

МРНТИ 64.41.14

Д.Т. Максудова<sup>1</sup> – основной автор, | ©  
М.У. Илхамова<sup>2</sup>, Д.К. Турсунова<sup>3</sup>

 <sup>1</sup>PhD, <sup>2,3</sup>PhD, доцент

ORCID <sup>2</sup><https://orcid.org/0009-0002-2605-8510>

 <sup>1,2,3</sup>Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,  
г. Ташкент, Узбекистан

@ <sup>2</sup>[malokhat\\_69\\_86@mail.ru](mailto:malokhat_69_86@mail.ru)

<https://doi.org/10.55956/NPCT1583>

## ГЕНДЕРНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ СТОПЫ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ, И ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ СТЕПЕНИ ПЛОСКОСТОПИЯ С ВЫРАЖЕННОСТЬЮ ВАЛЬГУСНОЙ ДЕФОРМАЦИИ (HALLUX VALGUS) У МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ УЗБЕКИСТАНА

**Аннотация.** Статья посвящена анализу распространенности заболеваний стоп среди медицинских работников учреждений здравоохранения Узбекистана. В исследовании применены два метода измерения параметров стоп: первый – комбинированный, включающий использование стопомера, измерительной ленты и 2D-сканирования; второй – метод 3D-сканирования с использованием оборудования INFOOT. Проведен гендерно-ориентированный сравнительный анализ морфологических параметров стоп и распространенности таких деформаций, как плоскостопие и вальгусная деформация первого пальца (hallux valgus). В результате исследования установлены процентные соотношения стоп с нормальной анатомической структурой (категория НС + ВН – нормальный продольный свод и отсутствие вальгусной деформации) и стоп с различными видами деформаций среди мужчин и женщин. Выявлены статистически значимые различия в частоте встречаемости патологий по половому признаку, что подчеркивает необходимость учета гендерного фактора при разработке профилактических мероприятий, а также при проектировании и выборе специализированной медицинской обуви.

**Ключевые слова:** параметры стопы, медицинские работники, методы обмера, 2D-сканирование, 3D-сканирование, заболевания стоп, половые различия, плоскостопие, hallux valgus, Узбекистан.



Максудова, Д.Т. Гендерно-ориентированный анализ параметров стопы, полученных с использованием различных методов измерения, и оценка взаимосвязи степени плоскостопия с выраженностью вальгусной деформации (hallux valgus) у медицинских работников Узбекистана [Текст] / Д.Т. Максудова, М.У. Илхамова, Д.К. Турсунова //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №3(89). – С.227-233. <https://doi.org/10.55956/NPCT1583>

**Введение.** Профессиональная деятельность медицинских работников требует длительного пребывания в вертикальном положении, что приводит к высокой нагрузке на нижние конечности и стопы. Постоянные статические и

динамические нагрузки, недостаточная эргономика обуви и ограниченные возможности для отдыха создают предпосылки для развития таких патологий, как плоскостопие, варикозное расширение вен, мозоли, грибковые поражения и деформации сводов стопы [1,2].

В связи с этим для формирования эффективных профилактических подходов и требований к спецобуви, разработки дизайна, оценки соответствия и клинического применения, актуальным является измерение пространственных характеристик стопы и изучение распространенности заболеваний стоп у медицинского персонала, с учетом половых различий [3].

**Условия и методы исследования.** В исследовании использованы два основных метода для сбора информации о характеристиках стоп: комбинированный метод, при котором измерение длиннотных размеров и размеров по обхвату производится с помощью стопомера и измерительной ленты [4], а для получения отпечатка стопы использовано 2D сканирование с методикой, описанной в работах [5,6]. Данные, полученные путем 2D сканирования стопы, использованы для подсчета индекса арки стопы, для измерения ширины стопы, а также определения угла отклонения большого пальца. Вертикальные замеры, такие как высота ладьевидной кости и высота стопы, определялись с помощью линейки.

Метод 3D сканирования разработан с применением передовых оптоэлектронных технологий для сбора антропометрических данных [6,7]. Согласно методу 3D сканирования можно получить данные о поверхности и объеме стопы, а также рассмотреть его в поперечном разрезе. Преимущества применения 3D сканирования заключаются в возможности исследовать сразу большое количество участников за считанные минуты с точными и правильными результатами [8].

Перед началом обмеров с помощью наклеек на стопе определяют характерные анатомические точки, прикрепляют метки на нужные позиции правой поверхности стопы обмеряемого. Две позиции для установки меток находятся в плюсневой большеберцовой и плюсневой малоберцовой точках. Плюсневая большеберцовая точка определяется как самая срединная точка в начале первой плюсневой кости стопы. Плюсневая малоберцовая точка – боковая точка в начале пятой плюсневой кости. Эти же самые две анатомические точки были использованы для первого и второго методов и 3D сканирования. Самая крайняя точка пятки определена в качестве начальной точки. Каждый размерный признак стопы был изучен двумя методами исследования.

Исследования проведены среди медицинского персонала ряда лечебно-профилактических учреждений Узбекистана. Общее количество обследованных составило 426 человек, из них 182 мужчины и 244 женщины. Средний возраст мужчин составил  $21,25 \pm 2,15$ , от 28 до 688 лет. Соответственно, средний рост составил  $172,89 \pm 6,12$  см, а вес –  $76,49 \pm 5,97$  кг. Средний возраст женщин составил  $21,98 \pm 2,94$ , от 18 до 30 лет. Средний показатель роста –  $162,09 \pm 6,2$  см, вес –  $63,32 \pm 5,69$  кг. Ввиду временных ограничений проводилось обследование только доминирующей стопы. Для определения доминирующей стопы, использован метод удара ногой по мячу [9,10]. В случае, когда испытуемый не мог точно определить какой ногой он ударит ногой по мячу, снимались мерки с правой и левой стопы, и данные стопы с большим размером по длине стопы включались для статистических характеристик выборок. Все обследования по измерению характеристик стопы проводились утром с целью минимизировать деформацию объема.

Определялись следующие размерные признаки стопы: длина стопы, длина продольно-срединного свода стопы, длина продольно-бокового свода стопы, ширина стопы в горизонтальной плоскости и ширина пятки, обхват стопы по наружному пучку, по внутреннему пучку, угол отклонения большого пальца, состояние продольного свода.

**Результаты исследований и их обсуждение. Анализ антропометрических показателей стоп.** Проведенные измерения параметров стопы комбинированным методом с использованием измерительных приборов и 2D сканирования стопы (1 метод), а также 3D сканирования с использованием сканера INFOOT (2 метод), позволили получить количественные характеристики размерных признаков стоп мужчин и женщин, а также их вариабельность. Основные статистические параметры, исследованных размерных признаков (по выборкам) представлены в таблице 1. Рисунки 1 и 2 демонстрируют примеры 3D- и 2D-сканирования стопы, реализованных в рамках настоящей работы.

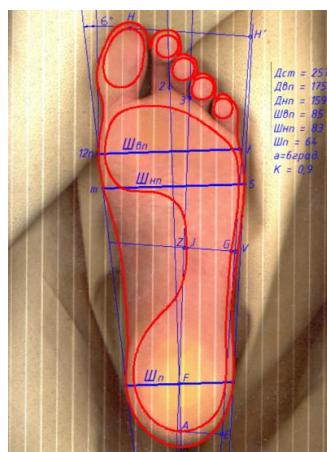


Рис. 1. Экранное отображение цифровой плантограммы стопы, полученной методом 2D-сканирования

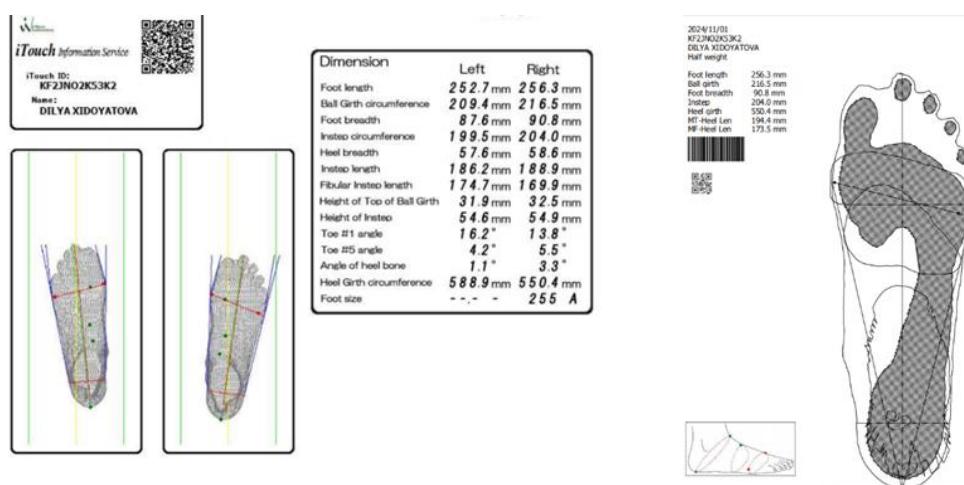


Рис. 2. Экранное отображение цифровой модели стопы и антропометрических параметров, полученных методом 3D-сканирования (INFOOT)

Таблица 1

Статистические параметры основных размерных признаков стоп женщин, полученных двумя методами

Антropометрический признак	1 метод		2 метод		Отклонение	
	(комбинированный метод)		(3D сканирование)			
	М	Ж	М	Ж	М	Ж
Длина стопы, $D_{cm}$	271,2	237	273,6	239,2	-2,4	-2,2
Обхват по плюсне, $O_{pl}$	267,6	241,5	265,2	239,4	2,4	2,1
Ширина стопы, $W_{cm}$	107,6	97,6	106,7	97,6	0,9	0
Обхват подъема, $O_{pod}$	258,7	239,1	260,7	241,1	-2	-2
Ширина пятки, $W_p$	68,7	67,9	69,3	67	-0,6	0,9
Длина внутреннего пучка, $D_{bp}$	191,1	176,5	193,2	176,2	-2,1	0,3
Длина по наружному пучку, $D_{bp.l}$	178,7	155,3	179,7	156	-1	-0,7
Высота по верхней линии плюсны, $h_{pl}$	41,8	39,1	42,3	40,6	-0,5	-1,5
Высота подъема, $h_{pod}$	69,8	68,9	70,8	68,9	-1	0
Угол отклонения большого пальца, $\alpha^\circ$	11,3°	26°	12°	24°	1,7	2
Косой обхват, $O_{nc}$	337	320,2	339	322,2	-2	-2
Состояние продольного свода стопы, $K_{cm}$	1,23	1,32	1,2	1,3	0,03	0,02
Размер обуви, $N$	270	235	270	235	0	0

Примечание: М – мужчины; Ж – женщины.

Среднеарифметической величины по основным параметрам не превышает 0,5% величины признака, что свидетельствует о достоверности полученных данных, обоими методами, однако установлено, что 3D сканирование не выдает данных, касающихся степени продольного свода измеряемой стопы, для определения этого показателя необходимо провести ряд операций.

Для проведения гендерного анализа распространенности продольного плоскостопия в сочетании с вальгусной деформацией стопы были использованы данные, полученные с помощью двух методов. При этом степень плоскостопия в данной работе определялась коэффициентом плоскостопия [4,5], а по наличию вальгуса большого пальца нормальная стопа имеет угол отклонения меньше 10°, 1 степень – менее 20°, 2 степень – 20–30°, 3 степень – более 30°.

Статистический анализ включал подсчет абсолютных и относительных показателей (в % от общего числа обследованных в каждой группе).

Определение состояния продольного свода и вальгусной деформации большого пальца у обеих групп исследуемых позволило установить следующие результаты (рис. 3).

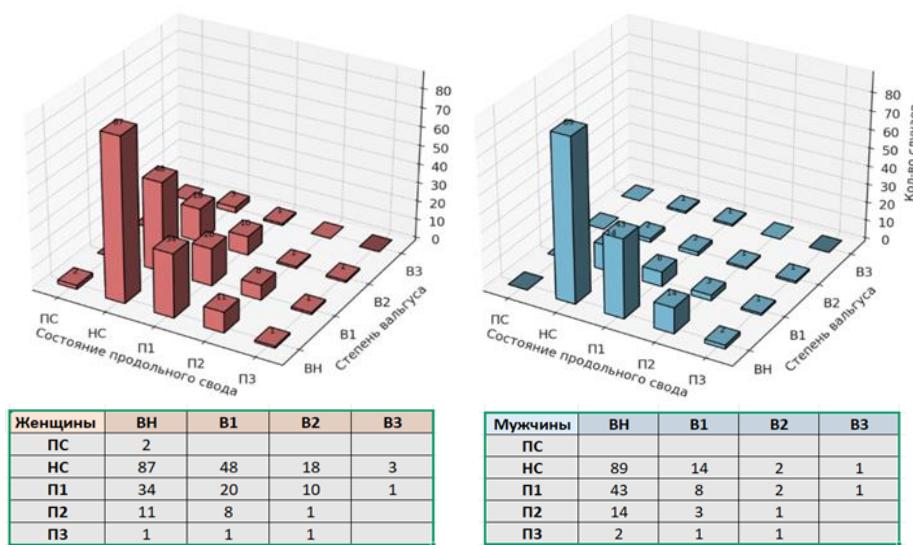


Рис. 3. Распространенность деформаций продольного плоскостопия в сочетании с вальгусной деформацией большого пальца

Из общего количества обследованных стоп мужчин 89 стоп (48,9%) были отнесены к условно здоровым (нормальный свод и отсутствие вальгусной деформации), с учетом того что вальгусные деформации большого пальца подразделяются на 93 стопы (51,1%) имели различные отклонения – от легкой степени вальгуса до плоскостопия 2-3 степени. Из 244 обследованных стоп женщин 87 стоп (35,7%) были признаны условно здоровыми, 157 стоп (64,3%) имели различную степень продольного и поперечного нарушения, в том числе в сочетании с вальгусной деформацией. Женщины демонстрируют существенно большую распространенность деформаций стоп по сравнению с мужчинами – на 13-14 процентных пунктов выше. Это подтверждает наличие гендерных различий в анатомо-функциональных характеристиках стоп и подчеркивает необходимость дифференцированного подхода при разработке профилактических программ, выборе ортопедической обуви и в клинической практике. Учитывая полученные данные, рекомендуется пересмотреть требования к обуви медицинского персонала с учетом гендерных особенностей, а также внедрить сменную профилактическую обувь, учитывающую особенности работы медицинских работников.

**Заключение.** Таким образом, в результате проведенного исследования была получена антропометрическая информация о форме и размерах стоп, а также определены параметры условной средней стопы выделенной группы, необходимые для создания рациональной внутренней формы. Можно отметить, что результаты исследования открывают новые горизонты для медицинской практики и разработки профилактических программ. Также рассматривается возможность внедрения технологий 3D моделирования для более точного анализа и мониторинга состояния стоп у различных групп населения.

#### Список литературы

1. Wang C.S. An analysis and evaluation of fitness for shoe lasts and human feet // Computers in Industry. – 2010. – Vol. 61, № 6. – P. 532-540.

2. Witana C.P., Feng J., Goonetilleke R.S. Dimensional differences for evaluating the quality of footwear fit // Ergonomics. – 2004. – Vol. 47, № 12. – P. 1301-1317.
3. Бондаренко, А.В. Заболевания стоп у работников с повышенной нагрузкой: причины и профилактика [Текст] / А.В. Бондаренко, Е.А. Козловская // Медицина труда и экология человека. – 2019. – № 6. – С. 32-35.
4. Костылева, В.В. Практикум по конструированию изделий из кожи [Текст]: учебное пособие / В.В. Костылева, В.М. Ключникова. – Москва: ИНФРА-М, 2025. – 353 с.
5. Максудова, У.М. Использование компьютерных технологий при антропометрических исследованиях стоп [Текст] / У.М. Максудова, М.У. Илхамова, Д.З. Пазылова, Ш.Ш. Шералиев // Тукимачилик муаммолари. – Ташкент, 2013. – № 2. – С. 33-36.
6. Турсунова, Д.Т. Совершенствование конструкции детской профилактической обуви [Текст]: дис. ... Phd / Д.Т. Турсунова. – Ташкент: ТИТЛП, 2022. – 160 с.
7. Robinette K.M., Daanen H.A.M. Precision of the CAESAR scan-extracted measurements // Applied Ergonomics. – 2006. – Vol. 37, № 3. – P. 259-265.
8. Liu S., Chi Y., Sanchez S., Stricker D. Foot scanning and deformation estimation using time-of-flight cameras // Footwear Science. – 2011. – Vol. 3, № 1. – P. 98-99.
9. Telfer S., Woodburn J. The use of 3D surface scanning for the measurement and assessment of the human foot // Journal of Foot and Ankle Research. – 2010. – Vol. 3. – P. 19-27.
10. Kanchan T., Krishan K., ShyamSundar S., Aparna K.R., Jaiswal S. Analysis of footprint and its parts for stature estimation in Indian population // Foot (Edinb). – 2012. – Vol. 22, № 3. – P. 175-180.

Материал поступил в редакцию 21.07.25, принят 15.09.25.

Д.Т. Максудова<sup>1</sup>, М.У. Илхамова<sup>1</sup>, Д.К. Турсунова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ташкент тоқыма және жеңіл өнеркәсіп институты, Ташкент қ., Өзбекстан

#### ӨЗБЕКСТАН МЕДИЦИНА ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРІНДЕ АЯҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ӘРТҮРЛІ ӨЛШЕУ ӘДІСТЕРИМЕН АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ЖАЗЫҚТАБУАНЫҢ ДӘРЕЖЕСІ МЕН HALLUX VALGUS ДЕФОРМАЦИЯСЫНЫҢ АРАҚАТЫНАСЫН ГЕНДЕРЛІК-ТАЛДАУ

**Аңдатпа.** Мақала Өзбекстан деңсаулық сақтау мекемелерінің медицина қызметкерлері арасында аяқ ауруларының таралуын талдауға арналған. Зерттеуде аяқ параметрлерін өлшеудің екі әдісі қолданылды: біріншісі – стопомерді, өлшеу таспасын және 2D-сканерлеуді қамтитын біріктірілген әдіс; екіншісі – INFOOT жабдығын қолдана отырып 3D-сканерлеу әдісі. Аяқтың морфологиялық параметрлерінің және жалпақтабандылық пен hallux valgus сияқты деформациялардың таралуының гендерлік салыстырмалы талдауы жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде қалыпты анатомиялық құрылымы бар аяқтардың (НС + ВН санаты – қалыпты ұзыннан табан күмбезі және hallux valgus жок) және әртүрлі деформациялары бар аяқтардың ерлер мен әйелдер арасындағы пайыздық арақатынасы анықталды. Патологиялардың жыныстық белгілерге байланысты таралуында статистикалық түрғыдан маңызды айырмашылықтар табылды. Бұл алдын алу шараларын әзірлеуде, сондай-ақ арнайы медициналық аяқ киімді жобалау мен таңдауда гендерлік факторды ескерудің қажеттілігін айқындаиды.

**Тірек сөздер:** аяқ параметрлері, медицина қызметкерлері, өлшеу әдістері, 2D-сканерлеу, 3D-сканерлеу, аяқ аурулары, жыныстық айырмашылықтар, жалпақтабандылық, hallux valgus, Өзбекстан.

D.T. Maksudova<sup>1</sup>, M.U. Ilkhamova<sup>1</sup>, D.K. Tursunova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

**GENDER-ORIENTED ANALYSIS OF FOOT PARAMETERS OBTAINED USING DIFFERENT MEASUREMENT METHODS AND ASSESSMENT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE DEGREE OF FLATFOOT AND THE SEVERITY OF HALLUX VALGUS DEFORMATION IN HEALTHCARE WORKERS OF UZBEKISTAN**

**Abstract.** The article is devoted to the analysis of the prevalence of foot disorders among healthcare workers in medical institutions of Uzbekistan. Two methods of measuring foot parameters were applied in the study: the first – a combined method including the use of a footmeter, measuring tape, and 2D scanning; the second – a 3D scanning method using INFOOT equipment. A gender-oriented comparative analysis of morphological foot parameters and the prevalence of such deformations as flatfoot and hallux valgus was carried out. The study revealed the percentage distribution of feet with normal anatomical structure (category NS + VNS – normal longitudinal arch and absence of hallux valgus) and feet with various types of deformations among men and women. Statistically significant differences in the prevalence of pathologies by gender were identified, which highlights the need to take the gender factor into account when developing preventive measures, as well as in the design and selection of specialized medical footwear.

**Keywords:** foot parameters, healthcare workers, measurement methods, 2D scanning, 3D scanning, foot disorders, gender differences, flatfoot, hallux valgus, Uzbekistan.

**References**

1. Wang C.S. An analysis and evaluation of fitness for shoe lasts and human feet // Computers in Industry. – 2010. – Vol. 61, No. 6. – P. 532-540.
2. Witana C.P., Feng J., Goonetilleke R.S. Dimensional differences for evaluating the quality of footwear fit // Ergonomics. – 2004. – Vol. 47, No. 12. – P. 1301-1317.
3. Bondarenko A.V., Kozlovskaya E.A. Zabolevaniya stop u rabotnikov s povyshennoj nagruzkoj: prichiny i profilaktika [Foot diseases in workers with increased load: causes and prevention] // Occupational Medicine and Human Ecology. – 2019. – No. 6. – P. 32-35. [in Russian].
4. Kostyleva V.V., Klyuchnikova V.M. Praktikum po konstruirovaniyu izdelij iz kozhi [Workshop on designing leather products]: textbook. – Moscow: INFRA-M, 2025. – 353 p. [in Russian].
5. Maksudova U.M., Ilkhamova M.U., Pazylova D.Z., Sheraliev Sh.Sh. Ispolzovanie kompyuternykh tekhnologij pri antropometricheskikh issledovaniyah stop [Use of computer technologies in anthropometric studies of feet] // Problems of Textile Industry. – Tashkent, 2013. – No. 2. – P. 33-36. [in Russian].
6. Tursunova D.T. Sovershenstvovanie konstruktsii detskoi profilakticheskoi obuvi [Improvement of the design of children's preventive footwear]: PhD dissertation. – Tashkent: TITLP, 2022. – 160 p. [in Russian].
7. Robinette K.M., Daanen H.A.M. Precision of the CAESAR scan-extracted measurements // Applied Ergonomics. – 2006. – Vol. 37, No. 3. – P. 259-265.
8. Liu S., Chi Y., Sanchez S., Stricker D. Foot scanning and deformation estimation using time-of-flight cameras // Footwear Science. – 2011. – Vol. 3, No. 1. – P. 98-99.
9. Telfer S., Woodburn J. The use of 3D surface scanning for the measurement and assessment of the human foot // Journal of Foot and Ankle Research. – 2010. – Vol. 3. – P. 19-27.
10. Kanchan T., Krishan K., ShyamSundar S., Aparna K.R., Jaiswal S. Analysis of footprint and its parts for stature estimation in Indian population // Foot (Edinb). – 2012. – Vol. 22, No. 3. – P. 175-180.