

**Власова Екатерина Владимировна**

**Анатомо-функциональные особенности стоп беременных женщин в  
различные сроки гестации**

3.3.1. - Анатомия и антропология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Научный руководитель:**

доктор медицинских наук, профессор **Перепелкин Андрей Иванович**

**Научный консультант:**

кандидат биологических наук, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник физической культуры и спорта РФ **Мандриков Виктор Борисович**

**Официальные оппоненты:**

**Калмин Олег Витальевич** – доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, заведующий кафедрой анатомии человека

**Удочкина Лариса Альбертовна** – доктор медицинских наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, заведующий кафедрой анатомии

**Ведущая организация:** федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации.

Защита диссертации состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета 21.2.005.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 400066, г. Волгоград, пл. Павших Борцов, 1; и на сайте <http://www.volgmed.ru>

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной научной библиотеке и на сайте федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (400066, г. Волгоград, пл. Павших Борцов, 1; <http://www.volgmed.ru>)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года

Ученый секретарь

диссертационного совета 21.2.005.01

доктор медицинских наук, доцент

Григорьева Наталья Владимировна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Анализ анатомических и физиологических изменений опорно-двигательного аппарата, происходящих во время беременности, является крайне важным для своевременной диагностики состояния стопы, профилактики и лечения болезней (Карапетян С.В., 2013; Gijon-Nogueron G.A. et al., 2013; Proisy M. et al., 2014; Chiou W.K. et al., 2015; Bertuit J. et al., 2016; Heronemus M.J. et al., 2021; Gianakos A.L. et al., 2022). Анатомы, физиологи, травматологи, хирурги, судебно-медицинские эксперты и антропологи во всем мире изучают физиологические и патологические вариации стопы (Rowley D. I. et al., 1996; Тегакко Л.И. и др., 2003; Хомутов А.Е. и др., 2007; Николенко В.Н. и др., 2009; Коннова О.В., 2009; Сивик В.В., 2010; Хуморова Е.М., 2014; Коннова О.В. и др., 2015; Prachgosin T. et al., 2015; Pourghasem M., et al., 2016; Абрахамс П., 2016; Vega J. et al., 2017; McNutt E.J. et al., 2018; Woźniacka R. et al., 2019; Park J.S. et al., 2021). В научной литературе уделяется внимание возрастной анатомии стопы, проводится корреляция ее изменений с учетом половых признаков, соматотипов, расы, гормональных изменений и общих заболеваний, активно исследуются ее структурные параметры в результате физической нагрузки (Аверьянова-Языкова Н.Ф., 2002–2007; Бабайцева Н.С., 2007; Ефремова Г.В., 2007; Елисеева О.Г., 2009; Лагутин М.П., 2009; Смаглюк Е.С., 2011; Сулейманов Р.Х., 2011; Джумок А.А., 2014; Пономарева И.П., 2014; Левкин С.С., 2016; Акамбасе Д.А., 2019; Калинина М.Л., 2019; Menz Н.В., 2015; Wunderlich R.E., 2001; Pourghasem M. et al., 2016; Changgui Z. et al., 2020). Изучают влияние на стопу таких факторов, как география проживания, климатические особенности, социальные условия и культурные обычаи (Иванова Г.Д., 2014; Тахмезов Р.Т., 2013; Атрощенко Е.С., 2017; Перепелкин А.И. и др., 2015–2018; Alabi S.A. et al., 2016; Gill T.K. et al., 2016; Bovonsunthonchai S. et al., 2020).

Стопа как главная опорная поверхность всего организма претерпевает наиболее значимые морфологические трансформации вследствие гормональных и общих анатомических преобразований, что отражается на качестве жизни во

время беременности (Gijon-Nogueron G.A. et al., 2013; Proisy M. et al., 2014; Chiou W.K. et al., 2015; Ramachandra P. et al., 2015; Varol T. et al., 2017; Ojukwu C.P. et al., 2017; Vico Pardo F.J. et al., 2018; Gimunová M. et al., 2020; Heronemus M.J. et al., 2021; Gianakos A.L. et al., 2022; Li X. et al., 2022). Несмотря на значительное количество зарубежных и отечественных публикаций по изучению стопы человека, детального исследования ее изменений во время первой беременности в динамике не проводилось. Получение фундаментальных данных изменения анатомо-функциональных параметров стопы во время первой беременности при помощи 3D-сканирования, их корреляция в различные ее сроки, а также исследование влияния нагрузок необходимо для обеспечения мер профилактики рисков возникновения патологических вариаций, способствует оптимальному выбору методов лечения, проектирования и производства корректирующих вкладышей, стелек, обуви с учетом индивидуально изготовленной 3D-модели стопы и, таким образом, является актуальной проблемой, исследование которой способствует разрешению многих теоретических и практических задач.

### **Степень разработанности темы исследования**

Большинство имеющихся научных работ, посвящённых изучению параметров стопы, выполнены при клиническом исследовании беременных женщин разного возраста при наличии нарушений опорно-двигательного аппарата различной степени. В своей работе Карапетян С.В. (2013) выявил анатомические изменения стоп к 24-й и к 36-й неделям второй и третьей беременности. В ходе исследования женщинам уже на этих сроках была предложена ортопедическая коррекция, которая, компенсируя нарушение функции опорно-двигательной системы, улучшала качество их жизни. Gijon-Nogueron G.A. и соавт., (2013), Segal N.A. и соавт., (2013) и Chiou W.K. и соавт. (2015) в своих исследованиях отмечали изменение длины и ширины стопы, снижение свода стопы во время беременности, но их данные противоречивы. Необходимо отметить, что во всех этих исследованиях не было учтено наличие предыдущих беременностей, выкидышей, абортов в анамнезе, соматических заболеваний, одноплодной или многоплодной беременности, не прослеживалась

четкая регистрация данных по триместрам, что не дает полную информацию и актуализирует дальнейшее исследование анатомо-физиологических изменений стопы во время первой беременности.

### **Цель исследования**

Цель исследования – выявить динамику основных анатомо-функциональных характеристик стоп женщин с первой беременностью в различные сроки гестации.

### **Задачи исследования**

1. Изучить антропометрические данные контрольной группы и группы беременных женщин (17-27 лет) в различные сроки гестации (на 12, 24, 36 неделях).
2. Изучить анатомо-функциональные параметры стопы контрольной и исследуемой групп женщин с первой беременностью в различные сроки гестации (на 12, 24, 36 неделях) в динамике, в возрасте 17–27 лет.
3. Определить упругие характеристики стопы женщин с первой беременностью в различные сроки гестации.
4. Изучить корреляционные связи между сроком гестации и анатомическими параметрами стопы женщин.

### **Научная новизна**

Впервые получены индивидуальные особенности динамики анатомо-функциональных параметров стопы женщин во время первой беременности, включающие в себя изменения линейных, угловых и плоскостных параметров.

Впервые описаны закономерности изменения анатомо-функциональных параметров стоп во время первой беременности и выявлены их корреляционные связи с соматометрическими параметрами с учетом сроков гестации.

Впервые определены механические свойства стоп женщин во время первой беременности и описана их динамика с учетом сроков гестации, что позволяет судить об изменении ее амортизационной функции в период беременности.

Впервые получены анатомические 3D-модели стопы женщин во время первой беременности в 1-м, 2-м и 3-м триместрах при проведении 3D-сканирования.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

В результате исследования, с использованием многофункционального портативного 3D-сканера, впервые были получены не только индивидуальные 3D-модели стопы женщин во время первой беременности, но и выявлена динамика ее анатомо-физиологических параметров, что имеет важное теоретическое значение при изучении анатомии стопы женщин с учетом триместров беременности. Полученные данные рекомендованы для включения в учебную деятельность на кафедрах анатомии и физиологии человека, травматологии, детской хирургии, физического воспитания и здоровья, судебной медицины. Создана не имеющая аналогов программа исследования анатомических параметров стопы «3D Foot anatomy» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021617525 от 17.05.2021), которая позволяет в автоматизированном режиме получать линейные, угловые и плоскостные параметры стопы для каждой женщины во время беременности с учетом ее триместра.

Выявленные изменения механических свойств стопы женщин во время первой беременности в динамике позволяют судить об адаптации амортизационной функции опорного аппарата.

Результаты исследования, в особенности динамика анатомо-физиологических параметров стопы во время первой беременности и корреляция со сроками гестации, а также полученная 3D-модель стопы, имеют практическое значение и могут быть использованы для комплексной и качественной оценки состояния стопы женщин во время беременности. Применение полученных данных в работе лечебно-профилактических и образовательных учреждений позволит не только своевременно диагностировать и корректировать патологию стопы, но и проводить профилактику возникновения ее патологических состояний с учетом срока беременности. Полученная 3D-модель стопы значительно

облегчит индивидуальный подбор обуви и ортезов женщинам во время беременности.

Диссертация выполнена в рамках с государственного задания Минздрава России и НИОКТР № 01201361380 от 01.01.2014 г. «Закономерности морфогенеза в норме, патологии и при влиянии дестабилизирующих факторов».

### **Методология и методы исследования**

Работа проведена на базе кафедры анатомии ФГБОУ ВО «Волгоградского государственного медицинского университета» Минздрава России и центральной женской консультации государственного учреждения здравоохранения «Клинический родильный дом № 2». В исследовании приняли участие 200 женщин в возрасте от 17 до 27 лет, 51 из которых были поставлены на учет в женскую консультацию с первой беременностью. Объектами для морфофункционального исследования являются стопы женщин. Для решения поставленной цели и задач в работе использовались современный метод 3D-сканирования с применением многофункционального портативного 3D-сканера Shining 3D EinScan Pro 2X Plus, специально разработанная программа для ЭВМ 3D Foot anatomy (свидетельство о государственной регистрации № 2021617525 от 17.05.2021), а также методы соматометрии и статистического анализа. Исследование было одобрено локальным независимым биоэтическим комитетом ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет», Минздрава России, протокол № 2020/023 от 27.04. 2020 г.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Анатомо-физиологическое состояние стопы женщины зависит от срока гестации.
2. Механические свойства стопы женщины изменяются в зависимости от срока ее беременности
3. Корреляционные связи анатомо-физиологических параметров стопы и соматометрические данные женщин во время беременности имеют определенную закономерность.

## **Личный вклад**

В диссертационной работе автором самостоятельно выполнены все этапы исследования: сбор материала, анализ литературы, соматометрическое исследование, 3D-сканирование стопы на различных сроках гестации, статистическая обработка, интерпретация и описание результатов, написание и оформление рукописи диссертации. Автор непосредственно участвовала в написании и подготовке к публикации научных тезисов и статей по материалам работы. Активно участвовала в работе конференций, представляя результаты своего исследования.

## **Внедрение результатов исследования в практику**

Основные положения и результаты исследования применяются в академическом обучении на кафедрах анатомии, физической культуры и здоровья, детской хирургии, судебной медицины ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, введены в использование в диагностических процессах ООО «Клиника ортопедии и травматологии» г. Волгограда и центральной женской консультации государственного учреждения здравоохранения «Клинический родильный дом № 2».

## **Степень достоверности, апробация результатов**

Достоверность полученных результатов и обоснованность сделанных выводов определяется полным объемом проведенных исследований, достаточным количеством обследуемых лиц, критериями включения и исключения, применением высокоточного многофункционального портативного 3D-сканера, валидностью способов статистического анализа данных, которые были осуществлены с помощью компьютерных программ Microsoft 2019.

Результаты исследования были представлены и обсуждены на VIII Российском съезде научно-медицинского общества анатомов, гистологов, эмбриологов с международным участием (Воронеж, 2019 г.); Международных научно-практических конференциях «Современные проблемы формирования и укрепления здоровья» (Брест, 2019 г.), «Наука и инновации – современные концепции» (Москва, 2019 г.); Международной научной конференции



теоретических и прикладных разработок евразийского региона (Москва, 2019 г.); Международной конференции Process Management and Scientific Developments (16 января 2020 г., Бирмингем, Великобритания); Всероссийской научно-практической конференции, посвященной открытию анатомического музея имени профессора Курдюмова Н.А., с международным участием «Анатомия в медицинском вузе: история, современность и перспективы» (Махачкала, 20–21 марта 2020 г.); Fourth International Conference on Social Sciences and Education (4th ICSSSED 2020) (18–19 апреля 2020 г., Индонезия); на «XV Конгрессе Международной Ассоциации Морфологов» (21–22 октября 2020 г.); 16th Congress of the European Association of Clinical Anatomy (EACA) with the XII Meeting of the International Symposium of Clinical and Applied Anatomy (ISCAA) (14–16 сентября 2021 г., Università di Padova, Италия).

#### **Соответствие паспорту научной специальности**

Исследование соответствует группе научной специальности 3.3 «Медико-биологические науки», паспорту специальности 3.3.1 «Анатомия и антропология», п. 1, 2, 3, 6, 8.

#### **Структура и объём диссертации**

Оформление диссертационной работы осуществлено в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011. Диссертация изложена на 154 страницах компьютерного текста, содержит 40 таблиц и 31 рисунок, включает в себя введение, обзор литературы, описание материалов и методов, результаты собственных исследований, обсуждение полученных результатов, заключение, выводы, практические рекомендации, список сокращений и список литературы, включающий 248 источников, из них 110 отечественных и 138 зарубежных.

#### **Публикации по теме диссертации**

По теме диссертационной работы было опубликовано 14 печатных работ, пять из которых в журналах, входящих в перечень научных рецензируемых изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени

кандидата и доктора наук. Две печатные работы, одна из которых опубликована на английском языке, представлены в журналах, включенных в базу SCOPUS. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «3D Foot anatomy» № 2021617525 от 17.05.2021.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В главе 1 представлен обзор литературы, посвященный изучению анатомо-конструктивных особенностей стопы, методам оценки ее состояния, а также исследованию анатомо-физиологических параметров скелета человека во время беременности.

В главе 2 описаны материалы и методы исследования. В исследовании приняли участие 200 женщин в возрасте от 17 до 27 лет. Контрольная группа включала 149 женщин, исследуемая группа - 51 женщину с первой беременностью. Этапы исследования: соматометрия и аппаратно-программное 3D-сканирование стоп проводились в обеих группах в первой половине дня, в группе беременных женщин анализ осуществлялся в динамике на 12, 24 и 36 неделях. Анатомические и функциональные характеристики стопы исследуемых женщин были изучены при помощи метода 3D-сканирования с применением многофункционального портативного 3D-сканера Shining 3D EinScan Pro 2X Plus и оригинальной программы «3D Foot anatomy» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021617525 от 17.05.2021 года).

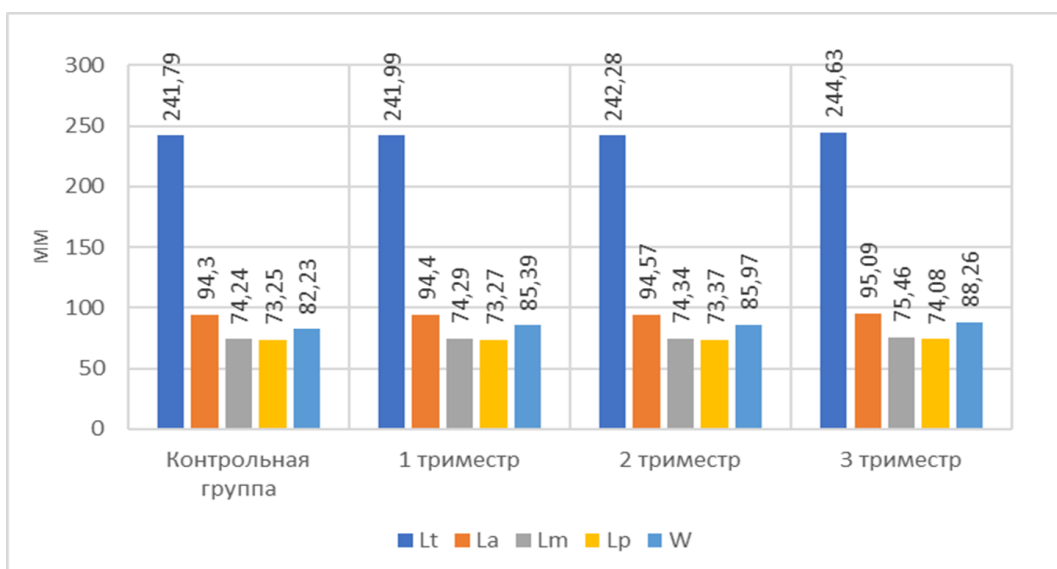
Были определены линейные (ширина, общая длина стопы, длина переднего, среднего и заднего отделов, высота свода), угловые (угол отклонения I и V пальцев стопы, пяточный угол) и плоскостные (общая площадь, а также площадь переднего, среднего и заднего отделов) параметры стопы. Для определения динамики упругих свойств стопы во время первой беременности были рассчитаны параметры: модуль Юнга, коэффициенты Пуассона, упругости и деформации.

Статистический анализ полученных данных осуществлялся с использованием метода параметрического анализа в соответствии с результатами проверки сравниваемых совокупностей на нормальность распределения. Сбор и

систематизацию информации, визуализацию результатов осуществляли при помощи прикладной программы IBM SPSS Statistics v20 и Microsoft Office Excel 2019. Для оценки достоверности различий между показателями применяли t-критерий Стьюдента. Статистически значимыми считали отклонения при  $p < 0,05$ .

В главе 3 представлены **результаты собственных исследований**. Перед проведением исследования анатомо-физиологических параметров стопы в изучаемых группах женщин были зафиксированы их соматометрические параметры: рост, масса тела и окружность грудной клетки. В группе беременных женщин параметры определяли в динамике на 12, 24 и 36 неделях. Средние значения параметра роста женщин контрольной и исследуемой групп были сходны -  $165,05 \pm 0,39$  см и  $164,63 \pm 0,73$  см ( $p > 0,05$ ) соответственно. Сравнительный анализ соматометрических данных контрольной и исследуемой групп женщин выявил статистически значимое увеличение массы тела на протяжении всего срока беременности: на 12 неделе на 5,6% ( $p < 0,01$ ), на 24 неделе – на 10,37% ( $p < 0,001$ ), на 36 неделе – на 21,85% ( $p < 0,001$ ). Параметры окружности грудной клетки во втором и третьем триместрах увеличились на 0,95% ( $p > 0,05$ ) и 4,87% ( $p < 0,01$ ) соответственно, относительно данных контрольной группы. Индекс Пинье в первом триместре уменьшился на 12,56% ( $p > 0,05$ ), на 24 неделе 24,79% ( $p < 0,05$ ), а на 36 неделе- 58,95% ( $p < 0,001$ ) по отношению к данным контрольной группы.

Изучение динамики высоты (Н) стопы во время первой беременности выявило статистически значимое ее уменьшение. На 12 неделе средние значения высоты стопы составляли  $52,72 \pm 0,47$  мм ( $p < 0,001$ ), на 24 неделе -  $50,25 \pm 0,47$  мм ( $p < 0,001$ ), а на 36 неделе беременности -  $47,98 \pm 0,52$  мм ( $p < 0,001$ ). Параметры общей длины стопы (Lt) в контрольной группе были равны  $241,79 \pm 0,64$  мм, тогда как во время беременности на 12 неделе -  $241,99 \pm 1,01$  мм ( $p > 0,05$ ), на 24 неделе -  $242,28 \pm 1,07$  мм ( $p < 0,05$ ), на 36 неделе -  $244,63 \pm 1,24$  мм ( $p < 0,01$ ) (рисунок 1).



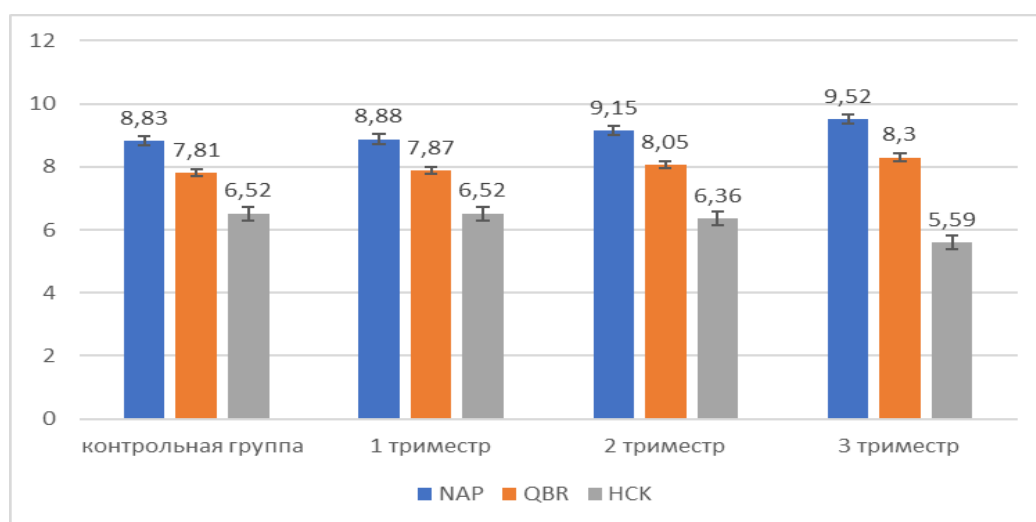
**Рисунок 1 - Динамика линейных параметров стопы во время первой беременности, сравнение с контрольной группой**

Длина переднего отдела стопы (La) во время первой беременности относительно данных контрольной группы увеличивалась на протяжении всего периода беременности, так в первом триместре ее средние значения составили  $94,40 \pm 0,56$  мм ( $p > 0,05$ ), во 2-м триместре -  $94,57 \pm 0,57$  мм ( $p < 0,05$ ), а в 3-ем триместре -  $95,09 \pm 0,62$  мм ( $p < 0,05$ ). Длина среднего отдела стопы на протяжении всего срока беременности также увеличивалась по отношению к данным контрольной группы. В первом триместре ее средние значения были равны  $74,29 \pm 0,36$  мм ( $p > 0,05$ ), во втором -  $74,34 \pm 0,34$  мм ( $p > 0,05$ ), в третьем -  $75,46 \pm 0,41$  мм ( $p < 0,05$ ). Длина заднего отдела стопы имела однонаправленное увеличение параметра во время беременности по отношению к данным контрольной группы. На 12 неделе беременности средние ее значения были тождественны  $73,27 \pm 0,38$  мм ( $p > 0,05$ ), на 24 неделе  $73,37 \pm 0,43$  мм ( $p < 0,05$ ) и на 36 неделе  $74,08 \pm 0,38$  мм ( $p < 0,001$ ).

Показатели ширины стопы в исследуемой группе увеличиваются в сравнении с данными контрольной и составляют в первом триместре  $85,39 \pm 0,42$  мм ( $p > 0,05$ ), во втором  $85,97 \pm 0,41$  мм ( $p > 0,05$ ), а в третьем триместре отмечено статистически значимое увеличение показателя, который равен  $88,26 \pm 0,52$  мм ( $p < 0,001$ ) (рисунок 1). Полученные нами данные подтверждают результаты исследований Карапетяна С.В. (2013) и Alvares R. et al., (1988), указывающих в

своих работах, что наибольшие величины длины ширины стопы наблюдаются на 36 неделе беременности.

Анализ динамики угловых показателей стопы во время беременности выявил, что на 12 неделе среднее значение угла первого пальца (NAP) было равно  $8,88 \pm 0,41^{\circ}$  ( $p > 0,05$ ), а угла пятого пальца (QBR) -  $7,87 \pm 0,35^{\circ}$  ( $p < 0,05$ ), а это несколько выше по отношению к данным контрольной группы. Средние значения пяточного угла (НСК) в первом триместре сходны с параметрами контрольной группы и составляют  $6,52 \pm 0,33^{\circ}$  ( $p > 0,05$ ) (рисунок 2).



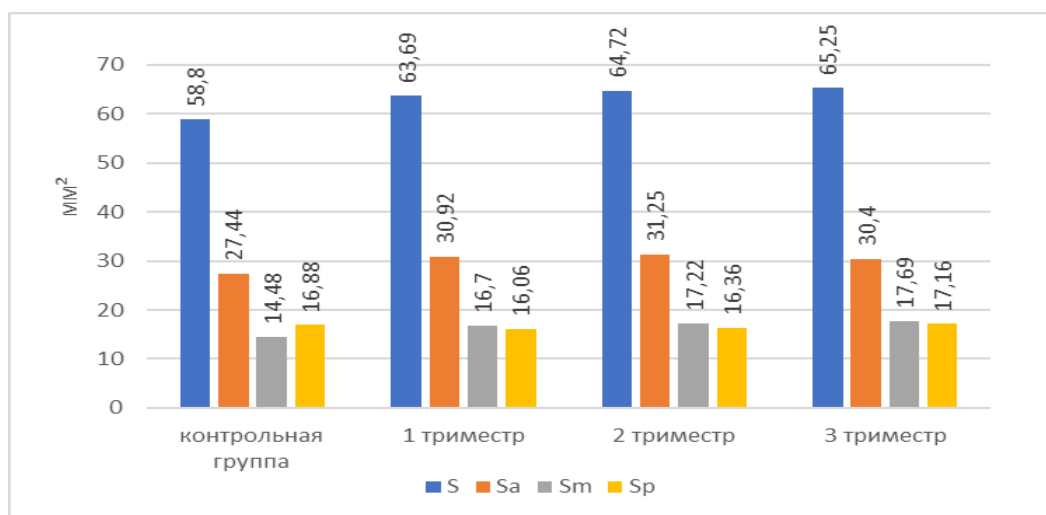
**Рисунок 2 - Сравнительный анализ угловых параметров стопы в контрольной группе и группе беременных женщин в динамике**

На 24 неделе беременности зафиксировано статистически значимое увеличение угла первого (NAP) и угла пятого (QBR) пальцев, которые составили  $9,15 \pm 0,43^{\circ}$  ( $p < 0,05$ ) и  $8,05 \pm 0,35^{\circ}$  ( $p < 0,05$ ) соответственно, при этом отмечено уменьшение пяточного угла (НСК), среднее значение которого было равно  $6,28 \pm 0,34^{\circ}$  ( $p < 0,001$ ) по отношению к данным контрольной группы.

На 36 неделе беременности отмечено статистически значимое уменьшение пяточного угла (НСК), среднее значение которого составило  $5,59 \pm 0,29^{\circ}$  ( $p < 0,001$ ), в тоже время нами было зафиксировано увеличение угла первого пальца (NAP) -  $9,52 \pm 0,49^{\circ}$  ( $p < 0,05$ ) и угла пятого пальца (QBR) -  $8,30 \pm 0,37^{\circ}$  ( $p < 0,01$ ). Таким образом, в третьем триместре в результате увеличения массы тела и смещения центра тяжести происходит усиление пронации стопы, которое обеспечивает

более устойчивое положение тела в пространстве. Полученные данные позволяют говорить об увеличении нагрузки на стопу, ее пронации и формировании рисков возникновения вальгусной деформации, что можно объяснить растущей массой тела во время беременности и смещением центра тяжести (Gijon-Noguero G.A. et al., 2013; Cherni Y, Desseauve D et al., 2019).

Анализ динамики плоскостных параметров стопы в первом триместре беременности выявил статистически значимое увеличение общей площади (S) стопы, которая была равна  $63,69 \pm 1,97 \text{ мм}^2$  ( $p < 0,05$ ), площади переднего (Sa) отдела –  $30,92 \pm 0,92 \text{ мм}^2$  ( $p < 0,001$ ) и среднего (Sm) –  $16,70 \pm 0,96 \text{ мм}^2$  ( $p < 0,05$ ), при этом отмечено незначительное уменьшение площади заднего (Sp) отдела, составившего  $16,06 \pm 0,60 \text{ мм}^2$  ( $p > 0,05$ ) в сравнении с данными контрольной группы (рисунок 3).



**Рисунок 3 - Сравнительный анализ плоскостных параметров стопы в контрольной группе и группе беременных женщин в динамике**

На 24 неделе первой беременности зафиксировано статистически значимое увеличение параметров общей площади стопы (S), которая составила  $64,72 \pm 2,10 \text{ мм}^2$  ( $p < 0,05$ ), площади переднего и среднего отделов стопы, которые были равны  $31,25 \pm 0,98 \text{ мм}^2$  ( $p < 0,001$ ) и  $17,12 \pm 0,99 \text{ мм}^2$  ( $p < 0,01$ ) соответственно, в сравнении с данными контрольной группы.

На 36 неделе первой беременности отмечено статистически значимое увеличение плоскостных параметров стопы по отношению к контрольной группе: общая площадь стопы - на 10,96% ( $p < 0,01$ ), площадь переднего отдела (Sa) - на

10,79% ( $p < 0,01$ ), среднего ( $S_m$ ) - на 22,17% ( $p < 0,01$ ), площадь заднего ( $S_p$ ) - на 1,67% ( $p > 0,05$ ).

Анализ данных коэффициента  $K$  и индекса Вейсфлога в первом триместре выявил следующие результаты: индекс Вейсфлога статистически значимо уменьшился на 4,07% и был равен  $2,83 \pm 0,01$  ( $p < 0,001$ ). На 24 неделе беременности отмечено, что динамика средних значений коэффициента  $K$  и индекса Вейсфлога имеют взаимно противоположную направленность. Коэффициент  $K$  увеличился и составил  $0,88 \pm 0,01$  ( $p < 0,05$ ) по отношению к данным контрольной группы. В то же время индекс Вейсфлога статистически значимо уменьшился относительно контрольной группы и был равен  $2,82 \pm 0,01$  ( $p < 0,001$ ). В третьем триместре определено статистически значимое увеличение коэффициента  $K$  на 3,49% ( $p < 0,01$ ), в то же время индекс Вейсфлога имел статистически значимое уменьшение на 5,08% ( $p < 0,001$ ) относительно данных контрольной группы.

**В главе 4 представлены результаты исследования механических свойств стопы во время первой беременности.** Коэффициент упругости во время беременности увеличивается в сравнении с данными контрольной группы, так уже в первом триместре средняя величина данного параметра равнялась 77509 Н/м, во втором - 110250 Н/м, а в третьем - 176400 Н/м.

Во время первой беременности зафиксировано увеличение модуля Юнга в сравнении с данными контрольной группы, где он составил 601,2 кПа, уже на 12 неделе  $m$ Юнга был равен 623,3 кПа, на 24 неделе – 845,4 кПа, а на 36 неделе было отмечено максимальное значение - 1168,2 кПа.

Коэффициент деформации во время беременности в динамике (12, 24, 36 неделях) имел наибольшее значение в первом триместре вдоль фронтальной (1,16) и сагиттальной (0,46) осей, а наименьшее на 36 неделе беременности (0,2) и (0,7) соответственно. Коэффициент деформации вдоль вертикальной оси в первом триместре имел наименьшее значение (-4,23), а в третьем наибольшее (-2,57).

Коэффициент Пуассона по фронтальной оси уменьшался: максимальное значение зафиксировано в первом триместре - 0,62, а минимальное на третьем

триместре - 0,37. Аналогичные изменения наблюдаются вдоль сагиттальной оси: максимальное значение коэффициента Пуассона отмечено в первом триместре - 0,63, а минимальное в третьем триместре 0,42.

В главе 5 представлена **корреляция анатомических параметров стопы женщин 17-27 лет во время первой беременности** в различные сроки гестации (12, 24, 36 недель) с соматометрическими данными. Анализ корреляционных взаимоотношений по методу Спирмена позволил выявить качественную характеристику силы связи полученных линейных, угловых и плоскостных параметров стопы с соматометрическими данными. Высокая теснота связи с параметром роста на протяжении всей беременности отмечена у общей длины стопы и длины ее переднего отдела. Возрастающая теснота связи с массой тела во время первой беременности отмечена у ширины стопы (от  $p=0,52$  в первом триместре до  $p=0,62$  на 36 неделе); общей длины ( $p=0,52$  на 12 неделе, а уже в третьем триместре  $p=0,63$ ); длины переднего отдела ( $p=0,48$  на 12 неделе, на 36 неделе  $p=0,6$ ); и длины заднего отдела (от  $p=0,48$  в первом триместре до  $p=0,7$  в третьем). Зафиксирована возрастающая связь длины заднего отдела стопы с параметрами окружности грудной клетки (в первом триместре  $p=0,38$ , а в третьем -  $p=0,63$ ). Параметры пяточного угла имеют прогрессивно увеличивающуюся тесноту с массой тела во время беременности от слабо выраженной ( $p=0,29$ ) в первом триместре до высокой в третьем триместре ( $p=0,65$ ). Количественная теснота связи массы тела и общей площади в первом триместре возросла на 0,22 (в первом триместре  $p=0,51$ , а в третьем  $p=0,73$ ); площади переднего отдела на 0,14 (12 неделе  $p=0,51$ , а на 36 неделе  $p=0,65$ ); площади среднего отдела на 0,13 (в первом триместре  $p=0,54$ , а в третьем  $p=0,67$ ); и площади заднего отдела 0,13 (на 12 неделе  $p=0,56$ , на 36 неделе  $p=0,69$ ).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного нами исследования была изучена динамика анатомо-функциональных параметров стопы первобеременных женщин в различные сроки гестации. Полученные с применением современных методов 3D-сканирования данные существенно дополняют имеющиеся сведения о развитии



патологических процессов стопы, об особенностях изменения ее механических свойств и адаптационных реакций при увеличивающейся нагрузке во время первой беременности, в том числе при использовании нагрузочной пробы. Анализ полученных результатов наглядно демонстрирует, что уже на 12-й неделе первой беременности появляются признаки начальных изменений анатомо-функционального состояния стопы, активно прогрессирующих к 36-й неделе.

Результаты 3D-сканирования с применением оригинальной программы для ЭВМ «3D Foot anatomy» вносят значительный вклад в понимание особенностей изменения анатомо-функциональных параметров стопы, выявляют их корреляцию с соматометрическими данными, помогают дать комплексную и качественную оценку состояния стопы, мониторингового прогноза проявлений плоскостопия у женщин в различные сроки беременности.

Применение полученных данных в работе лечебно-профилактических и образовательных учреждений позволит не только своевременно диагностировать и корригировать патологию стопы, но и проводить профилактику возникновения ее патологических состояний, а ее 3D-модель значительно облегчит индивидуальный подбор обуви и ортезов женщинам во время беременности с учетом ее срока.

## **ВЫВОДЫ**

1. Антропометрические параметры тела (масса и окружность грудной клетки) во время беременности имеют прогрессивные изменения. Масса тела статистически значимо увеличивается во время беременности: на 12 неделе на 5,6% ( $p < 0,01$ ), на 24 неделе - 10,37% ( $p < 0,001$ ), а на 36 неделе на 21,85% ( $p < 0,001$ ) соответственно относительно данных контрольной группы. Отмечается статистически значимое увеличение ОКГ на 36 неделе первой беременности на 4,87% ( $p < 0,01$ ).

2. Анатомо-функциональные параметры стопы беременных женщин во все периоды гестации отличаются от исследуемых параметров контрольной группы. Наибольшие изменения зафиксированы на 36 неделе беременности, отмечен прирост показателей линейных параметров Lt - на 1,17% ( $p < 0,01$ ), La - на 0,84%

( $p < 0,05$ ),  $L_m$  – на 1,64% ( $p < 0,05$ ) и  $L_p$  – на 1,13% ( $p < 0,001$ ),  $W$  – на 7,33% ( $p < 0,001$ ); плоскостных параметров  $S$  – на 10,96% ( $p < 0,01$ ),  $S_a$  – на 10,79% ( $p < 0,01$ ),  $S_m$  – на 22,17% ( $p < 0,01$ ), и  $S_p$  – на 1,67% ( $p > 0,05$ ); угловых параметров: угла первого и пятого пальцев – на 7,81% ( $p < 0,05$ ) и 6,27% ( $p < 0,01$ ) соответственно, коэффициента  $K$  – на 3,49% ( $p < 0,01$ ). Индекс Вейсфлога уменьшился на 5,08% ( $p < 0,001$ ), а параметры пяточного угла – на 14,26% ( $p < 0,001$ ) относительно контрольной группы.

3. Динамика механических свойств стопы женщин 17-27 лет во время первой беременности имеет выраженные изменения в зависимости от ее срока. Коэффициент упругости стопы и модуль Юнга возрастают к третьему триместру. Минимальные значения коэффициента упругости и модуля Юнга зафиксированы на 12 неделе (77509 Н/м и 632,3 кПа соответственно), что выше данных контрольной группы (63357 Н/м и 601,2 кПа соответственно), а максимальные на 36 неделе беременности – 176400 Н/м и 1168,2 кПа соответственно. Коэффициенты деформации стопы и Пуассона во время беременности уменьшаются и имеют наименьшие показатели вдоль сагиттальной и фронтальной осей в третьем триместре – 0,2, 0,7 и 0,42, 0,37 соответственно.

4. Корреляция анатомо-физиологических параметров стопы женщин с их соматометрическими данными имеет выраженную качественную связь на протяжении всего периода первой беременности, которая количественно возрастает к третьему триместру. Общая длина стопы ( $L_t$ ) и длина заднего отдела стопы ( $L_p$ ) к 36-й неделе имеют сильную корреляционную связь с ростом ( $r = 0,84$  и  $r = 0,71$ ), и с массой тела ( $r = 0,63$  и  $r = 0,70$ ) соответственно. Длина заднего отдела стопы имеет сильную корреляционную связь с ОКГ ( $r = 0,63$ ). Ширина стопы имеет выраженную корреляционную связь с массой тела ( $r = 0,62$ ). Угол первого и пятого пальцев и пяточный угол имеют выраженные корреляционные связи с ростом ( $r = 0,64$ ,  $r = 0,62$  и  $r = 0,59$ ) и с массой тела ( $r = 0,60$ ,  $r = 0,64$  и  $r = 0,65$ ) соответственно. Плоскостные параметры имеют сильно выраженную корреляционную связь с массой тела: общая площадь стопы,

площадь ее переднего (Sa), среднего (Sm) и заднего (Sp) отделов:  $p = 0,73$ ,  $p = 0,65$ ,  $p = 0,67$  и  $p = 0,69$  соответственно.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Полученные анатомические параметры стопы во время первой беременности в динамике должны учитываться и использоваться в ортопедии, травматологии, в обувной промышленности, в создании ряда профилактических рекомендаций с целью улучшения качества жизни и здоровья женщин.
2. Механические свойства стопы должны учитываться при создании ортезов для беременных в различные сроки гестации.
3. Особенности индивидуальной 3D-модели стопы в каждом триместре беременности, полученные методом аппаратного 3D-сканирования, целесообразно учитывать врачам – акушерам-гинекологам, травматологам-ортопедам при проведении диспансеризации беременных женщин.
4. Оригинальную программу для ЭВМ «3D Foot anatomy» рекомендуется применять в клинической практике для определения пространственных взаимоотношений отделов стопы человека и ее механических свойств.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

Перспективой дальнейшей разработки темы диссертационного исследования является продолжение работ по выявлению анатомо-физиологических особенностей стопы беременных женщин со второй, третьей и последующими беременностями. Разработанная программа для ЭВМ «3D Foot anatomy» должна быть дополнена и расширена новыми данными, а именно: морфометрическими показателями и результатами как статического, так и динамического наблюдения за беременными женщинами разных возрастных групп, а также за женщинами с экстракорпоральным оплодотворением, многоплодной беременностью. Все вышеописанные в диссертационной работе данные могут стать основой для дополнения уже существующих методов корригирования и лечения патологических изменений стопы, а также для разработки новых перспективных клинических рекомендаций для качественного оказания медицинской помощи.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. **Власова Е.В.** Угловые и линейные параметры стопы женщин первого триместра беременности при выполнении компьютерной плантографии / Е.В. Власова, А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин // Научные разработки: евразийский регион. Международная научная конференция теоретических и прикладных разработок. - 2019. С. 160-163.
2. **Власова Е.В.** Динамика анатомических параметров стопы при беременности / Е.В. Власова, А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин, В.Б. Барканов // Современные проблемы формирования и укрепления здоровья. тезисы докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 1000-летию Бреста. - 2019. С. 18.
3. **Власова Е.В.** Анатомо-функциональные параметры стопы женщин первого триместра беременности при выполнении компьютерной плантографии / Е.В. Власова, А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин // Наука и инновации - современные концепции. Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума. - 2019. С. 43-46.
4. **Власова Е.В.** Анатомическое исследование стопы беременных женщин в различные сроки гестации / Е.В. Власова, А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин // Морфология. - 2019. - Т. 155, № 2. С. 61-62.
5. **Власова Е.В.** Сравнительный анализ угловых и линейных параметров стоп женщин первого и второго триместра беременности при выполнении компьютерной плантографии / Е.В. Власова, А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин, В.Б. Барканов, Н.А. Мураева // Медицинский вестник Северного Кавказа. - 2019. - Т. 14, № 4. С. 690-692. [Scopus].
6. **Власова Е.В.** Методика исследования угловых и линейных параметров стопы беременных женщин / Е.В. Власова, А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин // Волгоградский научно-медицинский журнал. - 2019. № 2. С. 29-31.

7. Власова Е.В. Динамика анатомических параметров стоп женщин первого триместра беременности в зависимости от величины дозированной нагрузки / Е.В. Власова, А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, В.Б. Барканов, Н.Г. Краюшкина // Волгоградский научно-медицинский журнал. - 2019. № 3. С. 55-57.
8. Власова Е.В. Изменение анатомических параметров стопы во втором триместре беременности / Е.В. Власова, А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, В.Б. Барканов, Н.Г. Краюшкина // Волгоградский научно-медицинский журнал. - 2019. № 4. С. 58-59.
9. Власова Е.В. Изменение линейных параметров стопы в третьем триместре беременности / Е.В. Власова, А.И. Перепелкин, А.И. Краюшкин, В.Б. Барканов // Современные проблемы морфологии. Материалы научной конференции, посвященной памяти академика РАН, профессора Льва Львовича Колесникова. - 2020. С. 38-41.
10. Власова Е.В. К вопросу о изучении динамики анатомических параметров стоп беременных / Е.В. Власова, А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков Н.Г. Краюшкина // Анатомия в медицинском вузе: история, современность и перспективы. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной открытию анатомического музея им. профессора Н.А. Курдюмова. - 2020. С. 64-66.
11. Власова Е.В. Анатомические параметры стопы женщин на разных сроках гестации в зависимости от соматотипа / Е.В. Власова, А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин, В.Б. Барканов // Морфология. - 2020. - Т. 157, № 2-3. С. 50.
12. Власова Е.В. Change of anatomical parameters of the foot in the second and third trimesters of pregnancy / E.V. Vlasova, A.A. Krayushkin, A.I. Perepelkin, N.E. Likholetova // Annals of Tropical Medicine and Public Health. - 2020. - Т. 23, № 13A. P. 8174. [Scopus], [PubMed].
13. Власова Е.В. Morphometric parameters of feet of pregnant women in the first trimester. / A.I. Perepelkin, E.V. Vlasova, A.A. Krayushkin //The International

Conference "Process Management and Scientific Developments" Birmingham, United Kingdom. – 2020. P. 104-107.

14. **Власова Е.В.** Change in anatomical parameters of foot in the second and third trimesters of pregnancy / A.I. Perepelkin, E.V. Vlasova // Fourth International Conference on Social Sciences and Education (4th ICSSE-202Q) Indonesia. – 2020. P.27-28.

### **Свидетельства**

1. **Власова Е.В.** Программа «3D Foot anatomy»: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021617525, 17.05.2021г. / Е.В. Власова, А.Б. Доронин, А.И. Перепёлкин, А.И. Краюшкин, С.И. Калужский. Заявка № 2021616383 от 29 апреля 2021.

### **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

ОГК - окружность грудной клетки

H - высота стопы

НСК - пяточный угол

IP - индекс Пинье

iv - индекс Вейсфлога

K - коэффициент K

La - длина переднего отдела стопы

Lm - длина среднего отдела стопы

Lp - длина заднего отдела стопы

Lt - длина стопы

NAP - угол I пальца стопы

QBR - угол V пальца стопы

Sa - площадь переднего отдела опорной поверхности стопы

Sm - площадь среднего отдела опорной поверхности стопы

Sp - площадь заднего отдела опорной поверхности стопы

S - общая опорная площадь стопы

W – ширина стопы

Ky – коэффициент упругости

Кд – коэффициент деформации

мЮнга – модуль Юнга

кП – коэффициент Пуассона