

**Н. В. КУЗІНА**аспірантка кафедри технології моди  
Київський національний університет технологій та дизайну  
ORCID: 0009-0009-2586-3762**Л. П. ЧЕРТЕНКО**кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри технології моди  
Київський національний університет технологій та дизайну  
ORCID: 0000-0003-4321-8475**В. П. КЕРНЕС**кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри технології моди  
Київський національний університет технологій та дизайну  
ORCID: 0000-0003-0572-4107

## МОРФОМЕТРИЧНІ ЗМІНИ СТОПИ ЖІНКИ ПІД ЧАС ВАГІТНОСТІ

У статті розглянуто морфометричні та біомеханічні зміни стопи жінок у період вагітності та післяпологового відновлення як комплексний процес трансформації опорно-рухового апарату. Встановлено, що збільшення маси тіла, зміщення центру ваги та гормонально зумовлені чинники спричиняють системну перебудову просторово-об'ємних параметрів стопи, яка проявляється зниженням висоти поздовжнього склепіння, збільшенням довжини та ширини стопи, зростанням обхватних параметрів у ділянці пучків, обхват середньої частини та косоного обхвату стопи, а також розширенням площі опори.

Показано, що найбільш інтенсивні зміни відбуваються у III триместрі вагітності, коли приріст об'ємних параметрів стопи становить 0,8–2,5 см і супроводжується підвищенням плантарного тиску до 320–345 кПа, збільшенням площі контакту та формуванням адаптаційного перерозподілу навантаження. Одночасно спостерігаються періодичні набряки гомілки, особливо на пізніх термінах гестації. У післяпологовому періоді більшість показників демонструє тенденцію до зворотного розвитку, однак повного відновлення початкових параметрів у ряді випадків не відбувається, що свідчить про часткову незворотність морфологічних змін.

Наукова новизна роботи полягає у проведенні антропометричних вимірювань у групі жінок із близькими вихідними характеристиками, що дозволило мінімізувати вплив індивідуальної варіабельності та встановити об'єктивні закономірності динаміки морфометричних змін стопи й гомілки протягом вагітності та раннього післяпологового періоду. Узагальнено кількісні та якісні характеристики трансформації форми й об'єму стопи, визначено їх взаємозв'язок із показниками навантаження та соматометричними параметрами організму, а також встановлено вплив збільшення маси тіла, набрякових явищ і зміщення центру ваги на перебіг цих змін. Отримані результати створюють наукове підґрунтя для розробки адаптивних устілок, удосконалення конструкції колодок і взуття для вагітних, а також впровадження регульованих елементів і застібок, що забезпечують змінний об'єм і комфорт у процесі експлуатації.

**Ключові слова:** плантарний тиск, перерозподіл навантаження, деформація склепіння, проєктування адаптивного взуття, набрякові процеси, антропометрична варіабельність.



N. V. KUZINA

Postgraduate Student at the Department of Fashion Technology  
Kyiv National University of Technologies and Design  
ORCID: 0009-0009-2586-3762

L. P. CHERTENKO

Ph. D., Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Fashion Technology  
Kyiv National University of Technologies and Design  
ORCID: 0000-0003-4321-8475

V. P. KERNESH

Ph. D., Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Fashion Technology  
Kyiv National University of Technologies and Design  
ORCID: 0000-0003-0572-4107

### MORPHOMETRIC CHANGES OF THE FEMALE FOOT DURING PREGNANCY

*The article examines morphometric and biomechanical changes in women's feet during pregnancy and the postpartum recovery period as a complex process of musculoskeletal transformation. It was established that increased body weight, displacement of the center of gravity, and hormonally induced factors cause a systemic restructuring of the spatial and volumetric parameters of the foot. These changes are manifested by a decrease in the longitudinal arch height, an increase in foot length and width, enlargement of girth parameters in the ball region, instep girth, and diagonal girth of the foot, as well as an expansion of the support area.*

*It was shown that the most pronounced changes occur during the third trimester of pregnancy, when the increase in volumetric foot parameters reaches 0.8–2.5 cm and is accompanied by an elevation of plantar pressure up to 320–345 kPa, an increase in contact area, and the formation of adaptive load redistribution mechanisms. At the same time, periodic swelling of the lower leg is observed, particularly during the late stages of gestation. In the postpartum period, most parameters demonstrate a tendency toward partial recovery; however, complete restoration to baseline values is not always achieved, indicating the partial irreversibility of morphological changes.*

*The scientific novelty of the study lies in conducting anthropometric measurements within a group of women with similar baseline characteristics, which minimized the influence of individual variability and enabled the identification of objective patterns in the dynamics of morphometric changes in the foot and lower leg during pregnancy and the early postpartum period. Quantitative and qualitative characteristics of foot shape and volume transformation were generalized, their relationship with load distribution indicators and somatometric body parameters was determined, and the influence of increased body weight, edema, and center-of-gravity displacement on these changes was established. The obtained results provide a scientific basis for the development of adaptive insoles, improvement of shoe lasts and footwear design for pregnant women, as well as the implementation of adjustable elements and fastening systems that ensure variable fit and comfort during use.*

**Key words:** *plantar pressure, load redistribution, arch deformation, adaptive footwear design, edema-related changes, anthropometric variability.*

#### Постановка проблеми

Анатомо-морфологічні та біомеханічні зміни стопи під час вагітності, зумовлені збільшенням маси тіла, зміщенням центру ваги та гормональними чинниками (зокрема дією релаксину), проявляються зниженням висоти поздовжнього склепіння, подовженням і розширенням стопи, набряками та зміною ходи. Стандартне взуття, як правило, не враховує ці трансформації, що може спричинити дискомфорт і підвищувати ризик деформацій опорно-рухового апарату. Водночас більшість наявних досліджень мають обмеження щодо вибірки або не враховують комплексну динаміку змін протягом усіх триместрів вагітності та післяпологового періоду. Це зумовлює необхідність проведення досліджень із розширеною вибіркою та використанням кількісних методів аналізу[1].

#### Формулювання мети дослідження

Метою роботи є дослідження морфометричних змін стопи жінки під час вагітності та у післяпологовий період, а також оцінка їхнього впливу на моделювання форми взуття. Дослідження передбачало проведення вимірювань у I, II та III триместрах вагітності, а також через 6 тижнів після пологів із визначенням довжинних, обхватних параметрів стопи та аналізом розподілу тиску на плантарну поверхню стопи в різні періоди вагітності.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження ґрунтується на аналізі морфометричних змін стопи жінки під час вагітності та у післяпологовий період з метою оцінки їхнього впливу на проектування внутрішньої форми взуття. Відомо, що вагітність супроводжується змінами в усьому організмі, а трансформації постави особливо впливають на форморозміри стопи.

Дослідженнями стоп вагітних займалися О. Mikeska, М. Alvarez, I. Stokes, М.А.С., Bertuit J., Branco, R. Santos-Rocha, Gijon-Nogueron G. A. [1–6], О. Шубенок, Н. Омельченко, В. Коновал [7]. Але дослідження змін стопи за допомогою морфометричних вимірювань довжини, ширини, обхватів переднього й середнього відділів та висоти поздовжнього склепіння протягом I, II та III триместрів і післяпологового періоду у поєднанні з ембріональним розвитком дитини досі не проводилися. У даному дослідженні взяли участь жінки з близькими антропометричними показниками, зокрема з подібною довжиною стопи, масою тіла та зростом на початку вагітності. Це дозволило забезпечити точніший порівняльний аналіз і мінімізувати вплив індивідуальної варіабельності на результати дослідження.

#### Об'єкт дослідження

Морфометричні та біомеханічні зміни стопи жінок у період вагітності. У дослідженні взяли участь 7 жінок віком від 22 до 39 років із масою тіла на початкових термінах вагітності 59–60 кг, зростом 166–170 см та 38 розміром стопи, що дало змогу охопити репродуктивний віковий діапазон і врахувати віковий фактор як змінну впливу. Спостереження проводили на таких етапах: I триместр (≈8 тижнів), III триместр (30 і 38 тижнів) та післяпологовий період (5–6 тижнів після пологів).

#### Методи досліджень

Антропометричні дослідження стопи проводилися з метою кількісної та якісної оцінки змін розмірно-об'ємних параметрів стопи жінок у динаміці вагітності та післяпологового періоду. У межах дослідження виконували базові антропометричні виміри стопи, що характеризують її просторово-об'ємну структуру. Визначали обхват пучкової ділянки на рівні головок плеснових кісток як показник поперечного розміру переднього відділу, обхват середньої частини стопи в зоні поздовжнього склепіння як характеристику висоти підйому, а також косий обхват, що охоплює зону гомілково-стопного суглобу та вимірюється через нижню точку п'ятки та точку згину стопи.

Вимірювання виконували у положенні сидячи без навантаження на стопу окремо для правої та лівої кінцівки. Обхватні параметри визначали медичною сантиметровою стрічкою (SECA 201), лінійні розміри – антропометричною лінійкою та стопоміром (Brannock Device), висоту поздовжнього склепіння – вертикальним штангенциркулем. Масу тіла вимірювали електронними вагами (SECA 813), а біомеханічні показники реєстрували за допомогою тензометричних платформ (Footscan RSscan, Zebris FDM). Дослідження проводили за уніфікованою методикою в контрольованих умовах із триразовим повторенням та усередненням результатів; попереднє калібрування забезпечувало точність і відтворюваність даних.

Спостереження здійснювали на різних етапах gestaції: у I триместрі (≈8 тижнів), на межі I–II триместрів (14–15 тижнів), у середині вагітності (25–30 тижнів), у III триместрі (28–38 тижнів), а також у післяпологовому періоді (через 2, 4 і 6 тижнів), що дало змогу простежити динаміку морфологічних змін стопи впродовж вагітності та після пологів. Аналіз морфологічних показників стоп вагітних засвідчив тенденцію до збільшення обхватних параметрів, розширення переднього відділу стопи, незначного збільшення довжини сліду стопи та посилення пронації, що пов'язано зі змінами маси тіла, зміщенням центру ваги й впливом гормональних чинників на зв'язково-м'язовий апарат. Паралельно враховували соматометричні показники – масу тіла та обхват тазу. Для оцінки набряків проводили вимірювання обхвату гомілки на рівнях 10–40 см від поверхні підлоги у II–III триместрах і після пологів, що забезпечило фіксацію змін, пов'язаних із затримкою рідини.

**Дослідження розподілу навантаження на стопу:** біомеханічні дослідження стопи виконувалися з використанням електронної вимірювальної платформи для фіксації контактних характеристик під час ходьби. Аналіз включав середні значення контактної тиску, максимальні навантаження в окремих зонах підошви та площу контакту, що відображало деформацію та розширення опорної поверхні стопи. Особливу увагу приділяли просторовому розподілу контактних зон для оцінки зміщення навантаження між п'ятковою та передньою частинами стопи. Дослідження проводилися на двох етапах вагітності: наприкінці II – на початку III триместру (28–29 тижнів) та наприкінці вагітності (35–36 тижнів). Вимірювання здійснювалися під час проходження датчикової доріжки у комфортному темпі ходьби, а отримані показники порівнювали між етапами для оцінки динаміки змін форми та площі опори стопи. Результати систематизувалися та подавалися у таблицях і графіках, що забезпечувало комплексний аналіз трансформацій опорної поверхні стопи протягом вагітності (рис. 1) [8].

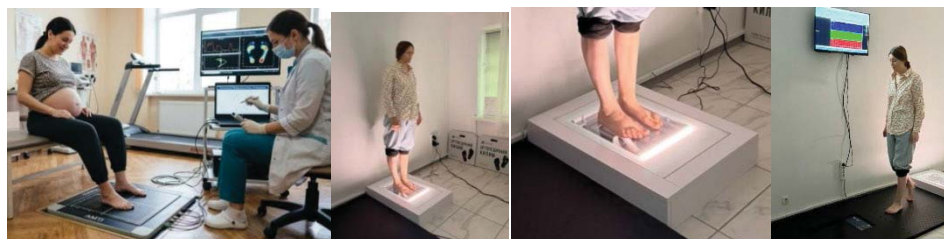


Рис. 1. Тензометричні вимірювання жінки в період вагітності та після пологів

## Викладення основного матеріалу дослідження

Динаміка маси тіла і обхвату тазу. У дослідженні проаналізовано антропометричні показники 7 жінок віком 29–39 років у різні терміни вагітності та в післяпологовому періоді. Протягом вагітності в усіх обстежених спостерігалось поступове збільшення маси тіла – у середньому від 60–66 кг у I триместрі до 81–92 кг у III триместрі, з максимальними значеннями на 35–38-му тижнях гестації. Обхват тазу також зростав – від 93–102 см на початку вагітності до 110–118 см у пізні терміни, що свідчить про морфологічну перебудову тазової ділянки. У післяпологовому періоді (через 5–7 тижнів після пологів) маса тіла зменшувалася до 73–78 кг, а обхват тазу – до 104–114 см, проте ці показники залишалися вищими за вихідні значення. Виявлені зміни відображають загальну трансформацію пропорцій тіла жінки під час вагітності та часткове збереження морфофункціональних змін у ранньому післяпологовому періоді.

Зміни розмірів стопи протягом вагітності. Узагальнення результатів антропометричних вимірювань показало, що у всіх обстежених жінок відбувалося поступове збільшення розмірно-об'ємних параметрів стопи. На початку вагітності значення обхвату пучків становили в середньому 24,3–26,3 см, обхвату середньої частини стопи - 24,5–26,4 см, косоного обхвату - 32,7–35,3 см. До кінця II - початку III триместру (близько 30 тижнів) фіксувалися перші виражені зміни, що проявлялися переважно у збільшенні обхвату середньої частини стопи (на 0,7–1,2 см) та косоного обхвату (на 0,8–1,5 см), тоді як обхват пучкової частини змінювався незначно.

У III триместрі (близько 38 тижня) зміни ставали більш вираженими та поширювалися на всі відділи стопи: обхват пучкової частини зростав у середньому на 0,5–1,2 см, обхват середньої частини стопи - на 0,7–1,8 см, косий обхват - на 1,0–2,5 см. Наприкінці вагітності спостерігалось суттєве збільшення об'ємних параметрів переднього та середнього відділів стопи, що свідчить про загальне зростання її повноти. Візуальні спостереження підтвердили зміну профілю стопи, зокрема зниження висоти підйому та тенденцію до сплюснення поздовжнього склепіння. Довжина стопи в більшості обстежуваних залишалася відносно стабільною, однак в окремих випадках спостерігалось її незначне видовження - до 2 мм. У післяпологовому періоді спостерігалась тенденція до часткового відновлення антропометричних параметрів стопи, однак у більшості випадків вони не поверталися до вихідних значень, що свідчить про частково незворотні морфологічні зміни. Отримані дані використано для аналізу взаємозв'язку між загальними антропометричними змінами організму жінки та трансформацією морфології стопи під час вагітності (табл. 1) [9, 10].

Таблиця 1

Динаміка змін обхватних параметрів стоп у період вагітності та після пологів

Термін (тижні)	8 (I трим.)	30 (III трим.)	38 (III трим.)	46 (6 тиж. після)
<i>Жінка 22 роки</i>				
Вага, кг	60*	80	85	73
Обхват тазу, см	93	103	108	104
<i>Ліва стопа:</i>				
Обхват пучків, см	24,6	24,9	25,2	24,8
Обхват середньої частини стопи, см	24,7	25,6	25,8	25,3
Косий обхват, см	33,0	33,9	34,7	33,3
Довжина сліду стопи, см	24,1	24,1	24,2	24,1
<i>Права стопа:</i>				
Обхват пучків, см	24,5	24,8	25,0	24,7
Обхват середньої частини стопи, см	24,7	25,5	25,7	25,2
Косий обхват, см	33,0	33,8	34,6	33,2
Довжина сліду стопи, см	24,1	24,1	24,2	24,1
<i>Жінка 27 років</i>				
Вага, кг	65*	85	90	77
Обхват тазу, см	98	108	113	109
<i>Ліва стопа:</i>				
Обхват пучків, см	25,6	25,9	26,2	25,7
Обхват середньої частини стопи, см	25,7	26,5	26,7	26,3
Косий обхват, см	34,1	34,9	35,6	34,3
Довжина сліду стопи, см	23,8	23,9	23,9	23,8
Термін (тижні)	8 (I трим.)	30 (III трим.)	38 (III трим.)	46 (6 тиж. після)
<i>Права стопа:</i>				
Обхват пучків, см	25,5	25,8	25,9	25,5
Обхват середньої частини стопи, см	25,7	26,4	26,6	26,2
Косий обхват, см	34,0	34,8	35,5	34,2
Довжина сліду стопи, см	23,9	23,9	24,0	23,9
<i>Жінка 31 рік</i>				
Вага, кг	61*	81	86	74
Обхват тазу, см	96	106	111	107

Продовження таблиці 1

Термін (тижні)	8 (I трим.)	30 (III трим.)	38 (III трим.)	46 (6 тиж. після)
<i>Ліва стопа:</i>				
Обхват пучків, см	24,9	25,1	25,4	25,0
Обхват середньої частини стопи, см	25,0	25,8	26,0	25,5
Косий обхват, см	33,6	34,4	35,2	33,8
Довжина сліду стопи, см	24,1	24,2	24,3	24,2
<i>Права стопа:</i>				
Обхват пучків, см	24,8	25,0	25,2	24,9
Обхват середньої частини стопи, см	25,0	25,7	25,9	25,5
Косий обхват, см	33,5	34,3	35,1	33,7
Довжина сліду стопи, см	24,1	24,2	24,3	24,2
<i>Жінка 33 роки</i>				
Вага, кг	62*	83	88	75
Обхват тазу, см	95	105	110	106
<i>Ліва стопа:</i>				
Обхват пучків, см	24,8	24,9	25,9	24,9
Обхват середньої частини стопи, см	24,9	25,9	25,9	25,4
Косий обхват, см	33,1	34,0	34,9	33,4
Довжина сліду стопи, см	24,3	24,4	24,5	24,4
<i>Права стопа:</i>				
Обхват пучків, см	24,7	24,9	25,1	24,9
Обхват середньої частини стопи, см	24,9	25,8	25,9	25,4
Косий обхват, см	33,2	34,0	34,9	33,4
Довжина сліду стопи, см	24,3	24,4	24,5	24,4
<i>Жінка 35 років</i>				
Вага, кг	64*	81,4	86	75
Обхват тазу, см	95	105	110**	106
<i>Ліва стопа:</i>				
Обхват пучків, см	24,4	24,5	25,0	24,5
Обхват середньої частини стопи, см	24,5	25,5	25,0	25,0
Косий обхват, см	32,7	33,6	35,0	33,0
Довжина сліду стопи, см	24,2	24,3	24,5	24,2
<i>Права стопа:</i>				
Обхват пучків, см	24,3	24,5	24,5	24,5
Обхват середньої частини стопи, см	24,5	25,4	25,5	25,0
Косий обхват, см	32,8	33,6	34,5	33,0
Довжина сліду стопи, см	24,3	24,4	24,6	24,4
<i>Жінка 37 років</i>				
Вага, кг	63,4*	82,0	87,0	74
Обхват тазу, см	101,7	112,4	117,7	113,4
<i>Ліва стопа:</i>				
Обхват пучків, см	26,1	26,2	26,8	26,2
Обхват середньої частини стопи, см	26,2	27,3	26,8	26,8
Косий обхват, см	35,0	36,0	37,5	35,3
Довжина сліду стопи, см	24,1	24,1	24,2	24,1
<i>Права стопа:</i>				
Обхват пучків, см	26,0	26,2	26,2	26,2
Обхват середньої частини стопи, см	26,2	27,2	27,3	26,8
Косий обхват, см	35,1	36,0	36,9	35,3
Термін (тижні)	8 (I трим.)	30 (III трим.)	38 (III трим.)	46 (6 тиж. після)
Довжина сліду стопи, см	24,1	24,1	24,2	24,1
<i>Жінка 39 років</i>				
Вага, кг	66*	87	92	78
Обхват тазу, см	102	112	118	114
<i>Ліва стопа:</i>				
Обхват пучків, см	26,3	26,6	26,9	26,4
Обхват середньої частини стопи, см	26,4	27,2	27,5	27,0
Косий обхват, см	35,3	36,1	36,9	35,6
Довжина сліду стопи, см	24,1	24,3	24,3	24,2
<i>Права стопа:</i>				
Обхват пучків, см	26,2	26,5	26,7	26,3
Обхват середньої частини стопи, см	26,4	27,1	27,4	26,9
Косий обхват, см	35,2	36,0	36,8	35,5
Довжина сліду стопи, см	24,1	24,1	24,2	24,1

\*Примітки. У вибірці (n = 7) маса тіла зростала з 60–66 кг до 85–92 кг у III триместрі; обхват тазу – з 93–102 см до 110–118 см.

В таблиці 1 показано, що у I триместрі параметри стопи залишалися відносно стабільними: обхват пучкової ділянки становив 24,5–25,2 см, обхват через точку згину стопи – 24,7–25,3 см, косий обхват – 33,0–33,7 см. На 28–30 тижнях вагітності фіксувалося поступове збільшення повноти стопи, що найбільш виражено проявлялося в обхваті через точку згину стопи (приріст 0,8–1,2 см) та косому обхваті (0,8–1,3 см). Це свідчить про збільшення об'єму переважно в середньому відділі стопи та ділянці підйому.

У III триместрі морфометричні зміни досягали максимальних значень. Обхват пучкової ділянки збільшувався до 25,5–26,7 см, обхват через точку згину стопи – до 26,0–27,5 см, косий обхват – до 35,0–36,9 см. Отримані дані свідчать про загальне збільшення об'єму стопи та підвищення навантаження на опорно-руховий апарат. Після пологів показники частково зменшувалися, проте не поверталися до вихідних значень, що вказує на часткову незворотність морфологічних змін.

Біомеханічний аналіз показав зростання плантарного тиску до 320–345 кПа та збільшення площі контакту стопи з опорною поверхнею при одночасному зниженні нормованого тиску, що відображає адаптаційний перерозподіл навантаження. Найбільше збільшення обхвату гомілки спостерігалось на рівнях 25–40 см і становило 3–7 см. Виявлені морфометричні та біомеханічні зміни стопи під час вагітності доцільно враховувати при проектуванні адаптивного взуття та ортопедичних устілок для забезпечення належної підтримки стопи, рівномірного розподілу навантаження та підвищення комфорту під час ходьби (рис. 2).-

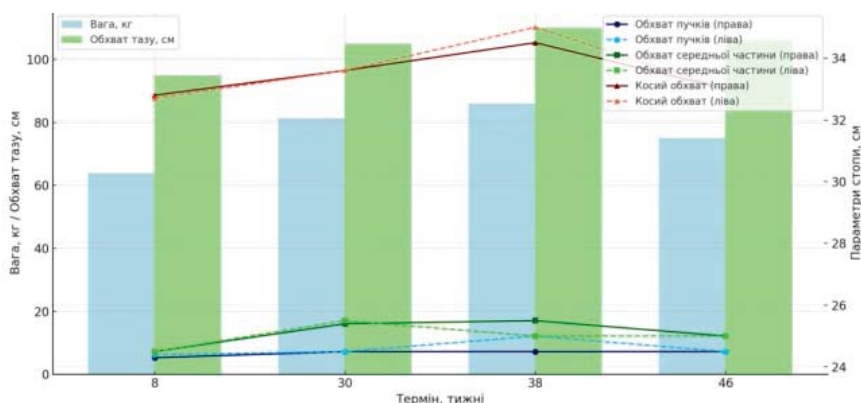


Рис. 2. Зміна обхватних параметрів стопи під час та після вагітності

Після пологів (через 5–7 тижнів) у всіх обстежених жінок ( $n = 7$ ) зафіксовано тенденцію до часткового відновлення морфометричних параметрів стопи. Обхват пучкової зони зменшувався в середньому до 24,9–26,4 см, обхват через точку згину стопи до 25,4–27,0 см, косий обхват - до 33,4–35,6 см, що лише незначно перевищує початкові значення. Це свідчить, що значна частина збільшення об'ємних параметрів стопи була зумовлена зворотними факторами, зокрема набряками та тимчасовим розтягненням зв'язкового апарату. Водночас повного повернення до вихідних параметрів у більшості випадків не відбулося, що вказує на часткову незворотність морфологічних змін. Збереження підвищених значень обхватних параметрів, а також візуально зафіксоване зниження висоти поздовжнього склепіння свідчать про структурну перебудову стопи. У частини обстежених це може супроводжуватися збільшенням її довжини та ширини внаслідок змін конфігурації склепіння.

Навантаження на стопу і зміни ходи. Аналіз біомеханічних показників у III триместрі (28–37 тижнів) показав закономірне зростання плантарного тиску у всіх учасниць дослідження. Середній тиск на праву стопу становив 295,0–345,0 кПа, на ліву - 250,0–305,0 кПа, що супроводжувалося збільшенням площі контакту стопи з опорною поверхнею (до 147–168 см<sup>2</sup> для правої та 138–158 см<sup>2</sup> для лівої стопи). Максимальні навантаження досягали 858–960 Н. Нормований тиск (кПа/кг) мав тенденцію до зниження (з ~4,0 до 3,5–3,8 кПа/кг), що свідчить про адаптаційні механізми перерозподілу навантаження. Різниця між правою та лівою стопами залишалася відносно стабільною (0,38–0,60 кПа/кг), що вказує на збереження функціональної асиметрії ходи (табл. 2., рис. 3).

Як видно з наведених даних (табл. 2), середній плантарний тиск у III триместрі вагітності зростав пропорційно до маси тіла обстежених жінок. Зокрема, середній тиск на праву стопу збільшувався від приблизно 295–318 кПа на 28–30 тижнях до 322–345 кПа на 35–38 тижнях, тоді як для лівої стопи – від 250–270 кПа до 273–305 кПа. Площа контакту стопи з опорною поверхнею також мала тенденцію до збільшення і становила в середньому 143–159 см<sup>2</sup> для правої та 135–150 см<sup>2</sup> для лівої стопи на ранніх етапах III триместру, з подальшим зростанням до 147–168 см<sup>2</sup> та 138–158 см<sup>2</sup> відповідно. Це узгоджується зі збільшенням об'ємних параметрів стопи та сплюсненням її склепіння, що забезпечує більшу площу опори. Максимальне навантаження (пікова сила реакції опори) також зростало разом із масою тіла: для правої стопи – від приблизно 818–884 Н до 858–960 Н, для лівої – від 845–913 Н до 884–955 Н. Водночас нормований тиск (кПа/кг) демонстрував тенденцію до незначного зниження (у середньому з 3,9–4,0 до 3,5–3,8 кПа/кг), що свідчить про формування адаптаційних механізмів перерозподілу навантаження. Різниця між правою та лівою стопами залишалася відносно стабільною (0,54–0,60 кПа/кг на початку та 0,38–0,58 кПа/кг наприкінці періоду), що вказує на збереження функціональної асиметрії ходи (рис. 4).

Таблиця 2

## Параметри плантарного тиску при ходьбі в III триместрі вагітності

Показник (одиниці)	28–29 тижнів	35–36 тижнів (вага 85 кг)
	(вага 81 кг)	
<i>Жінка 22 роки</i>		
Середній тиск на праву стопу, кПа	310,0	320,0
Середній тиск на ліву стопу, кПа	270,0	280,0
Площа контакту правої стопи, см <sup>2</sup>	155,0	160,0
Площа контакту лівої стопи, см <sup>2</sup>	145,0	150,0
Максимальне навантаження (права), Н	870,0	910,0
Максимальне навантаження (ліва), Н	850,0	900,0
Нормований тиск на праву стопу, кПа/кг	3,88	3,76
Нормований тиск на ліву стопу, кПа/кг	3,38	3,29
Різниця норм. тиску права–ліва, кПа/кг	0,50	0,47
<i>27 років</i>		
Середній тиск на праву стопу, кПа	295,0	299,0
Середній тиск на ліву стопу, кПа	250,0	253,0
Площа контакту правої стопи, см <sup>2</sup>	143,5	147,0
Площа контакту лівої стопи, см <sup>2</sup>	135,0	138,3
Максимальне навантаження (права), Н	818,0	859,0
Максимальне навантаження (ліва), Н	846,0	884,0
Нормований тиск на праву стопу, кПа/кг	3,64	3,51
Нормований тиск на ліву стопу, кПа/кг	3,09	2,97
Різниця норм. тиску права–ліва, кПа/кг	0,55	0,54
<i>31 рік</i>		
Середній тиск на праву стопу, кПа	312,0	312,0
Середній тиск на ліву стопу, кПа	272,0	272,0
Площа контакту правої стопи, см <sup>2</sup>	156,0	156,0
Площа контакту лівої стопи, см <sup>2</sup>	146,0	146,0
Максимальне навантаження (права), Н	875,0	875,0
Максимальне навантаження (ліва), Н	855,0	855,0
Нормований тиск на праву стопу, кПа/кг	3,85	3,85
Нормований тиск на ліву стопу, кПа/кг	3,36	3,36
<i>33 роки</i>		
Середній тиск на праву стопу, кПа	318,60	322,38
Середній тиск на ліву стопу, кПа	270,00	273,24
Площа контакту правої стопи, см <sup>2</sup>	155,98	158,76
Площа контакту лівої стопи, см <sup>2</sup>	145,80	149,36
Максимальне навантаження (права), Н	884,00	927,29
Максимальне навантаження (ліва), Н	913,46	955,26
Нормований тиск на праву стопу, кПа/кг	3,93	3,79
Нормований тиск на ліву стопу, кПа/кг	0,60	0,58
<i>Жінка 35 років</i>		
Середній тиск на праву стопу, кПа	295,0	298,5
Середній тиск на ліву стопу, кПа	250,0	253,0
Площа контакту правої стопи, см <sup>2</sup>	143,5	147,0
Площа контакту лівої стопи, см <sup>2</sup>	135,0	138,3
Максимальне навантаження (права), Н	818,5	858,6
Максимальне навантаження (ліва), Н	845,8	884,5
Нормований тиск на праву стопу, кПа/кг	3,64	3,51
Нормований тиск на ліву стопу, кПа/кг	3,09	2,97
Різниця норм. тиску права–ліва, кПа/кг	0,554	0,540
<i>Жінка 37 років</i>		
Середній тиск на праву стопу, кПа	328,04	331,93
Середній тиск на ліву стопу, кПа	278,00	281,34
Площа контакту правої стопи, см <sup>2</sup>	159,57	163,46
Площа контакту лівої стопи, см <sup>2</sup>	150,12	153,79
Максимальне навантаження (права), Н	910,17	954,77
Максимальне навантаження (ліва), Н	940,57	983,57
Нормований тиск на праву стопу, кПа/кг	4,05	3,90
Нормований тиск на ліву стопу, кПа/кг	3,44	3,30
Різниця норм. тиску права–ліва, кПа/кг	0,616	0,601
<i>39 років</i>		
Середній тиск на праву стопу, кПа	330,0	345,0
Середній тиск на ліву стопу, кПа	290,0	305,0
Площа контакту правої стопи, см <sup>2</sup>	162,0	168,0
Площа контакту лівої стопи, см <sup>2</sup>	152,0	158,0
Максимальне навантаження (права), Н	920,0	960,0
Максимальне навантаження (ліва), Н	900,0	945,0
Нормований тиск на праву стопу, кПа/кг	3,79	3,75
Нормований тиск на ліву стопу, кПа/кг	3,33	3,31
Різниця норм. тиску права–ліва, кПа/кг	0,46	0,44

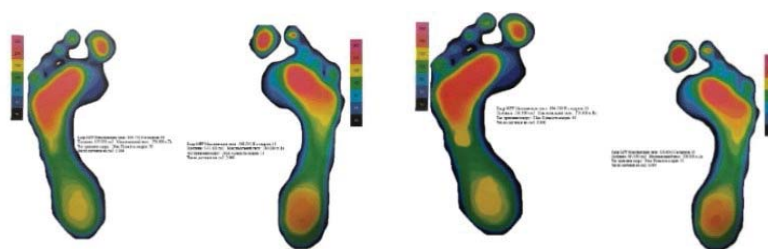


Рис. 3. Дослідження стоп вагітної жінки за допомогою комп'ютерної тензометрії на 2 та 3 триместрі

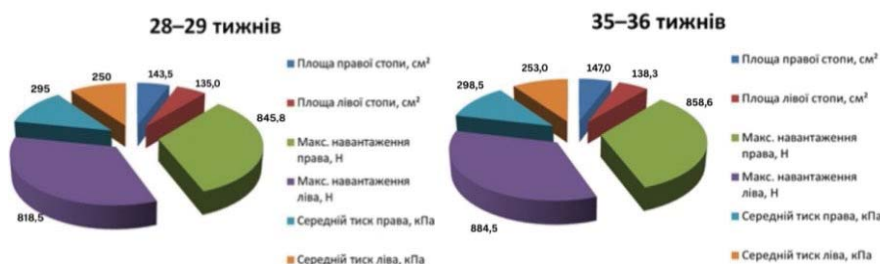


Рис. 4. Динаміка середнього тиску, площі опори стопи та максимальної сили реакції опори упродовж гестаційного періоду

Отримані результати свідчать про зростання контактного тиску на стопи на пізніх термінах вагітності, що відображає збільшення навантаження на опорну поверхню в умовах росту маси тіла. Підвищення середнього тиску пов'язане з морфологічними змінами стопи, зокрема збільшенням маси тіла, зміщенням центру ваги та зниженням висоти склепіння стопи, що може супроводжуватися суб'єктивним дискомфортом у ділянці стоп і суміжних суглобів [10 - 12].

Як видно з наведених даних (табл. 2), різниця нормованого плантарного тиску між правою та лівою стопами наприкінці вагітності має тенденцію до зменшення. Зокрема, на початкових етапах III триместру вона становила близько 0,55–0,60 кПа/кг, тоді як на пізніх термінах знижувалася до 0,38–0,54 кПа/кг. Така динаміка свідчить про більш рівномірний розподіл навантаження між стопами та часткове зниження функціональної асиметрії ходи. Протягом усього періоду дослідження права стопа характеризувалася дещо вищими значеннями тиску, що може бути обумовлено індивідуальними анатомо-біомеханічними особливостями опорно-рухового апарату.

Аналіз розподілу тиску показав, що найбільші навантаження концентрувалися у передньому відділі стопи, в ділянці плеснових кісток. Збільшення площі контакту стопи з опорною поверхнею (до 147–168 см<sup>2</sup>) супроводжується зниженням висоти поздовжнього склепіння та тенденцією до його сплюснення, що забезпечує адаптивний перерозподіл навантаження в умовах зростання маси тіла.

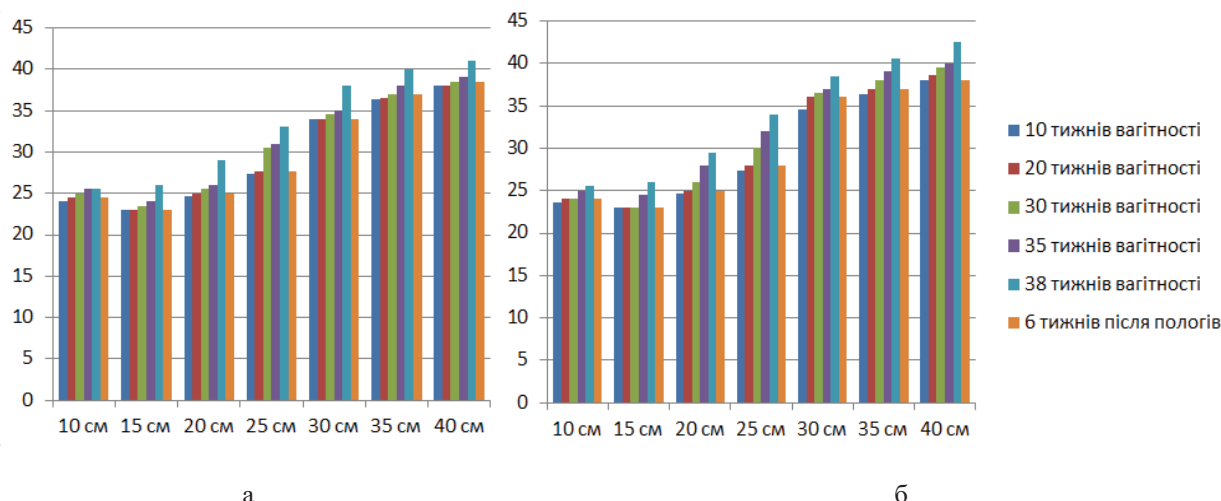
Набряки та зміни обхвату гомілки. Згідно з отриманими результатами (табл. 3), у процесі вагітності спостерігається поступове збільшення обхвату гомілки на всіх рівнях вимірювання. Найбільш виражені зміни фіксуються у III триместрі, особливо на рівнях 25–40 см, де приріст становить у середньому 3–7 см. Виявлені зміни обумовлені затримкою рідини в тканинах та формуванням периферичних набряків. У післяпологовому періоді (через 5–7 тижнів) відзначається тенденція до зменшення обхвату гомілки з наближенням до вихідних значень, що підтверджує переважно зворотний характер цих морфологічних змін. Отримані результати підкреслюють необхідність урахування варіабельності об'ємних параметрів гомілки при проектуванні взуття, зокрема шляхом застосування конструктивних рішень із регульованими елементами.

Таблиця 3

Динаміка змін обхвату гомілки на різних рівнях під час вагітності та після пологів

Рівень вимірювання (від підлоги)	Стопа	10 тиж.	20 тиж.	30 тиж.	35 тиж.	38 тиж.	6 тиж. після пологів
10 см	L / R	24,2 / 23,8	24,7 / 24,2	25,2 / 24,2	25,7 / 25,2	25,7 / 25,7	24,7 / 24,2
15 см	L / R	23,2 / 23,2	23,2 / 23,2	23,7 / 23,2	24,2 / 24,7	26,2 / 26,2	23,2 / 23,2
20 см	L / R	24,8 / 24,8	25,2 / 25,2	25,7 / 26,2	26,2 / 28,2	29,2 / 29,7	25,2 / 25,2
25 см	L / R	27,6 / 27,6	27,8 / 28,2	30,7 / 30,2	31,2 / 32,2	33,2 / 34,2	27,8 / 28,2
30 см	L / R	34,2 / 34,7	34,2 / 36,2	34,7 / 36,7	35,2 / 37,2	38,2 / 38,7	34,2 / 36,2
35 см	L / R	36,5 / 36,5	36,7 / 37,2	37,2 / 38,2	38,2 / 39,2	40,2 / 40,7	37,2 / 37,2
40 см	L / R	38,2 / 38,2	38,2 / 38,8	38,7 / 39,7	39,2 / 40,2	41,2 / 42,7	38,7 / 38,2

Примітки: \*L – ліва стопа, \*R- права стопа.



**Рис. 5. Динаміка змін обхвату гомілки на різних етапах під час вагітності та після пологів: а) права стопа; б) ліва стопа**

На основі проведеного дослідження виконано узагальнення антропометричних показників із визначенням середніх значень (M) та стандартного відхилення (SD), що дозволило оцінити варіабельність даних і простежити динаміку змін у різні періоди вагітності. Подальший аналіз передбачає розрахунок абсолютної ( $\Delta$ ) та відносної (%) динаміки показників для кількісної оцінки інтенсивності морфометричних змін (таб.4 -5.).

Таблиця 4

**Узагальнені статистичні показники антропометричних параметрів стопи (M ± SD)**

Показник	8 тиж.	30 тиж.	38 тиж.	5–7 тиж. після
Вага, кг	63,06 ± 2,17	82,77 ± 2,46	87,71 ± 2,50	75,14 ± 1,77
Обхват тазу, см	97,24 ± 3,48	107,34 ± 3,64	112,53 ± 3,93	108,49 ± 3,86
Ліва стопа:				
Обхват пучків, см	25,24 ± 0,75	25,44 ± 0,79	25,91 ± 0,76	25,36 ± 0,74
Середня частина, см	25,34 ± 0,75	26,26 ± 0,75	26,24 ± 0,82	25,90 ± 0,79
Косий обхват, см	33,83 ± 1,01	34,70 ± 1,01	35,69 ± 1,09	34,10 ± 1,01
Довжина сліду стопи, см	24,10 ± 0,15	24,19 ± 0,17	24,27 ± 0,21	24,14 ± 0,18
Права стопа:				
Обхват пучків, см	25,14 ± 0,75	25,39 ± 0,77	25,51 ± 0,77	25,29 ± 0,73
Середня частина, см	25,34 ± 0,75	26,16 ± 0,75	26,33 ± 0,78	25,86 ± 0,77
Косий обхват, см	33,83 ± 0,98	34,64 ± 1,00	35,47 ± 1,00	34,04 ± 1,00
Довжина сліду стопи, см	24,13 ± 0,14	24,17 ± 0,18	24,29 ± 0,20	24,17 ± 0,18

Таблиця 5

**Розрахунок динаміки ( $\Delta$ , %)**

Показник	$\Delta$ (38–8 тиж.)	$\Delta$ %
Вага, кг	+24,7	+39,1%
Обхват тазу, см	+15,3	+15,7%
Ліва стопа:		
Обхват пучків, см	+0,67	+2,7%
Середня частина, см	+0,90	+3,6%
Косий обхват, см	+1,86	+5,5%
Довжина сліду стопи, см	+0,17	+0,7%
Права стопа:		
Обхват пучків P, см	+0,37	+1,5%
Середня частина P, см	+0,99	+3,9%
Косий обхват P, см	+1,64	+4,8%
Довжина сліду P, см	+0,16	+0,7%

Статистичну обробку результатів виконували методами описової статистики з визначенням середніх значень (M) та стандартного відхилення (SD) у динаміці вагітності й післяпологового періоду. Встановлено поступове

збільшення маси тіла від  $63,06 \pm 2,17$  кг на 8 тижні до  $87,71 \pm 2,50$  кг на 38 тижні вагітності ( $\Delta +24,7$  кг;  $+39,1\%$ ), а також обхвату тазу - від  $97,24 \pm 3,48$  см до  $112,53 \pm 3,93$  см ( $\Delta +15,3$  см;  $+15,7\%$ ).

Морфометричний аналіз стопи показав збільшення обхватних параметрів у III триместрі. Найбільші зміни зафіксовано для косоного обхвату лівої стопи - до  $+1,86$  см ( $+5,5\%$ ) та правої - до  $+1,64$  см ( $+4,8\%$ ). Обхват середньої частини стопи зростав на  $+0,90$  см ( $+3,6\%$ ) для лівої та на  $+0,99$  см ( $+3,9\%$ ) для правої стопи. Зміни обхвату пучкової ділянки були менш вираженими і становили  $+0,67$  см ( $+2,7\%$ ) для лівої та  $+0,37$  см ( $+1,5\%$ ) для правої стопи.

Довжина сліду стопи змінювалася незначно: приріст становив  $+0,17$  см ( $+0,7\%$ ) для лівої та  $+0,16$  см ( $+0,7\%$ ) для правої стопи, що відповідає фізіологічній варіабельності поздовжніх параметрів. Отримані зміни суттєво перевищували межі інструментальної похибки вимірювань, що підтверджує достовірність встановлених морфометричних змін стопи під час вагітності.

Отримані дані ( $n = 7$ ; 29–39 років) підтвердили суттєвий вплив віку та функціонального стану організму на вираженість морфометричних і біомеханічних змін стопи в період вагітності. У жінок віком 35–39 років спостерігалися більші прирости обхватних параметрів стопи, вищі показники плантарного тиску та більш виражені набрякові прояви, тоді як у жінок 29–31 років зміни мали менш інтенсивний характер і супроводжувалися швидшим післяпологовим відновленням. Встановлено, що морфофункціональна перебудова стопи під час вагітності має індивідуальний характер і залежить від комплексу вікових, соматичних та адаптаційно-компенсаторних чинників організму, що необхідно враховувати під час проектування адаптивного та ортопедичного взуття для вагітних жінок.

Проведене дослідження підтвердило, що вагітність супроводжується суттєвими антропометричними та біомеханічними змінами стопи й нижніх кінцівок, які безпосередньо впливають на комфорт і функціональність взуття. Зростання маси тіла та обхвату тазу зумовлює трансформацію об'ємно-просторових параметрів стопи, зокрема збільшення її обхватів, зниження висоти поздовжнього склепіння та формування тенденції до плоскостопості. Найбільш виражені ці зміни у III триместрі та частково зберігаються у післяпологовому періоді. Додатковим чинником є набряки та збільшення окружності гомілки, що підсилює варіабельність розмірних характеристик і потребує врахування у процесі проектування.

З урахуванням встановлених похибок вимірювань визначено, що вони формують межі точності формоутворення та обґрунтовують необхідність конструктивних допусків в адаптивному взутті. При проектуванні колодки доцільно передбачати функціональний припуск  $0,5$ – $1,0$  см у передньому та середньому відділах стопи, що забезпечує компенсацію як індивідуальної варіабельності, так і динамічних змін об'єму. Конструкція устілки має ґрунтуватися на використанні натуральних матеріалів і модульних елементів підтримки, здатних нівелювати незначні відхилення геометрії склепіння. Верх взуття повинен передбачати резерв об'єму та використання матеріалів із контрольованою еластичністю, що дозволяє адаптуватися до набряків і змін форми стопи. Діапазон регулювання адаптивних застібок має становити не менше  $1,5$ – $2,0$  см, забезпечуючи індивідуальне підлаштування без надмірної компресії матеріалів. Таким чином, урахування похибок вимірювань та морфофункціональних змін є науково обґрунтованою основою для розробки адаптивного взуття, що поєднує анатомічну відповідність, функціональну гнучкість і комфорт, а подальші дослідження з розширенням вибірки та впровадженням цифрових технологій сприятимуть формуванню стандартів його проектування.

#### Висновки

Дослідження показало, що вагітність суттєво впливає на морфофункціональний стан стопи, зокрема спричиняє збільшення її об'єму, зміну форми та зниження висоти поздовжнього склепіння. Частина змін, пов'язаних із набряками, має зворотний характер, однак окремі структурні трансформації можуть зберігатися після пологів. Зростання маси тіла та зміщення центру ваги зумовлюють підвищення навантаження на стопу і супроводжуються адаптаційними змінами біомеханіки ходи. Отримані результати обґрунтовують необхідність індивідуалізованого підходу до проектування взуття для вагітних, із урахуванням змінних антропометричних параметрів стопи та використанням адаптивних конструктивних рішень. Доцільним є застосування анатомічних устілок, амортизаційних підошов і регульованих елементів фіксації, що забезпечують підтримку склепіння, рівномірний розподіл навантаження та підвищення комфорту в період вагітності та після пологів.

#### Список використаної літератури

1. Mikeska O., Gimunova M. Assessment of distribution of plantar pressures and foot characteristics during walking in pregnant women // Acta of Bioengineering and Biomechanics. 2019. Vol. 21, No. 3. P. 52. DOI: 10.5277/ABB-01373-2019-04.
2. Alvarez R., Stokes I. A. F. Dimensional changes of the feet in pregnancy // Journal of Bone and Joint Surgery. Series A. 1988. Vol. 70. P. 271–274. DOI: 10.2106/JBJS.26.00076.
3. Bertuit J., Leyh C. Plantar pressure during gait in pregnant women // Journal of the American Podiatric Medical Association. 2016. Vol. 106. P. 398–405. DOI: 10.7547/15-064.

4. Branko M. A. C., Santos-Rocha R. Three-dimensional kinematic adaptations of gait throughout pregnancy and post-partum // *Acta Bioengineering and Biomechanics*. 2016. Vol. 18. P. 153–162. DOI: 10.5277/ABB-00418-2015-05.
5. Gijon-Nogueron G. A., Gavilan-Diaz M., Valle-Funes V., Jimenez-Cebrian A. M., Cervera-Marin J. A., Morales-Asencio J. M. Anthropometric changes in the foot during pregnancy: a pilot study // *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2013. Vol. 103, No. 4. P. 314–321. DOI: 10.7547/1030314.
6. Masłoń A., Suder A., Curyło M., Frączek B., Salamaga M., Ivanenko Y., Forczek-Karkosz W. Influence of pregnancy related anthropometric changes on plantar pressure distribution during gait: a follow-up study // *PLoS ONE*. 2022. Vol. 17, No. 3. Art. e0264939. DOI: 10.1371/journal.pone.0264939.
7. Шубенок О. С., Омельченко Н. М., Коновал В. П. Ортопедичні пристосування до взуття вагітних жінок // *Легка промисловість*. 2005. № 4. С. 58–59.
8. Kuzina N., Chertenko L., Kernesh V. Anthropometric changes in the foot of a pregnant woman // *Applied Researches in Technics, Technologies and Education*. 2025. P. 63–71. DOI: 10.15547/artte.2025.02.001.
9. Segal N. A. et al. Pregnancy leads to lasting changes in foot structure // *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2013. Vol. 92, No. 3. P. 232–240. DOI: 10.1097/PHM.0b013e31827443a9.
10. Zangão M. O. B. et al. Changes in foot biomechanics during pregnancy and postpartum: scoping review // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2024. Vol. 21, No. 5. P. 638. DOI: 10.3390/ijerph21050638.
11. Dimou E., Manavis A., Papachristou E., Kyratsis P. A conceptual design of intelligent shoes for pregnant women // *Business Models and ICT Technologies for the Fashion Supply Chain : Proceedings of IT4Fashion2016*. P. 200–209.
12. Лещишин М. М. Дослідження та підвищення комфортності взуття за індивідуальним замовленням // *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Технічні науки*. 2020. № 5(150). С. 56–66. DOI: 10.30857/1813-6796.2020.5.5.

#### References

1. Mikeska, O., & Gimunova, M. (2019). Assessment of distribution of plantar pressures and foot characteristics during walking in pregnant women. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 21(3), 52. <https://doi.org/10.5277/ABB-01373-2019-04>
2. Alvarez, R., & Stokes, I. A. F. (1988). Dimensional changes of the feet in pregnancy. *Journal of Bone and Joint Surgery. Series A*, 70, 271–274. <https://doi.org/10.2106/JBJS.26.00076>
3. Bertuit, J., & Leyh, C. (2016). Plantar pressure during gait in pregnant women. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 106, 398–405. <https://doi.org/10.7547/15-064>
4. Branko, M. A. C., & Santos-Rocha, R. (2016). Three-dimensional kinematic adaptations of gait throughout pregnancy and post-partum. *Acta Bioengineering and Biomechanics*, 18, 153–162. <https://doi.org/10.5277/ABB-00418-2015-05>
5. Gijon-Nogueron, G. A., Gavilan-Diaz, M., Valle-Funes, V., Jimenez-Cebrian, A. M., Cervera-Marin, J. A., & Morales-Asencio, J. M. (2013). Anthropometric changes in the foot during pregnancy: A pilot study. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 103(4), 314–321. <https://doi.org/10.7547/1030314>
6. Masłoń, A., Suder, A., Curyło, M., Frączek, B., Salamaga, M., Ivanenko, Y., & Forczek-Karkosz, W. (2022). Influence of pregnancy related anthropometric changes on plantar pressure distribution during gait: A follow-up study. *PLoS ONE*, 17(3), e0264939. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264939>
7. Shubenok, O. S., Omelchenko, N. M., & Konoval, V. P. (2005). Ortopedychni prystosuvannia do vzuttia vahitnykh zhinok [Orthopedic adaptations for footwear of pregnant women]. *Lehka Promyslovist*, 4, 58–59.
8. Kuzina, N., Chertenko, L., & Kernesh, V. (2025). Anthropometric changes in the foot of a pregnant woman. *Applied Researches in Technics, Technologies and Education*, 63–71. <https://doi.org/10.15547/artte.2025.02.001>
9. Segal, N. A., et al. (2013). Pregnancy leads to lasting changes in foot structure. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 92(3), 232–240. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e31827443a9>
10. Zangão, M. O. B., et al. (2024). Changes in foot biomechanics during pregnancy and postpartum: Scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(5), 638. <https://doi.org/10.3390/ijerph21050638>
11. Dimou, E., Manavis, A., Papachristou, E., & Kyratsis, P. (2016). A conceptual design of intelligent shoes for pregnant women. In *Business Models and ICT Technologies for the Fashion Supply Chain: Proceedings of IT4Fashion2016* (pp. 200–209).
12. Leshchyshyn, M. M. (2020). Doslidzhennia ta pidvyshchennia komfortnosti vzuttia za indyvidualnym zamovlenniam [Research and improvement of footwear comfort for individual orders]. *Visnyk Kyivskoho Natsionalnoho Universytetu Tekhnolohii ta Dyzzainu. Serii: Tekhnichni Nauky*, 5(150), 56–66. <https://doi.org/10.30857/1813-6796.2020.5>

*Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026*

*Дата прийняття статті до друку після рецензування: 11.05.2026*

*Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.05.2026*