

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

ORIGINAL RESEARCH

Анатомия человека

Anatomy

doi: 10.25005/2074-0581-2025-27-3-572-582

КИНЕМАТИКА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ПРИ ВАЛЬГУСНОЙ ДЕФОРМАЦИИ БОЛЬШОГО ПАЛЬЦА СТОПЫ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ У ЖЕНЩИН СРЕДНЕГО, ПОЖИЛОГО СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТОВ

Л.А. УДОЧКИНА¹, Ю.В. ХЛЕБНИКОВ¹, О.И. ВОРОНЦОВА², М.Ю. КАПИТОНОВА³, П.Г. ГУРЕЕВ⁴, С.В. ДИАНОВ¹

¹ Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Российская Федерация

² Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, Астрахань, Российская Федерация

³ Факультет медицины и здравоохранения, Университет Малайзии Саравак, Кота Самарахан, Малайзия

⁴ Городская клиническая больница № 3 им. С.М. Кирова, Астрахань, Российская Федерация

Цель исследования: выявление особенностей кинематики тазобедренного сустава (ТБС) при вальгусной деформации стопы (НВ) различной степени у женщин.

Материал и методы: в исследование было включено 60 женщин среднего, пожилого и старческого возрастов, среди которых было 32 пациентки с НВ умеренной и тяжёлой степенями (18 и 14 женщин, группы 1а и 1б соответственно) и 28 женщин без патологии опорно-двигательного аппарата (группа II), сопоставимых по возрасту, росту, весу, индексу массы тела и длине конечности. Кинематические параметры ТБС оценивались с использованием систем захвата движения и анализа Vicon и программного обеспечения Vicon Nexus 2.0 и Vicon Polygon 4.2 (United Kingdom). Полученные данные об угловых перемещениях в ТБС на всём протяжении цикла шага (ЦШ) анализировались статистически.

Результаты: у пациенток с тяжёлой степенью НВ отмечены глубокие изменения кинематики ТБС, значения которых значительно отличались от показателей не только контрольной группы, но и группы с умеренной степенью НВ, включая увеличение угла сгибания в начале ЦШ и на втором пике сгибания в конце фазы среднего переноса, а также уменьшение угла разгибания в фазу предпереноса. Кроме того, при тяжёлой степени НВ имело место увеличение угла приведения в середине фазы опоры, а также уменьшение угла отведения в фазу раннего переноса по сравнению с пациентками с умеренной степенью НВ и женщинами контрольной группы, тогда как при умеренной степени НВ значения угла сгибания на его втором пике и угла приведения также на втором его пике не отличались от контрольной группы.

Заключение: полученные данные могут способствовать улучшению существующих методов лечения НВ с различными степенями тяжести, основываясь на понимании биомеханики не только дистальных, но и проксимальных суставов нижней конечности, а также совершенствованию профилактики осложнений и рецидивов данной патологии.

Ключевые слова: *Hallux valgus, тазобедренный сустав, кинематика суставов, система захвата движения.*

Для цитирования: Удочкина ЛА, Хлебников ЮВ, Воронцова ОИ, Капитонова МЮ, Гуреев ПГ, Дианов СВ. Кинематика тазобедренного сустава при вальгусной деформации большого пальца стопы различной степени у женщин среднего, пожилого старческого возрастов. *Вестник Авиценны.* 2025;27(3):572-82. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2025-27-3-572-582>

KINEMATICS OF THE HIP JOINT IN MIDDLE-AGED, ELDERLY, AND SENILE FEMALE PATIENTS WITH MODERATE AND SEVERE HALLUX VALGUS DEFORMITY

L.A. UDOCHKINA¹, Y.V. KHLEBNIKOV¹, O.I. VORONTSOVA², M. KAPITONOVA³, P.G. GUREEV⁴, S.V. DIANOV¹

¹ Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russian Federation

² Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev, Astrakhan, Russian Federation

³ Faculty of Medicine and Health Sciences, Universiti Malaysia Sarawak, Kota Samarahan, Sarawak, Malaysia

⁴ Municipal Clinical Hospital № 3 named after S.M. Kirov, Astrakhan, Russian Federation

Objective: This study aimed to identify the features of hip joint (HJ) kinematics in women with hallux valgus (HV) deformity of varying severity.

Methods: The study included 60 middle-aged, elderly, and senile females, among whom there were 32 patients with moderate and severe HV (18 and 14 women, Groups 1a and 1b, respectively) and 28 women without musculoskeletal disorders (Group 2), matched by age, height, weight, body mass index, and limb length. Kinematic parameters of the HJ were assessed using a Vicon motion capture and analysis system, specifically the Vicon Nexus 2.0 and Vicon Polygon 4.2 software (UK). The obtained data on angular values of the HJ kinematics throughout the entire gait cycle (GC) were analyzed statistically.

Results: In patients with severe HV, profound changes in HJ kinematics were observed, with values significantly differing not only from the control group but also from the group with moderate HV. These included an increase in flexion angle at the beginning of the GC and at the second flexion peak during the late swing phase, as well as a decrease in extension angle during the pre-swing phase. In addition, severe HV was associated with an increase in adduction angle during the mid-stance phase and a decrease in abduction angle during the early swing phase, compared to patients with moderate HV and women in the control group. In contrast, in moderate HV, the flexion angle at the second peak and the adduction angle at the second peak of adduction did not differ significantly from those of the control group.

Conclusion: The obtained data may contribute to improving existing treatment methods for HV of varying severity, based on an understanding of the biomechanics of not only distal but also proximal joints of the lower limb, as well as to the prevention of complications and recurrence of this pathology.

Keywords: *Hallux valgus, hip joint, joint kinematics, motion capture.*

For citation: Udochkina LA, Khlebnikov YuV, Vorontsova OI, Kapitonova MYu, Gureev PG, Dianov SV. Kinematika tazobedrennogo sustava pri val'gusnoy deformatsii bol'shogo pal'tsa stopy razlichnoy stepeni u zhenshchin srednego, pozhilogo starcheskogo vozrastov [Kinematics of the hip joint in middle-aged, elderly, and senile female patients with moderate and severe hallux valgus deformity]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2025;27(3):572-82. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2025-27-3-572-582>

ВВЕДЕНИЕ

Вальгусная деформация большого пальца стопы (Hallux valgus, HV) является распространённой патологией, которая встречается у 23% лиц в возрасте 18-65 лет и у 36% в возрасте старше 65 лет; чаще всего начало заболевания приходится на возраст 30-60 лет, при этом у женщин оно развивается примерно в два раза чаще, чем у мужчин. HV вызывает боль, нарушение подвижности суставов нижней конечности и создаёт чувство дискомфорта при ношении обуви, являясь самым частым показанием к хирургическим вмешательствам на стопе [1-5]. В последнее время пациенты с HV все чаще прибегают к хирургической коррекции этой деформации, однако в двух третях случаев она приводит к рецидиву данного состояния [6], что требует совершенствования методов хирургического лечения, основанных на глубоком понимании биомеханики не только стопы, но и всей нижней конечности, поскольку хорошо известно, что HV является не изолированной проблемой стопы, а формирует патофизиологические цепочки, вовлекающие в патологический процесс проксимальные отделы нижней конечности.

В литературе немало исследований по изменению походки у пациентов с HV [7-9] и биомеханике суставов нижней конечности. Помимо голеностопного и других суставов стопы [10-12], достаточно подробно описана биомеханика коленного сустава у пациентов с HV [13-15], однако по кинематике тазобедренного сустава (ТБС) имеются лишь единичные работы [16-18], что и побудило нас выполнить данное исследование.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определить особенности кинематики ТБС у женщин среднего, пожилого и старческого возрастов с умеренной и тяжёлой степенью вальгусной деформации стопы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование одобрено этическим комитетом Астраханского государственного медицинского университета (протокол № 12 от 17.09.2018). В него были включены пациенты, обратившиеся за медицинской помощью в ГКБ № 3 города Астрахани с диагнозом вальгусной деформации большого пальца стопы в 2020-2023 годах и прошедшие обследование в лаборатории по исследованию биомеханики движений человека Астраханского государственного университета им. В.Н. Татищева (ЦПК «Трёхмерное исследование биомеханики движений»), где производилась оценка кинематических параметров ТБС с использованием системы захвата движения и систем анализа Vicon (Vicon, Oxford, United Kingdom); включающих 10 инфракрасных камер Vicon T40, две видеокамеры Bonita 720, динамометрическую платформу AMTI (OR6-5-1000, Watertown, Massachusetts, USA), цифровой мультимедийный коммутатор Vicon Giganet Lab, а также программное обеспечение Vicon Nexus 2.0 и Vicon Polygon 4.2 (United Kingdom). Регистрирова-

INTRODUCTION

Hallux valgus (HV) is a common pathology, affecting 23% of individuals aged 18-65 years and 36% of those over 65 years. The onset most often occurs between the ages of 30 and 60, with women being affected approximately twice as often as men. HV causes pain, impaired mobility of the lower limb joints, and discomfort when wearing shoes, being the most frequent indication for foot surgery [1-5]. Recently, patients with HV have increasingly sought surgical correction of this deformity; however, in two-thirds of cases, it is accompanied by recurrence [6], which necessitates improvement of surgical treatment methods based on a deeper understanding of the biomechanics not only of the foot but of the entire lower limb. It is well established that HV is not an isolated problem of the foot, but instead forms a pathophysiological chain involving proximal segments of the lower limb.

Numerous studies have examined gait changes in patients with HV [7-9]. In addition to the ankle and other foot joints [10-12], the biomechanics of the knee joint in patients with HV has been described in sufficient detail [13-15]. However, regarding the hip joint (HJ) kinematics, there are only a few studies that have been conducted [16-18], which prompted us to conduct the present study.

PURPOSE OF THE STUDY

To determine the features of HJ biomechanics in women of middle, elderly, and senile age with moderate and severe HV deformity of the foot.

METHODS

The study was approved by the Ethics Committee of Astrakhan State Medical University, Ministry of Health of Russia (protocol No. 12 dated September 17, 2018). It included patients who sought medical care at City Clinical Hospital No. 3 of Astrakhan with a diagnosis of HV deformity of the great toe in 2020-2023 and underwent examination at the Laboratory for Human Motion Biomechanics Research of Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev (Center for Three-Dimensional Motion Biomechanics Research), where HJ kinematic parameters were assessed using the Vicon motion capture and analysis system (Vicon, Oxford, UK). The system included 10 Vicon T40 infrared cameras, two Bonita 720 video cameras, an AMTI dynamometric platform (OR6-5-1000, Watertown, Massachusetts, USA), a Vicon Giganet Lab digital multiplex switch, as well as Vicon Nexus 2.0 and Vicon Polygon 4.2 software (UK). Spatiotemporal gait parameters and angular values of the limb segments in the HJ, knee, and ankle joints were recorded.

All patients signed informed consent to participate in the study. Inclusion criteria were: 1) female sex, 2) middle, elderly, and senile age, and 3) diagnosis of left-sided or bilateral mod-

лись угловые перемещения сегментов конечностей в голеностопном, коленном и тазобедренном суставах.

Все пациенты подписали информированное согласие на проведение исследования. Критерии включения: 1) женский пол, 2) средний, пожилой и старческий возраста, 3) диагноз левосторонней или двусторонней вальгусной деформации большого пальца стопы средней или тяжелой степеней с наличием проявлений заболевания не менее 6 мес. Критерии исключения: 1) клинически значимые травмы и перенесенные оперативные вмешательства на нижней конечности, 2) заболевания опорно-двигательного аппарата, нейро-мышечные расстройства, неврологические состояния, влияющие на походку (вертиго, перенесенный инсульт и др.), 3) индекс массы тела более 35 кг/м², 4) односторонний правосторонний HV, 5) беременность.

У каждой испытуемой был собран анамнез, произведен осмотр травматологом-ортопедом и выполнена рентгенография стопы. По классификации Mann & Coughlin [19] угол HV определялся по рентгенограмме как угол между длинными осями первой плюсневой кости и проксимальной фаланги большого пальца. Интерметатарзальный угол определялся как угол между длинными осями I и II плюсневых костей. Учитывалась степень HV: умеренная, или средняя (если угол HV >20°, но <40°, а интерметатарзальный угол 11-16°) или тяжелая (если угол HV >40°, а интерметатарзальный угол >16°).

С учетом критериев включения и исключения в исследование вошли 32 пациентки с HV и 28 женщин-добровольцев соответствующего возраста, веса и роста без заболеваний опорно-двигательного аппарата, составивших контрольную группу; для последних третий критерий включения являлся критерием исключения. У всех женщин измеряли вес, рост, длину нижней конечности, а также рассчитывали индекс массы тела.

Испытуемых просили осуществить пять серий шагов в привычном для них постоянном темпе по секциям динамометрической платформы длиной 6 м. Зарегистрированные системой захваты движения испытуемых анализировались с помощью программного обеспечения Vicon Polygon.

Статистический анализ полученных данных анализировался с применением программы Statistica 10 (StatSoft Inc., Tulsa, USA). Нормальность распределений определялась с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. При нормальном распределении, данные представлялись как средние $\pm$ стандартное отклонение и анализировались с помощью t-критерия Стьюдента. Применялся однофакторный дисперсионный анализ с апостериорным попарным сравнением по критерию Стьюдента с поправкой Бонферрони. При ненормальном распределении данные представлялись как Me [Q1; Q3], для сравнения групп применялся тест Манна-Уитни. Однофакторный анализ в этом случае проводился с применением критерия Крускала-Уоллиса с апостериорным попарным сравнением по критерию Манна-Уитни с поправкой Бонферрони. Значения средних и стандартного отклонения использованы из аналогичных ранее проведенных исследований [18]. Расчёты показали, что минимальное число исследований в каждой группе составляет 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего в исследование включено 60 женщин среднего, пожилого и старческого возрастов (от 24 до 80 лет) по возрастной классификации АПН СССР (1965), среди которых 32 женщины с HV (I группа) и 28 контрольных женщин (II группа). В I группе средний возраст составил 52,47 $\pm$ 15,33 лет; средний вес 69,27 $\pm$ 13,21

erate or severe HV deformity with disease manifestations for at least 6 months. Exclusion criteria were: 1) clinically significant injuries and previous surgical interventions on the lower limb, 2) musculoskeletal diseases, neuromuscular disorders, neurological conditions affecting gait (vertigo, previous stroke, etc), 3) body mass index >35 kg/m², 4) unilateral right-sided HV, 5) pregnancy.

For each subject, medical history was collected, a physical examination by an orthopaedic surgeon was performed, and foot radiography was carried out. According to the Mann & Coughlin classification [19], the HV angle was determined on radiographs as the angle between the long axes of the first metatarsal bone and the proximal phalanx of the hallux. The intermetatarsal angle was determined as the angle between the long axes of the first and second metatarsal bones. The degree of HV was considered moderate (if 20°<HV angle<40°, and the intermetatarsal angle 11-16°) or severe (if the HV angle $\geq$ 40° and the intermetatarsal angle >16°).

Considering the inclusion and exclusion criteria, 32 HV patients and 28 age-, weight-, and height-matched women without musculoskeletal pathology, who comprised the control group, were enrolled in the study. For the latter, the third inclusion criterion served as an exclusion criterion. In all women, body weight, height, and lower limb length were measured, and body mass index was calculated.

The subjects were asked to perform five series of steps at their habitual steady pace along the sections of a 6-meter dynamometric platform. Motion capture data were analyzed using Vicon Polygon software.

Statistical analysis of the obtained data was performed using Statistica 10 software (StatSoft Inc., Tulsa, USA). Normality of distributions was assessed using the Kolmogorov-Smirnov test. For normally distributed data, results were presented as mean $\pm$ standard deviation and analyzed using Student's t-test. One-way analysis of variance (ANOVA) was performed using post-hoc pairwise comparisons by Student's t-test with Bonferroni correction. For non-normally distributed data, results were presented as M [Q1; Q3], and group comparisons were performed using the Mann-Whitney test. One-way analysis in this case was carried out using the Kruskal-Wallis test with post-hoc pairwise comparisons by the Mann-Whitney test with Bonferroni correction. The mean values and standard deviations were taken from similar previously conducted studies [18]. Calculations showed that the minimum sample size in each group was 10.

RESULTS

A total of 60 women of middle, elderly, and senile age (from 24 to 80 years), according to the age classification of the USSR Academy of Paedagogical Sciences (1965), were included in the study, among whom there were 32 women with HV (Group 1) and 28 control women (Group 2). In Group 1, the mean age was 52.47 $\pm$ 15.33 years (p=0.21); mean weight 69.27 $\pm$ 13.21 kg (p=0.09); mean body mass index 26.85 $\pm$ 5.24 kg/m² (p=0.11); mean height 160.91 $\pm$ 5.84 cm (p=0.44); mean leg length 77.63 $\pm$ 2.83 cm (p=0.72). According to the Shapiro-Wilk test, all anthropometric indicators exhibited a normal distribution (p>0.05). None of the listed anthropometric parameters showed significant differences between Group 1 and Group 2 (p>0.05).

Among patients with HV, moderate deformity was diagnosed in 18 (Group 1a, 56%) and severe deformity in 14 (Group

кг; средний индекс массы тела $26,85 \pm 5,24$ кг/м²; средний рост $160,91 \pm 5,84$ см; средняя длина ноги $77,63 \pm 2,83$ см. По критерию Шапиро-Уилка все антропометрические показатели имели нормальное распределение ($p > 0,05$). Ни по одному из перечисленных антропометрических показателей между I и II группами не было статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

Среди пациенток с HV умеренная степень была диагностирована у 18 (Ia группа, 56%), а тяжёлая – у 14 (Ib группа, 44%). Для правомерности сравнения кинематики ТБС у этих двух групп пациенток, мы сопоставили их антропометрические показатели (табл. 1).

Таким образом, как следует из табл. 1, группы Ia и Ib были сопоставимы по всем антропометрическим показателям.

Подавляющее большинство пациенток (81,3%) имело двусторонний HV, 18,7% имели левосторонний HV. Определение угла HV и интерметатарзального угла проводилось по рентгенограммам (рис. 1 и 2).

Таблица 1 Сравнительная характеристика пациенток с HV умеренной и тяжёлой степеней по антропометрическим показателям, $M \pm \sigma$

Группа Group	Возраст, лет Age, years	Вес, кг Weight, kg	Рост, см Height, cm	Индекс массы тела, кг/м ² Body mass index, kg/m ²	Длина нижней конечности, см Lower limb length, cm
Ia/1a	51.78 ± 13.59	66.35 ± 10.3	161.22 ± 5.56	25.81 ± 3.99	79.00 ± 3.79
Ib/1b	53.5 ± 17.57	72.3 ± 16.57	159.79 ± 6.39	28.34 ± 6.29	77.43 ± 4.38
p	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

Примечание: p – статистическая значимость различий между группами Ia и Ib
Note: p – statistical significance of difference between Groups 1a and 1b

1b, 44%). To ensure the validity of the comparison of HJ kinematics in these two patient groups, we compared their anthropometric parameters (Table 1).

Thus, as shown in Table 1, Groups 1a and 1b were comparable in all anthropometric indicators.

The vast majority of patients (81.3%) had bilateral HV, and 18.7% had left-sided HV. The determination of the HV angle and the intermetatarsal angle was performed on radiographs (Figs. 1 and 2).

In Fig. 3, examples of kinematic curves of HJ movements during the gait cycle (GC) are presented: a woman from the control group (a), patients with moderate (b), and severe (c) HV. In all three graphs, peak flexion values are observed at initial contact (0-2% GC), which immediately begin to decrease until mid-stance (up to 30% GC). After this, extension begins, reaching its peak during the pre-swing phase (51-62% GC). Thereafter, extension

Table 1 Comparison of anthropometric indicators of patients with moderate and severe HV, $M \pm \sigma$

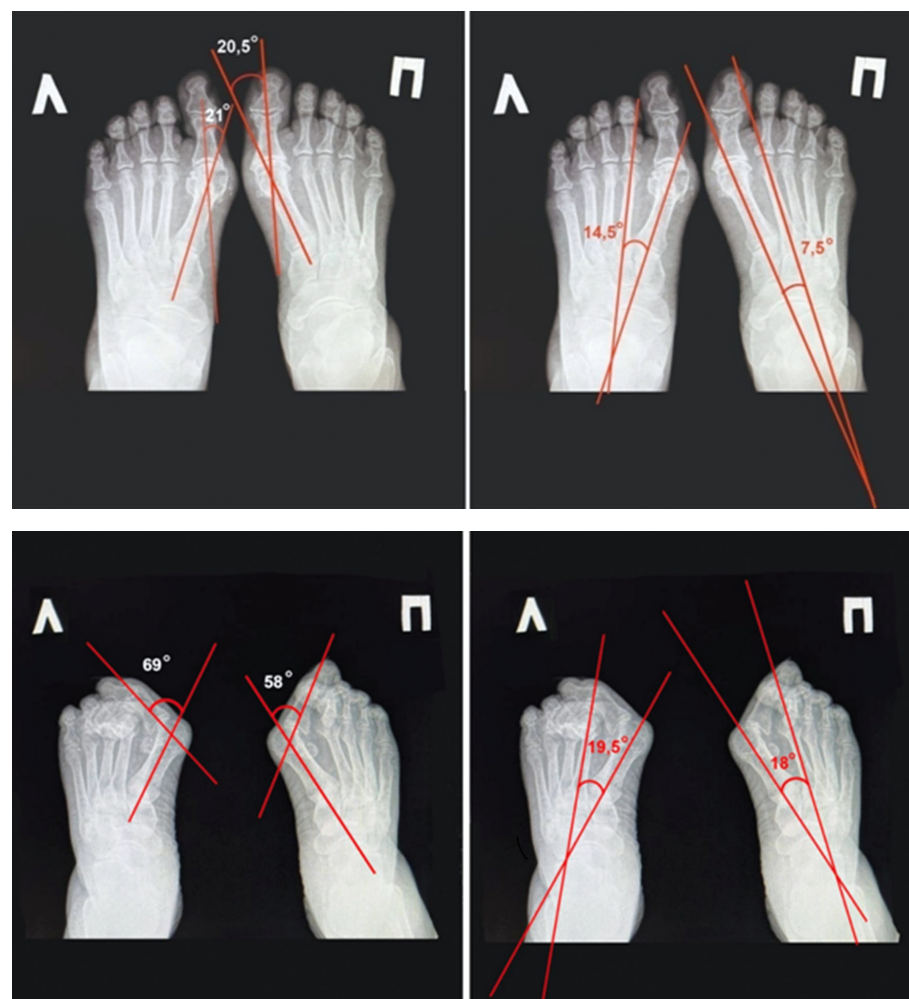


Рис. 1 Определение угла HV и интерметатарзального угла у пациентки с левосторонним HV средней степени

Fig. 1 Determination of the HV and the intermetatarsal angles in a patient with left-sided moderate HV

Рис. 2 Определение угла HV и интерметатарзального угла у пациентки с двусторонним HV тяжёлой степени

Fig. 2 Determination of the HV and the intermetatarsal angles in patients with bilateral severe HV

На рис. 3 представлены примеры кинематических кривых движений в ТБС в цикле шага (ЦШ) женщины из контрольной группы (а), а также пациенток с HV умеренной (в) и тяжёлой (с) степеней. На всех трёх рисунках при первоначальном контакте (0-2% ЦШ) отмечались пиковые значения сгибания, которые сразу начинали уменьшаться вплоть до середины фазы опоры (до 30% ЦШ), после чего начиналось разгибание, достигавшее пика в фазу переноса (51-62% ЦШ). Затем разгибание начинало уменьшаться и сменялось сгибанием, достигавшем II пикового значения в конце фазы переноса (88-100% ЦШ).

На рис. 3с видно, что у пациентки с тяжёлой степенью HV положение разгибания не достиглось (при движении бедра назад угол оставался положительным), и бедро оставалось в согнутом положении. Помимо этого, на рисунке виден большой диапазон движений вокруг поперечной оси у пациенток с HV по сравнению с женщиной контрольной группы, а также большие углы сгибания и меньший угол разгибания обеих конечностей в ТБС при HV умеренной и тяжёлой степенях по сравнению с контрольной испытуемой.

В табл. 2 представлены данные кинематики движений в ТБС вокруг поперечной оси у женщин Ia, Ib и II групп.

Как следует из табл. 2, у женщин всех трёх групп по F-критерию имели место статистически значимые различия значений угла сгибания в начале ЦШ, которые были подтверждены последующим апостериорным сравнением групп с применением критерия Тьюки с поправкой Бонферрони: по данному параметру группы женщин с HV умеренной и тяжёлой степеней статистически значимо различались между собой и с контрольной группой. По пиковому значению угла разгибания в фазу переноса в соответствии с критерием Крускала-Уоллиса у женщин трёх групп также имелись статистически значимые отличия; апостериорные парные сравнения с применением критерия Манна-Уитни с поправкой Бонферрони показали наличие статистически значимых отличий по данному параметру между группами пациенток с HV умеренной и тяжёлой степеней, а также между ними и контрольной группой. Пиковые значения угла сгибания, приходящиеся на конец фазы среднего переноса, также имели статистически значимые отличия у испытуемых трёх групп в соответствии с критерием Крускала-Уоллиса, апостериорные парные сравнения с применением критерия Манна-Уитни с поправкой Бонферрони показали наличие статистически значимых отличий по данному параметру групп пациенток с HV умеренной и тяжёлой степеней, а также с HV тяжёлой степени и женщин контрольной группы.

Таким образом, кинематика движений в ТБС у пациенток с тяжёлой степенью HV резко отличалась от контрольной группы по

beginns to decrease and is replaced by flexion, reaching a second peak at the end of the swing phase (88-100% GC).

As seen in Fig. 3c, the extension position is not achieved in a patient with severe HV (when the thigh moves backward, the angle remains positive), and the thigh remains in a flexed position. In addition, Fig. 3 shows a greater range of motion (ROM) around the transverse axis in patients with HV (Figs. 3b and 3c) compared to the control woman (Fig. 3a), as well as a greater flexion angle and a smaller extension angle of both limbs in the HJ in moderate (Fig. 3b) and severe (Fig. 3c) HV than in the control woman (Fig. 3a).

Table 2 presents the data on HJ kinematics of movements around the transverse axis in women of Groups 1a, 1b, and 2.

As shown in Table 2, significant differences in flexion angle values at the GC beginning were found among women in all three groups, as determined by the F-test. These differences were confirmed by subsequent post-hoc comparisons using Tukey's test with the Bonferroni correction. In this parameter, groups of women with moderate and severe HV significantly differed both from each other and from the control group. Regarding the peak value of the extension angle in the pre-swing phase, significant differences were also observed among women of the three groups according to the Kruskal-Wallis test; post-hoc pairwise comparisons using the Mann-Whitney test with Bonferroni correction revealed significant differences in this parameter between groups of patients with moderate and severe HV, as well as between them and the control group. The peak values of the flexion angle occurring at the end of the mid-swing phase also showed significant differences among subjects of the three groups according to the Kruskal-Wallis test; post-hoc pairwise comparisons using the Mann-Whitney test with Bonferroni correction demonstrated significant differences in this parameter between groups of patients with moderate and severe HV, as well as between those with severe HV and women of the control group.

Thus, the kinematics of HJ movements in patients with severe HV differed markedly from those of the control group in all

Рис. 3 Примеры кинематических кривых движений в ТБС в ЦШ женщин из контрольной группы (а), с HV умеренной (б) и тяжёлой (с) степенями (красный цвет – левая нога, зелёный цвет – правая нога)

Fig. 3 Examples of HJ kinematic curves during the GC in women from the control group (a), with moderate (b), and with severe (c) HV (red line – left lower limb, green line – right lower limb)

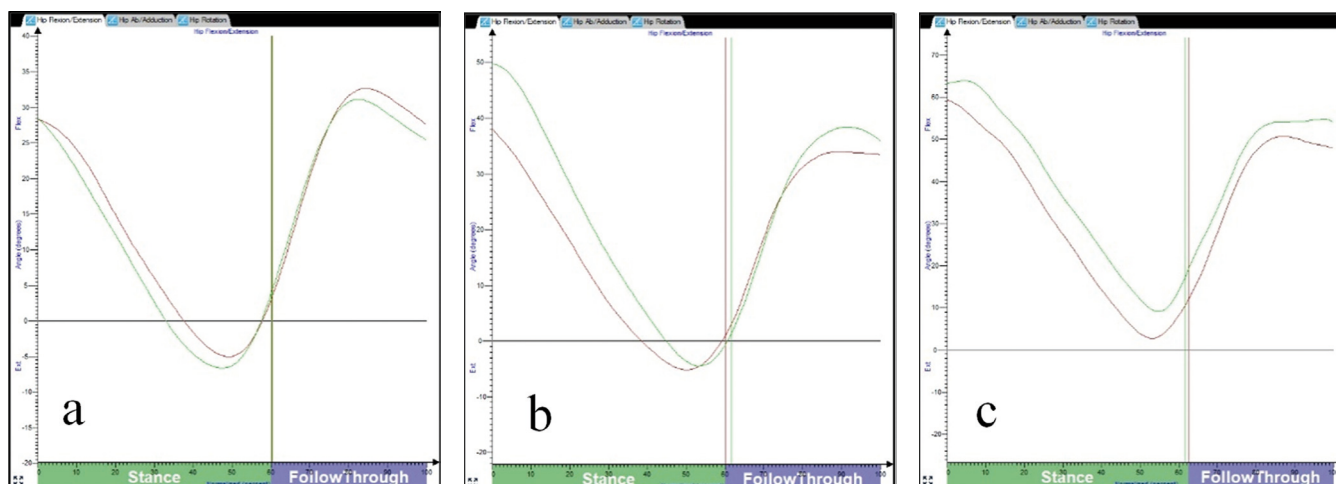


Таблица 2 Сравнительная характеристика кинематики движений в ТБС в сагиттальной плоскости у больных с НВ и женщин контрольной группы

Table 2 HJ kinematics of movements around the transverse axis in moderate and severe HV patients and the control group women

Критерии/группы/ фазы ЦШ GC/movement tests/Groups	Начало ЦШ (I пик сгибания) GC beginning (1 st peak of flexion)			Пик разгибания Peak of extension			II пик сгибания 2 nd peak of flexion		
	Ia 1a	Ib 1b	II 2	Ia 1a	Ib 1b	II 2	Ia 1a	Ib 1b	II 2
N проходок N of trials	90	70	140	90	70	140	90	70	140
M±σ	40,381± 6.469	49,526± 6.945	35.429± 9.216	-4.717± 5.021	-1.749± 1.475	-7.143± 6.115	36.92± 5.66	46.450± 8.051	35.893± 6.876
Me [Q1; Q3]						-6 [-12; -2]	36.75 [34.5; 40.6]	45.05 [42.9; 49.01]	34.75 [30; 40]
p (df=2)		<0.001*			<0.001			<0.001	
p ₁	<0.001*	<0.001*		=0.004	<0.001		>0.017	<0.001	
p ₂		<0.001*			<0.001			<0.001	

Примечания: p – статистическая значимость различий между всеми исследуемыми группами (Ia, Ib и II) (по критерию Крускала-Уоллиса; * – ANOVA); p₁ – статистическая значимость различий по сравнению со II группой; p₂ – статистическая значимость различий между группами Ia и Ib (по критерию Манна-Уитни; * – по критерию Тьюки). С учётом поправки Бонферрони для p₁ и p₂ уровень статистической значимости α=0,017

Notes: p – statistical significance of difference between all groups (1a, 1b, 2, Kruskal-Wallis test; *ANOVA); p₁ – statistical significance of differences with Group 2; p₂ – statistical significance of difference between Groups 1a and 1b (Mann-Whitney test, * – Tukey test). With Bonferroni correction for p₁ and p₂ the level of statistical significance is α=0.017

всем пиковым значениям углов сгибания и разгибания в различные фазы ЦШ, в то время как у пациенток с умеренной степенью НВ увеличение второго пикового значения угла сгибания не достигало уровня значимости.

Рис. 4 отражает кинематику движений в ТБС во фронтальной плоскости.

У испытуемой контрольной группы (а) ЦШ начинался в положении приведения (∠4°-6°), после чего у левой ноги имело место увеличение угла приведения до достижения пика в середине фазы опоры (∠7°), а затем угол приведения начинал уменьшаться, и бедро переходило в состояние отведения, пик которого (∠-4°) приходился на фазу раннего переноса. Далее начиналось уменьшение угла отведения, и бедро переходило в состояние приведения, достигая второго пикового значения (∠1,5°) в фазу среднего переноса. Правая нога показывала сходную кинематику, за исключением отсутствия первого пика приведения в середине фазы опоры.

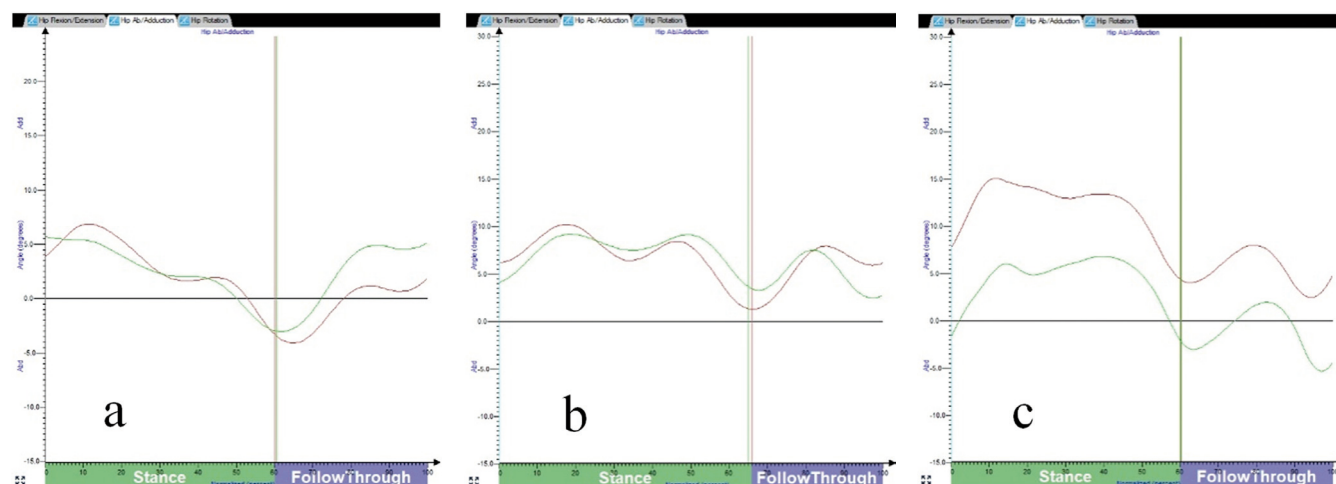
У пациентки с НВ умеренной степени обе нижние конечности демонстрировали сходную динамику движений в ТБС вокруг сагиттальной оси (рис. 4b): положение отведения не достигалось

peak values of flexion and extension angles across various GC phases. At the same time, in patients with moderate HV the increase in the second flexion peak compared to the control group did not reach statistical significance.

In the woman from the control group (a), the GC begins in the adduction position (∠4°-6°), after which the left leg shows an increase in the adduction angle, reaching a peak in mid-stance (∠7°). Then, the adduction angle begins to decrease, and the thigh shifts into abduction, with the peak (∠-4°) occurring during the early swing phase. Subsequently, the abduction angle decreases, and the thigh moves into adduction, reaching the second

Рис. 4 Примеры кинематических кривых движений в ТБС вокруг сагиттальной оси женщин из контрольной группы (а), с НВ умеренной (b) и тяжёлой (c) степенями (красный цвет – левая нога, зелёный цвет – правая нога)

Fig. 4 Examples of kinematic curves of HJ movements around the sagittal axis in women from the control group (a), with moderate (b), and with severe (c) HV (red line – left lower limb, green line – right lower limb)



на протяжении всего ЦШ, и нога оставалась в положении приведения во всех его фазах; кроме того имелись три пика сгибания, так как появлялся дополнительный пик в фазу предпереноса, достигавший значений $\angle 8^{\circ}$ – 10° для левой и правой ноги соответственно.

У пациентки с HV тяжёлой степени левая нога демонстрировала резкое увеличение первого пика приведения до $\angle 15^{\circ}$ в середине фазы опоры и также не достигала положения отведения на всём протяжении ЦШ, оставаясь в состоянии приведения с минимальным углом $\angle 5^{\circ}$ в фазу предпереноса, в то время как правая нога достигала состояния отведения до $\angle -2^{\circ}$ и имела более низкие пики приведения.

Нормализованная по ЦШ кинематика движений в ТБС во фронтальной плоскости у женщин Ia, Ib и II групп представлена в табл. 3.

Как следует из табл. 3, по критерию Крускала-Уоллиса первое пиковое значение приведения в середине фазы опоры статистически значимо различалось во всех трёх группах испытуемых: Ia, Ib и II. Апостериорное попарное сравнение по критерию Манна-Уитни с поправкой Бонферрони показало, что по данному параметру группы женщин с HV умеренной и тяжёлой степеней статистически значимо различались между собой и с контрольной группой. Пиковое значение угла отведения в фазу раннего переноса в соответствии с критерием Крускала-Уоллиса у всех трёх групп было статистически значимо различным. Апостериорные попарные сравнения по критерию Манна-Уитни с поправкой Бонферрони подтвердили наличие статистически значимых отличий по данному показателю у обеих групп пациенток с HV от контрольной группы и между собой. По второму пиковому значению угла приведения в фазу среднего переноса по критерию Крускала-Уоллиса также имело место статистически значимое отличие между испытуемыми всех трёх групп, которое было подтверждено попарным апостериорным сравнением по критерию Манна-Уитни с поправкой Бонферрони группы пациенток с тяжёлой степенью HV и контрольной группы, в то время как различия у пациенток с HV умеренной степени по данному показателю с контрольной группой и группой пациенток с тяжёлой степенью HV не достигало уровня значимости ($p > 0,017$).

Таблица 3 Сравнительная характеристика кинематики движений в ТБС вокруг сагиттальной оси (приведение-отведение) у больных с HV и женщин контрольной группы

Критерии/ группы/фазы ЦШ GC/movement tests/ Groups	I пик приведения 1 st peak of adduction			Пик отведения Peak of abduction			II пик приведения 2 nd peak of adduction		
	Ia 1a	Ib 1b	II 2	Ia 1a	Ib 1b	II 2	Ia 1a	Ib 1b	II 2
N проходок N of trials	90	70	140	90	70	140	90	70	140
M±σ	7.092± 3.814	8.878± 5.597	6.536± 2.543	-5.475± 4.019	-0.638± 0.540	-6.286± 3.097	2.914± 2.755	3.525± 2.852	2.607± 2.847
Me [Q1; Q3]	8.10 [3.70; 10]	—	6.75 [5; 8]	—	—	-7 [-8; -5]	—	—	2.75 [0; 6]
p (df=2)	<0.001			<0.001			=0.032		
p ₁	=0.013	<0.001		=0.006	<0.001		>0.017	=0.006	
p ₂		=0.008			<0.001			>0.017	

Примечания: p – статистическая значимость различий между всеми исследуемыми группами (Ia, Ib и II) (по критерию Крускала-Уоллиса); p₁ – статистическая значимость различий по сравнению со II группой; p₂ – статистическая значимость различий между группами Ia и Ib (по критерию Манна-Уитни). С учётом поправки Бонферрони для p₁ и p₂ уровень статистической значимости $\alpha=0,017$

Notes: p – statistical significance of difference between all groups (1a, 1b, 2, Kruskal-Wallis test); p₁ – statistical significance of differences with Group 2; p₂ – statistical significance of difference between Groups 1a and 1b (Mann-Whitney test). With Bonferroni correction for p₁ and p₂ the level of statistical significance is $\alpha=0.017$

peak ($\angle 1.5^{\circ}$) in the mid-swing phase. The right leg shows a similar kinematic pattern, except for the absence of the first adduction peak in mid-stance.

In the patient with moderate HV, both lower limbs demonstrate a similar dynamic of HJ movements around the sagittal axis (Fig. 4b): abduction is not achieved across the GC, and the hip remains in adduction in all its phases; in addition, there are three flexion peaks, since an additional peak appears in the pre-swing phase, reaching $\angle 8^{\circ}$ and 10° for the left and right legs, respectively.

In the patient with severe HV, the left hip shows a sharp increase in the first adduction peak to $\angle 15^{\circ}$ in mid-stance. Likewise, it does not achieve abduction across the GC, remaining in adduction with a minimum angle of $\angle 5^{\circ}$ in the pre-swing phase. In contrast, the right leg reaches abduction up to $\angle -2^{\circ}$ and has lower adduction peaks.

Normalized to the GC, the kinematics of HJ movements in the frontal plane in women of Groups 1a, 1b, and 2 are presented in Table 3.

As shown in the Table 3, according to the Kruskal-Wallis test, the first adduction peak in mid-stance significantly differed among the three groups of subjects: 1a, 1b, and 2. Post-hoc pairwise comparisons using the Mann-Whitney test with the Bonferroni correction revealed that, in this parameter, the groups of patients with moderate and severe HV differed significantly from each other and from the control group of women. The peak abduction angle in the early swing phase also showed significant differences among all three groups, as determined by the Kruskal-Wallis test. Post-hoc pairwise comparisons using the Mann-Whitney test with the Bonferroni correction confirmed significant differences in this parameter between the two HV patient groups and the control group, as well as between the moderate and severe HV patient groups. Regarding the second adduction peak in the mid-swing phase, the Kruskal-Wallis test also revealed significant differences among all three groups of subjects, which were confirmed by post-hoc pairwise comparisons using the Mann-Whitney test with the Bonferroni correction between the control group and the severe HV patient groups. In contrast, the

Table 3 Comparative characteristics of HJ kinematics around the sagittal axis (adduction-abduction) in patients with moderate and severe HV and women of the control group

ОБСУЖДЕНИЕ

Ходьба позволяет оценить подвижность суставов и диапазон движений в них [20]. HV не является изолированной проблемой большого пальца стопы или даже всей стопы и её суставов. Исследования ряда авторов показали, что HV провоцирует изменения во всей кинематической цепи нижней конечности, включая таз и проксимальные суставы (коленный сустав и ТБС), вызывая избыточность или недостаточность определённых движений в них, а также оказывает влияние на функциональное состояние таза и поясницы пациента [16-18].

Проведённое нами исследование показало, что, наряду с хорошо известным влиянием HV на походку и дистальные суставы нижней конечности, имеет место нарушение кинематики движений в ТБС, которое зависит от степени тяжести HV. Так, у пациентов с тяжёлой степенью HV по сравнению не только с контрольной группой, но и с группой пациенток с умеренной степенью HV, имеет место значимое увеличение угла сгибания в ТБС в начале цикла шага, а также статистически значимое уменьшение угла разгибания в фазу переноса, когда у большинства из них нога не достигает состояния разгибания, оставаясь в положении сгибания на всём протяжении ЦШ. В то же время, у пациенток с умеренной степенью HV имело место статистически значимое увеличение угла сгибания в ТБС в начале цикла и уменьшение угла разгибания в фазу переноса по сравнению с контрольной группой, однако увеличение угла сгибания в конце фазы переноса не было статистически значимым.

Нарушение кинематики движений в ТБС вокруг сагиттальной оси у пациенток с HV было также опосредовано степенью заболевания. У пациенток с тяжёлой степенью HV имело место значимое увеличение угла приведения в середине фазы опоры, а также уменьшение угла отведения в фазу раннего переноса по сравнению как с контрольной группой, так и с группой пациенток с умеренной степенью заболевания. При этом у большинства пациенток с тяжёлой степенью HV положение отведения не достигалось, и нога оставалась в нейтральном состоянии или в состоянии приведения на всём протяжении ЦШ. У пациенток с умеренной степенью HV по сравнению с контрольной группой статистически значимо увеличивался угол приведения в середине фазы опоры и уменьшался угол отведения в фазу раннего переноса, однако по второму пику приведения в фазу среднего переноса отличия от контрольной группы у них были не значимы. Примечательно, что группы пациенток с умеренной и тяжёлой степенями HV статистически значимо различались не только по уменьшению угла отведения в фазу раннего переноса, но и по увеличению угла приведения в середине фазы опоры, однако различия по второму пиковому значению приведения в фазу среднего переноса между ними были статистически не значимыми.

Одним из нерешённых вопросов остаётся связь HV с развитием остеоартроза ТБС. В литературе нет однозначного мнения по данному вопросу. Ряд авторов считает, что HV провоцирует развитие остеоартроза проксимальных суставов нижней конечности, а другие – что он не повышает риска развития данного заболевания [13, 15]. Вероятно, одной из причин этого противоречия является то обстоятельство, что большинство исследований проводилось на малом количестве пациентов без учёта степени HV. Недостаточное количество наблюдений может объяснить наличие неоднозначной информации по кинематике ТБС при HV.

Так, при обследовании 13 женщин пожилого возраста с HV умеренной и тяжёлой степеней, обнаружено увеличение диапазона движений в ТБС в сагиттальной плоскости по сравнению с

differences between patients with moderate HV and both the control group and the severe HV group did not reach the level of significance.

DISCUSSION

Gait allows evaluation of joint mobility and range of motion [20]. HV is not an isolated problem of the hallux or even of the entire foot and its joints. Previous studies have shown that it provokes changes across the whole of the lower limb kinematic chain, including the pelvis and proximal joints (knee and hip), causing redundancy or insufficiency of specific movements in them, and also affecting the functional state of the pelvis and lumbar spine of the patient [16-18].

The present study demonstrated that, along with the well-known influence of HV on gait and lower limb distal joints, there are also impairments of hip joint kinematics, which depend on the severity of HV. Thus, in patients with severe HV compared not only with the control group but also with moderate HV patients, there was a significant increase in the hip flexion angle at the beginning of the gait cycle, as well as a significant decrease in the extension angle in the pre-swing phase, when in most of them the hip did not achieve extension, remaining in flexion throughout the GC. At the same time, in patients with moderate HV, there was a significant increase in the hip flexion angle at the beginning of the GC and a decrease in the extension angle in the pre-swing phase compared to the control group. In contrast, the increase in flexion angle at the end of the swing phase compared to the control group was not significant.

Impairments of HJ movements around the sagittal axis in patients with HV were also mediated by the severity of the disease. In patients with severe HV, there was a significant increase in the adduction angle in mid-stance and mid-swing, as well as a decrease in the abduction angle in the early swing phase, compared with both the control group and the moderate HV group. Moreover, in most patients with severe HV, abduction was not achieved, and the hip remained in a neutral or adduction position across the GC. In patients with moderate HV compared with the control group, there was a significant increase in the adduction angle in mid-stance and a decrease in the abduction angle in the early swing phase; however, for the second adduction peak in the mid-swing phase, the differences from the control group were not significant. It is noteworthy that groups of patients with moderate and severe HV significantly differed not only in the decrease of the abduction angle in the early pre-swing phase but also in the increase of the adduction angle in mid-stance; in contrast, there were no significant differences in the second adduction peak during the mid-swing phase between them.

The relationship between HV and the development of HJ osteoarthritis remains the unresolved issues. The literature does not provide a unanimous opinion on this matter. Some authors believe that HV provokes the development of osteoarthritis in the proximal joints of the lower limb, while others consider that it does not increase the risk of this disorder [13, 15]. One of the reasons for this contradiction is likely that most studies were conducted on a small number of patients without considering the severity of HV. An insufficient number of observations may explain the presence of inconsistent information on HJ kinematics in HV.

Thus, in one study examination of 13 elderly female patients with moderate and severe HV showed an increase in the range of HJ motion in the sagittal plane compared with 13 control subjects

13 контрольными наблюдаемыми [17], а в другом исследовании, при анализе кинематики ТБС у 10 пациентов с НВ не обнаружено статистически значимых изменений угловых значений ТБС при ходьбе по сравнению с контрольной группой [21].

Изучено влияние хирургического лечения (остеотомии I плюсневой кости) у 11 пациенток с НВ, у которых обнаружено постоперационное уменьшение угла приведения [18], при этом авторы указывают на малое число своих наблюдений, как вероятную причину невозможности обнаружения изменений в кинематике движений в ТБС в сагиттальной плоскости. Наше исследование, включающее 32 пациенток с НВ, разделённых на группы с умеренной и тяжёлой степенями вальгусной деформации, показало, что именно у пациенток с тяжёлой степенью НВ имеет место глубокое нарушение кинематики движений ТБС в разных плоскостях практически на всём протяжении ЦШ, что необходимо учитывать при выборе методов лечения и профилактики осложнений и рецидивов вальгусной деформации стопы.

Ограничения исследования. В нашем исследовании отсутствует кинетический анализ, приводятся лишь данные по кинематике ТБС. Хотя у всех включённых в исследование пациенток имелось поражение левой стопы, у части из них не было вальгусной деформации правой стопы, что могло оказывать влияние на кинематику контралатерального ТБС. При этом мы учитывали данные [16] о том, что после оперативного лечения НВ изменений кинематики суставов непрооперированной конечности не наблюдалось.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные о влиянии степени НВ на кинематику ТБС при НВ расширяют понимание глубины изменений, происходящих во всей кинематической цепочке нижней конечности, и позволяют индивидуализировать подходы к лечению, направленного не только на устранение симптомов, но и предотвращение рецидивов заболевания.

[17], whereas in another study, analysis of data on 10 patients with HV, did not reveal significant changes in HJ angular values during walking compared with the control group [21].

A study of 11 patients undergoing surgical treatment (first metatarsal osteotomy) showed a decrease in the HJ adduction angle. However, the authors attribute the lack of changes in HJ kinematics in the sagittal plane to the small number of observations [18]. Our study, which included 32 patients with HV, divided into groups with moderate and severe deformity, showed that it is in patients with severe HV that profound impairments of HJ kinematics occur in different planes almost throughout the entire GC, which must be taken into account when choosing treatment methods and in preventing complications and recurrences of hallux valgus deformity.

Limitations of the study. Our study did not include kinetic analysis; only kinematic data of the HJ are presented in this paper. Although all included patients had involvement of the left foot, some of them did not have hallux valgus deformity of the right foot, which could have influenced the kinematics of the contralateral hip joint. At the same time, we took into account the data according to which changes in the joint kinematics in the non-operated limb after surgical treatment of HV in the contralateral limb, were not observed [16].

CONCLUSION

The obtained data on the effect of HV severity on HJ biomechanics in HV expand the understanding of the extent of changes occurring in the entire kinematic chain of the lower limb and allow for the individualization of treatment approaches aimed not only at eliminating symptoms but also at preventing recurrence of the disease.

ЛИТЕРАТУРА

- Ettinger S, Spindler FT, Marschall U, Polzer H, Stukenborg-Colsman C, Baumbach SF. Hallux valgus: Prevalence and treatment options. *Dtsch Arztebl Int.* 2025;122:308-14. <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2025.0068>
- Kuhn J, Alvi F. Hallux valgus. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
- Trnka HJ, Trnka P. do we need to approach the elderly hallux valgus differently? *Foot Ankle Clin.* 2025;30:329-42. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2024.06.003>
- Waizy H, Claeßen L. Five myths around hallux valgus. *Orthopädie (Heidelb).* 2025;54:491-502. <https://doi.org/10.1007/s00132-025-04634-7>
- Wanivenhaus A. Decision-making in hallux valgus correction. *Foot Ankle Clin.* 2025;30:239-50. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2024.04.005>
- Trnka HJ, Horst C. Revision of recurrent hallux valgus. *Foot Ankle Clin.* 2025;30:363-73. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2024.06.004>
- Lee JY, Ryoo HW, Ahn SY, Bok SK. Can a biomechanical foot orthosis affect gait in patients with hallux valgus? A pilot study. *Ann Rehabil Med.* 2022;46:312-9. <https://doi.org/10.5535/arm.22118>
- Tashiro T, Ikuta Y, Maeda N, Arima S, Morikawa M, Kaneda K, et al. First tarsometatarsal joint mobility in hallux valgus during gait: A synchronized ultrasound and three-dimensional motion capture analysis. *J Med Ultrason.* 2024;51:331-339. <https://doi.org/10.1007/s10396-024-01414-2>
- Castellini JLA, Chan DM, Ratti MFG. Biokinetic gait differences between hallux valgus patients and asymptomatic subjects. *Gait Posture.* 2025;117:212-9. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2024.12.027>

REFERENCES

- Fotoohabadi M, Spink MJ, Menz HB. Relationship between lower limb muscle strength and hallux valgus severity in older people. *Foot (Edinb).* 2021;46:101751. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2020.101751>
- Maeda N, Ikuta Y, Tashiro T, Arima S, Morikawa M, Kaneda K, et al. Quantitative evaluation of the vertical mobility of the first tarsometatarsal joint during stance phase of gait. *Sci Rep.* 2022;12:9246. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13425-5>
- Kawakami W, Iwamoto Y, Ota M, Ishii Y, Takahashi M. Individuals with asymptomatic hallux valgus exhibit altered foot kinematics during gait regardless of their foot posture. *Clin Biomech (Bristol).* 2024;118:106319. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2024.106319>
- Ozgüçlü E, Kiliç E, Kaymak B. A knee osteoarthritis connected with hallux valgus-related pes planus. *J Biomech.* 2008;41:3523-4. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.08.021>
- Kim Y. Effects of foot-toe orthoses on moment and range of motion of knee joint in individuals with hallux valgus. *Life (Basel).* 2023;13(5):1162. <https://doi.org/10.3390/life13051162>
- Li Z, Liu Z, Shi W, Liang X, Xu C, Zhang K, et al. Eligibility for knee arthroplasty is associated with increased risk of acquired hallux valgus – A Mendelian randomized study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2024;25(1):311. <https://doi.org/10.1186/s12891-024-07458-2>
- Klugarova J, Janura M, Svoboda Z, Sos Z, Stergiou N, Klugar M. Hallux valgus surgery affects kinematic parameters during gait. *Clin Biomech (Bristol).* 2016;40:20-6. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.10.004>

17. Buddhadev HH, Barbee CE. Redistribution of joint moments and work in older women with and without hallux valgus at two walking speeds. *Gait Posture*. 2020;77:112-7. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.01.023>
18. Tanabe R, Seki H, Takeshima K, Suda Y. Lower limb kinematic changes during gait after hallux valgus surgery: A prospective observational study. *Clin Biomech (Bristol)*. 2024;118:106304. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2024.106304>
19. Coughlin MJ, Jones CP. Hallux valgus: Demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int*. 2007;28:759-77.
20. Steinberg N, Finestone A, Noff M, Zeev A, Dar G. Relationship between lower extremity alignment and hallux valgus in women. *Foot Ankle Int*. 2013;34:824-31. <https://doi.org/10.1177/1071100713478407>
21. Yoshida T, Tanino Y, Nakao T, Yamazaki W, Suzuki T. Examination of gait characteristics and related factors in elderly subjects with and without hallux valgus. *Prog Rehabil Med*. 2021;6:20210028. <https://doi.org/10.2490/prm.20210028>



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Удочкина Лариса Альбертовна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой анатомии, Астраханский государственный медицинский университет

Scopus ID: 57191331798

ORCID ID: 0000-0001-5016-0633

E-mail: udochkin-lk@mail.ru

Хлебников Юрий Витальевич, аспирант кафедры анатомии, Астраханский государственный медицинский университет

ORCID ID: 0009-0002-5856-6587

E-mail: linguine@yandex.ru

Воронцова Ольга Ивановна, кандидат политических наук, доцент, руководитель лаборатории «Биомеханики движений и искусственного интеллекта», Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева

Scopus ID: 57209692499

ORCID ID: 0000-0002-4037-3990

E-mail: aspuvorontsova@gmail.com

Капитонова Марина Юрьевна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры фундаментальных медицинских наук, факультет медицины и здравоохранения Университета Малайзии Саравак

Scopus ID: 8854275100

ORCID ID: 0000-0001-6055-3123

E-mail: kmarina@unimas.my

Гуреев Павел Геннадьевич, врач травматолог-ортопед, Городская клиническая больница № 3 им. С.М. Кирова

ORCID ID: 0009-0003-3145-9930

SPIN-код: 2850-9086

E-mail: paulgureev@gmail.com

Дианов Сергей Вячеславович, доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, Астраханский государственный медицинский университет

ORCID ID: 0000-0002-1412-9580

SPIN-код: 8221-3644

E-mail: sdianov@mail.ru

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали

Конфликт интересов: отсутствует



AUTHORS' INFORMATION

Udochkina Larisa Albertovna, Doctor of Medical Sciences, Full Professor, Head of Anatomy Department, Astrakhan State Medical University

Scopus ID: 57191331798

ORCID ID: 0000-0001-5016-0633

E-mail: udochkin-lk@mail.ru

Khlebnikov Yuri Vitalievich, PhD Student, Anatomy Department, Astrakhan State Medical University

ORCID ID: 0009-0002-5856-6587

E-mail: linguine@yandex.ru

Vorontsova Olga Ivanovna, Candidate of Political Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory of Biomechanics and Artificial Intelligence, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev

Scopus ID: 57209692499

ORCID ID: 0000-0002-4037-3990

E-mail: aspuvorontsova@gmail.com

Kapitonova Marina, Doctor of Medical Sciences, Professor of Anatomy, Department of Basic Medical Sciences, Faculty of Medicine and Health Sciences, Universiti Malaysia Sarawak

Scopus ID: 8854275100

ORCID ID: 0000-0001-6055-3123

E-mail: kmarina@unimas.my

Gureev Pavel Gennadievich, Traumatologist and Orthopaedic Surgeon, Municipal Clinical Hospital No. 3 named after S.M. Kirov

ORCID ID: 0009-0003-3145-9930

SPIN: 2850-9086

E-mail: paulgureev@gmail.com

Dianov Sergey Vyacheslavovich, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor and Head of the Traumatology and Orthopaedic Surgery Department, Astrakhan State Medical University

ORCID ID: 0000-0002-1412-9580

SPIN-код: 8221-3644

E-mail: sdianov@mail.ru

Information about support in the form of grants, equipment, medications

The authors did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

Conflicts of interest: The authors have no conflicts of interest



АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Хлебников Юрий Витальевич

аспирант кафедры анатомии Астраханского государственного медицинского университета

414000, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Бакинская, 121

Тел.: +7 (937) 7077746

E-mail: linguine@yandex.ru



ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

Khlebnikov Yuri Vitalievich

PhD Student, Anatomy Department, Astrakhan State Medical University

414000, Russian Federation, Astrakhan, Bakinskaya str., 121

Tel.: +7 (937) 7077746

E-mail: linguine@yandex.ru

ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: УЛА, КМЮ, ДСВ
 Сбор материала: ХЮВ, ВОИ, ГПГ
 Статистическая обработка данных: ХЮВ, ВОИ, ГПГ
 Анализ полученных данных: ХЮВ, ВОИ, ГПГ
 Подготовка текста: ХЮВ, ВОИ, ГПГ
 Редактирование: УЛА, КМЮ, ДСВ
 Общая ответственность: УЛА, КМЮ, ДСВ

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: ULA, KM, DSV
 Data collection: KhYuV, VOI, GPG
 Statistical analysis: KhYuV, VOI, GPG
 Analysis and interpretation: KhYuV, VOI, GPG
 Writing the article: KhYuV, VOI, GPG
 Critical revision of the article: ULA, KM, DSV
 Overall responsibility: ULA, KM, DSV

Поступила 14.11.24
 Принята в печать 28.08.25

Submitted 14.11.24
 Accepted 28.08.25