰</sup> (PPGP) نسبت به زنان باردار بدون درد، دارای طول جابه‌جایی مرکز فشار بیشتر بودند (به‌خصوص در ۳ ماهه سوم بارداری) و به‌طور کلی تعادل ایستا ضعیف‌تر گزارش شده است **[۱۸]** که با نتایج تحقیق حاضر همسو است و احتمالاً منعکس‌کننده ترکیبی از کاهش کنترل تنه‌لگن، کاهش حس عمقی و به‌هم خوردن الگوهای حرکتی خودکار در افراد دارای درد است **[۱۸]**.

7. COP path length
8. Center of Pressure COP
9. Clinical Biomechanics
10. Pregnancy-Related Pelvic Girdle Pain (PPGP)

همچنین در بارداری، افزایش هورمون‌هایی مثل ریلکسین، استروژن و پروژسترون با تغییر در بافت همبند و رفتار کلاژنی، می‌تواند به شل شدن و افزایش شلی رباطها، به‌ویژه در کمربند لگنی، منجر شود و از این مسیر، استعداد ایجاد درد کمربند لگنی و نیز نیاز به راهبردهای جبرانی حرکتی را بالا ببرد. این ایده هم در کارهای تجربی کوهورت مطرح شده است **[۱۹]**. نکته مهم این است که ارتباط مستقیم ریلکسین با شدت درد همیشه یک‌دست نیست و در برخی مرورها نتایج متناقض گزارش شده است؛ بنابراین بهتر است بیان شود هورمون‌ها زمینه را برای ناپایداری نسبی فراهم می‌کنند، اما درد حاصل چندعامل هورمونی، بیومکانیکی و عصبی عضلانی است **[۲۰]**.

علاوه بر تغییرات ساختاری، سازوکارهای عصبی عضلانی نیز در پاسخ به بارداری و درد، دستخوش تغییر می‌شوند. افزایش شلی رباطها و تغییر راستای تنه‌لگن می‌تواند دقت ورودی‌های حس عمقی و راهبردهای کنترل پاسچر را تغییر دهد و درد نیز با ایجاد محدودیت حرکتی و افزایش هم‌انقباضی، کارایی کنترل حرکتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این چارچوب، افزایش طول مسیر مرکز فشار می‌تواند بیانگر نیاز بیشتر به اصلاحات پاسچر و کاهش ثبات ایستا باشد؛ یافته‌ای که در ادبیات مرتبط با کنترل پاسچر در بارداری و نیز در گروه‌های دارای درد کمربند لگنی گزارش شده است **[۱۷]**.

## نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد پیشرفت بارداری همراه با شدت بالاتر کمردرد بارداری با تغییرات نامطلوب‌تر در پارامترهای فضایی‌زمانی راه رفتن و کاهش کارایی تعادل ایستا همراه است. این تغییرات بیانگر اتخاذ راهبردهای حرکتی جبرانی در اواخر بارداری بوده و بر اهمیت پایش عملکرد حرکتی و طراحی مداخلات توان‌بخشی هدفمند برای زنان باردار مبتلا به کمردرد تأکید دارد.

این مطالعه دارای چند محدودیت است که باید در تفسیر نتایج در نظر گرفته شوند. اول، در طول مطالعه ریزش نمونه قابل توجهی رخ داد؛ از ۵۳ زن باردار در اندازه‌گیری اولیه، تنها ۳۵ نفر در اندازه‌گیری دوم شرکت کردند که ممکن است قدرت آماری را کاهش دهد و بر تعمیم نتایج اثر بگذارد. دوم، اندازه گروه‌ها نسبتاً کوچک بود و این موضوع محدودیت‌هایی در تحلیل‌های آماری ایجاد می‌کند. سوم، ابزارهای اندازه‌گیری مورد استفاده ممکن است دارای محدودیت‌هایی در دقت و حساسیت باشند که می‌تواند بر صحت داده‌های جمع‌آوری شده تأثیرگذار باشد. با وجود این محدودیت‌ها، نتایج مطالعه می‌تواند بینش اولیه‌ای درباره اثر کمردرد بر پارامترهای راه رفتن ارائه دهد و برای مطالعات آینده راهنمایی مفیدی باشد.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق **دانشگاه تهران** در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره (IR.UT.SPORT.REC.1402.015) دریافت شده است.

### حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه عارفه معینی کربکنندی در گروه آسیب‌شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی **دانشگاه تهران** است. این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های تأمین‌کننده مالی اعم از بخش‌های عمومی و دولتی، تجاری، غیرانتفاعی دانشگاه یا مرکز تحقیقات دریافت نکرده است.

### مشارکت‌نویسندگان

مفهوم‌سازی، انجام آزمایش‌ها، گردآوری داده‌ها، تحلیل داده‌ها، نگارش پیش‌نویس اولیه مقاله و تأمین منابع: عارفه معینی؛ طراحی مطالعه، نظارت بر اجرای پژوهش، نظارت بر تحلیل داده‌ها و بازبینی و ویرایش مقاله: الهام شیرزاد عراقی؛ تدوین روش‌شناسی مطالعه، نظارت بر تحلیل داده‌ها و بازبینی و ویرایش مقاله: سید حامد موسوی؛ ویرایش زبان انگلیسی مقاله و نظارت بر اجرای آزمون‌ها بر روی زنان باردار: سوزان پیروان؛ بازبینی و تأیید نسخه نهایی مقاله: همه نویسندگان.

### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

## References

- [1] Conder RL, Zamani R, Akrami M. The biomechanics of pregnancy: A systematic review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 2019; 4(4):72. [DOI:10.3390/jfmk4040072] [PMID]
- [2] Yoseph ET, Taiwo R, Kiapour A, Touponse G, Massaad E, Theologitis M, et al. Pregnancy-related spinal biomechanics: A review of low back pain and degenerative spine disease. *Bioengineering*. 2025; 12(8):858. [DOI:10.3390/bioengineering12080858] [PMID]
- [3] Li X, Lu Z, Song Y, Liang M, Yuan Y, Fekete G, et al. Pregnancy-induced gait alterations: Meta-regression evidence of spatiotemporal adjustments. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2024; 12:1506002. [DOI:10.3389/fbioe.2024.1506002] [PMID]
- [4] Jensen RK, Doucet S, Treitz T. Changes in segment mass and mass distribution during pregnancy. *Journal of Biomechanics*. 1996; 29(2):251-6. [DOI:10.1016/0021-9290(95)00042-9] [PMID]
- [5] Fatmarizka T, Carissa VJD, Susilo TE. Spatiotemporal gait changes during pregnancy: A literature review. *FISIO MU: Physiotherapy Evidences*. 2023; 4(2):161-9. [DOI:10.23917/fisiomu.v4i2.5037]
- [6] Butler EE, Colón I, Druzin ML, Rose J. Postural equilibrium during pregnancy: Decreased stability with an increased reliance on visual cues. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2006; 195(4):1104-8. [DOI:10.1016/j.ajog.2006.06.015] [PMID]
- [7] Dumke BR, Theilen LH, Shaw JM, Foreman KB, Dibble LE, Fino PC. Dynamic balance and mobility during pregnancy. *Clinical Biomechanics*. 2025; 127:106596. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2025.106596] [PMID]
- [8] Błaszczuk JW, Opala-Berdzik A, Plewa M. Adaptive changes in spatiotemporal gait characteristics in women during pregnancy. *Gait & Posture*. 2016; 43:160-4. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2015.09.016] [PMID]
- [9] Fernández-González P, Koutsou A, Cuesta-Gómez A, Carratalá-Tejada M, Miangolarra-Page JC, Molina-Rueda F. Reliability of Kinovea software and agreement with a three-dimensional motion system for gait analysis in healthy subjects. *Sensors*. 2020; 20(11):3154. [DOI:10.3390/s20113154] [PMID]
- [10] Puig-Diví A, Escalona-Marfil C, Padullés-Riu JM, Busquets A, Padullés-Chando X, Marcos-Ruiz D. Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PloS One*. 2019; 14(6):e0216448. [DOI:10.1371/journal.pone.0216448] [PMID]
- [11] Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait & Posture*. 2010; 31(3):307-10. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2009.11.012] [PMID]
- [12] Prieto TE, Myklebust JB, Hoffmann RG, Lovett EG, Myklebust BM. Measures of postural steadiness: Differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 1996; 43(9):956-66. [DOI:10.1109/10.532130] [PMID]
- [13] Christensen L, Veierød MB, Vøllestad NK, Jakobsen VE, Stuge B, Cabri J, et al. Kinematic and spatiotemporal gait characteristics in pregnant women with pelvic girdle pain, asymptomatic pregnant and non-pregnant women. *Clinical Biomechanics*. 2019; 68:45-52. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2019.05.030] [PMID]
- [14] Daneau C, Nougrou F, Abboud J, Ruchat SM, Descarreaux M. Changes in pregnancy-related hormones, neuromechanical adaptations and clinical pain status throughout pregnancy: A prospective cohort study. *PLoS One*. 2025; 20(2):e0314158. [DOI:10.1371/journal.pone.0314158] [PMID]
- [15] da Costa Souza H, Castro RQ, de Oliveira Gonçalves ME, Caneco GV, Dos Santos Oliveira AL, Nogueira LT, et al. Pregnant and postpartum women gait kinematics parameters: A systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture*. 2025; 121:25-36. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2025.04.030] [PMID]
- [16] Bagwell JJ, Reynolds N, Katsavelis D, Kyvelidou A. Investigating postural control as a predictor of low back and pelvic girdle pain during and after pregnancy. *Clinical Biomechanics*. 2024; 120:106370. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2024.106370] [PMID]
- [17] Forczek-Karkosz W, Masłoń A. Postural control patterns in gravid women-A systematic review. *PLoS One*. 2024; 19(12):e0312868. [DOI:10.1371/journal.pone.0312868] [PMID]
- [18] Hrvatin I, Rugelj D, Šćepanović D. Pregnancy-related pelvic girdle pain affects balance in the second and third trimesters of pregnancy. *PLoS One*. 2024; 19(3):e0287221. [DOI:10.1371/journal.pone.0287221] [PMID]
- [19] Daneau C, Abboud J, Marchand AA, Houle M, Pasquier M, Ruchat SM, et al. Mechanisms underlying lumbopelvic pain during pregnancy: A proposed model. *Frontiers in Pain Research*. 2021; 2:773988. [DOI:10.3389/fpain.2021.773988] [PMID]
- [20] Daneau C, Houle M, Pasquier M, Ruchat SM, Descarreaux M. Association between pregnancy-related hormones and lumbopelvic pain characteristics in pregnant women: A scoping review. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2021; 44(7):573-83. [DOI:] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank