

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

**Власова Екатерина Владимировна**

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

3.3.1. - Анатомия и антропология

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук,

профессор Перепелкин Андрей Иванович

Научный консультант:

кандидат биологических наук, доктор педагогических наук,

профессор Мандриков Виктор Борисович

Волгоград – 2023 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>  | <b>12</b> |
| 1.1. Анатомо-конструктивные особенности стопы .....  | 12        |
| 1.2. Методы оценки состояния стопы.....  | 14        |
| 1.3. Изучение анатомо-физиологических параметров скелета человека<br>во время беременности.....                  | 29        |
| <b>ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....</b>   | <b>41</b> |
| 2.1. Объекты и этапы исследований.....   | 41        |
| 2.2. Соматометрия.....   | 42        |
| 2.3. Программно-аппаратное 3D исследование стопы женщин<br>с первой беременностью в динамике.....                | 44        |
| 2.4. Определение механических параметров стопы<br>при первой беременности в динамике.....                        | 55        |
| 2.5. Методы статистического анализа.....   | 57        |
| <b>ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....</b>   | <b>59</b> |
| 3.1. Соматометрические особенности контрольной группы и женщин<br>во время первой беременности (17-27 лет) ..... | 59        |
| 3.2. Характеристика анатомических параметров стопы<br>в первом триместре беременности (1-13 неделя) .....        | 62        |
| 3.3. Характеристика анатомических параметров стопы<br>во втором триместре беременности (14-27 неделя) .....      | 66        |
| 3.4. Характеристика анатомических параметров стопы<br>в третьем триместре беременности (28-40 неделя) .....      | 71        |
| 3.5. Характеристика анатомических параметров стопы<br>во время беременности (1, 2 и 3 триместры) .....           | 76        |
| 3.6. Морфофункциональная характеристика стопы<br>в различные триместры первой беременности в сравнении.....      | 81        |
| 3.7. Множественная линейная регрессия анатомических параметров стопы<br>женщин во время первой беременности..... | 86        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТОПЫ ВО ВРЕМЯ ПЕРВОЙ БЕРЕМЕННОСТИ.....</b>  | <b>89</b>  |
| 4.1. Динамика коэффициента упругости стопы женщин 17-27 лет во время первой беременности.....  | 89         |
| 4.2. Динамика модуля Юнга стопы женщин во время первой беременности по вертикальной оси.....   | 89         |
| 4.3. Динамика коэффициента деформации стопы женщин 17-27 лет во время первой беременности в трех плоскостях.....   | 90         |
| 4.4. Динамика коэффициента Пуассона стопы женщин 17-27 лет во время первой беременности в сагиттальной и фронтальной плоскостях....  | 92         |
| <b>ГЛАВА 5. КОРРЕЛЯЦИЯ АНАТОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТОПЫ ЖЕНЩИН 17-27 ЛЕТ ВО ВРЕМЯ ПЕРВОЙ БЕРЕМЕННОСТИ В РАЗЛИЧНЫЕ СРОКИ ГЕСТАЦИИ (12, 24, 36 НЕДЕЛЬ) С СОМАТОМЕТРИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ.....</b> | <b>94</b>  |
| <b>ГЛАВА 6. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....</b>   | <b>99</b>  |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>   | <b>118</b> |
| <b>ВЫВОДЫ.....</b>   | <b>119</b> |
| <b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....</b>  | <b>121</b> |
| <b>ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....</b>   | <b>122</b> |
| <b>УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ.....</b>   | <b>123</b> |
| <b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>  | <b>124</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ.....</b>   | <b>151</b> |

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Анализ анатомических и физиологических изменений опорно-двигательного аппарата, происходящих во время беременности, является крайне важным для своевременной диагностики ее состояния, 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., Leyh C. 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; Тегако 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 корригирующих 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 и наличием различной степени нарушениями опорно-двигательного аппарата. 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. et al., (2013), Segal N.A. et al., (2013) и Chiou W.K, Chiu H.T. et al., (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 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 изменение 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, 2 и 3 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. Созданная, не имеющая аналогов, программа исследования анатомических параметров стопы “3D Foot anatomy” (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021617525 от 17.05.2021), 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.

### **Связь с планом научных исследований**

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». Тема утверждена Ученым Советом ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, выписка из протокола заседания № 2 от «14» октября 2020г.

### **Методология и методы исследования**

Работа проведена на базе кафедры анатомии ФГБОУ ВО «Волгоградского государственного медицинского университета» и центральной женской консультации Государственного учреждения здравоохранения "Клинический родильный дом № 2". В исследование 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 «Волгоградским государственным медицинским университетом», 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.

### **Соответствие паспорту научной специальности**

Исследование соответствует группе научной специальности 3.3. Медико-биологические науки, паспорту специальности 3.3.1 – Анатомия человека, п. 1, 2, 3, 6, 8.

### **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” (Birmingham, United Kingdom, 16 января 2020 г.); Всероссийской научно-практической конференции, посвященная 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 ICSSE-2020), 18th - 19th April, 2020 г. Indonezia; 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, Italy.

### **Личный вклад**

Личный вклад автора включает в себя прямое участие на всех стадиях диссертационного исследования. Разработка дизайна исследования осуществлялась коллективно с научным руководителем д.м.н., профессором А.И. Перепелкиным и научным консультантом к.б.н., д.п.н., профессором В.Б. Мандриковым. 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 «Клиники ортопедии и травматологии» г. Волгограда и центральной женской консультации Государственного учреждения здравоохранения "Клинический родильный дом № 2".

### **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. 2 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.

### **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, описания материалов и методов, результатов собственных исследований, обсуждения полученных результатов, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и списка литературы, включающего 248 источника, в том числе, 110 отечественных и 136 зарубежных.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Анатомо-конструктивные особенности стопы

На протяжении многих лет вопросы изучения анатомии и функциональных особенностей стопы человека вызывают пристальное внимание анатомов, физиологов, хирургов, травматологов, и антропологов со всего мира (Годунов С.Ф., 1968-1971; Тегачо Л.И. и др., 2003; Хомутов А.Е. и др. 2007; Коуплэнд Г., 2008; Prachgosin T. et al., 2015; Pourghasem M. et al., 2016; Коннова О.В., 2015; Иваницкий М.Ф. и др. 2016; Vega J. et al., 2017; Атрощенко Е.С., 2017; Stanković K. et al., 2018; Козлов В.И., 2018; Park J.S. et al., 2021).

Основные функции нижних конечностей человека — это опора, удерживание тела в вертикальном положении, и передвижение в пространстве. В связи с этим кости нижних конечностей, особенно стопы, более массивные, а их суставы - менее подвижные. Для обеспечения двигательной функции стопа человека имеет арочное строение, которое выступает в качестве пружинистой опоры - сглаживает толчки и сотрясение при активном движении (Putz R. et al., 1991; Лагутин А.Н., 2003; Menz Н.В., 2009; Перепелкин А.И., 2009, Атрощенко Е.С., 2017).

Анатомически кости стопы подразделяют на три отдела: кости предплюсны, плюсневые кости и кости пальцев (Сапин, М.Р., 1999). Кости предплюсны это расположенные в два ряда семь костей. Все кости имеют губчатое строение. Таранную и пяточную кости относят к проксимальному ряду, а ладьевидную, 3 клиновидных (медиальная, промежуточная и латеральная) и кубовидную кости - к дистальному. Плюсневые кости – это пять трубчатых костей. Кости пальцев представлены проксимальными, средними и дистальными фалангами. Исключение имеет первый палец, его скелет не имеет средней фаланги.

В клинике принято стопу делят на 3 отдела: передний, средний и задний отдел (Садофьева В.И., 1990, Привес М.Г., 2002; Самусев, Р.П., 2015; Курепина М.М. и др., 2014; Козлов В.И., 2018). Передний клинический отдел отделяется от среднего условно-разделительной линией - поперечным суставом предплюсны

или «шопаровым суставом» (Wilson D.W., 1996; Билич Г.Л., 2015; Vazquez-Zorrilla D. et al., 2020).

Наиболее подвижным суставом стопы является таранно-пяточный. При существенном ограничении подвижности суставов, для стопы характерно развитие мощного связочного аппарата, который сохраняет целостность ее костей и обеспечивает подвижность при механических нагрузках (Колонтай Ю.Ю., 1977; Карчинов К.В., 1981). При этом выделяются наиболее сильные: раздвоенная связка на тыльной поверхности и длинная подошвенная связка (Синельников Р.Д., 1967; Сапин, М.Р., 1999; Самусев Р.П. и др., 2018). Межкостные связки, соединяя кости предплюсны и плюсны, способствуют образованию арочного свода, своеобразного рессора, для равномерного распределения нагрузки на стопу, как в статическом, так и динамическом положении (Коваль Г.Ю., 1975; Кашуба В.А., 2003). Точки опоры стопы в статичном положении - пяточный бугор и головки второй и пятой плюсневых костей. В процессе движения происходит вовлечение всей мышечной системы нижних конечностей, и как следствие этого, точки опоры изменяются. Мышцы стопы активно участвуют в амортизации толчков, возникающих в динамике (Кузьмичева О.А., 2002; Иваницкий М.Ф., 2011, Перепелкин А.И., 2015; Самусев Р.П., Агеева В.А., 2015).

Строение стопы и особенности ее связочного аппарата сохраняют ее целостность и работоспособность при ежедневном воздействии физической нагрузки различной степени интенсивности и длительности (Перепелкин А.И., Краюшкин А.И. и др., 2015; Перепелкин А.И. и др., 2018). В тоже время, различного вида чрезмерные динамические и статические нагрузки на стопу, повышенная масса тела, беременность приводят не только к нарушению её функций, увеличивая риски развития патологических состояний, но и в ряде случаев способствуют потере трудоспособности (Иваницкий М.Ф., 2016; Карапетян С.В., 2011. Перепелкин А.И., Мандриков В.Б. и др., 2012).

## 1.2. Методы оценки состояния стопы

Одной из весьма актуальной проблем в современной медицине является изучение структуры и функции стопы человека не только в норме, но и при различных патологических состояниях. В 2006 году в России впервые вышло руководство по подиатрии – раздела медицины, который собирая совокупность знаний ортопедии, травматологии, сосудистой и гнойной хирургии, нейрохирургии, занимается изучением и лечением различных врожденных и приобретенных деформаций стопы (Мицкевич В.А., 2006). Стоит отметить, что в зарубежных странах подиатрия изучается как отдельная дисциплина.

Основные методы диагностики состояния стопы человека включают в себя: визуальный, подометрический, рентгенологический, плантографический и др., однако, ни один из них не может дать полные ответы на возникающие вопросы (Гавриков К.В. и др., 2007; Веденина А.С., Смирнова Л.М., 2008; Задерей Ю.Н. и др., 2009; Мармыш А.Г. и др., 2010; Лашковский В.В., Игнатовский М.И., 2010; Евтухова Л.А., Игнатенко В.А., 2015; Kirsch M.D. et al., 1994; Spouge A.R., 1998; Tamborrini G. et al., 2020).

Во время профилактических осмотров используются устное или письменное анкетирование пациента, в результате которого выявляются не только его основные проблемы, но и специфику профессии, нагрузки в течение всего дня, особенности носимой обуви. При визуальном осмотре определяется формы стопы и оценивается состояние ее поверхностей, отмечается наличие патологических изменений отделов стопы. Для оценки сводов стопы активно используют различные функциональные тесты: рычажный тест первого пальца, проба Шриттера и другие. Данные, полученные в результате используемых методов, носят субъективный характер, основываясь на жалобах и ощущениях пациента, и не позволяют дать полную объективную оценку функционально-анатомическому состоянию стопы, а также не могут зафиксировать состояние патологии (Beaton D.E., 1997; Okuda H., 2014; Puszczalowska-Lizis E., 2019).

К одному из распространённых методов исследования стопы относится метод антропометрических измерений, осуществляемый при помощи

метрической ленты или стопомера, и вспомогательных элементов в виде толстого циркуля, карандашей, линейки. Производится измерение таких параметров, как длина, высота, ширина стопы (Козырев Г.С., 1969; Мартиросов Э.Г., 1982), вычисляются различные индексы (Фридланд М.О., 1953). Данный метод не требует дорогостоящего оборудования и весьма прост в исполнении, однако, среди недостатков стоит отметить его трудоемкость, низкую точность для диагностики патологических изменений (Шугалова А.Б., 1992; Ахмедов Ш.М. и др., 2002; Jonson K.A., 1989).

В клинике для подтверждения диагноза и выбора тактики лечения активно используются инструментальные методы. Наиболее распространенный - метод плоскостной рентгенографии. Проводя исследование стопы в различных проекциях, можно получить детальное изображение анатомических образований, а по выявленным нарушениям анатомических взаимоотношений в ее суставах - судить о степени патологических изменений. При проведении рентгенографии стоя с физиологической нагрузкой используются две проекции - прямая и боковая. По снимкам определяют некоторые анатомические параметры стопы. Снимки стопы с нагрузкой выявляют не только биомеханические признаки, но и индивидуальные особенности ее строения. При исследовании стопы чаще всего используют 4 основных рентгенографических проекций (Кузина И.Р., Брызгалин Р.Н., 1990; Christman R.A., 2015; Яременко Д.А., 2004; Ростовцев М.В. и др., 2017). Одна из таких проекций это прямая подошвенная или переднезадний тыльно-подошвенный снимок. Исследование осуществляется с нагрузкой и без неё. На полученных снимках отлично визуализируются кости плюсны и предплюсны, поперечный сустав плюсны (Шопаров сустав), предплюсне-плюсневые суставы (сустав Лисфранка), фаланги пальцев. Угловые параметры стопы лучше всего определяются на прямой подошвенной рентгенограмме (Кишковский А.Н., 1987; Меллер Т.Б., 2005; Ростовцев М.В. и др., 2017).

На рентгенограмме в проекции бокового снимка стопы с нагрузкой отлично визуализируются 1-я плюсневая кость, фаланги 1-го пальца, границы пяточной кости, подтаранный, пяточнокубовидный, таранно-ладьевидный и первый

плюснево-клиновидный сустав стопы. При помощи данной проекции можно произвести расчет параметров ладьевидного угла свода, пяточного угла, угла наклона переднего отдела, высоты свода стопы (Яременко Д.А., 2004; Morgan A., 2003).

При выполнении косой внутренней проекции без нагрузки на снимках хорошо видны кости и суставы переднего и среднего отделов стопы (Ростовцев М.В. и др., 2017).

Среди плюсов рентгенографического метода является его объективность и возможность детально оценить анатомическую характеристику костей и суставов всех отделов стопы и выявить патологию, но в тоже время этого недостаточно для современной медицины. Метод рентгеновской компьютерной томографии (РКТ) является более высокоточным при оценке изменений структуры костной ткани и состояния сухожильно-связочного аппарата, он позволяет получить послойное их изображение. Как рентгенография, так и РКТ имеют существенный минус – это наличие высокой лучевой нагрузки как на врача, так и на пациента, и использовать его можно лишь по строгим врачебным показаниям (Садофьева В.И., 1990; Нечволодова И.Л., 1996; Kitaoka H.V. et al., 1997; Christman R., 2003), помимо этого, РКТ также достаточно дорогостоящ (Greenspan A., 2004).

К наиболее современным методам исследования и диагностики патологии стоп относят магнитно-резонансную томографию (МРТ), позволяющую получить послойное изображение в виде срезов тканей до 3мм толщиной в разных плоскостях. На полученных изображениях отлично визуализируется не только анатомические структуры голеностопного сустава, нервы и кровеносные сосуды, но и патология мягких тканей: отеки, повреждения связок, растяжения и разрывы сухожилий. Среди плюсов данного метода также является отсутствие ионизирующей радиации. Среди недостатков МРТ отмечается его высокая стоимость и ряд ограничений (Rosenberg Z., 2001; Pham H., 2003; Kirsch M.D. et al., 1994; Spouge A.R., 1998).

Преимущества современных ультразвуковых методов – это доступность, простота проведения процедуры, отсутствие вреда здоровью пациента и

достоверность полученных результатов. Использование ультразвукового метода позволяет увидеть и оценить состояние сухожильно-связочный аппарат стопы, как в норме, так и при его повреждении. УЗИ широко применяется в практике, но стоит отметить, что данный метод также имеет свои недостатки (Thoolen M., 2000; Lin J., 2001; Stewart S.L. et al., 2013; Tamborrini G. et al., 2020).

Одним из объективных и достаточно эффективных методов исследования стопы является плантография. Первые попытки изучения отпечатка подошвенной поверхности стопы, предпринял Фолькман в 1889 году, он использовал закопченную бумагу, на которую становился человек, полученный таким образом отпечаток, фиксировали шеллаком, который предварительно растворяли в спирту. Самый простой способ получения отпечатков стопы предложил Кениг в 1893 году: пациент сначала опускал ноги в воду, а потом становился на ровную поверхность, оставляя изображение подошвенной поверхности. Самый большой недостаток такого метода, это быстрое высыхание «следов». В 1901 году Фрайберг, для получения отпечатка, смазывал стопы специально приготовленным раствором, включающим в себя смесь хлористого железа, спирта и 80% раствора глицерина, после этого, пациент обеими стопами становился на чистый лист бумаги. Полученный отпечаток фиксировали 5% раствором танина, в результате чего, отпечаток приобретал черный цвет. Одним из основных минусов данных методов были испачканные стопы. Полученные такими способами отпечатки, позволяли судить о состоянии свода стопы.

В 1924 году Смирнов Е.В. применил несколько иную модификацию: сначала пациент становился на суконную подушку, пропитанную чернилами, а потом на чистый лист бумаги, таким образом, получался отпечаток опорной поверхности стопы. В 1925 году Фростель использовал подушку из клеенки, длиной до 8м и шириной 1м, на которую послойно укладывал фланель, смазанную раствором из смеси синьки, спирта и глицерина, металлическую сетку, с отверстиями и белый лист бумаги. Пациент становился на такую конструкцию, в результате на бумаге фиксировался отпечаток, особенно выраженный в местах с наибольшим давлением. Для получения изображения подошвенной поверхности

стопы Куслик М.И. в 1926 году смазывал ее типографской краской. Необходимо отметить, что расходный материал был дорогостоящ и не всегда был в наличии. Перед учеными сформировалась задача найти более доступные и недорогие материалы для проведения исследований. В 1952 году Новинский Г.Д. в качестве раствора использовал такие материалы, как рыбий жир, подсолнечное, вазелиновое и другие масла, которыми густым слоем покрывали подошвенную поверхность стопы. После пациент становился на лист папиросной или простой бумаги, где и оставался отпечаток. Данный метод, несмотря на дешевизну материалов, был недостаточно точен для проведения исследований. В 1960 г. ленинградские ученые, учитывая опыт предыдущих исследователей, предложили использовать целлофановую пленку, зафиксированную на деревянной рамке для получения плантограммы. Пленку смазывали типографской краской, после чего рамку устанавливали на светлый лист бумаги. Пациент при помощи помощника обеими стопами становился в центр рамки, а затем аккуратно возвращался в исходное положение. Таким образом, получался отпечаток стопы на бумаге. Данный метод был прост по технике выполнения, позволял не испачкать стопы обследуемого, однако, полученные отпечатки часто получались смазанными.

Для комплексной оценки состояния стопы в медицинской практике широко применялся метод «чернильных отпечатков» (Студеникин М.Я., Яковлева А.А., 1987). Данный способ позволял выявить и оценить одну из таких часто встречаемых патологий, как поперечное и продольное плоскостопие (Готовцева Г.Н. и др., 2005, Харламов Е.В. и др., 2008.). Для проведения исследования использовали рамку с натянутой на нее пленкой из полихлорвинила, которая помимо гибкости и мягкости имела высокую устойчивость к разрывам, бумагу плотных сортов, типографскую краску, лоток и валик. Для приготовления краски и очистки пленки после работы использовали касторовое масло, а для проведения необходимых расчетов – ручки, карандаши, транспортиры, линейки. При проведении исследования типографская краска смешивалась с касторовым маслом, несколько капель полученной смеси наносились на внутреннюю сторону полихлорвиниловой пленки и аккуратно раскатывались валиком тонким слоем по

всей поверхности пленки. Полученный плантограф устанавливали на чистый лист бумаги. Пациент садился на стул и аккуратно ставил ноги на данную конструкцию подошвенной поверхностью стоп, а затем медленно вставал со стула при помощи ассистента, который помогал распределить массу тела исследуемого пациента на нижние конечности. Врач, используя карандаш, фиксировал на бумаге положение головок плюсневых костей 1-го и 5-го пальцев после чего, пациент аккуратно, при помощи ассистента садился на стул и одновременно поднимал обе ноги. Плантограф осторожно приподнимали, проверяя качество отпечатков. Несколько позже на полученном изображении вручную чертили условные линии, необходимые для расчета показателей, с помощью которых, в дальнейшем, определяли состояние поперечного и продольного сводов стопы (Мартиросов Э.Г., 1982). Несмотря на достаточную простоту и доступность подручных материалов, метод чернильных отпечатков имеет большое количество недостатков. Осуществление этого метода было затратным по времени и материалам, требовало наличие 2-3х помощников, затруднительным для повторного исследования, а полученные плантограммы были низкого качества (наблюдалась смазанность или размытость полученных контуров).

Одной из первых попыток изучения такой патологии как плоскостопие, предпринял еще в 1902 году Турнер Г.И., в своем методе он использовал специально изготовленный столик, в крышку которого было вставлено стекло. Пациент становился на стекло, а отражение его подошвенной поверхности рассматривалось в зеркале, которое располагали снизу. Под действием нагрузки отдельные участки подошвенной поверхности, соприкасаясь со стеклянной поверхностью, отражались бледным цветом в зеркале, а интактные – розовым. Степень плоскостопия определяли по соотношению площади розового и бледного цветов в процентах. При плоскостопии подошвенная поверхность в зеркальном отражении была максимально бледного цвета. Позже такой столик был назван «столиком Турнера», а метод – «методом зеркального отражения подошвенной поверхности стопы». В 1926 году Куслик М.И., используя метод Турнера Г.И., предложил специальное добавочное винтовое приспособление, которое позволяло

определить высоту свода стопы с использованием цифровой шкалы (прибор Куслика). Несмотря на простоту данных методик, отмечается ряд минусов: при неправильной постановке стопы во время исследования есть огромная вероятность искажения «зеркальной плантограммы» и, соответственно, не точной интерпретации результатов, также метод требует времени и не имеет возможности сохранить такие отпечатки, вследствие этого, не подходит для проведения повторных обследований.

Молоканов Б.М. в 1925 году, понимая всю важность цифрового учета, предложил использовать планиметр, сетку и весы, для определения площади опорной поверхности стопы. А в 1960 году Годуновым С.Ф., Черниной Н.П. и Потихановой Г.Г. для обработки плантограмм был разработан графико-расчетный метод, который позволял вычислять размеры различных отделов стопы и определять степень плоскостопия. В 2000 году в США и Германии получили распространение такие модели как Foot Imprinter, Pedoprint, позволяющие получать отпечатки стопы без использования компьютера (США, Orlin M.N., et al, 2000; [www.bauerfeind-fussorthopaedie.de](http://www.bauerfeind-fussorthopaedie.de))

Постепенно новые технологические возможности способствовали усовершенствованию методов, а применение компьютерных технологий позволило получить точные данные о состоянии стопы, подвергнув плантограммы цифровой обработке с последующим сохранением результата и возможностью создания банка данных. Метод плантографии стал активнее применяться в практике научных и лечебных учреждений.

В 1992 году Мицкевич В.А. разработал программно-аппаратный комплекс для изучения изменения нагрузки на стопу при помощи встроенных тензодатчиков в специальную платформу. Регистрация реакций опоры считается классическим методом исследования анатомофункциональных показателей стоп, применяемым во многих исследованиях. В последующем были специально разработанные тензометрические датчики, которые встраивались в стельки и вкладывались в обувь, тензодинамометрические платформы. Автоматизация методов исследования позволяла дать качественную оценку высоты свода и

степени изменения площади опоры стопы, как в статическом, так и динамическом режиме. В 1997 году Johnson K.A., Strom D.E. использовали видеокамеры и специальное программное обеспечение с автоматическим регистрированием данных, которое позволяло определить кинематические характеристики движения нижних конечностей. Немецкие ученые в свою очередь, разработали платформу (PINDURE) с встроенными в нее малогабаритными датчиками, реагирующими на давление, получаемый отпечаток стопы в дальнейшем подвергался компьютерной обработке для получения необходимой информации (Карпинский М.Ю., Киселев Д.Н., 1998; Matthew Dr., Kaiman E., 2003). В 2004 году Matthew Dr., Kaiman E. использовали цифровую видеокамеру JVCGR-DVL45, подсоединенную к компьютеру, специальное программное обеспечение и принтер EPSON для проведения анализа биомеханики стопы.

В России был создан компьютерный комплекс "ДиаСлед", который позволил дать качественную и количественную оценку изменения опорной поверхности стопы, как в статическом, так и динамическом режимах. Комплекс мог не только рассчитать продолжительность и интенсивность опоры на различные участки стопы и интегральные характеристики шага, но и отобразить полученную информацию в виде подограммы (Полякова Н.В., и др., 2004). Однако данный способ позволяет получать отпечаток лишь нагружаемой части стопы. Белорусский ученый Сергеенко С.Е., совместно с коллегами в 2008 г. разработал и предложил в использование специальных стелек со встроенными датчиками, которые могли не только зарегистрировать патологические изменения стопы, но и осуществлять первичную обработку, накопление и хранение полученной информации (Сергеенко С.Е. и др., 2008).

Несмотря на широкое использование методик для изучения характера деформации стопы при помощи тензодатчиков и тензодинамометрических платформ; стоит отметить наличие дорогостоящих элементов при создании самого диагностического прибора (Carugno S. et al., 1990; Скворцов Д.В., 2008).

Для изучения и диагностики патологических состояний стопы также использовались барочувствительные приборы (Tareco J.M. et al., 1999). Одной из

важнейших отличительных особенностей таких приборов стала фиксация силовых параметров стопы в покое и движении и передача полученной информации в графическом виде (Лашковский В.В., Болтрукевич С.И., 2008; Лашковский В.В., Игнатовский М.И., 2010).

В России в 2002 году Кашуба В.А. и его коллеги предложили и использовали видеоманитофон или сканер для получения снимков стопы. В области анатомических точек стопы прикрепляли специальные маркеры, устанавливали масштабную линейку и производили видеосъемку. В режиме стоп-кадра производили считывание полученной информации в виде цифровых снимков стопы. В дальнейшем при помощи специальных программ "BIG FOOT" и "FOOT-PRINT" производилась оцифровка данных, необходимые расчеты с формированием результатов исследования и сохранением в памяти компьютера. (Кашуба В.А. и др., 2002, Кашуба В.А., Сергиенко К.Н., 2008). Возможности программ "BIG FOOT" и "FOOT-PRINT" несколько отличались. "BIG FOOT" позволял получить лишь некоторые параметры, такие как длина, высота стопы, углы альфа и бета (Сергиенко К.Н., 2008). С помощью программы "FOOT-PRINT" определяли линейные и угловые параметры, индексы Штриттера, Чижина, Кларка и другие (Лапутин А.Н., 2003; Кашуба В.А., Сергиенко К.Н., 2008). Несмотря на преимущества такого метода, необходимо отметить ряд недостатков: высокая стоимость оборудования, ограниченные возможности программного обеспечения, наличие специального помещения, необходимость во вспомогательном персонале, невозможности проведения массовых и скрининговых исследований, неоднозначность полученных данных (Карчинов К.В., 1981; Шапошников В.И., 2002; Ananthakrisnan D. et al., 1999).

В 1996 году Сарнадский В.Н. предложил метод компьютерной оптической топографии, на основе которого в 2000 году Пахомов И.А. и его коллеги разработали методику исследования амортизационной функции стопы. Экспериментальный макет обеспечивает съемку подошвенной поверхности стопы, помещенной на опорную стеклянную пластину по типу столика Турнера, под который помещалось зеркало под углом в  $45^{\circ}$ . Используя видеокамеру,

проводилась съемка подошвенной поверхности стопы в нескольких вариантах (пациент сидел на стуле, стоял на двух или одной ноге). Анализ полученных снимков позволял дать косвенную оценку амортизирующей функции стопы. Главным недостатком такого метода является невозможность применения его в полевых условиях и высокая стоимость самого программно-аппаратного комплекса (Пахомов И.А. и др., 2000).

В современных устройствах, таких как ParoScan ([www.paromed.de](http://www.paromed.de)) и DigiPed (Германия [www.schein.de](http://www.schein.de)) вместо зеркала используют сканер, а полученное изображение стопы сразу передается на мониторе компьютера.

На сегодняшний день существуют программные комплексы, которые позволяют провести полную автоматизацию подометрического и плантографического исследований. Самым первым автоматическим устройством в подометрии стал стопометр созданный и разработанный Остером В.М. в 1965 году (расчет индекса Фридлянда). Изучение и расчет показателей только подошвенной поверхности стопы осуществляют Подоскан (Россия), плантоскоп "GREENFOOT" (Россия), BODYTRONIC 140 (Германия), а усовершенствованные комплексы BODYTRONIC 600 (Германия), Плантовизор (Россия, Ярославль), помимо плантограмм, позволяют получить расширенное изображение стопы с включением задней и боковых ее поверхностей. Еще одним из важнейших преимуществ данных систем является тот факт, что обследование занимает всего несколько минут, а это удобно в использовании при большом потоке пациентов и при профилактических осмотрах (Задерей Ю.Н. и др., 2009).

Детальный анализ литературных источников показывает, что многие существующие методы исследования стопы, способы выявления и оценки развития ее патологических изменений не могут дать объективную оценку состояния стопы в целом. Каждый из рассмотренных методов имеет свои плюсы и минусы, вследствие чего может быть использован как отдельное звено в комплексе методик исследования стопы (Кузьмин В.И., 2003; Миначов Б.Ш. и др., 2011).

Одним из наиболее результативных способов является компьютерная плантография, в ее основе лежит метод снятия отпечатков подошвенной поверхности стопы при помощи плантографа, подключенного к компьютеру, где происходит регистрация, обработка и хранение данных. В 2005 году волгоградскими учеными был предложен автоматизированный программно-аппаратный комплекс КПП-01 включающий в себя планшетный сканер и программное обеспечение, которое автоматизировано обрабатывает снимки стопы и выдает всю необходимую диагностическую информацию по каждому пациенту (Гавриков К.В. с соавт., 2005; Калужский С.И., 2005). КПП-01 производит расчет индекса свода стопы, Вейсфлога, Q; дает качественную оценку степени патологических изменений опорной поверхности стопы, в том числе и при выполнении функциональных проб (Лагутин М.П., 2006; Гавриков К.В. и др., 2007; Перепелкин А.И. и др., 2015; Веденина А.С., 2008)

Плантографическое исследование имеет ряд преимуществ: высокая диагностическая точность и достоверность интерпретации полученных результатов, отсутствие влияния излучения на организм, отлично подходит для применения в полевых условиях и проведения массовых скрининговых исследований пациентов, позволяет отслеживать динамику заболевания, осуществлять контроль эффективности лечения (Калужский С.И., 2005; Гавриков К.В. и др., 2006; Перепелкин А.И. и др., 2011; Перепелкин А.И., 2015; Перепелкин А.И., Краюшкин А.И., 2013).

Развитие информационных технологий привело к появлению бесконтактных методов, позволяющих получать объективные и достоверные данные и обеспечивающих возможность исследования объекта, как в статичном, так и в динамичном положении, обладающих высокой производительностью в сравнении с контактными методами (Noldner L.K., Edgar H.J.H., 2013; Княгичева Н.В. и др., 2016). Существует множество технологий, как для сканирования, так и создания 3D-модели объекта (Furlow B., 2017; Кузнецов В.А., 2020; Pehde S.E., Bennett J. et al., 2020). 3D-сканер представляет собой специальное устройство, которое подробно анализирует пространство и физические объекты, записывая их

форму, размеры и внешний вид. Вся полученная информация используется для создания 3D модели объекта, с возможностью ее виртуальной обработки и последующей печати с использованием 3D – принтеров (Jin J., Li H. et al., 2018; Sanicola H.W., Stewart C.E. et al., 2020).

Специально разработанная классификация выделяет два типа 3D-сканера: контактные и бесконтактные. Контактные 3D-сканеры зондируют объект при непосредственном взаимодействии и с условием статичного пребывания предмета на специальном столике, в ряде случаев с дополнительно удерживающими устройствами. Основное требование к столику (поверочной плите) – это отшлифованность и отполированность до определённой степени шероховатости ее поверхности. Данный вид сканирования высокоточный и чаще всего используется в производстве. К недостаткам контактных 3D-сканеров необходимо отнести непосредственное взаимодействие с исследуемой поверхностью, что может привести к ее повреждению, и длительность самого процесса (Серебренникова Т.Н., 2018; Кузнецов В.А., 2020).

В основе бесконтактного сканирования используются различные виды оптического воздействия (лазер, оптические камеры, рентген, ультразвук и др.). Выделяют два вида бесконтактных 3D – сканеров: активные и пассивные. Активные виды сканеров проводят исследование объектов с применением света, ультразвука или рентгеновских лучей. К данной категории относится времяпролётный лазерный 3D-сканер, который, учитывая время пролёта лазерного луча до объекта и обратно, определяет расстояние до его поверхности (Фролов А. и др., 2007; Ярославцев Ф.Ю., 2017; Кузнецов В.А., 2020). Одним из плюсов времяпролётных 3D-сканеров то, что они отлично подходят для работы на дальних расстояниях (километры), и для сканирования массивных зданий или целых географических объектов. Основной недостаток - точность измерений, что делает результаты сканирования приблизительными (Фролов А. и др., 2007; Ярославцев Ф.Ю., 2017; Abdel - Vary M., 2013). Также, к активным сканерам относятся триангуляционные лазерные 3D-сканеры, в работе которых лежит использование лазерного луча и отдельной специальной камеры, которая активно

фиксирует точки попадания лазера. Данная технология была названа триангуляцией. Метод обладает высокой точностью (измеряет расстояние с точностью до десятков микрометров), однако, применить его можно на сравнительно небольшом расстоянии (метры) до сканируемого объекта (Ярославцев Ф.Ю., 2017; Серебренникова Т.Н., 2018; Кузнецов В.А., 2020).

Ручной лазерный сканер относится к активному типу сканеров и также создает 3D-изображение по принципу триангуляции. Стоит отметить, что одним из достоинств его — это легкость и мобильность. Принцип работы заключался в проецировании лазерного луча на объект, в то время как сенсор фиксирует расстояние до поверхности объекта. Для наиболее качественного результата на сканируемую поверхность наклеиваются отражающие элементы. Данные сканирования могут собираться как компьютером, так и мобильными гаджетами, где записываются в виде точек трехмерного пространства, которые в дальнейшем преобразуются в триангулированную сетку, а система автоматически создаёт полноценную 3D – модель, повторяя текстуру поверхности и ее цвет (Abdel - Bary M., 2013; Ярославцев Ф.Ю., 2017; Кузнецов В.А., 2020).

Также можно выделить 3D-сканеры, в основе которых лежит использование как структурированного, так и модулированного света. Преимущество в их скорости и точности работы и возможности производить сканирование движущихся объектов и обрабатывать отдельные поверхности, к примеру, 2 движущиеся ноги. Основным недостатком же является их дороговизна (Теплов А.В., 2017; Серебренникова Т.Н., 2018).

К активным также относятся МРТ, КТ и микротомография, широко используемые в медицине и позволяющие получить объемные модели, которые можно визуализировать и преобразовывать в традиционную 3D-модель используя алгоритмы экстракции изоповерхности (Rosenberg Z., 2001; Pham H., 2003; Greenspan A., 2004).

В основе работы пассивных сканеров лежит метод использования отраженного луча света из окружающего пространства (или инфракрасного излучения). Главным преимуществом пассивных методов сканирования является

их дешевизна. К пассивным сканерам относятся стереоскопические, фотометрические, силуэтные и др. (Ярославцев Ф.Ю., 2017; Теплов А.В., 2017).

Методы 3D-сканирования позволяют получать не только данные о поверхности и объёме человеческого тела, но и их внутреннюю составляющую. Многие ученые задались вопросом о преимуществах и недостатках традиционных методов и метода 3D-сканирования при исследовании состояния стопы (Witana C.P. et al., 2006; Mall N.A. et al., 2007; Zhao J., Xiong S., 2008; De Mits S. et al., 2010; Papuga M.O., Burke J.R., 2011; Stanković K. et al., 2018).

В своей работе Witana C.P. и др., осуществили сравнительный анализ методов исследования стопы, используя штангенциркуль и 3D-сканирование. Было выявлено, что в 8 из 18 полученных результатах пространственных характеристик имеются некоторые различия в зависимости от применённого метода (Witana C.P. et al., 2006).

Mall N.A. и др. в своем сравнительном исследовании также использовали штангенциркуль и 3D сканер и указали, что полученная информация оказалась абсолютно идентичной, а период обследования значительно уменьшился (Mall N.A., et al., 2007).

Исследователи Zhao J., Xiong S. предложили собрать данные обхвата 6 сторон стопы, применяя традиционный (вручную) и современные методы 3D-сканирования для более точной разработки колодки и дизайна обуви. Полученные современным способом результаты выявили, что есть незначительные различия (менее 5 мм) в сравнении с ручным методом (Zhao J., Xiong S., 2008).

Группе исследователей De Mits S. с соавт. удалось провести сравнительный анализ достоверности 3х методов исследования: 3D-сканирования, РКТ и ручных замеров. Авторы утверждают, что метод 3D-сканирования является достоверным и точным в отличие от клинических методов, дает более информативные результаты при сканировании стоп здоровых участников исследования, и рекомендуют применение метода 3D-сканирования для выявления патологических изменений и деформаций стопы уже на начальных стадиях (De Mits S. et al., 2011).

Noldner L.K. и Edgar H.J.H. в процессе изучения и описания морфологии стопы, произвели сравнение трех методов исследования: 2D-сканирование, 3D-сканирование и ручные замеры. Полученные данные позволили им утверждать, что 3D-сканирование — это наиболее точный метод (Noldner L.K., Edgar H.J.H., 2013).

К преимуществам применения метода 3D-сканирования относится возможность провести точное исследование сразу большого количества участников за считанные минуты. Единственный его недостаток – это высокая стоимость (Telfer S., Woodburn J., 2010).

Согласно множественным исследованиям, для сбора данных о пространственных характеристиках стопы самым надежным способом является сбор ее цифровых отпечатков, которые можно получить при помощи 3D-сканирования (Paruga M.O., Burke J.R., 2011).

В 2014 году Yu-Chi Lee, с соавторами провели исследование пространственных характеристик стопы, изучая точность и достоверность результатов при использовании разных методов ее исследования. Основываясь на полученных данных, применённый метод 3D-сканирования оказался наиболее полным и информативным для сбора антропометрических данных стопы в сравнении с методом, использующим цифровой штангенциркуль, и методами цифрового и чернильного отпечатка стопы (Yu-Chi Lee et al., 2014).

Резюмируя вышесказанное, необходимо отметить, что изучение динамики анатомических и физиологических изменений стопы во время беременности возможно при сочетании методик компьютерной плантографии и 3D-сканирования которые позволяют получить не только изображения подошвенной поверхности стопы, рассчитать анатомические параметры, но и создать трехмерную модель для более объективной и полной оценки ее состояния, что значительно улучшит критерии диагностики и методы компенсации патологических состояний.

### **1.3. Изучение анатомо-физиологических параметров скелета человека во время беременности**

В течение беременности происходит компенсаторная перестройка всего организма в целом. Гормональные изменения оказывают влияние на связочный аппарат и суставы, а увеличение массы тела ведет к миграции центра масс, вызывая адаптивное перераспределение нагрузки на весь опорно-двигательный аппарат. Возрастающие потребности плода и влияние гормона прогестерона «вымывают» кальций из костей женщины и делает их более хрупкими. Таким образом, на фоне снижения прочности костей, устойчивости суставов и увеличения релаксации связок происходит повышение нагрузки на стопы, что при не достаточных компенсаторных возможностях приводит к рискам возникновения и развития патологических состояний и, несомненно, отражается в изменении качества жизни женщин во время беременности (Карпетян С.В., 2013, Gijon-Nogueron G.A. et al., 2013; Chiou W.K. et al., 2015; Ramachandra P et al., 2017; Varol T., et al., 2017; Vico Pardo F.J. et al., 2018; Heronemus M.J. et al., 2021). В 2000 году Mary Lloyd; Ott, Susan M. на симпозиуме в Ирландии, посвященном женскому здоровью, представили свой доклад «Влияние беременности на опорно-двигательный аппарат». Проведя ретроспективный анализ литературы, авторы указали, что во время беременности в результате анатомических и гормональных изменений происходит увеличение жалоб, связанных с опорно-двигательной системой и рисков ее травматизации. Обращают на себя внимание наиболее частые жалобы во время беременности на интенсивные боли в пояснице, в крестцово-подвздошных суставах и области таза, отмечается наличие синдрома запястного канала (карпальный туннельный синдром), стенозирующего теносиновита де Кервена, подошвенного фасциита. Беременность может повлиять на состояние женщин с предыдущими травмами спинного мозга, костей таза и нижних конечностей, а также на уже существующие заболевания опорно-двигательного аппарата: сколиоз, ревматоидный артрит, анкилозирующий спондилоартрит (Mary Lloyd; Ott, Susan M., 2000).

В 2010 году Cannada L.K. и соавторы опубликовали статью о влиянии ортопедических травм на беременность. С 1995 года по 2007 год было обследовано 1055 беременных женщин, из них 65 было с наличием различных ортопедических травм. Как показало исследование, у женщин с ортопедической патологией отмечены высокие риски преждевременных родов до 37 недель беременности, повышен риск отслойки плаценты и перинатальной смертности (Cannada L.K., et al., 2010).

Более 60% беременных регулярно жалуются на отеки, акропарестезии, судороги в нижних конечностях, особенно в области стоп, 40% из них испытывают дискомфорт при ходьбе, а у 35% изменяется размер обуви (Boyd E.F. Jr, 1957, Fields A., 1960, Massey E.W., 1978, Ponnappula P., Voberg J.S., 2010, Ramachandra P. et al., 2015, López-López D. et al., 2017).

Довольно часто женщины во время беременности жалуются на боль различной степени интенсивности в пояснично-крестцовом отделе позвоночника, тазобедренных, коленных и голеностопных суставах, стопах (Bastiaanssen J.M. et al., 2005; V. Pol G. et al., 2006; Gianakos A.L. et al., 2022). Многие авторы связывают появление этих болей с изменением гормонального фона, увеличением эстрогенов и релаксина (Abramson D. et al., 1934; MacLennan A.H. et al., 1986; Hansen A. et al., 1996; Mogren I.M., Pohjanen A.I., 1994-2005). Согласно мнению ученых, увеличение гормонов в крови беременной женщины оказывает эффект расслабления на соединительнотканые образования: связки, капсулы суставов, сухожилия, хрящи (Hagen R., 1974; Anderson R.R., 1982; Morgen I.M. et al., 1994; Blecher A.M., Richmond J.C., 1998; Damen L. et al., 2001; Dragoo J.L. et al., 2003; Dehghan F. et al., 2014; Gimunová M. et al., 2020). В свою очередь, это ведет к нестабильности сочленений в суставах, способствуя не только возникновению патологических состояний опорно-двигательной системы, но и увеличивает риски падения и травматизации всего тела (Goldsmith L.T. et al., 1995; Björklund K. et al., 2000;; Marnach M. et al., 2003; Mogren I.M., 2006; Gross G.A. et al., 2016; Parker E.A. et al., 2022).

В начале 20 века о роли гормона релаксина, влияющим не только на расслабление симфиза, но и о его периферическом воздействии во время беременности указал Hisaw F.L. (1926). Block R.A. с соавторами (1985), изучая изменения опорно-двигательного аппарата беременных женщин, отметили резкое увеличение подвижности в суставах стопы, связывая это с изменением гормонального фона. А в 1986 году MacLennan A. и его коллеги отметили, что содержание гормона релаксина в сыворотке крови у женщин с жалобами на боль в нижних конечностях было гораздо выше в сравнении с беременными женщинами не имеющих схожих проблем.

Bohemen E.K. и Gendi N.S. в 1996 году описали два случая возникновения патологического плоскостопия в третьем триместре беременности, несмотря на среднюю прибавку в массе тела, женщины предъявляли постоянные жалобы на резкие боли в стопе в покое, которые увеличивались во время движения, что создало необходимость использования инвалидной коляски для передвижения. Помимо этого, было зафиксировано увеличение длины стопы и изменение размера обуви с 39 на 41. Ученые связали эти изменения с наличием гормона релаксина в крови беременных женщин, приводящего к гиперэластичности связочного аппарата.

Однако многие ученые имеют иную точку зрения. В своих исследованиях они настаивают на том, что возникновению болей в пояснично-крестцовом отделе позвоночника и нижних конечностях способствует беременная матка в сочетании с компенсаторным лордозом, оказывающая дополнительную механическую нагрузку на расслабленные сочленения и связки тазового кольца и, как следствие, на весь опорно-двигательный аппарат (Heckman J.D., Sassard R., 1994).

В 1996 году Vullo V.J., Richardson et al., проведя исследование женщин во втором и третьем триместрах беременности и в послеродовом периоде, высказали предположение, что на возникновение болей в области тазобедренных, коленных, голеностопных суставов и стопы в целом, оказывают в большей степени биомеханические факторы, нежели гормональные изменения. А в 1996 году Kristiansson P. et al., отметили наличие прямо пропорциональной связи между

болями в поясничном отделе и нижних конечностях с параметрами роста и увеличивающейся массой тела женщины во время беременности.

Однако, позже, именно воздействием гормона релаксина объяснили повышенную подвижность в пястно-фаланговых суставах стопы у беременных, при этом отмечали увеличение ее во второй беременности по отношению к первой (Bird A. et al., 1999).

Cherni Y., Desseauve D. и соавторы (2019) указали на то, что слабость связок пястно-фалангового и тазобедренных суставов достигала своего максимума во втором триместре. Drost T.F и др. (1990), Galey S. и др. (2003) в своих исследованиях отмечают, что увеличение размера крестообразной связки ведет к учащению случаев ее травматизации во время беременности. По мнению Blecher A.M., Richmond J.C. (1998), Dragoo J.L. и др. (2003) слабость суставов и связочного аппарата нижних конечностей в период беременности является результатом не только механического, но и в большей степени гормонального воздействия.

Уровень релаксина в сыворотке достигает пика к 10-12-й неделям, а с 17-18-й недель приобретает тенденцию к снижению, его незначительные концентрации можно выявить у женщин в послеродовом периоде. Как известно, количество плодов не влияет на концентрацию сывороточного релаксина (O'Byrne E.M., Carriere B.T., Sorensen L., et al. 1978).

Многие авторы связывают увеличение размеров стопы с физиологическими отеками нижних конечностей у беременных женщин, объясняя это ростом матки и как следствие - дополнительной компрессией венозной системы. Такие отеки бывают во 2-3 триместрах, возникают во второй половине дня, после длительной ходьбы или нахождении в вертикальном положении, а также при использовании обуви на каблуке (Савельева Г. М. и др. 2000; Stauber M., Weyerstahl T., 2001; Ponnarula P., Boberg J.S., 2010; Coban A., Sirin A., 2010; Ochalek K. et al., 2017; Gimunová M., Zvonař M. et al., 2017; Карапетян С.В., 2013).

Пытаясь объяснить причины варьирования размеров стопы во время беременности, многие ученые обращают свое пристальное внимание на изучение изменения анатомических параметров стопы.

В 1988 году Alvares R. и его коллеги провели исследование стоп в группе из 17 женщин на разных сроках беременности и на 8 неделе после родов. Результаты исследования показали увеличение линейных и объемных параметров стопы, при этом наибольшие показатели зафиксировали на 35—36-й неделях беременности. Ученые полагают, что эти изменения связаны с увеличением массы тела и отеками нижних конечностей, при этом указывают, что параметры, полученные на 8-й неделе послеродового периода, возвратились на прежний уровень лишь у 3 женщин (Alvares R., et al., 1988).

В 1997 году Nyska M. и его коллеги, проводя сравнительный анализ слепков стоп беременных женщин и контрольной группы, зафиксировали не только значительное увеличение ширины средней и задней отделов стопы, но и площади подошвенной поверхности стопы на 12% в группе беременных женщин. В то же время, отмечая, отсутствие существенных изменений длины и ширины передней отдела стопы во время беременности. (Nyska M. et al., 1997).

В 1999 году при изучении слепков стоп беременных женщин другая группа исследователей, также, не выявила значительных изменений длины стопы, хотя, такая методика не обладает высоким качеством измерения (Bird A. et al., 1999).

Детальное изучение литературных источников за последнее время предоставляет разные данные об изменении длины и ширины стопы во время беременности, к примеру, Wetz H.H., (2006), Segal N.A., (2013) Chiou W.K., (2015) и их соавторы выявили существенное увеличение данных. В тоже время, Gijon-Nogueron G.A., и др. (2013) согласны с мнением Alvares R. (1988) и его коллег, которые нашли эти изменения незначительными, что можно объяснить малым количеством участниц эксперимента.

В 2013 году Карапетян С.В. провел исследование 138 беременных женщин, среди которых 40 человек были с первой беременностью, 73 - со второй и 25 - с третьей на 12, 24, 36 неделях гестации и на 8 неделе послеродового периода, с

целью улучшения их качества жизни. Особенностью этого исследования было использование ортопедических приспособлений на основе жалоб на боли в нижних конечностях, риске возникновения и выявления патологических состояний стопы, не учитывая сроков беременности. Результаты показали, что на протяжении всей беременности, помимо увеличения объема стопы, происходит уменьшение высоты продольного свода с одновременным ростом показателя ширины ее переднего отдела. В тоже время автор отмечает, что увеличение показателя общей длины стопы во время беременности не было столь значимым, что согласуется с мнением Alvares R., (1988), Bird A., (1999), Gijon-Nogueron G.A., (2013) и др. Результаты, полученные на 8-й неделе после родов, дали незначительную регрессию изучаемых параметров, и это, по мнению Карапетяна С.В., подтверждает тот факт, что возникающие изменения стоп связаны не только с увеличением механической нагрузки в виде прибавления массы тела, но и гормональным фактором, а именно воздействием релаксина, концентрация которого повышается в сыворотке крови с 12-й недели беременности (O'Byrne E.M., Carriere B.T., Sorensen L., et al. 1978).

Chiou W.K, Chiu H.T. с соавторами (2015) изучали влияние изменения массы тела на размеры стопы во время беременности. Как показало исследование, которое проводилось с 20 недели беременности у 30 женщин, с увеличением массы, происходило не только плавное увеличение длины и ширины, но и снижение свода стопы.

Ученые не имеют единого мнения в работах по изучению вопросов динамики высоты продольного свода стопы во время беременности. Многие авторы указывают в своих исследованиях на незначительное снижение высоты сводов стопы во время беременности (Alvarez R. et al., 1988, Wetz H.H., 2006, Chiou W.K., 2015, Gijon-Nogueron G.A., 2013, Segal N.A., 2013, Ramachandra P. et al., 2017). Некоторые исследователи не выявляют четкой тенденции к увеличению, либо уменьшению свода стопы во время беременности (Jelen K. et al., 2005). Другие уверенно настаивают на значительном снижении продольного свода, зафиксировав его уменьшение на 2-2,5 см (Block R.A., et al., 1985; Nyska M. et al.,

1997; Ojukwu C.P. et al., 2017). Такие разногласия можно объяснить различными методами исследования, малым количеством участниц, а также критериями отбора: разный возраст женщин, наличие в анамнезе беременностей, родов, абортов, заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Изучая изменение параметров стопы во время беременности Gijon-Nogueron G.A. и др. в 2013 году в своем пилотном исследовании, отмечают, что стопа беременной женщины имеет тенденцию к уплощению в течение 12-34 недель гестации за счет значительного снижения свода и ее пронации. В тоже время увеличение длины и ширины передней части стопы посчитали незначительными, что, вероятно, по их мнению, связано именно с малым количеством обследуемых женщин (Gijon-Nogueron G.A. et al., 2013).

Segal N.A. и соавторы (2013) утверждают, что в результате изучения изменений свода стопы в первом триместре и на 19 неделе после родов у 49 женщин имеется снижение высоты свода стопы с одновременным увеличением ее длины, и обращают внимание на выраженность этих изменений у женщин с первой беременностью. Авторы считают, что это способствует развитию рисков нарушений опорно-двигательного аппарата у женщин не только во время беременности, но и послеродовом периоде. В 2018 году эти же ученые провели исследование у 72 женщин, которым предложили индивидуальные ортезы для поддержания свода стопы, измерение производились в конце первого триместра и на 8 неделе послеродового периода. Статистически значимых различий в изменении структуры стопы или динамической функции свода между исходными данными и последующим наблюдением в обеих группах не было выявлено. Полученные результаты Segal N.A. и его коллеги объясняют тем, что обе группы женщин использовали индивидуальные стельки в течение всего периода исследования (Segal N.A. et al., 2013, Segal N.A. et al., 2015).

Существуют научные данные о перераспределении давления под сводами стопы во время беременности. Nyska M. и его соавторы (1997), в своих исследованиях отмечают, что во время беременности в положении стоя происходит увеличение параметров площади стопы, за счет увеличения площади

переднего и заднего отделов. При динамических исследованиях (во время движения) в группе беременных женщин наблюдается увеличение нагрузки на латеральную и заднюю часть стопы, при этом изменяется «рисунок походки». (Nyska M. et al., 1997).

Сходные данные были получены Bertuit J. и его коллегами в 2016 году. Они изучали изменение давления сводов стопы во время движения в последние 4 месяца беременности у 58 женщин и в послеродовом периоде у 9 женщин. В группе беременных происходило увеличение давления на средний и задний отделы и латеральную часть стопы, обеспечивая тем самым более стабильную походку. В послеродовой группе происходила регрессия этих изменений. Авторы полагают, что это может способствовать возникновению болей в нижних конечностях и стопах у беременных женщин (Bertuit J. et al., 2016).

Продан А.И. с соавторами в 2007 году, отмечая постоянные жалобы беременных на боли в пояснично-крестцовом отделе и нижних конечностях, высказывают мнение, что это результат влияния сывороточного релаксина и эстрогенов на гистерезис фасций и сухожилий. Релаксация связок приводит к нестабильности крестцово-подвздошного сочленения, а изменение расположения общего центра масс, приводит к возникновению позвоночно-тазового дисбаланса. В качестве компенсаторного механизма происходит сокращение поперечных и внутренних косых мышц живота, что ведет к компрессии суставных поверхностей крестца и улучшает замыкание суставов, обеспечивая тем самым более стабильное состояние беременной (Damen L. et al., 2002; Richardson C. et al., 2002). Одновременно с этим происходит увеличение нагрузки на весь опорно-двигательный аппарат, что влечет за собой изменение площади опоры стопы, происходит перераспределение давления под сводами во время беременности (Продан А.И. и др. 2007).

Вопрос о факторах, оказывающих влияние на распределение давления под сводами стопы на протяжении беременности, на данный момент является дискуссионным (Ribas S.I., Guirro E.C.O., 2007; Gaymer C. et al., 2009; Karadag-Saygi E. et al., 2010; Ribeiro A.P et al., 2011; Martinez-Marti F. et al., 2015; Bertuit J.

et al., 2016; Ramachandra P. et al., 2017; Elsayed E. et al., 2017; Woźniacka R. et al., 2019). Одним из существенных факторов является увеличение механической нагрузки во время беременности.

Tsung B.Y. с соавторами (2003) связывают рост параметра общей длины стопы на 0,7%, и ширины ее переднего и заднего отделов на 3,1% и 2,8% соответственно, с последствиями увеличения массы тела. (Tsung B.Y. et al., 2003).

В 2009 году Gaumer C. и его коллеги провели свое исследование о распределении давления на стопу у 42 женщин, 22 из которых были на 38 неделе беременности, при этом повторное измерение происходило через 4 месяца после родов. Результаты указали на увеличение давления в среднем отделе стопы на 38 неделе беременности, тогда как через 4 месяца после родов, произошло снижение давления на средний отдел. Авторы указывают, что эти изменения являются результатом физиологических процессов во время беременности (Gaumer C. et al., 2009).

Karadag-Saygi E. с соавторами (2010), изучая 35 беременных женщин в третьем триместре с жалобами на боли в нижних конечностях и стопах, выявили увеличение давление на передний отдел стопы в ортостатической позе и во время движения, одновременно зафиксировав заметное изменение осанки в передне-заднем направлении (Karadag-Saygi E. et al., 2009).

Ribeiro A.P. и его соавторы в 2011 году сравнили распределение давления под сводами стоп у 6 беременных женщин в последний месяц каждого триместра в ортостатической позе и во время движения. Их результаты показали, что во время движения наблюдалось плавное увеличение давления от заднего отдела свода к переднему, тем самым поддерживая стабильность беременной во время движения. Однако в ортостатической позе было отмечено отсутствие изменений давления под сводами стопы, что ими объяснено слишком малым количеством обследуемых женщин (Ribeiro A.P. et al., 2011).

Martinez-Marti F. и соавторы (2015), изучая изменение распределения давления под сводами стоп у 15 беременных женщин, использовали экспериментальные стельки «EConsole», специально разработанные

исследовательской группой. Были проведены опросы на 12, 20, 32 неделях беременности на наличие болей в спине и нижних конечностях. Результат исследования выявил, что боли в спине и нижних конечностях возникают на 20 и 32-й неделях, и в это же время наблюдается незначительное увеличение давления на задний отдел стопы (Martinez-Marti F. et al., 2015).

Elsayed E. Devreux I. et al. (2017) изучая изменения стопы у 44 женщин, 22 из которых были беременны, выявили значительную асимметрию весовой нагрузки и увеличение интенсивности болей в нижних конечностях в группе беременных. В тоже время результаты показали незначительную разницу в изменении давления между группами по трем точкам давления (пяточная, 1-я метатарзальная и 5-я плюсневая), при этом отмечено наличие прямой связи между месяцем беременности и повышением давления опоры на 5-ю плюсневую кость (Elsayed E. et al., 2017).

Poděbradská, R. et al. (2019), исследуя качество жизни беременных женщин во втором и третьем триместрах, выявили жалобы на боли в пояснице и наличие морфологических изменений в стопе. 12 беременных женщин были разделены на исследуемую и контрольную группы. В исследуемой группе с 24 недели и до момента родов женщины выполняли специальные упражнения, направленные на поддержание высоты свода стопы. Результаты показали, что это снизило интенсивность болей в пояснице и уменьшило риски возникновения плоскостопия.

Alcahuz-Griñan, M. et al. (2021), уделяя особое внимание морфологическим и постуральным аспектам стопы, проанализировали состояние 23-х беременных женщин в три временных периода во время и после беременности: в первом триместре (9-13 неделя), в третьем (32-35 неделя) и на 4-6 неделе послеродового периода. В третьем триместре зафиксировали рост параметра общей длины стопы, отмечая, что лишь в 35% случаев показатели возвращаются к норме в послеродовом периоде. Во время беременности высота стопы уменьшается, т.е. стопа уплощается и сохраняет это состояние в послеродовом периоде. Согласно

полученным данным, для третьего триместра беременности характерно увеличение пронации, которое частично сохраняется в послеродовом периоде.

Masłoń, Agata et al. (2022) в своем проспективном, продольном исследовании «Влияние антропометрических изменений, связанных с беременностью, на распределение подошвенного давления во время последующего исследования походки» отметили наличие высокой корреляционной связи отдельных антропометрических параметров и площади стопы в разных триместрах, с ее увеличением на поздних сроках беременности. Изучая 30 беременных женщин, ученые указали, что изменяющаяся масса тела активно влияет на уплощение дуги стопы и снижение высоты ее свода во всех триместрах беременности, а на медиально-латеральный индекс только в первом и втором триместрах, что может привести к менее стабильной походке. Высокая корреляционная связь между изменениями окружности талии и снижением высоты, уплощением дуги стопы отмечены на поздних сроках беременности.

Li, Xin et al. (2022) в своем исследовании проанализировали изменение нагрузки на стопу во время беременности в 3 триместре у 16 женщин и выявили увеличение влияния на передний отдел стопы, что ведет к увеличению рисков падения и травматизации женщин. Ученые предложили изготовление и использование специальной обуви с поддерживающей платформой для различных отделов стопы. Проведенный анализ показал, что обувь с платформой для переднего отдела стопы более удобна, обеспечивает стабильную походку и снижает риски травматизации женщин в 3 триместре беременности.

Таким образом, исходя из анализа информации, во время беременности помимо комплекса причин нарушения функции как всей опорно-двигательной системы, так и ее составных элементов, наблюдаются весьма противоречивые данные об изменении анатомических параметров стопы.

Как показывает исследование литературных источников, ученые, изучающие изменения статодинамической функции стопы во время беременности, не уделяли пристального внимания особенностям изменения

анатомо-физиологических параметров стопы женщин во время их первой беременности в динамике (12, 24, 36 неделях).

Отсутствие критериев диагностики и методов компенсации состояния опорно-двигательной системы, а именно стоп, может способствовать увеличению рисков возникновения патологических состояний женщин с первой беременностью, а также резкому снижению работоспособности (вплоть до утраты) и влечет за собой серьезные экономические последствия.

Необходимо отметить, что многие из предложенных методов медикаментозного лечения не всегда дают необходимый положительный результат, а список применяемых лекарственных препаратов во время беременности резко ограничен. Назначение немедикаментозной терапии, а в некоторых случаях и длительного постельного режима не всегда эффективно. А в доступных литературных источниках мало научно обоснованных данных по профилактике возникновения патологических состояний и разработке специальных ортезов для женщин во время их первой беременности.

Полученные данные помогут вовремя выявить признаки предрасположенности к патологическим изменениям, дать рекомендации в подборе консервативного или оперативного лечения, рекомендовать индивидуальные ортопедические изделия с учетом триместра первой беременности. Все это значительно улучшит качество жизни женщин во время первой беременности, а также в послеродовом периоде и соответственно благоприятно отразится на последующих беременностях.

Таким образом, изучение анатомо-физиологических изменений стопы во время первой беременности с учетом триместров, а также создание критериев диагностики, рекомендаций по консервативному или оперативному лечению, методов профилактики патологических состояний стоп с помощью индивидуальных ортопедических изделий до настоящего времени остается весьма актуальной и нерешенной проблемой.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Объекты и этапы исследований

В исследовании приняли участие 200 женщин в возрасте от 17 до 27 лет. Все обследованные лица были распределены на группы (таблице 1).

**Таблица 1 - Разделение обследованных женщин по группам**

| № п/п | Группы             | Количество |
|-------|--------------------|------------|
| 1     | Контрольная группа | 149        |
| 2     | Исследуемая группа | 51         |

В начале работы сформированы 2 группы. Контрольная группа включала 149 женщин. Критериями включения в нее были: возраст 17-27 лет, отсутствие в анамнезе указания на патологию опорного аппарата, травмы, хирургические вмешательства, беременности, хронические заболевания. Критерии исключения в контрольной группе: женщины младше 17 лет и старше 27 лет, инвалиды 1-3 групп и др. социально-незащищенные группы населения, наличие в анамнезе травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата, хирургических вмешательств, беременностей, острых соматических заболеваний, декомпенсированных форм хронических соматических заболеваний, ожирения, эндокринной патологии, сахарного диабета.

Исследуемая группа состояла из 51 женщины с первой беременностью, анализ проводился в динамике в первом (на 12 неделе), втором (на 24 неделе) и третьем (на 36 неделе) триместрах. Во втором триместре произошла убыль пациентов в связи переездом в другие города. Во втором и третьем триместрах были обследованы 48 женщин. Критерии включения в нее были: возраст 17-27 лет, первая беременность в анамнезе, отсутствие в анамнезе патологии опорно-двигательной системы, травм, хирургических вмешательств, экстракорпорального оплодотворения, многоплодной беременности, хронических заболеваний.

Критерии исключения в исследуемой группе: женщины младше 17 лет и старше 27 лет, инвалиды 1-3 групп и др. социально-незащищенные группы населения, наличие в анамнезе травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата и хирургических вмешательств, экстракорпорального оплодотворения, многоплодной беременности, гестоза, острых соматических заболеваний, декомпенсированных форм хронических соматических заболеваний, ожирения, эндокринной патологии, сахарного диабета, профессиональной вредности.

Этапы исследования, включающие соматометрические измерения и аппаратно-программное 3D исследование анатомо-функционального состояния стопы, проводились в первой половине дня.

Подробный инструктаж осуществлялся до проведения исследования в контрольной и исследуемой группах. Все обследуемые подписывали протокол информированного согласия на проведение исследования, который был одобрен локальным независимым биоэтическим комитетом ФГБОУ ВО ВолГМУ (протокол №2020/023 от 27.04. 2020 г.).

## **2.2. Соматометрия**

Массу тела измеряли при помощи напольных электронных медицинских весов «МАССА-К ВЭМ-150.3-А3» (рисунок 1). Обследуемые женщины обеими стопами вставляли на платформу весов, на табло отображался результат измерения в килограммах.



**Рисунок 1 - Напольные электронные медицинские весы «МАССА-К ВЭМ-150.3-А3»**

При помощи напольного ростомера «Атон 2200х 380х 420 РМ-П-ВМ» было проведено измерение роста (рисунок 2). Обследуемая женщина становилась на платформу спиной к вертикальной стойке. Необходимо было принять стойку «смирно»: выпрямившись и расправив плечи, руки опущены вдоль тела, пятки вместе, носки врозь, касаясь вертикальной стойки буграми пяточных костей, задней поверхностью ягодичных областей, межлопаточной областью. Измерение проводилось во Франкфуртском положении. Параметры роста регистрировались в сантиметрах.



**Рисунок 2 - Ростомер напольный «Атон 2200 x 380 x 420 РМ-П-ВМ»**

Измерение окружности грудной клетки проводилось в вертикальном положении с использованием сантиметровой ленты, которая накладывалась таким образом, чтобы сзади проходила по нижним углам лопаток, при этом огибая грудную клетку, соединялась спереди под молочными железами. Полученные данные фиксировались в сантиметрах

Полученные соматометрические данные были использованы для вычисления индекса Пинье, по уравнению  $J=L-(P+T)$ , где  $L$  - длина тела (см),  $P$  - масса тела (кг),  $T$  – окружность грудной клетки (см).

### **2.3. Программно-аппаратное 3D исследование стопы женщин с первой беременностью в динамике**

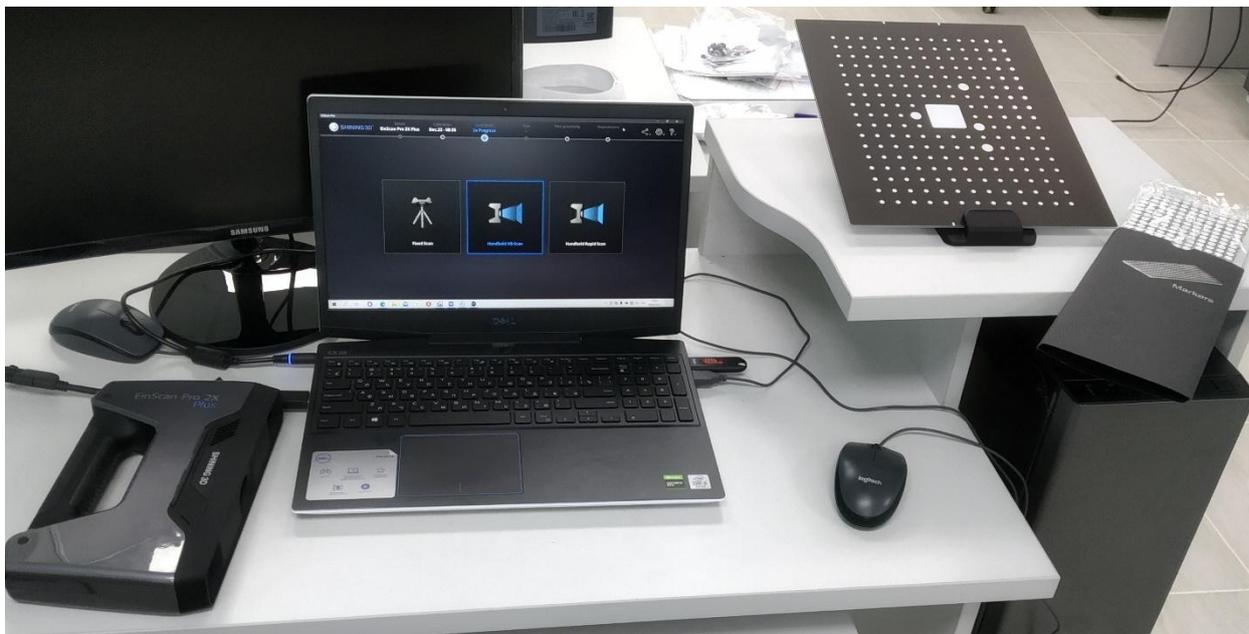
Анатомические и функциональные характеристики стопы исследуемых женщин изучены при помощи методов планшетного и 3D-сканирования, а также

3D-моделирования с применением многофункционального портативного 3D-сканера Shining 3D EinScan Pro 2X Plus (рисунки 3, 4).



**Рисунок 3 - Портативный 3D-сканера Shining 3D EinScan Pro 2X Plus, калибровочная панель и маркеры**

В стандартный комплект с 3D-сканером входят: калибровочная панель, маркеры, кабель для подключения к компьютеру, блок питания, а также USB-флешка с новейшим программным обеспечением, подставка для стационарного исследования с функцией встроенных электронных весов (поворотный столик). Для работы с устройством использовался ноутбук с операционной системой Windows 10.



**Рисунок 4 - Программно-аппаратный комплекс для сканирования стопы**

Shining 3D EinScan Pro 2X Plus способен ежесекундно сканировать и обрабатывать до 1,5 миллионов точек при 30 кадрах в секунду. Передача данных на компьютер осуществляется по высокоскоростному интерфейсу USB 3.0. Рабочая дистанция при работе с 3D-сканером составляет 510 мм. Точность сканирования EinScan Pro 2X Plus в автоматическом и стационарном режимах составляет 0,04 мм, а при использовании маркеров в режиме ручного сканирования — 0,05 мм + 0,3 мм/м. Минимальное расстояние между сканируемыми точками — 0,2 мм. Это позволило получать данные с высокой детализацией. Для более точного отображения стопы, нами были использованы несколько режимов сканирования: быстрый ручной, ручной высокоточный и стационарный; а несколько режимов совмещения: по маркерам, автоматический и ручной помогли получить ее объемное изображение.

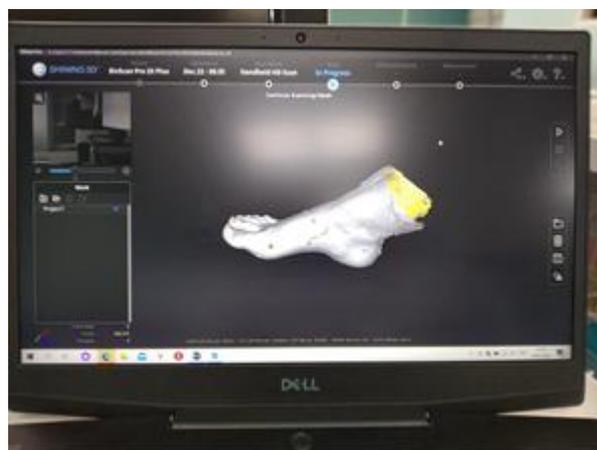
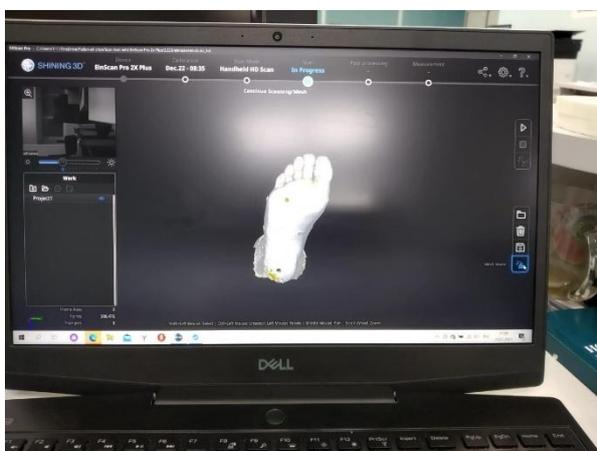
Этапы получения изображения, расчета анатомических параметров и изготовление 3D-модели стопы:

1. Подключение сканера к ноутбуку (рис.4)
2. Калибровка сканера, при помощи калибровочной панели (рис. 3)
3. Фиксирование маркеров на стопе (рис.5)
4. Выбор режима сканирования и режима совмещения

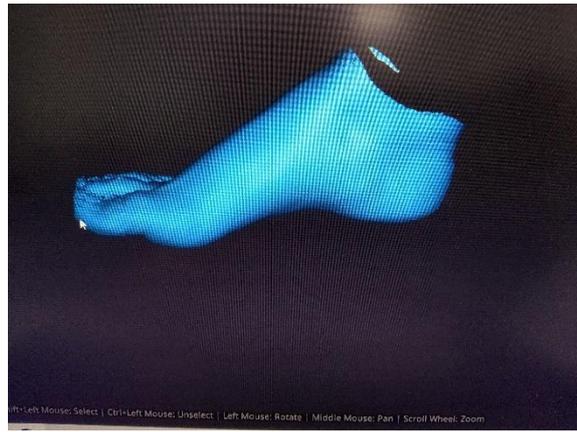
5. Создание учетной электронной записи с внесением паспортных данных обследуемых женщин, триместра беременности, данных соматометрии.
6. Сканирование стопы и обработка полученных данных (рисунок 6)
7. Моделирование полученного 3D-изображения при помощи программы Shining 3D (рисунок 7)
8. Изготовление 3D- модели стопы в формате STL
9. Расчет угловых и линейных параметров стопы при помощи специально разработанной программы для ЭВМ «3D Foot anatomy» (рисунок 8,9)
- 10.Создание индивидуальных файлов по результатам диагностики стопы в текстовый редактор Microsoft Word
- 11.Формирование групповых статистических отчетов по диагностике стоп исследуемых женщин в табличном виде в Microsoft Excel.



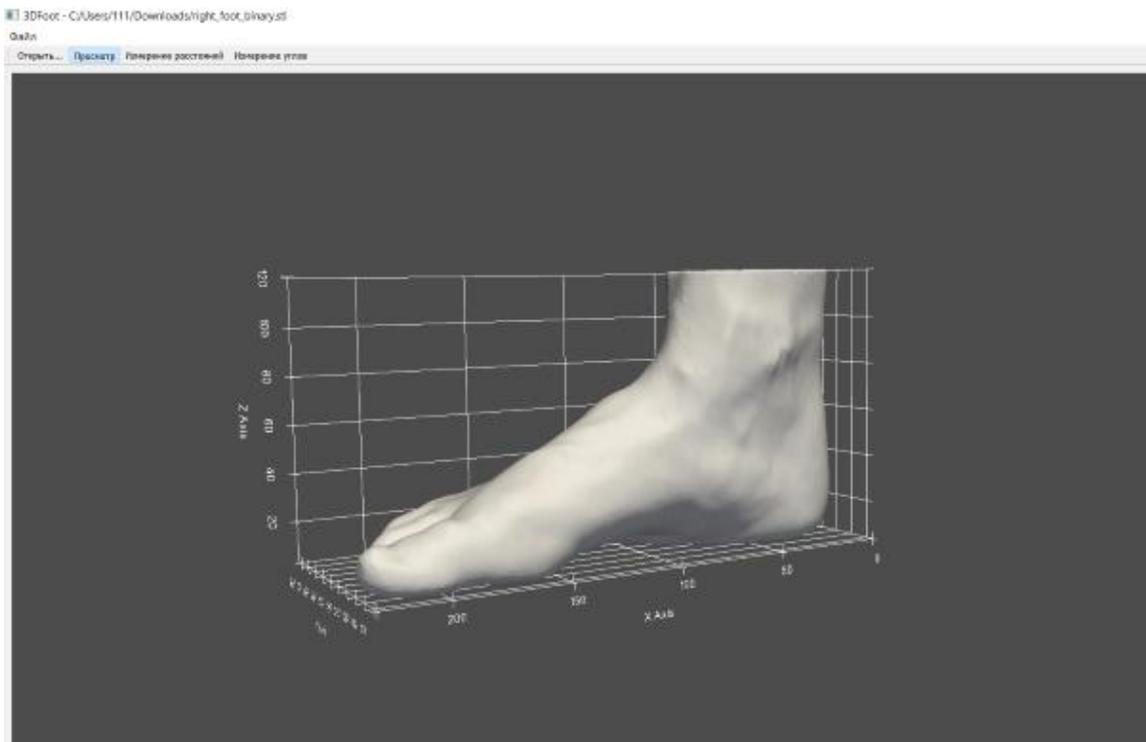
**Рисунок 5 - Фиксация маркеров**



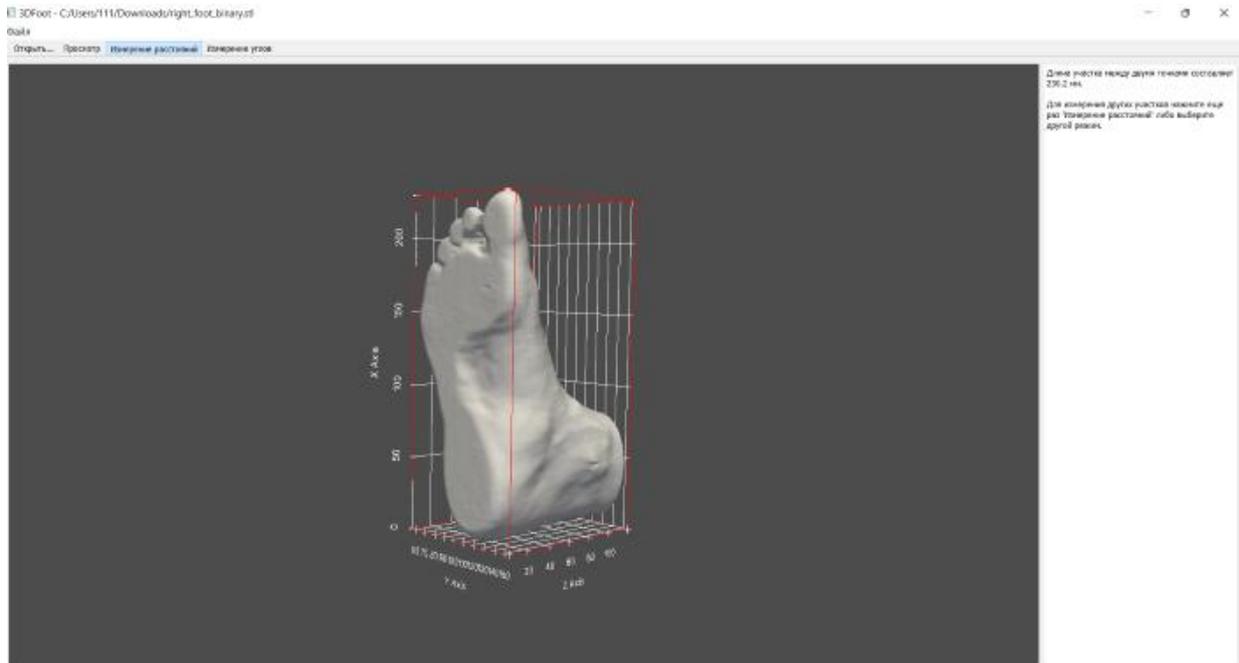
**Рисунок 6 - этапы сканирования и обработка полученных данных**



**Рисунок 7 - Получение 3D - модели стопы**

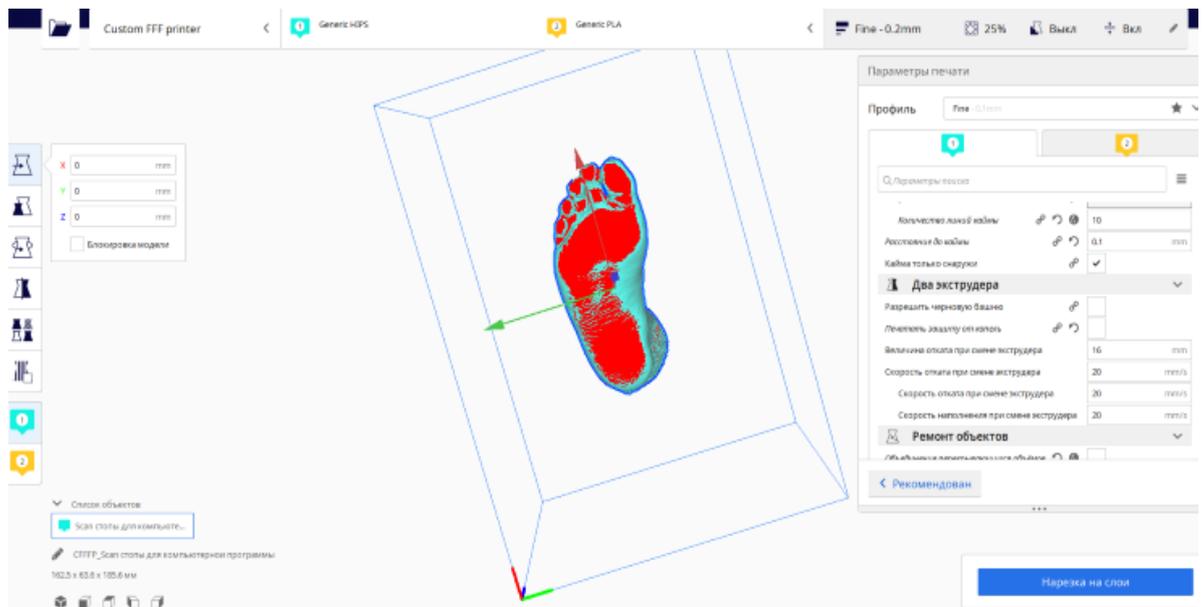


**Рисунок 8 - Программа для ЭВМ «3D Foot anatomy» (свидетельство о государственной регистрации №2021617525 от 17.05.2021)**



**Рисунок 9 - Автоматизированный расчет линейных и угловых параметров стопы в специально разработанной программе для ЭВМ «3D Foot anatomy»**

Полученные изображения и 3D модели стопы сохраняются в цифровом виде в формате STL, что позволяет не только обмениваться данными с другими приложениями, но вывести полученную модель на печать с использованием 3D принтера (рисунок 10).



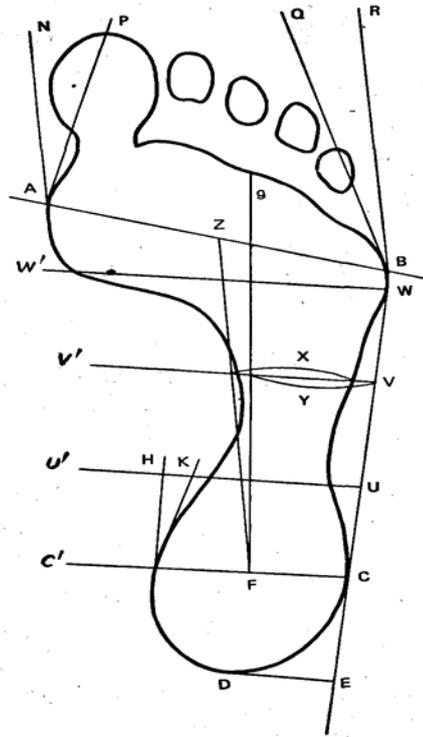
**Рисунок 10 - Подготовка 3D модели стопы к печати на 3D принтере**

Индивидуальный отчёт в текстовом файле Microsoft Word включал в себя паспортные данные, соматометрию, триместр беременности и результаты определения состояния стоп. Групповые статистические отчеты формировались на основе индивидуальных и автоматически выгружались в виде таблиц в Microsoft Excel, где в дальнейшем производилась статистическая обработка полученных результатов.

3D-сканирование обладает рядом преимуществ для исследования стоп у беременных: 1) безопасность; 2) великолепное качество полученных изображений стопы; 3) высокая достоверность результатов; 4) высокая диагностическая точность. Программное обеспечение «Shining 3D позволило управлять работой 3D-сканера, получать объемное изображение стопы с последующей обработкой 3D-модели. С использованием оригинальной программы для ЭВМ «3D Foot anatomy» (свидетельство о государственной регистрации №2021617525 от 17.05.2021), производилась обработка полученных моделей, расчет параметров и выдача заключения.

Во время 3D-сканирования в стационарном режиме исследуемая женщина вставала на специальную рабочую поверхность подставки для стационарного исследования сначала левой, а затем правой ногой, при этом полученное 3D изображение стопы сразу отображалось на экране компьютера, а в результате дальнейшей обработки получали 3D модели.

Алгоритм автоматизированной компьютерной обработки 3D модели стопы имеет отдельные элементы расчета анатомических параметров стопы, входящих в состав планшетного сканирования (рисунок 12).



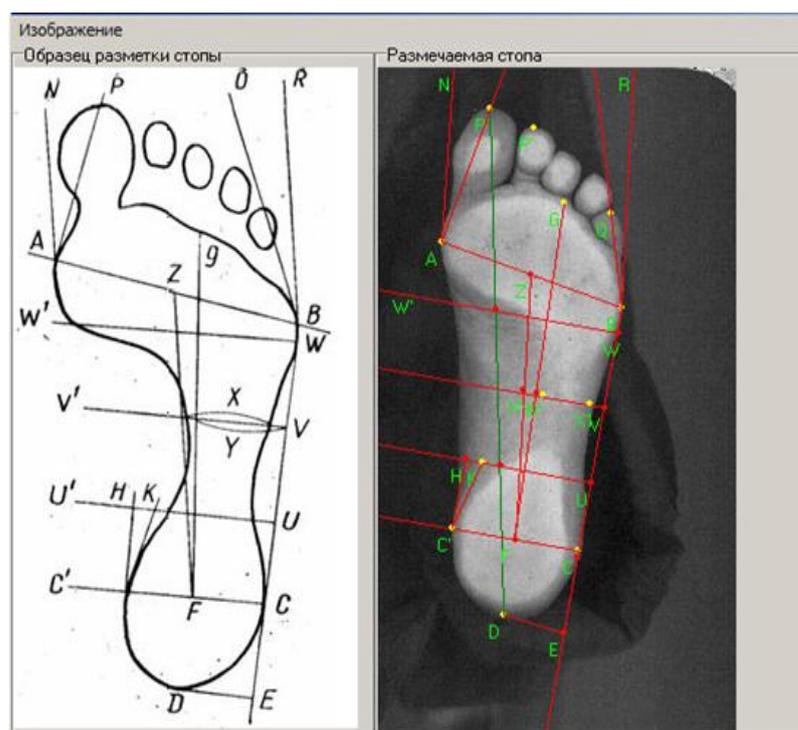
**Рисунок 11 - Схема для определения и осуществления расчета основных параметров стопы**

При анализе 3D-изображения стопы, был использован частично автоматизированный метод выделения основных диагностических точек, которые вручную расставляет оператор. Согласно схеме, приведенной на рисунке 11, на 3D-изображении стопы оператор выделяет точки:

- 1) т. А - головка первой плюсневой кости,
- 2) т. В - головка пятой плюсневой кости,
- 3) т. С - наиболее латеральная точка пяточной области,
- 4) т. D - наиболее дорзальная точка области пяточной кости,
- 5) т. G - точка между основаниями третьего и четвертого пальцев,
- 6) т. Р и т. Q - крайние передние точки первого и пятого пальцев.

В последующем в автоматическом режиме программа соединяла точки А-В (на середине которой отмечалась точка Z) и В-С. Из точки D проводилась перпендикулярная линия (DE) по отношению к линии В-С. Общую длину стопы определяли от т. D до более выступающей дистальной фаланги первого или второго пальцев. По прямой BE автоматически

откладывались отрезки, равные 0,16, 0,3, 0,46 и 0,6 от общей длины 3D-модели стопы. Перпендикуляры к прямой BE, а именно  $cc'$ ,  $uu'$ ,  $vv'$ ,  $ww'$  восстанавливались из вновь найденных точек. В последующем программа автоматически восстанавливала перпендикуляр  $c'-H$  и обозначала линии F-G, F-Z, A-N, B-R и  $c'-K$ .



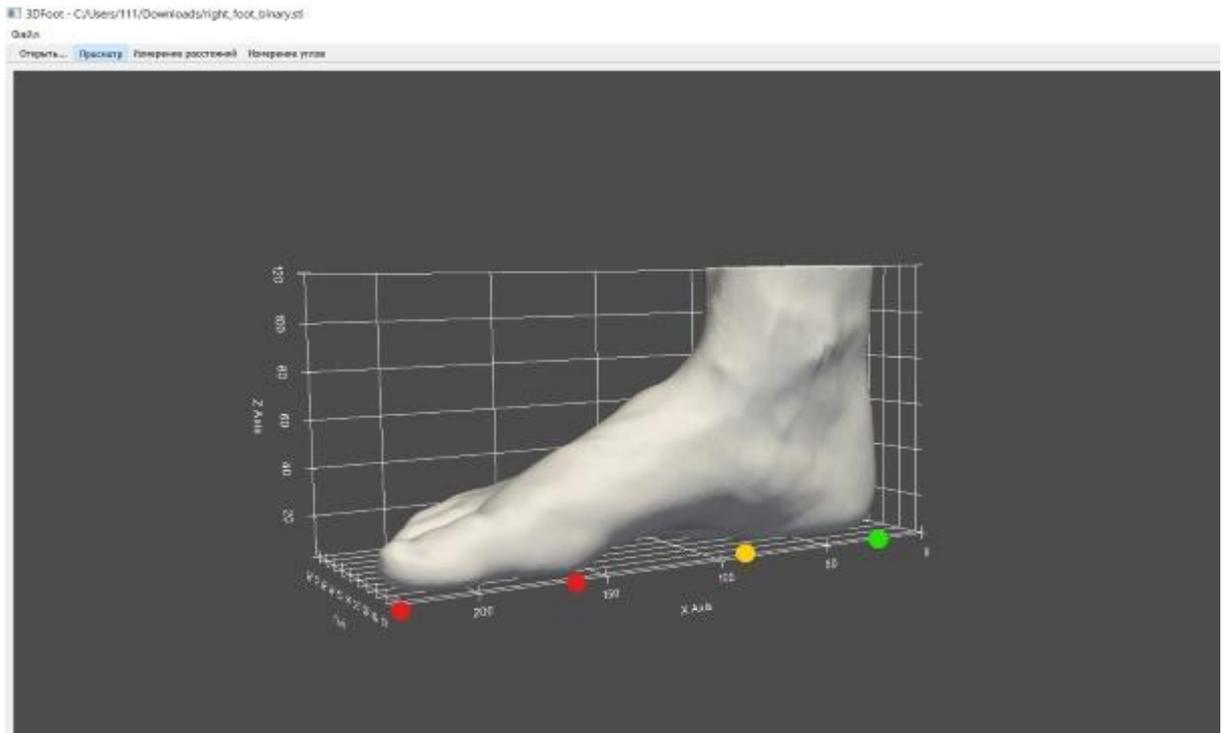
**Рисунок 12 – Схематическое изображение стопы, используемое программой, для определения ее анатомо-функциональных параметров.**

Программа автоматически производит вычисления анатомических параметров стопы, с последующим формированием отчета и созданием рекомендаций для исследуемой женщины. Результаты анатомо-функционального состояния стоп по полученным 3D-моделям исследуемых женщин выводятся на экран (рисунок 13).

|                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Длина стопы: 250 мм                  | Ширина стопы: 85,66 мм               |
| Длина передней части стопы: 96,14 мм | Индекс Вейсфлога: 2,93               |
| Длина средней части стопы: 79,28 мм  | Индекс Штригера: 33,72               |
| Длина задней части стопы: 75,58 мм   | Индекс Штригера-Годунова: 0,34       |
|                                      | Угол Кларка: 55,85 градусов          |
| Ширина стопы: 85,66 мм               | Передний отдел стопы:                |
|                                      | Медиальная часть: Норма              |
|                                      | (<NAP = 3,24 градусов)               |
|                                      | Латеральная часть: Плоскостопие I    |
|                                      | степени                              |
|                                      | (<QBR = 10,67 градусов)              |
| Передний отдел стопы:                | Средний отдел стопы:                 |
| Медиальная часть: Норма              | Стопа с нормальным сводом            |
| (<NAP = 3,24 градусов)               | ( $K = x/y = 22,76 / 28,88 = 0,79$ ) |
| Латеральная часть: Плоскостопие I    | Задний отдел стопы: Норма            |
| степени                              | (<НСК = 7,71 градусов)               |
| (<QBR = 10,67 градусов)              |                                      |

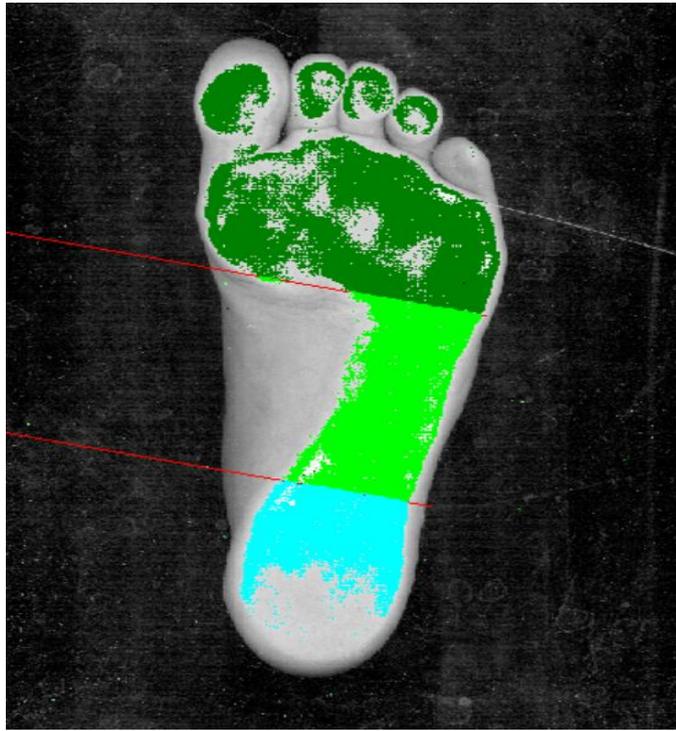
### Рисунок 13 - Результаты автоматизированных расчетов анатомических параметров стопы

Одной из особенностей программы является самостоятельная расстановка точек для определения плоскостных параметров стопы (рисунок 14)



### Рисунок 14 - Фиксирование точек для определения плоскостных параметров стопы на полученной 3D – модели

Впоследствии программа автоматически рассчитывала значение общей площади стопы, и значения площади по всем отделам, выделяя каждый их них разными цветами (рисунок 15).



**Рисунок 15 - Вычисление общей площади стопы и ее каждого из ее отделов на полученных 3D-моделях**

Анализ анатомо-функциональных характеристик стоп контрольной групп и групп женщин во время первой беременности, производился с учетом следующих характеристик:

1. Линейные параметры;
2. Угловые параметры;
3. Плоскостные параметры;
4. Коэффициент К и индекс Вейсфлога.

Согласно методике исследования стоп при нагрузке, предложенной в своих исследованиях Перепелкиным А.И. и соавт., определение анатомо-функциональных особенностей стопы женщин во время первой беременности проводилось в следующем порядке (Перепелкин А.И., Мандриков В.Б. и др., 2015). Определение параметров стопы проводилось при 50% нагрузке на нее, с последующим увеличением до 80% и 100% от массы тела. Для этого женщина одной ногой становилась на опорную поверхность, расположенную по бокам от функциональной поверхности, а другой ногой на подставку плантографа с

функцией встроенных электронных весов, которая помогала корректировать нагрузку, затем проводилось 3D-сканирование стопы.

Исследование осуществлялось поэтапно:

- 1) проводилось измерение и фиксация соматометрических показателей обследуемой женщины.
- 2) с учетом массы тела при постепенно увеличивающейся нагрузке на стопу проводились расчеты ее анатомических параметров (Перепелкин А.И., др., 2015). Женщина становилась одной ногой на опорную поверхность, а второй (исследуемой) - на поворотный столик с функцией встроенных весов, позволяющей контролировать изменение нагрузки на исследуемую стопу.
- 3) при достижении заданной нагрузки (50%, 80% и 100% от массы тела) выполнялось 3D сканирование стопы, с последующим созданием ее 3D-модели.

#### **2.4. Определение механических параметров стопы при первой беременности в динамике**

Для изучения динамики механических свойств стопы на различных сроках первой беременности (12, 24, 36 неделях) был произведен математический расчет таких показателей, как коэффициент упругости ( $K_y$ ) и деформации ( $K_d$ ), а также модуль Юнга ( $m_{Юнга}$ ) и коэффициент Пуассона ( $\kappa_P$ ).

$K_y$  - физическая величина, характеризующая упругопластическое состояние стопы.  $K_y$  указывает как происходит увеличение длины упругого тела, в результате его деформации.

$$k_y = \frac{\Delta m g}{\Delta H}$$

где  $\Delta m = m^1 - m$  (в кг), где  $m^1$  - масса тела при 80% нагрузке, а  $m$  - масса тела в кг при выполнении 50% нагрузочной пробы на стопу,  $\Delta H = H^1 - H$  (в метрах), где  $H^1$  высота стопы при 80%, а  $H$  - высота стопы при выполнении 50% нагрузочной пробы от массы тела женщины.

Кд – показатель, отражающий изменение длины, ширины и высоты в результате изменения нагрузки на стопу. Рассчитывался в трех плоскостях и с учетом сроков первой беременности (12, 24, 36 недели)

В вертикальной плоскости была использована следующая формула, отображающая изменение высоты свода в результате изменения нагрузки на стопу.

$$\varepsilon^z = \frac{\Delta H}{H} * 100$$

где  $\Delta H = H^1 - H$  (в метрах), где  $H^1$  высота стопы при 80%, а  $H$  – высота стопы при выполнении 50% нагрузочной пробы от массы тела женщины.

Для изучения динамики ширины стопы во время первой беременности (по фронтальной плоскости) расчет производился следующим образом:

$$\varepsilon^y = \frac{\Delta W}{W} * 100$$

где  $\Delta W = W^1 - W$ , где  $W^1$  – ширина стопы при 80%, а  $W$  – ширина стопы при выполнении 50% нагрузочной пробы от массы тела женщины.

В сагиттальной плоскости, используя ниже представленную формулу, были выявлены основные изменения длины стопы во время беременности.

$$\varepsilon^x = \frac{\Delta Lt}{Lt} * 100$$

где  $\Delta Lt = Lt^1 - Lt$ , где  $Lt^1$  – длина стопы при 80%, а  $Lt$  – длина стопы при выполнении 50% нагрузочной пробы от массы тела женщины.

мЮнга – физическая величина, отображающая способность стопы во время беременности оказывать сопротивление таким видам упругой деформации, как растяжение и сжатие.

$$E = k_\gamma \frac{H}{S}$$

где  $k_\gamma$  – коэффициент упругости,  $H$  – высота стопы, определяемая при 50% нагрузке на нее от массы тела женщины и  $S$  – площадь опорной поверхности стопы женщины.

кП – величина отражающая зависимость между поперечным и продольным деформациями стопы (в сагиттальной и фронтальной плоскостях).

$$\mu = \frac{|e'|}{|e''|}$$

где  $e'/e''$  – соотношение показателей относительного вертикального сжатия к относительному продольному удлинению в сагиттальной плоскости или относительному расширению во фронтальной плоскости стопы.

кП и мЮнга позволяют дать полную характеристику упругим свойствам стопы.

## 2.5. Методы статистического анализа

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.

Нормальность распределения осуществляли путем оценки каждого сравниваемого комплекса показателей с помощью вычисления критериев Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова. В результате проведенного анализа, полученные данные были объединены в вариационные ряды.

Последовательно проведенные статистические методы исследования легли в основу математического анализа полученных параметров:

1. Общие статистические параметры определяли вариационно-статистическим методом. В работе использовали стандартные элементы: средняя арифметическая (Ср.), стандартная ошибка средней (Ст. ошибка), мода, медиана, стандартное отклонение (Ст. откл.), дисперсия (Дисп.), эксцесс, асимметричность (Асим.), интервал, минимум (Мин.), максимум (Макс.), счет (N) и уровень надежности (Ур. надеж.). Данные, полученные при вычислении абсолютного и относительного прироста (или снижения), темпов роста (или снижения), использовались для детального анализа динамических рядов. Для расчета абсолютного прироста (С), отражающего абсолютную разницу, использовалась

формула  $C=B-A$ , где  $B$  – показатель последующего уровня, а  $A$  – предыдущего уровня. Относительный прирост, который показывает относительную разницу, вычислялся по формуле  $C/A \times 100\%$ . Темп роста определялся отношением последующего уровня к предыдущему, умноженному на 100%. (Лучкевич В.С., 1997; Зайцев В.М. и др., 2006; Медик В.А. и др., 2007; Алексеевская Т.И. и др., 2012).

2. Корреляционный метод. Для изучения количественной и качественной характеристики силы связи между соматометрическими показателями тела и анатомическими параметрами стопы был использован непараметрический метод, с расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена ( $r$ ) и учетом его свойств: 1)  $-1 \leq r \leq 1$ ; 2)  $r = 1$ , только если ранги обоих признаков совпадают; 3)  $r = -1$ , только если ранги признаков противоположны. Качественная характеристика тесноты связи коэффициента ранговой корреляции Спирмена ( $r$ ), оценивалась по шкале Чеддока, где, если количественная мера ( $r$ ) от 0,1 до 0,3, это слабо выраженная сила связи; от 0,3 до 0,5 – умеренно выраженная; от 0,5 до 0,7 это заметная теснота связи; 0,7-0,9 – высокая; 0,9-0,99 – весьма высокая теснота связи.

3. Регрессионный метод. В программе «Excel» при помощи раздела «Анализ данных» и модуля «Множественная линейная регрессия» осуществлялся расчет и построение линейных уравнений для создания точного прогноза уровня влияния нескольких независимых факторов (соматометрических данных женщин) на итоговую переменную (анатомический параметр стопы) с учетом триместров беременности (12, 24, 36 недели). Такой подход также поможет увидеть на сколько изменяется влияние независимых переменных на итоговую к концу беременности. Линейные уравнения представлялись следующим образом  $Y = b_0 + b^1x^1 + b^2x^2 \dots + b^m x^m$ : где  $y$  – теоретическое значение итоговой переменной ( $y$ ) при определенных значениях независимых переменных ( $x_1, x_2, \dots, x_m$ ), подставленных в регрессионное уравнение;  $b_0$  – свободный член уравнения;  $b^1, b^2, \dots, b^m$  – коэффициенты множественной регрессии.

## ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 3.1 Соматометрические особенности контрольной группы и женщин во время первой беременности (17-27 лет)

До начала исследования в контрольной группе и группе женщин с первой беременностью (на 12, 24, 36 неделях) были зафиксированы их соматометрические данные.

Как видно из таблицы 2, в контрольной группе и группе женщин с первой беременностью в первом триместре данные параметров роста и ОГК были одинаковы. Индекс Пинье в первом триместре уменьшился на 12,56% ( $p > 0,05$ ) по отношению к контрольной группе, что может быть объяснено прибавкой массы тела к 12 неделе беременности на 5,6% ( $p < 0,01$ ).

**Таблица 2 – Результаты сравнительного анализа соматометрических данных контрольной и исследуемой группы в I триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | Контрольная группа |        |             |       | I триместр беременности |        |              |       |
|---------------------------------------|--------------------|--------|-------------|-------|-------------------------|--------|--------------|-------|
|                                       | IP                 | Рост   | Масса тела  | ОГК   | IP                      | Рост   | Масса тела   | ОГК   |
| Ср.                                   | 27,88              | 165,1  | 54,7 $\neq$ | 82,5  | 24,37                   | 164,63 | 57,74 $\neq$ | 82,52 |
| Ст. ошибка                            | 0,44               | 0,39   | 0,39        | 0,26  | 2,24                    | 0,73   | 1,14         | 1,05  |
| Медиана                               | 28,00              | 165,00 | 55,00       | 83,00 | 33,80                   | 164    | 57,1         | 76    |
| Мода                                  | 27,00              | 160,00 | 53,00       | 83,00 | 34                      | 164    | 58,2         | 73    |
| Ст. откл.                             | 6,94               | 6,32   | 6,18        | 4,02  | 16,03                   | 5,21   | 8,11         | 7,53  |
| Дисп.                                 | 47,98              | 39,78  | 38,09       | 16,06 | 256,94                  | 27,19  | 65,81        | 56,63 |
| Эксцесс                               | -0,76              | -0,42  | -0,53       | 0,0   | 4,42                    | -0,24  | 4,83         | 2,95  |
| Асим.                                 | -0,3               | 0,14   | 0,09        | 0,22  | -1,78                   | 0,06   | 1,58         | 1,57  |
| Интервал                              | 28,00              | 31,00  | 30,00       | 21,00 | 87                      | 23     | 47,5         | 38    |
| Мин.                                  | 12,00              | 149,00 | 40,00       | 72,00 | -34,80                  | 153    | 42,3         | 67    |
| Макс.                                 | 40,00              | 180,00 | 70,00       | 93,00 | 52,20                   | 176    | 89,8         | 105   |
| N                                     | 149                | 149    | 149         | 149   | 51                      | 51     | 51           | 51    |
| Ур. надеж. (95,0%)                    | 0,85               | 0,78   | 0,76        | 0,48  | 4,51                    | 1,47   | 2,28         | 2,12  |

Примечание:  $\neq$  - ( $p < 0,01$ );  $\#$  - ( $p < 0,001$ ) по отношению к контрольной группе.

Изучение соматометрических показателей беременных женщин на 24 неделе выявило уменьшение индекса Пинье в группе исследуемых женщин на 24,79% ( $p < 0,05$ ) относительно контрольной группы, в то время как прирост массы тела и ОГК в группе первобеременных составил 10,37% ( $p < 0,001$ ) и 0,95% ( $p > 0,05$ ) соответственно (таблица 3).

**Таблица 3 - Результаты сравнительного анализа соматометрических данных контрольной и исследуемой группы во II триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | Контрольная группа |        |            |        | II триместр беременности |        |            |        |
|---------------------------------------|--------------------|--------|------------|--------|--------------------------|--------|------------|--------|
|                                       | IP                 | Рост   | Масса тела | ОГК    | IP                       | Рост   | Масса тела | ОГК    |
| Ср.                                   | 27,88*             | 165,1  | 54,7#      | 82,5   | 20,96*                   | 164,60 | 60,35#     | 83,29  |
| Ст. ошибка                            | 0,44               | 0,39   | 0,39       | 0,26   | 2,69                     | 0,83   | 1,17       | 1,05   |
| Медиана                               | 28,00              | 165,00 | 55,00      | 83,00  | 25,25                    | 165,00 | 59,00      | 79,00  |
| Мода                                  | 27,00              | 160,00 | 53,00      | 83,00  | 30,60                    | 160,00 | 59,00      | 78,00  |
| Ст. откл.                             | 6,94               | 6,32   | 6,18       | 4,02   | 18,62                    | 5,24   | 8,07       | 7,29   |
| Дисп.                                 | 47,98              | 39,78  | 38,09      | 16,06  | 346,61                   | 27,48  | 65,15      | 53,10  |
| Экссесс                               | -0,76              | -0,42  | -0,53      | 0,0    | 3,83                     | -0,21  | 3,88       | 4,57   |
| Асим.                                 | -0,30              | 0,14   | 0,09       | 0,22   | -1,84                    | 0,08   | 1,33       | 1,87   |
| Интервал                              | 28,00              | 31,00  | 30,00      | 21,00  | 86,80                    | 23,00  | 48,10      | 39,00  |
| Мин.                                  | 12,00              | 149,00 | 40,00      | 72,00  | -41,10                   | 153,00 | 43,00      | 71,00  |
| Макс.                                 | 40,00              | 180,00 | 70,00      | 93,00  | 45,70                    | 176,00 | 91,10      | 110,00 |
| N                                     | 149,00             | 149,00 | 149,00     | 149,00 | 48,00                    | 48,00  | 48,00      | 48,00  |
| Ур. надеж. (95,0%)                    | 0,85               | 0,78   | 0,76       | 0,48   | 5,41                     | 1,68   | 2,34       | 2,12   |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); # - ( $p < 0,001$ ) по отношению к контрольной группе.

В группе беременных женщин на 36 неделе параметры массы тела увеличились на 21,85% ( $p < 0,001$ ), ОГК - на 4,87% ( $p < 0,01$ ), а индекс Пинье уменьшился на 58,95% ( $p < 0,001$ ) по отношению к контрольной (таблица 4).

**Таблица 4 - Результаты сравнительного анализа соматометрических данных контрольной и исследуемой группы в III триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | Контрольная группа |        |            |        | III триместр беременности |        |            |        |
|---------------------------------------|--------------------|--------|------------|--------|---------------------------|--------|------------|--------|
|                                       | IP                 | Рост   | Масса тела | ОГК    | IP                        | Рост   | Масса тела | ОГК    |
| Ср.                                   | 27,88#             | 165,1  | 54,7#      | 82,5≠  | 11,44#                    | 164,60 | 66,63#     | 86,53≠ |
| Ст. ошибка                            | 0,44               | 0,39   | 0,39       | 0,26   | 2,82                      | 0,83   | 1,40       | 1,35   |
| Медиана                               | 28,00              | 165,00 | 55,00      | 83,00  | 15,25                     | 165,00 | 64,25      | 84,50  |
| Мода                                  | 27,00              | 160,00 | 53,00      | 83,00  | 19,10                     | 160,00 | 63,60      | 83,00  |
| Ст. откл.                             | 6,94               | 6,32   | 6,18       | 4,02   | 17,80                     | 5,24   | 8,86       | 8,55   |
| Дисп.                                 | 47,98              | 39,78  | 38,09      | 16,06  | 317,01                    | 27,48  | 78,58      | 73,03  |
| Экссесс                               | -0,76              | -0,42  | -0,53      | 0,00   | 4,00                      | -0,21  | 4,05       | 1,75   |
| Асим.                                 | -0,30              | 0,14   | 0,09       | 0,22   | -1,70                     | 0,08   | 1,46       | 1,23   |
| Интервал                              | 28,00              | 31,00  | 30,00      | 21,00  | 92,90                     | 23,00  | 49,70      | 41,00  |
| Мин.                                  | 12,00              | 149,00 | 40,00      | 72,00  | -54,50                    | 153,00 | 49,80      | 74,00  |
| Макс.                                 | 40,00              | 180,00 | 70,00      | 93,00  | 38,40                     | 176,00 | 99,50      | 115,00 |
| N                                     | 149,00             | 149,00 | 149,00     | 149,00 | 48,00                     | 48,00  | 48,00      | 48,00  |
| Ур. надеж. (95,0%)                    | 0,85               | 0,78   | 0,76       | 0,48   | 5,69                      | 1,68   | 2,84       | 2,73   |

Примечание: ≠ - ( $p < 0,01$ ); #- ( $p < 0,001$ ) по отношению к контрольной группе.

Изучение соматометрических параметров на протяжении всей беременности, выявило уменьшение индекса Пинье во втором триместре на 13,99% ( $p < 0,05$ ), в третьем на 51,01% ( $p < 0,001$ ) по сравнению с данными первого триместра. Параметры массы тела и ОГК на 24 неделе увеличились на 4,52% ( $p > 0,05$ ) и 0,93% ( $p < 0,05$ ) соответственно, а на 36 неделе на 15,4% ( $p < 0,001$ ) и 4,9% ( $p < 0,001$ ) соответственно в сравнении с данными полученными на 12 неделе (таблица 5).

**Таблица 5 - Соматометрические показатели во время беременности**

| Триместр беременности | IP          | Масса тела (кг) | ОГК (см)    |
|-----------------------|-------------|-----------------|-------------|
| 1 триместр            | 24,37±2,24  | 57,74±1,14      | 82,52±1,05  |
| 2 триместр            | 20,96±2,69* | 60,35±1,17      | 83,29±1,05* |
| 3 триместр            | 11,94±2,82# | 66,63±1,40#     | 86,53±1,35# |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); # - ( $p < 0,001$ ), в сравнении с первым триместром беременности.

С целью определения достоверности результатов был проведен сравнительный анализ полученных анатомических данных стоп, который выявил, что в исследуемых группах отсутствует статистически достоверное отличие ( $p > 0,05$ ) между обеими стопами, было принято решение объединить полученные данные левой и правой стоп в одну группу, что позволило увеличить выборку и упростить обработку полученных результатов.

### 3.2. Характеристика анатомических параметров стопы в первом триместре беременности (1-13 неделя)

В ходе исследования определяли линейные параметры стопы в первом триместре при 50% и 100% нагрузках.

Сравнительный анализ анатомических параметров выявил увеличение общей длины стопы в первом триместре на 0,08% ( $p > 0,05$ ), ширины на 3,84% ( $p < 0,001$ ) относительно данных контрольной группы. При выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу отмечено, что на 12 неделе беременности длина и ширина стопы увеличились на 0,13% ( $p > 0,05$ ) и 4,85% ( $p < 0,001$ ) соответственно в сравнении с данными контрольной группы (таблица 6).

**Таблица 6 - Общая длина и ширина стопы в первом триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | контрольная группа |       | 1 триместр (50%) |        | 1 триместр (100 %) |        |
|---------------------------------------|--------------------|-------|------------------|--------|--------------------|--------|
|                                       | Lt                 | W     | Lt               | W      | Lt                 | W      |
| Ср.                                   | 241,79             | 82,23 | 241,99           | 85,39# | 242,11             | 86,22# |
| Ст. ошибка                            | 0,64               | 0,33  | 1,01             | 0,42   | 1,07               | 0,39   |
| Медиана                               | 242,00             | 82,41 | 240,00           | 85,30  | 241,00             | 86,33  |
| Мода                                  | 11,07              | 4,11  | 5,56             | 4,23   | 10,85              | 3,92   |
| Ст. откл.                             | 122,52             | 16,92 | 30,97            | 17,90  | 117,80             | 15,38  |
| Дисп.                                 | -0,30              | 1,3   | 1,37             | 0,21   | 1,61               | 0,64   |
| Эксцесс                               | -0,25              | -0,48 | -0,51            | 0,54   | -0,47              | 0,45   |
| Асим.                                 | 59,00              | 27,11 | 37,37            | 19,86  | 59,00              | 19,91  |
| Интервал                              | 210,00             | 66,8  | 58,84            | 77,41  | 205,00             | 77,74  |
| Мин.                                  | 269,00             | 93,91 | 96,21            | 97,27  | 264,00             | 97,65  |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0 | 102,0            | 102,0  | 102,0              | 102,0  |
| N                                     | 1,27               | 0,64  | 2,01             | 0,83   | 2,13               | 0,77   |

Примечание: # - ( $p < 0,001$ ) по отношению к контрольной группе.

В первом триместре беременности зарегистрировано увеличение длины La, Lm, Lp на 0,11% ( $p>0,05$ ), 0,07% ( $p>0,05$ ), и 0,03% ( $p>0,05$ ) соответственно в сравнении с данными контрольной группы. При нагрузке равной 100%, на 12 неделе беременности длина переднего отдела стопы увеличивается на 0,17% ( $p>0,05$ ), среднего и заднего на 0,11% ( $p>0,05$ ) в сравнении с данными контрольной группы (таблица 7).

**Таблица 7 - Параметры длины различных отделов стопы в первом триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | контрольная группа |       |       | 1 триместр беременности (50%) |       |       | 1 триместр беременности (100 %) |       |       |
|---------------------------------------|--------------------|-------|-------|-------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|
|                                       | La                 | Lm    | Lp    | La                            | Lm    | Lp    | La                              | Lm    | Lp    |
| Ср.                                   | 94,30              | 74,24 | 73,25 | 94,40                         | 74,29 | 73,27 | 94,46                           | 74,32 | 73,33 |
| Ст. ошибка                            | 0,38               | 0,22  | 0,22  | 0,56                          | 0,36  | 0,38  | 0,53                            | 0,38  | 0,33  |
| Медиана                               | 95,08              | 75,33 | 75,33 | 95,49                         | 74,04 | 71,75 | 94,70                           | 74,95 | 73,11 |
| Мода                                  | 6,52               | 3,76  | 3,76  | 5,63                          | 3,62  | 3,82  | 5,32                            | 3,83  | 3,38  |
| Ст. откл.                             | 42,46              | 14,16 | 14,16 | 31,66                         | 13,12 | 14,62 | 28,33                           | 14,70 | 11,43 |
| Дисп.                                 | 10,17              | 0,00  | 0,00  | 1,34                          | -0,02 | 1,36  | 1,10                            | 0,89  | -0,01 |
| Эксцесс                               | 1,60               | -0,19 | -0,19 | 0,23                          | -0,07 | -0,57 | -0,26                           | -0,19 | -0,58 |
| Асим.                                 | 60,57              | 23,10 | 23,10 | 36,73                         | 19,02 | 22,27 | 30,45                           | 20,30 | 16,74 |
| Интервал                              | 77,59              | 64,10 | 64,10 | 79,96                         | 63,41 | 59,42 | 77,60                           | 63,78 | 62,67 |
| Мин.                                  | 138,16             | 87,20 | 87,20 | 116,69                        | 82,43 | 81,69 | 108,1                           | 84,08 | 79,41 |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0 | 298,0 | 102                           | 102   | 102   | 102                             | 102   | 102   |
| N                                     | 0,75               | 0,43  | 0,43  | 1,11                          | 0,71  | 0,75  | 1,05                            | 0,75  | 0,66  |

Примечание: ( $p>0,05$ ) по отношению к контрольной группе.

При изучении угловых параметров во время первого триместра зафиксирован прирост показателей угла первого и пятого пальцев на 0,57% ( $p>0,05$ ) и 0,77% ( $p<0,05$ ) соответственно относительно данных контрольной группы. Показатели пяточного угла были сходны с данными контрольной группой. При выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу на 12 неделе беременности параметры угла первого пальца (NAP) увеличиваются на 1,13% ( $p<0,05$ ), угла пятого пальца (QBR) на 1,41% ( $p<0,05$ ), а пяточного угла (НСК) - на 1,84% ( $p>0,05$ ) в сравнении с данными контрольной группы (таблица 8).

**Таблица 8 - Угловые показатели стопы в первом триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | Контрольная группа |       |       | 1 триместр беременности (50%) |       |       | 1 триместр беременности (100 %) |       |       |
|---------------------------------------|--------------------|-------|-------|-------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|
|                                       | NAP                | QBR   | НСК   | NAP                           | QBR   | НСК   | NAP                             | QBR   | НСК   |
| Ср.                                   | 8,83               | 7,81* | 6,52  | 8,88                          | 7,87* | 6,52  | 8,93*                           | 7,92* | 6,64  |
| Ст. ошибка                            | 0,26               | 0,29  | 0,35  | 0,41                          | 0,35  | 0,33  | 0,45                            | 0,37  | 0,36  |
| Медиана                               | 8,74               | 8,95  | 5,14  | 10,00                         | 7,83  | 13,26 | 9,27                            | 9,14  | 13,06 |
| Мода                                  | 4,49               | 5,00  | 5,32  | 4,11                          | 3,52  | 3,32  | 4,57                            | 3,71  | 3,59  |
| Ст. откл.                             | 20,14              | 25,02 | 28,31 | 16,91                         | 12,36 | 11,00 | 20,89                           | 13,75 | 12,88 |
| Дисп.                                 | -0,10              | -0,70 | 1,81  | -0,08                         | -0,30 | 0,02  | 0,05                            | -0,49 | 1,64  |
| Эксцесс                               | 0,18               | 0,16  | 1,33  | 0,33                          | 0,11  | 0,40  | 0,27                            | -0,31 | 0,96  |
| Асим.                                 | 24,85              | 22,33 | 26,57 | 18,77                         | 16,47 | 15,63 | 22,52                           | 15,96 | 21,59 |
| Интервал                              | 0,01               | 0,17  | 0,0   | 2,55                          | 0,19  | 6,12  | 0,27                            | 0,19  | 5,90  |
| Мин.                                  | 24,86              | 22,50 | 26,57 | 21,32                         | 16,66 | 21,75 | 22,79                           | 16,15 | 27,49 |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0 | 298,0 | 102                           | 102   | 102   | 102                             | 102   | 102   |
| N                                     | 0,51               | 0,57  | 0,42  | 0,81                          | 0,69  | 0,65  | 0,90                            | 0,73  | 0,70  |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ) по отношению к контрольной группе.

Изучение плоскостных параметров показало, что общая площадь стопы в первом триместре увеличивается на 8,32% ( $p < 0,05$ ), а при 100% нагрузочной пробе - на 8,67% ( $p < 0,05$ ) в сравнении с контрольной группой (таблица 9).

**Таблица 9 - Параметры общей площади стопы в первом триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | контрольная группа | 1 триместр (50%) | 1 триместр (100 %) |
|---------------------------------------|--------------------|------------------|--------------------|
|                                       | S                  | S                | S                  |
| Ср.                                   | 58,80              | 63,69*           | 63,90*             |
| Ст. ошибка                            | 1,12               | 1,97             | 2,11               |
| Медиана                               | 58,36              | 61,05            | 62,95              |
| Мода                                  | 19,09              | 19,89            | 21,33              |
| Ст. откл.                             | 364,40             | 395,42           | 454,85             |
| Дисп.                                 | -0,32              | 1,10             | 0,10               |
| Эксцесс                               | -0,05              | 0,42             | 0,31               |
| Асим.                                 | 103,93             | 123,30           | 114,39             |
| Интервал                              | 6,21               | 4,31             | 4,98               |
| Мин.                                  | 110,14             | 127,61           | 119,37             |
| Макс.                                 | 298,00             | 102,00           | 102,00             |
| N                                     | 2,21               | 3,91             | 4,19               |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ) по отношению к контрольной группе.

Относительный прирост параметров площади переднего отдела стопы на 12 неделе беременности составил 12,68% ( $p < 0,001$ ), среднего - 15,33% ( $p < 0,05$ ), в тоже время, наблюдается убыль показателей заднего отдела на 4,86% ( $p > 0,05$ ) по отношению к контрольной группе. При 100% нагрузке в первом триместре на фоне убыли параметров заднего отдела на 6,16% ( $p > 0,05$ ), прирост параметров площади переднего и среднего отделов составил 20,15% ( $p < 0,001$ ) и 4,21% ( $p > 0,05$ ) соответственно в сравнении с данными контрольной группы (таблица 10).

**Таблица 10 - Параметры площади стопы в первом триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | Контрольная группа |        |       | 1-й триместр беременности (50%) |        |       | 1-й триместр беременности (100 %) |       |       |
|---------------------------------------|--------------------|--------|-------|---------------------------------|--------|-------|-----------------------------------|-------|-------|
|                                       | Sa                 | Sm     | Sp    | Sa                              | Sm     | Sp    | Sa                                | Sm    | Sp    |
| Ср.                                   | 27,44#             | 14,48* | 16,88 | 30,92#                          | 16,70* | 16,06 | 32,97#                            | 15,09 | 15,84 |
| Ст. ошибка                            | 0,57               | 0,52   | 0,34  | 0,92                            | 0,96   | 0,60  | 1,12                              | 0,75  | 0,65  |
| Медиана                               | 28,74              | 14,46  | 16,79 | 30,49                           | 14,74  | 16,67 | 34,80                             | 13,64 | 15,41 |
| Мода                                  | 9,68               | 8,76   | 5,85  | 9,34                            | 9,74   | 6,03  | 11,28                             | 7,55  | 6,56  |
| Ст. откл.                             | 93,68              | 76,74  | 34,25 | 87,15                           | 94,78  | 36,35 | 127,27                            | 57,02 | 43,01 |
| Дисп.                                 | -0,10              | -0,10  | -0,68 | 0,27                            | 0,49   | 0,06  | -0,33                             | 0,84  | -0,50 |
| Экссесс                               | -0,49              | 0,39   | -0,20 | -0,19                           | 0,87   | -0,19 | -0,35                             | 1,06  | 0,04  |
| Асим.                                 | 51,37              | 41,74  | 25,70 | 50,22                           | 47,97  | 32,46 | 51,35                             | 36,56 | 28,73 |
| Интервал                              | 0,32               | 0,00   | 2,78  | 2,78                            | 1,42   | 0,10  | 3,29                              | 1,24  | 0,46  |
| Мин.                                  | 51,69              | 41,74  | 28,48 | 53,00                           | 49,39  | 32,56 | 54,64                             | 37,80 | 29,19 |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0  | 298,0 | 102                             | 102    | 102   | 102                               | 102   | 102   |
| N                                     | 1,12               | 1,01   | 0,68  | 1,83                            | 1,91   | 1,18  | 2,22                              | 1,48  | 1,29  |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); # - ( $p < 0,001$ ) по отношению к контрольной группе.

Сравнительный анализ коэффициента К показал, что в первом триместре при нагрузке равной 50% коэффициент был одинаков с данными контрольной группы, а при нагрузке равной 100% произошло его увеличение на 1,16 ( $p > 0,05$ ) относительно данных контрольной группы. Индекс Вейсфлога на 12 неделе беременности уменьшился при нагрузке 50% на 4,07%, а при нагрузке 100% - на 5,08% ( $p < 0,001$ ) в сравнении с данными контрольной группы (таблица 11).

**Таблица 11 - Индекс Вейсфлога, и коэффициент К в первом триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | контрольная группа |       | 1 триместр (50%) |       | 1 триместр (100 %) |       |
|---------------------------------------|--------------------|-------|------------------|-------|--------------------|-------|
|                                       | К                  | iv    | К                | iv    | К                  | iv    |
| Ср.                                   | 0,86               | 2,95# | 0,86             | 2,83# | 0,87               | 2,80# |
| Ст. ошибка                            | 0,02               | 0,01  | 0,02             | 0,01  | 0,02               | 0,01  |
| Медиана                               | 0,88               | 2,92  | 0,89             | 2,84  | 0,86               | 2,80  |
| Мода                                  | 0,33               | 0,19  | 0,17             | 0,14  | 0,17               | 0,13  |
| Ст. откл.                             | 0,11               | 0,04  | 0,03             | 0,02  | 0,03               | 0,02  |
| Дисп.                                 | 7,55               | 3,35  | -0,61            | 0,10  | 1,84               | 0,98  |
| Экссесс                               | 1,55               | 1,27  | -0,57            | -0,10 | 0,36               | -0,34 |
| Асим.                                 | 2,59               | 1,28  | 0,75             | 0,68  | 0,96               | 0,75  |
| Интервал                              | 0,16               | 2,57  | 0,41             | 2,46  | 0,41               | 2,37  |
| Мин.                                  | 2,75               | 3,85  | 1,16             | 3,14  | 1,37               | 3,12  |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0 | 102,0            | 102,0 | 102,0              | 102,0 |
| N                                     | 0,04               | 0,02  | 0,03             | 0,03  | 0,03               | 0,03  |

Примечание: # - ( $p < 0,001$ ) по отношению к контрольной группе.

В первом триместре происходит увеличение ширины стопы, увеличение длины переднего отдела и ее угловых и плоскостных параметров. При выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу, телу необходимо найти более устойчивое положение, что обеспечивается за счет увеличения ширины, длины среднего, заднего отделов, угловых параметров, а также площадей переднего и среднего отделов стопы.

### **3.3. Характеристика анатомических параметров стопы во втором триместре беременности (14-27 неделя)**

Общая длина (Lt) и ширина стопы во втором триместре увеличились на 0,20% ( $p < 0,05$ ) и 4,55% ( $p < 0,001$ ) соответственно по отношению к данным контрольной группы. При выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу, ее длина и ширина увеличились на 0,37% ( $p < 0,01$ ) и 6,68% ( $p < 0,001$ ) соответственно в сравнении с данными контрольной группы (таблица 12).

**Таблица 12 - Общая длина и ширина стопы у женщин во втором триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | контрольная группа |        | 2 триместр (50%) |        | 2 триместр (100 %) |        |
|---------------------------------------|--------------------|--------|------------------|--------|--------------------|--------|
|                                       | Lt                 | W      | Lt               | W      | Lt                 | W      |
| Ср.                                   | 241,79             | 82,23# | 242,28*          | 85,97# | 242,69#            | 87,72# |
| Ст. ошибка                            | 0,64               | 0,33   | 1,07             | 0,41   | 1,08               | 0,45   |
| Медиана                               | 242,00             | 82,41  | 242,50           | 85,67  | 242,00             | 87,37  |
| Мода                                  | 11,07              | 5,56   | 10,51            | 4,03   | 10,61              | 4,41   |
| Ст. откл.                             | 122,52             | 30,97  | 110,41           | 16,25  | 112,61             | 19,42  |
| Дисп.                                 | -0,30              | 1,37   | 0,64             | -0,71  | 1,24               | 0,09   |
| Эксцесс                               | -0,25              | -0,51  | -0,18            | 0,25   | -0,30              | 0,42   |
| Асим.                                 | 59,00              | 37,37  | 55,00            | 15,69  | 60,00              | 22,23  |
| Интервал                              | 210,00             | 58,84  | 211,00           | 78,67  | 207,00             | 78,52  |
| Мин.                                  | 269,00             | 96,21  | 266,00           | 94,36  | 267,00             | 100,75 |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0  | 96,00            | 96,00  | 96,00              | 96,00  |
| N                                     | 1,27               | 0,64   | 2,13             | 0,82   | 2,15               | 0,89   |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ );  $\neq$  - ( $p < 0,01$ ); # - ( $p < 0,001$ ) по отношению к контрольной группе.

На 24 неделе беременности зафиксировано, что относительный прирост  $L_a$ ,  $L_m$  и  $L_p$  составил 0,29% ( $p < 0,05$ ), 0,13% ( $p > 0,05$ ) и 0,16% ( $p < 0,05$ ) соответственно по отношению к данным контрольной группы женщин. При 100% нагрузочной пробе на стопу длина переднего отдела увеличивается на 0,40 ( $p < 0,01$ ), среднего отдела - на 0,32% ( $p > 0,05$ ), заднего ( $L_p$ ) на 0,38% ( $p < 0,05$ ) в сравнении с данными, полученными в контрольной группе (таблица 13).

**Таблица 13 – Параметры длины различных отделов стопы во втором триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | контрольная группа |       |       | 2 триместр беременности (50%) |       |        | 2 триместр беременности (100%) |       |        |
|---------------------------------------|--------------------|-------|-------|-------------------------------|-------|--------|--------------------------------|-------|--------|
|                                       | La                 | Lm    | Lp    | La                            | Lm    | Lp     | La                             | Lm    | Lp     |
| Ср.                                   | 94,30              | 74,24 | 73,25 | 94,57*                        | 74,34 | 73,37* | 94,68≠                         | 74,48 | 73,53* |
| Ст. ошиб.                             | 0,38               | 0,22  | 0,22  | 0,57                          | 0,34  | 0,43   | 0,62                           | 0,35  | 0,43   |
| Мед-на                                | 95,08              | 75,33 | 75,33 | 94,94                         | 75,08 | 72,53  | 94,89                          | 75,34 | 72,37  |
| Мода                                  | 6,52               | 3,76  | 3,76  | 5,56                          | 3,33  | 4,20   | 6,04                           | 3,44  | 4,20   |
| Ст. откл.                             | 42,46              | 14,16 | 14,16 | 30,87                         | 11,09 | 17,61  | 36,49                          | 11,86 | 17,63  |
| Дисп.                                 | 10,17              | 0,00  | 0,00  | 1,74                          | -0,33 | 0,29   | 5,13                           | 0,98  | 2,32   |
| Экссесс                               | 1,60               | -0,19 | -0,19 | 0,48                          | -0,48 | -0,30  | 0,84                           | -0,12 | -0,83  |
| Асим.                                 | 60,57              | 23,10 | 23,10 | 33,29                         | 14,57 | 20,99  | 46,38                          | 19,33 | 26,26  |
| Интервал                              | 77,59              | 64,10 | 64,10 | 79,36                         | 66,41 | 60,68  | 77,71                          | 65,02 | 55,37  |
| Мин.                                  | 138,16             | 87,20 | 87,20 | 112,65                        | 80,98 | 81,67  | 124,09                         | 84,35 | 81,63  |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0 | 298,0 | 96,00                         | 96,00 | 96,00  | 96,00                          | 96,00 | 96,00  |
| N                                     | 0,75               | 0,43  | 0,43  | 1,13                          | 0,67  | 0,85   | 1,22                           | 0,70  | 0,85   |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); ≠ - ( $p < 0,01$ ) по отношению к контрольной группе.

Сравнительный анализ угловых параметров стопы, полученных на 24 неделе беременности показал, что данные углов первого (NAP) и пятого (QBR) пальцев увеличиваются на 3,62% ( $p < 0,05$ ) и 3,07% ( $p < 0,05$ ) соответственно, а пяточного угла (НСК) уменьшаются на 3,68% ( $p < 0,001$ ) относительно данных контрольной группы.

При выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу во втором триместре зафиксирован прирост показателей угла первого и пятого пальцев на 6,22% ( $p < 0,05$ ) и 5,63% ( $p < 0,01$ ) соответственно, на фоне убыли показателей пяточного угла на 2,45% ( $p < 0,001$ ) сравнительно с данными контрольной группы (таблица 14).

**Таблица 14 - Угловые показатели стопы во втором триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | Контрольная группа |       |       | 2 триместр беременности (50%) |       |       | 2 триместр беременности (100 %) |       |       |
|---------------------------------------|--------------------|-------|-------|-------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|
|                                       | NAP                | QBR   | НСК   | NAP                           | QBR   | НСК   | NAP                             | QBR   | НСК   |
| Ср.                                   | 8,83*              | 7,81≠ | 6,52# | 9,15*                         | 8,05* | 6,28# | 9,38*                           | 8,25≠ | 6,36# |
| Ст. ошибка                            | 0,26               | 0,29  | 0,35  | 0,43                          | 0,35  | 0,34  | 0,47                            | 0,38  | 0,38  |
| Медиана                               | 8,74               | 8,95  | 5,14  | 9,78                          | 7,69  | 13,36 | 8,82                            | 8,02  | 13,13 |
| Мода                                  | 4,49               | 5,00  | 5,32  | 4,23                          | 3,45  | 3,29  | 4,61                            | 3,69  | 3,70  |
| Ст. откл.                             | 20,14              | 25,02 | 28,31 | 17,92                         | 11,92 | 10,84 | 21,28                           | 13,63 | 13,71 |
| Дисп.                                 | -0,10              | -0,70 | 1,81  | 1,12                          | -0,41 | -0,28 | -0,48                           | 0,51  | 1,24  |
| Эксцесс                               | 0,18               | 0,16  | 1,33  | 0,49                          | 0,13  | -0,06 | 0,09                            | 0,38  | 0,70  |
| Асим.                                 | 24,85              | 22,33 | 26,57 | 23,86                         | 15,31 | 14,17 | 20,82                           | 20,27 | 19,50 |
| Интервал                              | 0,01               | 0,17  | 0,0   | 1,26                          | 0,28  | 5,60  | 0,02                            | 0,15  | 6,43  |
| Мин.                                  | 24,86              | 22,50 | 26,57 | 25,12                         | 15,59 | 19,77 | 20,84                           | 20,42 | 25,93 |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0 | 298,0 | 96,00                         | 96,00 | 96,00 | 96,00                           | 96,00 | 96,00 |
| N                                     | 0,51               | 0,57  | 0,42  | 0,86                          | 0,70  | 0,67  | 0,93                            | 0,75  | 0,75  |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); ≠ - ( $p < 0,01$ ); # - ( $p < 0,001$ ) по отношению к контрольной группе.

Анализ параметров общей площади стопы на 24 неделе беременности зафиксировал прирост показателей на 10,07 % ( $p < 0,05$ ), а при нагрузке равной 100% - на 10,41% ( $p < 0,01$ ) в сравнении с контрольной группой (таблица 15).

**Таблица 15 - Параметры общей площади стопы во втором триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | контрольная группа | 2 триместр (50%) | 2 триместр (100 %) |
|---------------------------------------|--------------------|------------------|--------------------|
|                                       | S                  | S                | S                  |
| Ср.                                   | 58,80              | 64,72*           | 64,92≠             |
| Ст. ошибка                            | 1,12               | 2,10             | 2,12               |
| Медиана                               | 58,36              | 65,94            | 64,41              |
| Мода                                  | 19,09              | 20,53            | 20,81              |
| Ст. откл.                             | 364,40             | 421,51           | 432,87             |
| Дисп.                                 | -0,32              | 0,01             | 0,32               |
| Эксцесс                               | -0,05              | -0,39            | -0,45              |
| Асим.                                 | 103,93             | 97,28            | 98,92              |
| Интервал                              | 6,21               | 5,61             | 10,87              |
| Мин.                                  | 110,14             | 102,89           | 109,79             |
| Макс.                                 | 298,0              | 96,00            | 96,00              |
| N                                     | 2,21               | 4,16             | 4,22               |

Примечание:  $p > 0,05$ ; \* - ( $p < 0,05$ ); ≠ - ( $p < 0,01$ ).

На 24 неделе беременности относительный прирост параметров площади переднего и среднего отделов стопы составил 13,88 % ( $p < 0,001$ ) и 18,23% ( $p < 0,01$ ) соответственно, на фоне убыли параметров заднего отдела на 3,08% ( $p < 0,05$ ). При выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу зарегистрировано увеличение площади переднего и среднего отделов на 19,93% ( $p < 0,001$ ) и 9,19% ( $p > 0,05$ ) соответственно, а площадь заднего отдела уменьшилась на 4,03% ( $p > 0,05$ ) в сравнении с данными контрольной группы (таблица 16).

**Таблица 16 - Параметры площади стопы во втором триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | Контрольная группа |       |        | 2-й триместр беременности (50%) |        |        | 2-й триместр беременности (100 %) |       |       |
|---------------------------------------|--------------------|-------|--------|---------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|-------|-------|
|                                       | Sa                 | Sm    | Sp     | Sa                              | Sm     | Sp     | Sa                                | Sm    | Sp    |
| Ср.                                   | 27,44              | 14,48 | 16,88# | 31,25#                          | 17,12≠ | 16,36* | 32,91#                            | 15,81 | 16,20 |
| Ст. ошибка                            | 0,57               | 0,52  | 0,34   | 0,98                            | 0,99   | 0,54   | 1,15                              | 0,75  | 0,59  |
| Медиана                               | 28,74              | 14,46 | 16,79  | 32,42                           | 14,55  | 16,45  | 33,65                             | 15,44 | 17,00 |
| Мода                                  | 9,68               | 8,76  | 5,85   | 9,56                            | 9,74   | 5,30   | 11,27                             | 7,35  | 5,74  |
| Ст. откл.                             | 93,68              | 76,74 | 34,25  | 91,36                           | 94,81  | 28,11  | 126,95                            | 54,04 | 32,99 |
| Дисп.                                 | -0,10              | -0,10 | -0,68  | 0,68                            | -0,06  | 0,33   | 0,41                              | -0,53 | 0,11  |
| Экссесс                               | -0,49              | 0,39  | -0,20  | -0,68                           | 0,66   | -0,75  | -0,69                             | 0,36  | -0,69 |
| Асим.                                 | 51,37              | 41,74 | 25,70  | 47,03                           | 42,87  | 25,00  | 52,72                             | 27,39 | 25,21 |
| Интервал                              | 0,32               | 0,00  | 2,78   | 2,50                            | 1,41   | 0,23   | 2,26                              | 3,98  | 0,31  |
| Мин.                                  | 51,69              | 41,74 | 28,48  | 49,53                           | 44,28  | 25,23  | 54,98                             | 31,37 | 25,52 |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0 | 298,0  | 96,00                           | 96,00  | 96,00  | 96,00                             | 96,00 | 96,00 |
| N                                     | 1,12               | 1,01  | 0,68   | 1,94                            | 1,97   | 1,07   | 2,28                              | 1,49  | 1,16  |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); ≠ - ( $p < 0,01$ ); # - ( $p < 0,001$ ).

Во втором триместре относительный прирост коэффициента К составил 2,33% ( $p < 0,05$ ), а при 100% нагрузочной пробе на стопу - 4,65% ( $p < 0,05$ ). Индекс Вейсфлога уменьшился на 4,41%, а при 100% нагрузке - на 6,1% ( $p < 0,001$ ) в сравнении с контрольной группой (таблица 17).

**Таблица 17 - Индекс Вейсфлога и коэффициент К во втором триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | контрольная группа |       | 2 триместр (50%) |       | 2 триместр (100 %) |       |
|---------------------------------------|--------------------|-------|------------------|-------|--------------------|-------|
|                                       | К                  | iv    | К                | iv    | К                  | iv    |
| Ср.                                   | 0,86               | 2,95# | 0,88*            | 2,82# | 0,90*              | 2,77# |
| Ст. ошибка                            | 0,02               | 0,01  | 0,01             | 0,01  | 0,02               | 0,01  |
| Медиана                               | 0,88               | 2,92  | 0,89             | 2,81  | 0,92               | 2,76  |
| Мода                                  | 0,33               | 0,19  | 0,14             | 0,14  | 0,18               | 0,14  |
| Ст. откл.                             | 0,11               | 0,04  | 0,02             | 0,02  | 0,03               | 0,02  |
| Дисп.                                 | 7,55               | 3,35  | 0,96             | -0,01 | -0,67              | 0,06  |
| Эксцесс                               | 1,55               | 1,27  | 0,79             | 0,18  | -0,05              | 0,09  |
| Асим.                                 | 2,59               | 1,28  | 0,70             | 0,71  | 0,69               | 0,73  |
| Интервал                              | 0,16               | 2,57  | 0,63             | 2,45  | 0,57               | 2,40  |
| Мин.                                  | 2,75               | 3,85  | 1,33             | 3,16  | 1,26               | 3,13  |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0 | 96,00            | 96,00 | 96,00              | 96,00 |
| N                                     | 0,04               | 0,02  | 0,03             | 0,03  | 0,04               | 0,03  |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); # - ( $p < 0,001$ ) по отношению к контрольной группе.

На втором триместре первой беременности, в результате роста плода, происходит постепенное смещение центра тяжести и перераспределения растущей нагрузки на опорно-двигательную систему. Результаты, полученные во время нашего исследования, указывают на тот факт, что стопы женщин во втором триместре претерпевают значительные изменения линейных, угловых и плоскостных параметров, усиливающихся при выполнении 100% нагрузочной пробы. Происходит увеличение длины и ширины стопы. Отмечен значительный прирост показателей общей площади, за счет увеличения площади переднего и среднего отдела. Во втором триместре первой беременности наблюдается пронация стопы, приводящая к увеличению угла первого пальца и уменьшению пяточного угла.

#### **3.4. Характеристика анатомических параметров стопы в третьем триместре беременности (28-40 неделя)**

В третьем триместре зарегистрирован статистически значимый прирост показателей общей длины (Lt) и ширины (W) стопы на 1,17% ( $p < 0,01$ ) и 7,33%

( $p < 0,001$ ) соответственно в сравнении с данными контрольной группы. При 100% нагрузке на стопу прирост показателей общей длины и ширины стопы составил 1,59% ( $p < 0,001$ ) и 7,71% ( $p < 0,001$ ) соответственно по отношению к параметрам контрольной группы (таблица 18).

**Таблица 18 - Общая длина и ширина стопы у женщин в третьем триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | контрольная группа |       | 3 триместр (50%) |            | 3 триместр (100 %) |            |
|---------------------------------------|--------------------|-------|------------------|------------|--------------------|------------|
|                                       | Lt                 | W     | Lt               | W          | Lt                 | W          |
| Ср.                                   | 241,79             | 82,23 | 244,63 $\neq$    | 88,26 $\#$ | 245,64 $\#$        | 88,57 $\#$ |
| Ст. ошибка                            | 0,64               | 0,33  | 1,24             | 0,52       | 1,31               | 0,54       |
| Медиана                               | 242,00             | 82,41 | 245,00           | 87,83      | 245,00             | 88,24      |
| Мода                                  | 11,07              | 5,56  | 11,08            | 4,63       | 11,75              | 4,86       |
| Ст. откл.                             | 122,52             | 30,97 | 122,77           | 21,39      | 138,13             | 23,59      |
| Дисп.                                 | -0,30              | 1,37  | 0,62             | 0,04       | 0,40               | -0,01      |
| Эксцесс                               | -0,25              | -0,51 | -0,46            | 0,31       | -0,26              | 0,37       |
| Асим.                                 | 59,00              | 37,37 | 55,00            | 21,13      | 57,00              | 21,43      |
| Интервал                              | 210,00             | 58,84 | 212,00           | 78,87      | 211,00             | 79,37      |
| Мин.                                  | 269,00             | 96,21 | 267,00           | 100,00     | 268,00             | 100,80     |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0 | 96,00            | 96,00      | 96,00              | 96,00      |
| N                                     | 1,27               | 0,64  | 2,47             | 1,03       | 2,62               | 1,08       |

Примечание:  $\neq$  - ( $p < 0,01$ );  $\#$  - ( $p < 0,001$ ) по отношению к контрольной группе.

На 36 неделе беременности относительный прирост  $L_a$ ,  $L_m$ ,  $L_p$  составил 0,84% ( $p < 0,05$ ), 1,64 % ( $p < 0,05$ ) и 1,13% ( $p < 0,001$ ) соответственно, а при 100% нагрузке на стопу был зарегистрирован прирост показателей длины переднего отдела на 1,05% ( $p < 0,01$ ), среднего – на 2,07% ( $p < 0,001$ ), заднего – на 1,80% ( $p < 0,001$ ) по отношению к данным контрольной группы (таблица 19).

**Таблица 19 – Параметры длины различных отделов стопы в третьем триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | контрольная группа |       |       | 3 триместр беременности (50%) |        |        | 3 триместр беременности (100 %) |        |        |
|---------------------------------------|--------------------|-------|-------|-------------------------------|--------|--------|---------------------------------|--------|--------|
|                                       | La                 | Lm    | Lp    | La                            | Lm     | Lp     | La                              | Lm     | Lp     |
| Ср.                                   | 94,30              | 74,24 | 73,25 | 95,09*                        | 75,46* | 74,08# | 95,29≠                          | 75,78# | 74,57# |
| Ст. ошибка                            | 0,38               | 0,22  | 0,22  | 0,62                          | 0,41   | 0,38   | 0,70                            | 0,40   | 0,44   |
| Медиана                               | 95,08              | 75,33 | 75,33 | 96,54                         | 76,24  | 73,08  | 95,44                           | 76,06  | 73,92  |
| Мода                                  | 6,52               | 3,76  | 3,76  | 5,52                          | 3,68   | 3,43   | 6,30                            | 3,61   | 3,94   |
| Ст. откл.                             | 42,46              | 14,16 | 14,16 | 30,51                         | 13,54  | 11,77  | 39,65                           | 13,05  | 15,52  |
| Дисп.                                 | 10,17              | 0,00  | 0,00  | 0,12                          | 0,88   | -0,02  | 0,31                            | 0,62   | 1,13   |
| Эксцесс                               | 1,60               | -0,19 | -0,19 | -0,14                         | -0,45  | -0,39  | -0,03                           | -0,08  | -0,78  |
| Асим.                                 | 60,57              | 23,10 | 23,10 | 28,42                         | 19,53  | 15,50  | 33,29                           | 19,20  | 21,63  |
| Интервал                              | 77,59              | 64,10 | 64,10 | 82,35                         | 65,15  | 63,78  | 77,02                           | 66,50  | 60,02  |
| Мин.                                  | 138,16             | 87,20 | 87,20 | 110,77                        | 84,68  | 79,28  | 110,31                          | 85,70  | 81,65  |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0 | 298,0 | 96,00                         | 96,00  | 96,00  | 96,00                           | 96,00  | 96,00  |
| N                                     | 0,75               | 0,43  | 0,43  | 1,23                          | 0,82   | 0,76   | 1,40                            | 0,80   | 0,88   |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); ≠ - ( $p < 0,01$ ); # - ( $p < 0,001$ ).

Сравнительный анализ угловых параметров стопы контрольной группы и группы женщин на третьем триместре беременности показал, что отмечается уменьшение НСК на 14,26% ( $p < 0,001$ ), и увеличение NAP на 7,81% ( $p < 0,05$ ), а QBR на 6,27% ( $p < 0,01$ ). Изучение параметров стопы при 100% нагрузке показало уменьшение НСК на 13,04% ( $p < 0,001$ ), увеличение NAP - на 10,99% ( $p < 0,01$ ) и угла пятого пальца (QBR) на 11,4% ( $p < 0,01$ ) (таблица 20).

**Таблица 20 - Угловые показатели стопы в третьем триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | Контрольная группа |       |       | 3 триместр беременности (50%) |       |       | 3 триместр беременности (100 %) |       |       |
|---------------------------------------|--------------------|-------|-------|-------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|
|                                       | NAP                | QBR   | НСК   | NAP                           | QBR   | НСК   | NAP                             | QBR   | НСК   |
| Ср.                                   | 8,83*              | 7,81≠ | 6,52# | 9,52*                         | 8,30≠ | 5,59# | 9,80≠                           | 8,70≠ | 5,67# |
| Ст. ошибка                            | 0,26               | 0,29  | 0,35  | 0,49                          | 0,37  | 0,29  | 0,54                            | 0,39  | 0,38  |
| Медиана                               | 8,74               | 8,95  | 5,14  | 10,31                         | 8,10  | 12,11 | 9,56                            | 8,90  | 11,67 |
| Мода                                  | 4,49               | 5,00  | 5,32  | 4,38                          | 3,30  | 2,55  | 4,81                            | 3,53  | 3,41  |
| Ст. откл.                             | 20,14              | 25,02 | 28,31 | 19,15                         | 10,86 | 6,52  | 23,17                           | 12,44 | 11,62 |
| Дисп.                                 | -0,10              | -0,70 | 1,81  | 0,75                          | -0,40 | -0,06 | 0,16                            | -0,08 | 0,15  |
| Эксцесс                               | 0,18               | 0,16  | 1,33  | 0,10                          | 0,20  | 0,41  | 0,03                            | -0,14 | 0,62  |
| Асим.                                 | 24,85              | 22,33 | 26,57 | 24,16                         | 15,18 | 12,11 | 24,41                           | 16,43 | 17,03 |
| Интервал                              | 0,01               | 0,17  | 0,0   | 0,46                          | 0,92  | 7,00  | 0,11                            | 1,03  | 4,67  |
| Мин.                                  | 24,86              | 22,50 | 26,57 | 24,62                         | 16,10 | 19,11 | 24,52                           | 17,46 | 21,70 |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0 | 298,0 | 96,00                         | 96,00 | 96,00 | 96,00                           | 96,00 | 96,00 |
| N                                     | 0,51               | 0,57  | 0,42  | 0,97                          | 0,73  | 0,57  | 1,07                            | 0,78  | 0,77  |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); ≠ - ( $p < 0,01$ ); # - ( $p < 0,001$ ) по отношению к контрольной группе.

На 36 неделе беременности происходит статистически значимое увеличение общей площади стопы на 10,96% ( $p < 0,01$ ) при 50% нагрузке и на 18,83% ( $p < 0,001$ ) при нагрузке равной 100% относительно данных, полученных в контрольной группе (таблица 21).

**Таблица 21 - Параметры общей площади стопы в третьем триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | контрольная группа | 3 триместр (50%) | 3 триместр (100 %) |
|---------------------------------------|--------------------|------------------|--------------------|
|                                       | S                  | S                | S                  |
| Ср.                                   | 58,80              | 65,25≠           | 69,87#             |
| Ст. ошибка                            | 1,12               | 1,83             | 2,26               |
| Медиана                               | 58,36              | 67,87            | 69,07              |
| Мода                                  | 19,09              | 16,34            | 20,20              |
| Ст. откл.                             | 364,40             | 266,84           | 407,92             |
| Дисп.                                 | -0,32              | 0,43             | 0,48               |
| Эксцесс                               | -0,05              | -0,43            | 0,10               |
| Асим.                                 | 103,93             | 78,67            | 104,91             |
| Интервал                              | 6,21               | 26,11            | 16,13              |
| Мин.                                  | 110,14             | 104,78           | 121,04             |
| Макс.                                 | 298,0              | 96,00            | 96,00              |
| N                                     | 2,21               | 3,64             | 4,49               |

Примечание: ≠ - ( $p < 0,01$ ); # - ( $p < 0,001$ ).

В третьем триместре беременности происходит статистически значимое увеличение площади переднего (Sa) и среднего (Sm) отделов стопы на 10,79% ( $p < 0,01$ ) и на 22,17% ( $p < 0,01$ ) соответственно, прирост показателей площади заднего отдела (Sp) составил 1,67% ( $p > 0,05$ ) в отношении к данным контрольной группы.

При выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу зафиксировано статистически значимое увеличение Sa на 28,53% ( $p < 0,001$ ), Sm - на 16,37% ( $p < 0,05$ ), в тоже время Sp увеличилась на 5,21% ( $p > 0,05$ ) в сравнении с данными контрольной группы женщин (таблица 22).

**Таблица 22 - Параметры площади стопы в третьем триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | Контрольная группа |       |       | 36 неделя беременности (50%) |        |       | 36 неделя беременности (100 %) |        |       |
|---------------------------------------|--------------------|-------|-------|------------------------------|--------|-------|--------------------------------|--------|-------|
|                                       | Sa                 | Sm    | Sp    | Sa                           | Sm     | Sp    | Sa                             | Sm     | Sp    |
| Ср.                                   | 27,44*             | 14,48 | 16,88 | 30,40≠                       | 17,69≠ | 17,16 | 35,27#                         | 16,85* | 17,76 |
| Ст. ошибка                            | 0,57               | 0,52  | 0,34  | 0,86                         | 0,96   | 0,54  | 1,19                           | 0,85   | 0,63  |
| Медиана                               | 28,74              | 14,46 | 16,79 | 30,43                        | 16,35  | 17,16 | 35,84                          | 15,80  | 18,34 |
| Мода                                  | 9,68               | 8,76  | 5,85  | 7,65                         | 8,56   | 4,81  | 10,62                          | 7,58   | 5,59  |
| Ст. откл.                             | 93,68              | 76,74 | 34,25 | 58,57                        | 73,32  | 23,17 | 112,72                         | 57,47  | 31,25 |
| Дисп.                                 | -0,10              | -0,10 | -0,68 | 0,60                         | -0,65  | -0,06 | -0,33                          | 0,07   | -0,02 |
| Эксцесс                               | -0,49              | 0,39  | -0,20 | -0,14                        | -0,16  | 0,00  | -0,24                          | 0,47   | -0,29 |
| Асим.                                 | 51,37              | 41,74 | 25,70 | 39,12                        | 32,53  | 21,06 | 48,21                          | 34,25  | 25,31 |
| Интервал                              | 0,32               | 0,00  | 2,78  | 9,25                         | 0,17   | 6,08  | 8,39                           | 2,97   | 2,58  |
| Мин.                                  | 51,69              | 41,74 | 28,48 | 48,37                        | 32,70  | 27,14 | 56,60                          | 37,22  | 27,89 |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0 | 298,0 | 96,00                        | 96,00  | 96,00 | 96,00                          | 96,00  | 96,00 |
| N                                     | 1,12               | 1,01  | 0,68  | 1,70                         | 1,91   | 1,07  | 2,36                           | 1,69   | 1,24  |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); ≠ - ( $p < 0,01$ ); # - ( $p < 0,001$ ).

На 36 неделе беременности зарегистрировано увеличение коэффициента К на 3,49% ( $p < 0,01$ ), а при нагрузке равной 100% на 6,98% ( $p < 0,01$ ) относительно данных контрольной группы.

В тоже время произошло статистически значимое уменьшение индекса Вейсфлога на 5,08% ( $p < 0,001$ ) при 50% нагрузке и на 6,1% ( $p < 0,001$ ) при 100% нагрузке в сравнении с данными контрольной группы (таблица 23).

**Таблица 23 - Индекс Вейсфлога и коэффициент К в третьем триместре беременности**

| Вариационно-статистические показатели | контрольная группа |       | 3 триместр (50%) |       | 3 триместр (100 %) |       |
|---------------------------------------|--------------------|-------|------------------|-------|--------------------|-------|
|                                       | К                  | iv    | К                | iv    | К                  | iv    |
| Ср.                                   | 0,86               | 2,95# | 0,89≠            | 2,80# | 0,92≠              | 2,76# |
| Ст. ошибка                            | 0,02               | 0,01  | 0,02             | 0,02  | 0,02               | 0,02  |
| Медиана                               | 0,88               | 2,92  | 0,86             | 2,80  | 0,90               | 2,77  |
| Мода                                  | 0,33               | 0,19  | 0,16             | 0,16  | 0,15               | 0,15  |
| Ст. откл.                             | 0,11               | 0,04  | 0,03             | 0,02  | 0,02               | 0,02  |
| Дисп.                                 | 7,55               | 3,35  | 5,49             | -0,02 | -0,23              | 0,19  |
| Эксцесс                               | 1,55               | 1,27  | -0,12            | -0,17 | 0,61               | 0,04  |
| Асим.                                 | 2,59               | 1,28  | 1,15             | 0,77  | 0,63               | 0,80  |
| Интервал                              | 0,16               | 2,57  | 0,17             | 2,35  | 0,63               | 2,35  |
| Мин.                                  | 2,75               | 3,85  | 1,32             | 3,12  | 1,26               | 3,15  |
| Макс.                                 | 298,0              | 298,0 | 96,00            | 96,00 | 96,00              | 96,00 |
| N                                     | 0,04               | 0,02  | 0,04             | 0,03  | 0,03               | 0,03  |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); ≠ - ( $p < 0,01$ ); # - ( $p < 0,001$ ) по отношению к контрольной группе.

В третьем триместре первой беременности, в результате активного роста плода, увеличивается масса тела, расширяется грудная клетка, смещается центр тяжести, а изменяющийся гормональный фон вызывает размягчение связочного аппарата, чтобы подготовить организм к родовой деятельности. Совокупность происходящих процессов оказывает активное влияние на опорно-двигательную систему. Результаты нашего исследования выявили статистически значимое увеличение линейных и плоскостных параметров, особенно выраженное при выполнении 100% нагрузочной пробы, что связано с перераспределением нагрузки на стопу. Изменение угловых параметров, коэффициентов Вейсфлога и К свидетельствует не только о пронации, но и снижении сводов стопы, которое способствует возникновению и развитию плоскостопия.

### **3.5. Характеристика анатомических параметров стопы во время беременности (1, 2, 3 триместры)**

Анализ линейных параметров стопы показал, что высота во втором и третьем триместрах статистически значимо уменьшается на 4,69% ( $p < 0,001$ ) и на

8,99% ( $p < 0,001$ ) в сравнении с данными, полученными на 12 неделе беременности. Общая длина и ширина стопы во втором триместре увеличились на 0,12% ( $p > 0,05$ ) и 0,68% ( $p > 0,05$ ) соответственно, а на 36 неделе беременности зафиксирован статистически значимый прирост показателей этих параметров на 1,09% ( $p < 0,05$ ) и 3,36% ( $p < 0,001$ ) соответственно по сравнению с первым триместром.

При выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу было зарегистрировано статистически значимое уменьшение высоты в втором и третьем триместрах в сравнении с первым на 4,79% ( $p < 0,001$ ) и 8,13% ( $p < 0,001$ ) соответственно. Прирост показателя общей длины стопы на 24 и 36 неделях беременности составил 0,24% ( $p > 0,05$ ) и 1,46% ( $p < 0,05$ ) соответственно в сравнении с данными полученными на 12 неделе. Нами зафиксировано статистически значимое увеличение ширины стопы во втором и третьем триместрах на 1,74% ( $p < 0,01$ ) и 2,73% ( $p < 0,001$ ) соответственно по отношению к первому триместру. Таким образом, на 24 и 36 неделях беременности при 50% и 100% нагрузке на стопу отмечено увеличение общей длины и ширины стопы, при одновременном снижении высоты ее свода (таблица 24).

**Таблица 24 - Линейные параметры стопы во время беременности**

| Триместр<br>беремен-<br>ности | нагрузка 50% |              |             | нагрузка 100% |              |             |
|-------------------------------|--------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
|                               | H            | Lt           | W           | H             | Lt           | W           |
| 1 трим.                       | 52,72±0,47#  | 241,99±1,01  | 85,39±0,42  | 49,67±0,48#   | 242,11±1,07  | 86,22±0,39≠ |
| 2 трим.                       | 50,25±0,47#  | 242,28±1,07  | 85,97±0,41  | 47,29±0,48#   | 242,69±1,08  | 87,72±0,45≠ |
| 3 трим.                       | 47,98±0,52#  | 244,63±1,24* | 88,26±0,52# | 45,63±0,53#   | 245,64±1,31* | 88,57±0,54# |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); ≠ - ( $p < 0,01$ ); # - ( $p < 0,001$ ), в сравнении с первым триместром.

При изучении длиннотных параметров стопы зарегистрировано увеличение параметров La во 2-м и 3-ем триместрах беременности на 0,18% ( $p > 0,05$ ) и 0,73% ( $p < 0,05$ ) соответственно в сравнении с первым триместром. Длина среднего отдела стопы во втором и третьем триместрах увеличилась на 0,07% ( $p > 0,05$ ) и 1,57% ( $p < 0,01$ ) соответственно по отношению к данным, полученным на 12

неделе беременности. Длина заднего отдела стопы увеличилась во втором на 0,14% ( $p < 0,05$ ) и третьем на 1,11% ( $p < 0,01$ ) по отношению к первому триместру.

При выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу прирост показателей длины переднего отдела на 24 и 36 неделях составил 0,23% ( $p > 0,05$ ) и 0,88% ( $p < 0,05$ ) соответственно по отношению к данным первого триместра. Длина среднего отдела во втором и третьем триместрах увеличилась на 0,22% ( $p > 0,05$ ) и 1,96% ( $p < 0,01$ ) соответственно в сравнении с показателями, полученными на 12 неделе беременности. Длина заднего ее отдела увеличилась во втором триместре на 0,27% ( $p < 0,05$ ), в третьем - на 1,69% ( $p < 0,001$ ) в сравнении с данными первого триместра. Стоит отметить, что на 36 неделе беременности зарегистрировано статистически значимое увеличение длиннотных показателей всех отделов стопы (таблица 25).

**Таблица 25 - Изменение длины различных отделов стопы во время беременности**

| Триместр беременности | нагрузка 50% |             |             | нагрузка 100% |             |             |
|-----------------------|--------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
|                       | La           | Lm          | Lp          | La            | Lm          | Lp          |
| 1 трим.               | 94,40±0,56   | 74,29±0,36  | 73,27±0,38  | 94,46±0,53    | 74,32±0,38  | 73,33±0,33  |
| 2 трим.               | 94,57±0,57   | 74,34±0,34  | 73,37±0,43* | 94,68±0,62    | 74,48±0,35  | 73,53±0,43* |
| 3 трим.               | 95,09±0,62*  | 75,46±0,41≠ | 74,08±0,38≠ | 95,29±0,70*   | 75,78±0,40≠ | 74,57±0,44# |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); ≠ - ( $p < 0,01$ ), # - ( $p < 0,001$ ) в сравнении с первым триместром.

Прирост показателей угла первого и пятого пальцев на 24 неделе составил 3,04% ( $p > 0,05$ ) и 2,29% ( $p < 0,05$ ), а на 36 неделе - 7,21% ( $p < 0,05$ ) и 5,46% ( $p < 0,01$ ) соответственно по отношению к данным, полученным на 12 неделе беременности. Показатели пяточного угла во втором и третьем триместрах уменьшаются на 3,68% ( $p < 0,05$ ) и 14,26% ( $p < 0,001$ ) соответственно в сравнении с показателями 12 недели.

При выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу во 2-м и 3-ем триместрах первой беременности зарегистрировано увеличение показателей NAP на 5,04% ( $p < 0,05$ ) и 9,74% ( $p < 0,05$ ), а QBR на 4,17% ( $p < 0,05$ ) и 9,85% ( $p < 0,01$ ) соответственно в сравнении с данными первого триместра. Убыль показателей

пяточного угла во втором и третьем триместрах составила 4,22% ( $p < 0,05$ ) и 14,61% ( $p < 0,001$ ) соответственно по отношению к данным, полученным на 12 неделе беременности. Сравнительный анализ угловых параметров стопы представлен в таблице 26.

**Таблица 26 – Изменение угловых параметров стопы во время беременности**

| Триместр беременности | нагрузка 50% |            |            | нагрузка 100% |            |            |
|-----------------------|--------------|------------|------------|---------------|------------|------------|
|                       | NAP          | QBR        | HCK        | NAP           | QBR        | HCK        |
| 1 триместр            | 8,88±0,41    | 7,87± 0,35 | 6,52±0,33  | 8,93±0,45     | 7,92±0,37  | 6,64±0,36  |
| 2 триместр            | 9,15±0,43    | 8,05±0,35* | 6,28±0,34* | 9,38±0,47*    | 8,25±0,38* | 6,26±0,38* |
| 3 триместр            | 9,52±0,49*   | 8,30±0,37≠ | 5,59±0,29# | 9,80±0,54*    | 8,70±0,39≠ | 5,67±0,38# |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); ≠ - ( $p < 0,01$ ), # - ( $p < 0,001$ ) в сравнении с первым триместром.

Прирост параметров общей площади стопы во втором и третьем триместрах составил 1,62% ( $p > 0,05$ ) и 2,45% ( $p > 0,05$ ) соответственно по отношению к первому триместру. Площадь переднего отдела стопы на 24 неделе беременности увеличилась 1,07% ( $p < 0,01$ ), а на 36 неделе уменьшилась на 1,68% ( $p > 0,05$ ) в сравнении с первым триместром. Прирост площади среднего отдела стопы во втором и третьем триместрах составил 3,11% и 5,93% ( $p > 0,05$ ) соответственно по отношению к данным, полученным на 12 недели. Параметры площади заднего отдела стопы во втором и третьем триместрах увеличились на 1,87% ( $p > 0,05$ ) и на 6,84% ( $p > 0,05$ ) соответственно в сравнении с первым триместром.

При 100% нагрузке на стопу прирост параметров общей площади на 24 и 36 неделях составил 1,6% ( $p > 0,05$ ) и 9,34% ( $p < 0,05$ ) соответственно по отношению к данным первого триместра. Площадь переднего отдела стопы во втором триместре уменьшилась на 0,18% ( $p > 0,05$ ), а третьем увеличилась на 6,98% ( $p > 0,05$ ) по сравнению с первым триместром. Параметры площади среднего отдела стопы на 24 и 36 неделях увеличились на 4,77% ( $p > 0,05$ ) и 11,66% ( $p > 0,05$ ) соответственно в сравнении с данными первого триместра. Прирост параметров площади заднего отдела стопы во втором триместре составил 2,27% ( $p > 0,05$ ) и 12,12% ( $p < 0,05$ ) соответственно по отношению к данным полученным на 12 неделе беременности (таблице 27).

**Таблица 27 - Изменение параметров площади стопы во время беременности**

| Триместры беременности | S           | Sa          | Sm         | Sp          |
|------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| 1 триместр 50%         | 63,69±1,97  | 30,92±0,92  | 16,70±0,96 | 16,06±0,60  |
| 2 триместр 50%         | 64,72±2,10  | 31,25±0,98# | 17,22±0,99 | 16,36±0,54  |
| 3 триместр 50%         | 65,25±1,83  | 30,40±0,86  | 17,69±0,96 | 17,16±0,54  |
| 1 триместр 100%        | 63,90±2,11  | 32,97±1,12  | 15,09±0,75 | 15,84±0,65  |
| 2 триместр 100%        | 64,92±2,12  | 32,91±1,15  | 15,81±0,75 | 16,20±0,59  |
| 3 триместр 100%        | 69,87±2,26* | 35,27±1,19  | 16,85±0,85 | 17,76±0,63* |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); # - ( $p < 0,01$ ), в сравнении с первым триместром.

Сравнительный анализ показателей коэффициента К при нагрузке равной 50% показал, что во втором и третьем триместрах произошло его увеличение на 2,33% ( $p > 0,05$ ) и 3,49% ( $p > 0,05$ ) соответственно по сравнению с данными первого триместра. В то же время, зафиксировано снижение показателей индекса Вейсфлога на 24 и 36 неделях на 0,35% ( $p > 0,05$ ) и 1,06% ( $p > 0,05$ ) соответственно в сравнении с данными, полученными на 12 неделе беременности (таблица 28).

**Таблица 28 - Индекс Вейсфлога и коэффициент К во время беременности**

| Триместр беременности | нагрузка 50% |           | нагрузка 100% |           |
|-----------------------|--------------|-----------|---------------|-----------|
|                       | К            | iv        | К             | iv        |
| 1 триместр            | 0,86±0,02    | 2,83±0,01 | 0,87±0,02     | 2,80±0,01 |
| 2 триместр            | 0,88±0,01    | 2,82±0,01 | 0,90±0,02     | 2,77±0,01 |
| 3 триместр            | 0,89±0,02    | 2,80±0,02 | 0,92±0,02*    | 2,76±0,02 |

Примечание: \* - ( $p < 0,05$ ); # - ( $p < 0,01$ ); # - ( $p < 0,001$ ), в сравнении с первым триместром.

Прирост показателей коэффициента К при 100% нагрузке на стопу во втором и третьем триместрах составил 3,45% ( $p > 0,05$ ) и 5,74% ( $p < 0,05$ ) соответственно по отношению к данным полученным на 12 неделе беременности. Индекс Вейсфлога на 12 и 36 неделях уменьшился на 1,07% ( $p > 0,05$ ) и 1,43% ( $p > 0,05$ ) соответственно по отношению к первому триместру.

Во время первой беременности отмечено статистически значимое уменьшение высоты свода на фоне положительной динамики длины и ширины стопы, что особенно выражено при выполнении 100% нагрузочной пробы. Зафиксировано увеличение угла первого и пятого пальцев на фоне уменьшения

параметров пяточного угла, происходит постепенная пронация стопы, обеспечивающая более стабильное состояние опорной системы беременной женщины. Увеличивающаяся физиологическая нагрузка ведет к росту показателей общей площади стопы, при этом отмечена положительная динамика площади среднего и заднего ее отделов во втором и третьем триместрах, а площадь переднего отдела, увеличиваясь на 24 недели, к концу беременности имеет отрицательную динамику. Таким образом, во втором триместре идет равномерное распределение нагрузки, а к концу беременности основное давление переносится на средний и задние отделы стопы. В то же время, при выполнении 100% нагрузочной пробы, отмечено, что основная нагрузка на 24 неделе распределяется на задний и средние отделы, а на 36 неделе на всю опорную поверхность стопы. Во время первой беременности выявлено уменьшение индекса Вейсфлога и увеличение коэффициента К, эта взаимно противоположная динамика свидетельствует о снижении сводов стопы и рисках развития плоскостопия.

### **3.6. Морфофункциональная характеристика стопы в различные триместры первой беременности в сравнении**

При изучении показателей абсолютного прироста и темпа роста (убыли) линейных параметров стопы на 12, 24 и 36 неделях беременности, получили следующие результаты.

Высота стопы (Н) во втором и третьем триместрах уменьшилась в среднем на 2,27 мм ( $p < 0,001$ ) и 4,74 мм ( $p < 0,001$ ) соответственно в сравнении с данными, полученными на 12 неделе. Прирост общей длины (Lt) и ширины (W) стопы на 24 неделе составил 0,29 мм ( $p > 0,05$ ) и 0,58 мм ( $p > 0,05$ ), а на 36 неделе 2,64 ( $p < 0,05$ ) и 2,87 мм ( $p < 0,001$ ) соответственно в сравнении с данными первого триместра.

При 100% нагрузке на стопу высота стопы во втором и третьем триместрах уменьшается на 2,38 мм ( $p < 0,001$ ) и 4,04 мм ( $p < 0,001$ ) соответственно. Длина и ширина стопы на 24 неделе увеличивается на 0,58 мм ( $p > 0,05$ ) и на 1,5 мм

( $p < 0,001$ ), а на 36 неделе на 3,53 мм ( $p < 0,05$ ) и 2,63 мм ( $p < 0,001$ ) соответственно в сравнении с данными, полученными на 12 неделе беременности (таблица 29).

**Таблица 29 - Изменение высоты, длины и ширины стопы в зависимости от срока беременности относительно первого триместра**

| Триместр беременности  | нагрузка 50% |        |       | нагрузка 100% |        |       |
|------------------------|--------------|--------|-------|---------------|--------|-------|
|                        | H            | Lt     | W     | H             | Lt     | W     |
| 1триместр (мм)         | 52,72        | 241,99 | 85,39 | 49,67         | 242,11 | 86,22 |
| 2триместр (мм)         | 50,25        | 242,28 | 85,97 | 47,29         | 242,69 | 87,72 |
| темп роста (убыли) в % | -95,3        | 100,1  | 100,7 | -95,2         | 100,2  | 101,7 |
| 3триместр (мм)         | 47,98        | 244,63 | 88,26 | 45,63         | 245,64 | 88,57 |
| темп роста (убыли) в % | -91,01       | 101,1  | 103,4 | -91,9         | 101,5  | 102,7 |

Абсолютный прирост длины переднего (La), среднего (Lm) и заднего (Lp) отделов стопы во втором триместре составил 0,17 мм ( $p > 0,05$ ), 0,05 мм ( $p > 0,05$ ) и 0,1 мм ( $p < 0,05$ ) соответственно, а в третьем - 0,69 мм ( $p < 0,05$ ), 1,17 мм ( $p < 0,01$ ) и 0,81 мм ( $p < 0,01$ ) соответственно в сравнении с данными, полученными на 12 неделе беременности.

При 100% нагрузке на стопу параметры длины переднего (La), среднего (Lm) и заднего (Lp) отделов на 24 неделе первой беременности увеличиваются на 0,22 мм ( $p > 0,05$ ), 0,16 мм ( $p > 0,05$ ) и 0,2 мм ( $p > 0,05$ ) соответственно, а на 36 неделе - 0,83 мм ( $p < 0,05$ ), 1,46 мм ( $p < 0,01$ ) и 1,24 мм ( $p < 0,01$ ) соответственно, в сравнении с данными первого триместра беременности. Таким образом, в течение беременности происходит постепенное увеличение длинных параметров стопы (таблица 30).

**Таблица 30 - Изменение длины различных отделов стопы в зависимости от срока беременности относительно первого триместра**

| Триместр беременности  | нагрузка 50% |        |        | нагрузка 100% |        |        |
|------------------------|--------------|--------|--------|---------------|--------|--------|
|                        | La           | Lm     | Lp     | La            | Lm     | Lp     |
| 1 триместр (мм)        | 94,40        | 74,29  | 73,27  | 94,46         | 74,32  | 73,33  |
| 2 триместр (мм)        | 94,57        | 74,34  | 73,37  | 94,68         | 74,48  | 73,53  |
| темп роста (убыли) в % | 100,18       | 100,19 | 100,14 | 100,23        | 100,22 | 100,27 |
| 3 триместр (мм)        | 95,09        | 75,46  | 74,08  | 95,29         | 75,78  | 74,57  |
| темп роста (убыли) в % | 100,7        | 101,6  | 101,1  | 100,9         | 102,0  | 102,0  |

Абсолютный прирост параметров угла первого пальца (NAP) и угла пятого пальца (QBR) на 24 неделе беременности составил 0,27 градусов ( $p>0,05$ ) и 0,18 градусов ( $p<0,05$ ), а на 36 неделе - 0,64 градусов ( $p<0,05$ ) и 0,43 градусов ( $p<0,01$ ) соответственно в сравнении данными, полученными в первом триместре беременности. Абсолютная убыль показателей пяточного угла (НСК) во втором и третьем триместрах составила 0,24 градусов ( $p>0,05$ ) и 0,93 градусов ( $p<0,01$ ) соответственно в сравнении с данными первого триместра.

При 100% нагрузке на стопу угол первого и пятого пальцев на 24 неделе увеличились на 0,45 градусов ( $p<0,05$ ) и 0,33 градусов ( $p<0,05$ ), а на 36 неделе на 0,87 градуса ( $p<0,05$ ) и 0,78 градусов ( $p<0,01$ ) соответственно в сравнении с данными, полученными в первом триместре. Абсолютная убыль показателей пяточного угла составила к 24 неделе 0,28 градусов ( $p>0,05$ ), а к 36 неделе - 0,97 градусов ( $p<0,01$ ) по отношению к первому триместру (таблица 31).

**Таблица 31 - Изменение угловых параметров стопы во время беременности относительно первого триместра**

| Триместр беременности   | нагрузка 50% |       |       | нагрузка 100% |       |       |
|-------------------------|--------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
|                         | NAP          | QBR   | HCK   | NAP           | QBR   | HCK   |
| 1 триместр (в градусах) | 8,88         | 7,87  | 6,52  | 8,93          | 7,92  | 6,64  |
| 2 триместр (в градусах) | 9,15         | 8,05  | 6,28  | 9,38          | 8,25  | 6,36  |
| темп роста (убыли) в %  | 103,04       | 103,5 | -96,3 | 105,04        | 104,2 | -95,8 |
| 3 триместр (в градусах) | 9,52         | 8,30  | 5,59  | 9,80          | 8,70  | 5,67  |
| темп роста (убыли) в %  | 107,2        | 105,5 | -85,7 | 109,7         | 109,8 | -85,4 |

Абсолютный прирост параметров общей площади (S) во втором и третьем триместрах беременности составил 1,03 мм ( $p>0,05$ ) и 1,56 мм ( $p>0,05$ ) соответственно в сравнении с данными первого триместра. Средние значения площади переднего отдела стопы ( $S_a$ ) во втором триместре увеличились на 0,33 мм ( $p<0,01$ ), а на третьем уменьшились на 0,52 мм ( $p>0,05$ ) по отношению к первому триместру. Показатели площади среднего отдела стопы ( $S_m$ ) во втором триместре увеличились на 0,52 мм ( $p>0,05$ ), в третьем на 0,99 мм ( $p>0,05$ ) по отношению к данным, полученным на 12 неделе. Площадь заднего отдела стопы на 24 неделе беременности увеличилась на 0,3 мм ( $p>0,05$ ), на 36 неделе на 1,1 мм ( $p>0,05$ ) в сравнении с первым триместром.

При 100% нагрузке общая площадь во втором триместре увеличивается на 1,71 мм ( $p>0,05$ ), в третьем на 6,66 мм ( $p<0,05$ ) по отношению к 12 неделе. Площадь переднего отдела к 24 неделе увеличивается на 0,25 мм ( $p>0,05$ ), к 36 неделе на 2,61 мм ( $p>0,05$ ). Площадь среднего отдела во втором и третьем триместрах увеличилась на 0,86 мм ( $p>0,05$ ) и на 1,9 мм ( $p>0,05$ ) соответственно по отношению к первому. Площадь заднего отдела увеличивается на 0,36 мм ( $p>0,05$ ) и на 1,92 мм ( $p<0,05$ ) соответственно во втором и третьем триместрах по отношению к первому.

Данные, полученные во втором и третьем триместрах, наглядно демонстрируют увеличение показателей площади стопы по отношению к первому триместру, также, стоит отметить, что в третьем триместре показатели увеличиваются и по отношению ко второму триместру (таблица 32).

**Таблица 32 - Изменение параметров площади стопы во время беременности относительно первого триместра при 50% и 100% нагрузке**

| Триместры беременности | S      |        | Sa     |        | Sm     |        | Sp     |        |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                        | 50%    | 100%   | 50%    | 100%   | 50%    | 100%   | 50%    | 100%   |
| 1 триместр (мм2)       | 63,69  | 63,21  | 30,92  | 32,66  | 16,70  | 14,95  | 16,06  | 15,84  |
| 2 триместр (мм2)       | 64,72  | 64,92  | 31,25  | 32,91  | 17,22  | 15,81  | 16,36  | 16,20  |
| темп роста (убыли)в %  | 101,62 | 102,71 | 101,07 | 100,77 | 103,11 | 105,75 | 101,87 | 103,91 |
| 3 триместр (мм2)       | 65,25  | 69,87  | 30,40  | 35,27  | 17,69  | 16,85  | 17,16  | 17,76  |
| темп роста (убыли)в %  | 102,45 | 110,54 | -98,31 | 107,99 | 105,93 | 112,71 | 106,85 | 114,14 |

Абсолютный прирост показателя коэффициента К на 24 и 36 неделях беременности составляет 0,03 ( $p>0,05$ ) и 0,04 ( $p>0,05$ ) соответственно в сравнении с данными первого триместра. Индекс Вейсфлога уменьшается во втором и третьем триместрах на 0,01( $p>0,05$ ) и 0,03мм ( $p>0,05$ ) соответственно в сравнении с первым триместром.

При 100% нагрузке на стопу показатели коэффициента К во втором и третьем триместрах увеличиваются на 0,03 ( $p>0,05$ ) и 0,05 ( $p<0,05$ ) в сравнении с данными первого триместра. Убыль показателя индекса Вейсфлога на 24 и 36 неделях составила 0,03 ( $p>0,05$ ) и 0,04 ( $p>0,05$ ) по отношению к данным, полученным на 12 неделе беременности (таблица 33).

**Таблица 33 - Изменение коэффициента К индекса и Вейсфлога во время беременности относительно первого триместра**

| Триместр беременности  | нагрузка 50% |        | нагрузка 100% |       |
|------------------------|--------------|--------|---------------|-------|
|                        | К            | iv     | К             | iv    |
| 1 триместр (усл. ед)   | 0,86         | 2,83   | 0,87          | 2,80  |
| 2 триместр (усл. ед)   | 0,88         | 2,82   | 0,90          | 2,77  |
| темп роста (убыли) в % | 102,32       | -99,65 | 103,45        | -98,9 |
| 3 триместр (усл. ед)   | 0,89         | 2,80   | 0,92          | 2,76  |
| темп роста (убыли) в % | 103,49       | -98,94 | 105,74        | -98,9 |

Анализ полученных данных указывает на тот факт, что во время первой беременности происходит снижение продольного и поперечного сводов стопы, формируются риски возникновения и развития плоскостопия.

### **3.7. Множественная линейная регрессия анатомических параметров стопы женщин во время первой беременности**

На основе регрессионного анализа были созданы модели линейных уравнений, отражающих влияние независимых переменных ( $x_1$  - рост,  $x_2$  - масса тела,  $x_3$  –окружность грудной клетки) на зависимую переменную (У-морфометрический параметр стопы). Уравнения множественной линейной регрессии составлялись для каждого выбранного параметра стопы с учетом триместров беременности, что позволяло создать более точный прогноз уровня влияния роста, массы тела и ОГК на параметры стопы на протяжении беременности (таблица 34). Полученные модели позволят вовремя спрогнозировать патологические изменения стопы во время беременности, что обеспечит своевременную профилактику, облегчит выбор методов консервативного или оперативного лечения. После построения уравнений множественной линейной регрессии, провели сравнение их достоверности для определения морфометрических параметров стопы у женщин в зависимости от периода гестации.

**Таблица 34 – Множественная линейная регрессия анатомических параметров стопы женщин во время первой беременности с учетом триместров**

| Анатомический параметр | Триместры беременности | Регрессионное уравнение               | Достоверность                |
|------------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| Длина                  | 1 триместр             | $Y=0,79+1,33X_1+0,003X_2+0,28X_3$     | $\emptyset * \# \emptyset$   |
|                        | 2 триместр             | $Y=192,33+0,35X_1+0,73X_2-0,63X_3$    | $* * \# \emptyset$           |
|                        | 3 триместр             | $Y=-30,84+1,44X_1+0,12X_2-0,35X_3$    | $\neq \# \# *$               |
| Ширина                 | 1 триместр             | $Y=57,48+0,11X_1+0,05X_2+0,08X_3$     | $\neq \emptyset * \emptyset$ |
|                        | 2 триместр             | $Y=56,45+0,12X_1+0,11X_2+0,04X_3$     | $\neq * \# *$                |
|                        | 3 триместр             | $Y=73,94+0,07X_1 +0,26X_2-0,17X_3$    | $\# * \# *$                  |
| Высота                 | 1 триместр             | $Y=35,34+0,12X_1-0,17X_2+ 0,097X_3$   | $* * \neq \emptyset$         |
|                        | 2 триместр             | $Y=42,63+0,07X_1-0,13X_2+0,06X_3$     | $\neq * \# *$                |
|                        | 3 триместр             | $Y=61,27+0,02X_1-0,04X_2-0,16X_3$     | $\# \neq \# *$               |
| МЧ                     | 1 триместр             | $Y=-13,56+0,15X_1-0,0001X_2-0,005X_3$ | $* \emptyset * \emptyset$    |
|                        | 2 триместр             | $Y=19,97-0,03X_1+0,26X_2-0,26X_3$     | $\neq * \# *$                |
|                        | 3 триместр             | $Y=-5,79+0,098X_1+0,01X_2-0,01X_3$    | $\neq \# \# *$               |
| ЛЧ                     | 1 триместр             | $Y=-13,65+0,13X_1-0,11X_2+0,08X_3$    | $* * * \emptyset$            |
|                        | 2 триместр             | $Y=-17,37+0,12X_1-0,24X_2+0,25X_3$    | $* * \neq \emptyset$         |
|                        | 3 триместр             | $Y=9,37-0,0008X_1-0,03X_2+0,014X_3$   | $\neq \# \# *$               |
| ПУ                     | 1 триместр             | $Y=-4,47+0,09X_1-0,2X_2+ 0,18X_3$     | $* \emptyset \neq \emptyset$ |
|                        | 2 триместр             | $Y=19,67-0,03X_1+0,07X_2 -0,07X_3$    | $* \neq \# *$                |
|                        | 3 триместр             | $Y=-0,98+0,05X_1+0,05X_2+0,02X_3$     | $\neq \# \# \neq$            |
| Коэффициент К          | 1 триместр             | $Y=1,65-0,005X_1-0,0004X_2-0,0001X_3$ | $\neq * \neq \emptyset$      |
|                        | 2 триместр             | $Y=0,57+0,002X_1-0,001X_2+0,002X_3$   | $\neq * \# *$                |
|                        | 3 триместр             | $Y=0,58-0,0013X_1-0,003X_2+0,008X_3$  | $\neq * \# *$                |
| Индекс Вейсфлога       | 1 триместр             | $Y=0,96+0,01X_1-0,002X_2+0,0006X_3$   | $\neq * * \emptyset$         |
|                        | 2 триместр             | $Y=3,23+0,0002X_1+0,005X_2-0,009X_3$  | $\neq * \neq \emptyset$      |
|                        | 3 триместр             | $Y=0,19+0,01X_1-0,007X_2+0,008X_3$    | $\# * \neq *$                |
| Площадь                | 1 триместр             | $Y=59,64-0,24X_1+1,05X_2-0,23X_3$     | $* \neq \# *$                |
|                        | 2 триместр             | $Y=41,6-0,02X_1-0,59X_2+0,76X_3$      | $\neq \# \# *$               |
|                        | 3 триместр             | $Y=-22,03+0,17X_1-0,18X_2+0,82X_3$    | $\# \# \# \neq$              |

Примечание:  $\emptyset$  -  $p > 0,05$ , \* - ( $p < 0,05$ );  $\neq$  - ( $p < 0,01$ ), # - ( $p < 0,001$ ) первый столбец характеризует достоверность свободного члена в уравнении, последующие - коэффициентов независимых переменных.

Как видно из таблицы 36 на длину стопы в третьем триместре оказывают влияния такие независимые переменные как рост и масса тела ( $p < 0,001$ ). Изменяющаяся на протяжении беременности, масса тела оказывает выраженное влияние на ширину стопы на 24 и 36 неделях. На высоту стопы масса тела оказывает влияние уже с 12 недели ( $p < 0,01$ ) а к 36 неделе это влияние четко выражено ( $p < 0,001$ ). В третьем триместре рост ( $p < 0,01$ ), масса тела ( $p < 0,001$ ) и ОКГ ( $p < 0,05$ ) оказывают сходное влияние на угол первого и пятого пальцев. На показатели пяточного угла на 36 неделе помимо роста и массы тела оказывает влияние ОКГ ( $p < 0,01$ ). К концу беременности на коэффициент К и Индекс Вейсфлога имеет выраженное влияние масса тела. На общую площадь стопы, помимо массы тела, оказывает влияние рост и ОКГ.

## ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТОПЫ ВО ВРЕМЯ ПЕРВОЙ БЕРЕМЕННОСТИ

### 4.1. Динамика коэффициента упругости стопы женщин 17-27 лет во время первой беременности

В контрольной группе коэффициент упругости составил 63357 кг/с<sup>2</sup>, в первом триместре составил 77509 кг/с<sup>2</sup>, во втором - 110250 кг/с<sup>2</sup>, а на третьем - 176400 кг/с<sup>2</sup> (рисунок 16).



**Рисунок 16 - Коэффициент упругости стопы на 1,2,3 триместрах первой беременности**

### 4.2. Динамика модуля Юнга стопы женщин во время первой беременности по вертикальной оси

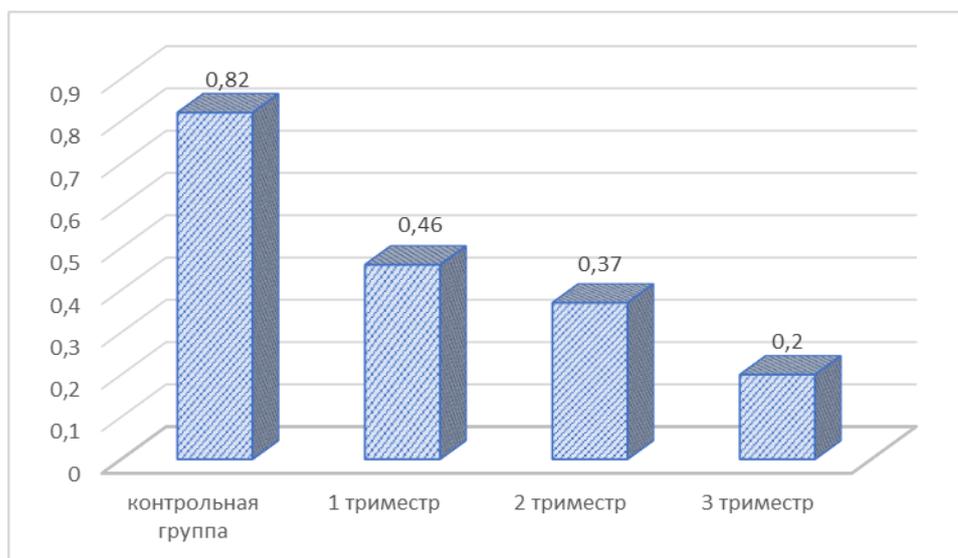
В контрольной группе мЮнга составил 601,2 кПа, на 12 неделе показатель составил 632,3 кПа, на 24 неделе – 845,4 кПа, а на 36 неделе - 1168,2 кПа (рисунок 17).



**Рисунок 17 - Модуль Юнга во время первой беременности по триместрам**

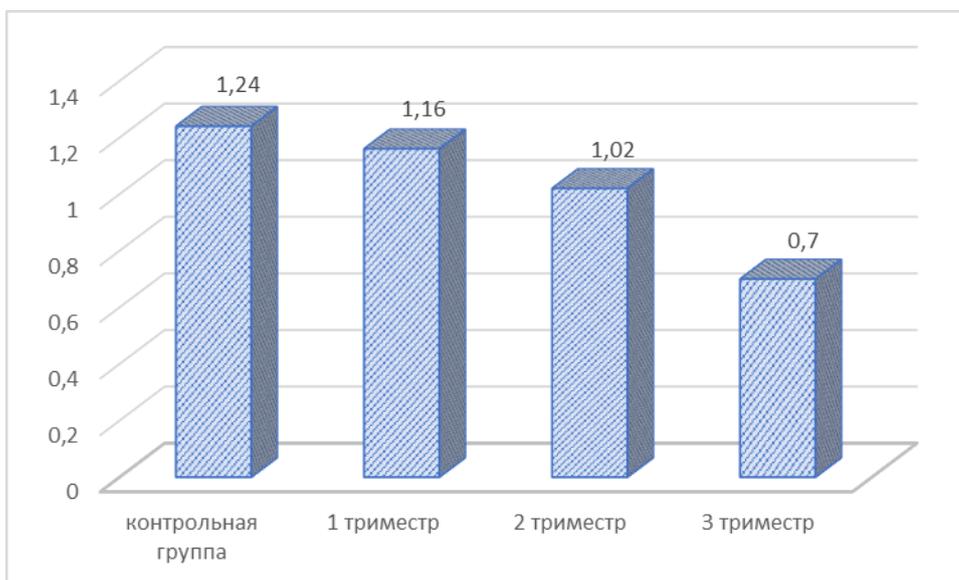
#### **4.3. Динамика коэффициента деформации стопы женщин 17-27 лет во время первой беременности в трех плоскостях**

Анализ динамики Кд стопы по сагиттальной плоскости во время первой беременности выявил его регрессию от первого триместра (0,46) к третьему (0,2) (рисунок 18).



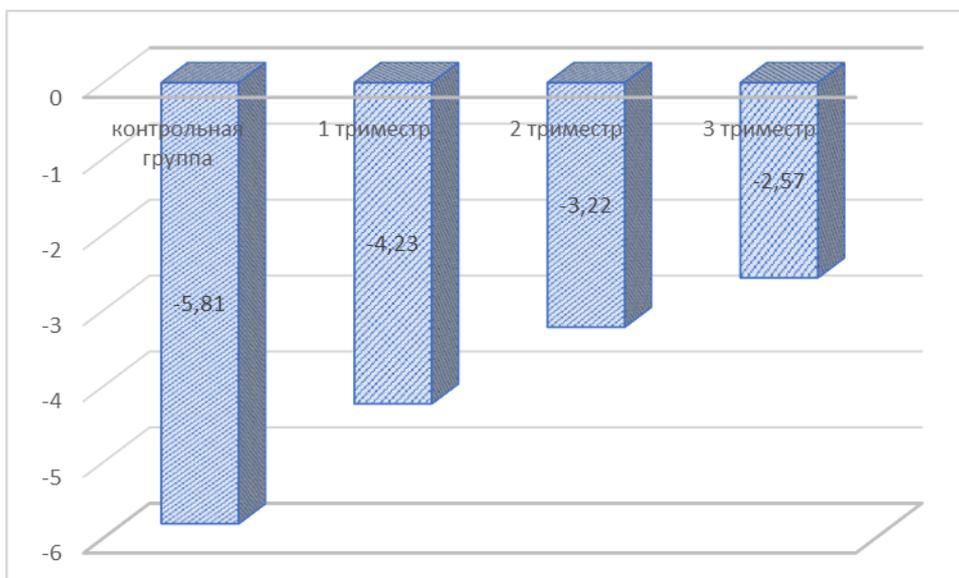
**Рисунок 18 - Коэффициент деформации в сагиттальной плоскости в динамике на различных сроках гестации**

Изучение коэффициента деформации во фронтальной плоскости на протяжении первой беременности показало его снижение, от первого триместра (1,16) ко второму (1,02), а от второго к третьему (0,7) (рисунок 19).



**Рисунок 19 - Коэффициент деформации во фронтальной плоскости на 12, 24, 36 неделе первой беременности**

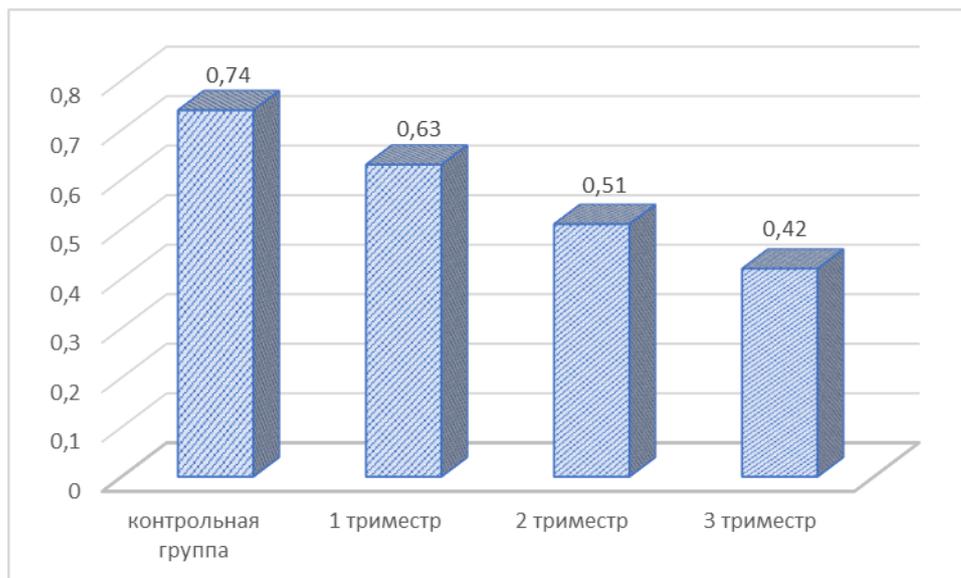
Как видно из рисунка 20, коэффициент деформации стопы у женщин во время первой беременности вдоль вертикальной оси на 12 неделе был равен -4,22; на 24 неделе составил -3,22, а к 36 неделе достиг значения -2,36.



**Рисунок 20 - Коэффициент деформации по вертикальной оси в динамике на различных сроках гестации первой беременности**

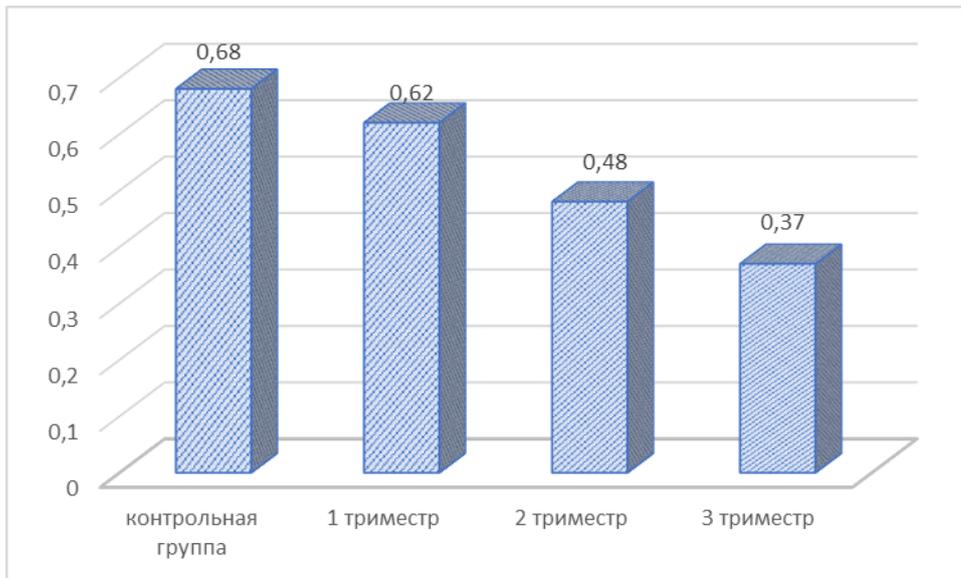
#### 4.4. Динамика коэффициента Пуассона стопы женщин 17-27 лет во время первой беременности в сагиттальной и фронтальной плоскостях

Изучение коэффициента Пуассона в сагиттальной плоскости выявило его уменьшение. В первом триместре КП составил 0,63; во втором 0,51, а в третьем триместре 0,42 (рисунок 21).



**Рисунок 21 - Динамика КП стопы во время беременности в сагиттальной плоскости**

Из рисунка 22 видно, что коэффициент Пуассона во фронтальной плоскости во время первой беременности уменьшается, на 12 неделе он составил 0,62, а уже к 36 неделе был равен 0,37.



**Рисунок 22 - Динамика кП стопы во время беременности во фронтальной плоскости**

**ГЛАВА 5. КОРРЕЛЯЦИЯ АНАТОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТОПЫ  
ЖЕНЩИН 17-27 ЛЕТ ВО ВРЕМЯ ПЕРВОЙ БЕРЕМЕННОСТИ В  
РАЗЛИЧНЫЕ СРОКИ ГЕСТАЦИИ (12, 24, 36 НЕДЕЛЬ) С  
СОМАТОМЕТРИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ**

Корреляционные связи соматометрических параметров тела женщин на 12 неделе первой беременности с анатомическими параметрами стопы, полученными в этот же период, представлены в таблице 35.

С учетом данных таблицы 35, высота стопы (H) и ширина (W) имеют умеренную связь с антропометрическими данными: ростом, массой тела, ростом и индексом Пинье. Общая длина стопы (Lt) имеет высокую связь с ростом (0,80), заметно выраженную с массой тела (0,51) и индексом Пинье (0,63); и умеренную с данными ОКГ (0,35). Выявлено, что передний отдел стопы имеет высокую тесноту связи с ростом (0,81), заметно выраженную с индексом Пинье (0,61) и умеренную с массой тела (0,48) и окружностью грудной клетки (0,30). Средний отдел стопы (Lm) имеет заметную тесноту связи с индексом Пинье (0,53), ростом (0,64) и массой тела (0,54) и умеренную с окружностью грудной клетки (0,36). У параметров заднего отдела стопы (Lp) прослеживается заметно выраженная теснота связи с индексом Пинье (0,63), ростом (0,64); а с массой тела (0,48) и ОКГ (0,38) - умеренно выраженная (таблица 35).

**Таблица 35 - Корреляционные связи соматометрических данных и линейных параметров стопы в первом триместре беременности**

| Параметры стопы   | Индекс Пинье | Рост | Масса | ОКГ  |
|-------------------|--------------|------|-------|------|
| Высота            | 0,45         | 0,40 | 0,38  | 0,47 |
| Общая длина       | 0,63         | 0,80 | 0,51  | 0,35 |
| Длина перед. отд. | 0,61         | 0,81 | 0,48  | 0,30 |
| Длина сред. отд.  | 0,53         | 0,64 | 0,54  | 0,36 |
| Длина зад. отд.   | 0,63         | 0,64 | 0,48  | 0,38 |
| Ширина            | 0,51         | 0,53 | 0,52  | 0,49 |

Анализ корреляционных связей угловых параметров на первом триместре, представленный в таблице 36, показал следующие данные: Угол первого пальца

(NAP) имеет заметную тесноту связи с ростом (0,62) и умеренную с остальными антропометрическими параметрами. Угол пятого пальца (QBR) имеет заметную тесноту связи с индексом Пинье (0,60), ростом (0,59). Пяточный угол (НСК) имеет слабую тесноту связи с массой тела (0,29) и умеренную с индексом Пинье, ростом и ОКГ.

Согласно полученным данным (таблица 36), общая площадь стопы (S) имеет заметно выраженную тесноту связи с ростом (0,50) и массой тела (0,51), а с индексом Пинье и ОКГ - умеренную. Площадь переднего отдела стопы (Sa) имеет схожую тенденцию с данными общей площади стопы (S). У данных площади среднего отдела стопы (Sm) прослеживается заметная теснота связи с массой тела (0,54) и умеренная с остальными антропометрическими параметрами. Отмечается заметно выраженная теснота связи с массой тела (0,56), ОКГ (0,52) и площадью заднего отдела стопы (таблица 36).

**Таблица 36 - Корреляционные связи соматометрических данных с угловыми параметрами и параметрами площади стопы в первом триместре беременности**

| Параметры стопы  | Индекс Пинье | Рост | Масса | ОКГ  |
|------------------|--------------|------|-------|------|
| Угол I пальца    | 0,49         | 0,62 | 0,46  | 0,35 |
| Угол V пальца    | 0,60         | 0,59 | 0,48  | 0,38 |
| Пяточный угол    | 0,40         | 0,36 | 0,29  | 0,46 |
| S общая          | 0,41         | 0,50 | 0,51  | 0,45 |
| Sa переднего отд | 0,39         | 0,52 | 0,51  | 0,47 |
| Sm среднего отд  | 0,42         | 0,46 | 0,54  | 0,43 |
| Sp заднего отд   | 0,40         | 0,49 | 0,56  | 0,52 |

Во втором триместре на 24 неделе первой беременности выявлена заметная теснота связи высоты стопы (H) с индексом Пинье (0,50); ОКГ (0,52) и умеренно выраженную с ростом (0,45) и массой тела (0,40). Ширина стопы (W) на 24 неделе беременности имеет заметно выраженную тесноту связи с ростом (0,57), массой тела (0,58) и ОКГ (0,51), а с индексом Пинье умеренная (0,47). Общая длина стопы (Lt) имеет высокую тесноту связи с параметрами роста (0,82); заметно выраженную с индексом Пинье (0,60) и массой тела (0,58) и умеренную связь с

ОГК (0,34). Сходная тенденция наблюдается при изучении длины переднего отдела стопы ( $L_a$ ). Параметры длины среднего отдела стопы ( $L_m$ ) имеют умеренную выраженную тесноту связи с ОГК, в то время как с остальными антропометрическими параметрами - заметно выраженную тесноту связи. Высокая теснота связи была отмечена между параметрами длины заднего отдела стопы и ростом (0,72); заметно выраженная с индексом Пинье (0,55) и массой тела (0,57) и умеренная с ОГК (0,36) (таблица 37).

**Таблица 37 - Корреляционные связи соматометрических данных и линейных параметров стопы во втором триместре беременности**

| Параметры стопы  | Индекс Пинье | Рост | Масса | ОГК  |
|------------------|--------------|------|-------|------|
| Высота           | 0,50         | 0,45 | 0,40  | 0,52 |
| Общая длина      | 0,60         | 0,82 | 0,58  | 0,34 |
| Длина перед. отд | 0,65         | 0,83 | 0,54  | 0,38 |
| Длина сред. отд. | 0,50         | 0,69 | 0,58  | 0,40 |
| Длина зад. отд   | 0,55         | 0,72 | 0,57  | 0,36 |
| Ширина           | 0,47         | 0,57 | 0,58  | 0,51 |

Анализ корреляционных связей между соматометрическими данными и угловыми параметрами связи стопы на 24 неделе представлены в таблице 38. Угол первого пальца (NAP) имеет заметно выраженную связь с индексом Пинье (0,58), ростом (0,63), с массой тела (0,52) и умеренную с ОГК (0,38). Угол пятого пальца (QBR) имеет схожую тенденцию. Пяточный угол имеет выраженную тесноту связи с ОГК (0,50) и умеренную с остальными параметрами.

Заметно выраженная теснота связи прослеживается между параметрами общей площади стопы ( $S$ ) и массой тела (0,64) ростом (0,51) и умеренная с остальными антропометрическими параметрами. Схожая ситуация наблюдается при изучении параметров площади переднего отдела ( $S_a$ ). Площадь среднего ( $S_m$ ) и заднего отделов ( $S_p$ ) стопы имеет заметно выраженную тесноту связи с массой тела - 0,63 и 0,68 соответственно, и умеренную с ОГК и индексом Пинье. (таблица 38).

**Таблица 38 - Корреляционные связи соматометрических данных с угловыми параметрами и параметрами площади стопы во втором триместре беременности**

| Параметры стопы  | Индекс Пинье | Рост | Масса | ОКГ  |
|------------------|--------------|------|-------|------|
| Угол I пальца    | 0,58         | 0,63 | 0,52  | 0,38 |
| Угол V пальца    | 0,57         | 0,60 | 0,50  | 0,44 |
| Пяточный угол    | 0,33         | 0,38 | 0,42  | 0,50 |
| S общая          | 0,46         | 0,51 | 0,64  | 0,47 |
| Sa переднего отд | 0,48         | 0,50 | 0,61  | 0,49 |
| Sm среднего отд  | 0,47         | 0,49 | 0,63  | 0,48 |
| Sp заднего отд   | 0,42         | 0,49 | 0,68  | 0,47 |

Корреляционные связи на третьем триместре (36 неделе) первой беременности представлены в таблице 39.

Высота стопы (H) имеет заметно выраженную тесноту связи с индексом Пинье (0,66), массой тела (0,51), окружностью грудной клетки (0,52) и умеренно выраженную с параметрами роста (0,45). Ширина стопы на 36 неделе имеет заметно выраженную связь ростом (0,57), массой тела (0,62) и ОКГ (0,52), умеренную с индексом Пинье (0,40). Высокая теснота связи прослеживается у параметров общей длины стопы (Lt) и длины переднего отдела стопы (La) и ростом 0,84 и 0,83 соответственно; заметно выраженная теснота с массой тела и ОКГ и умеренно выраженная с Индексом Пинье. Длина среднего отдела (Lm) стопы имеет высокую тесноту связи с параметрами роста (0,78), заметную с массой тела (0,62) и умеренную с индексом Пинье (0,41) и ОКГ (0,49).

Длина заднего отдела стопы (Lp) имеет высокую тесноту связи с параметрами роста (0,71) и массы тела (0,70); заметную с ОКГ (0,63) и умеренную с индексом Пинье (0,30) (таблица 39).

**Таблица 39 - Корреляционные связи соматометрических данных и линейных параметров стопы в третьем триместре беременности**

| Параметры стопы   | Индекс Пинье | Рост | Масса | ОГК  |
|-------------------|--------------|------|-------|------|
| Высота            | 0,66         | 0,45 | 0,51  | 0,52 |
| Общая длина       | 0,41         | 0,84 | 0,63  | 0,55 |
| Длина перед. отд. | 0,45         | 0,83 | 0,60  | 0,55 |
| Длина сред. отд.  | 0,41         | 0,78 | 0,62  | 0,49 |
| Длина зад. отд.   | 0,30         | 0,71 | 0,70  | 0,63 |
| Ширина            | 0,40         | 0,57 | 0,62  | 0,52 |

Изучение корреляционных связей параметров угла первого пальца (NAP) и антропометрических данных в третьем триместре первой беременности показали наличие заметную тесноту связи с параметрами роста (0,64) с массой тела (0,60) и умеренную с ОГК и индексом Пинье. Угол пятого пальца (QBR) имеет заметно выраженную тесноту связи с массой тела (0,64) и ростом (0,62), умеренную тесноту связи с индексом Пинье (0,49) и ОГК (0,46). Показатели пяточного угла имеют заметно выраженные связи со всеми соматометрическими параметрами.

Параметры общей площади стопы (S) имеют высоко выраженную связь с массой тела, Площадь переднего (Sa), среднего и заднего (Sp) отделов на 36 неделе первой беременности имеют заметно выраженную тесноту связи с ростом, массой тела, ОГК и умеренно выраженную с индексом Пинье (таблица 40).

**Таблица 40 - Корреляционные связи соматометрических данных с угловыми параметрами и параметрами площади стопы в третьем триместре беременности**

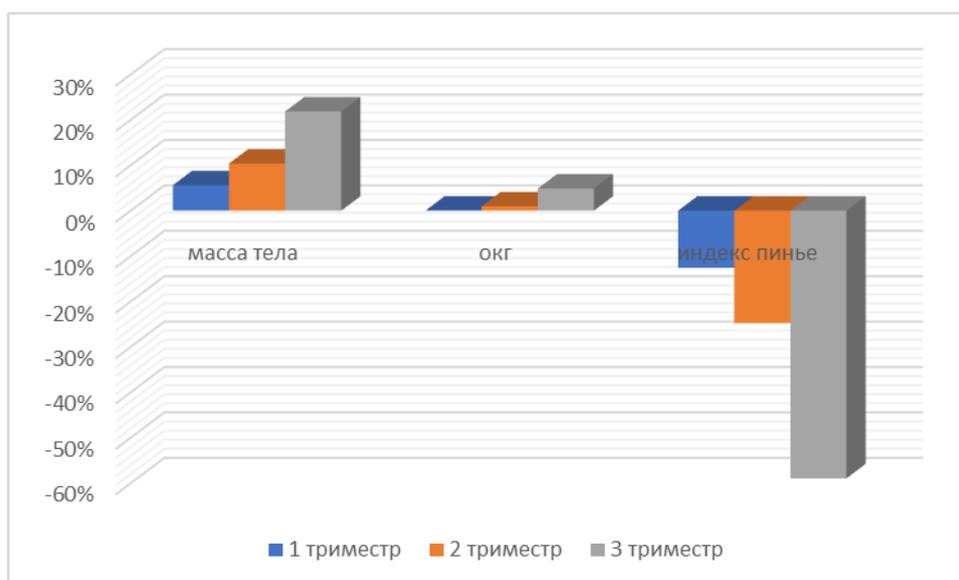
| Параметры стопы  | Индекс Пинье | Рост | Масса | ОГК  |
|------------------|--------------|------|-------|------|
| Угол I пальца    | 0,34         | 0,64 | 0,60  | 0,45 |
| Угол V пальца    | 0,49         | 0,62 | 0,64  | 0,46 |
| Пяточный угол    | 0,53         | 0,59 | 0,65  | 0,50 |
| S общая          | 0,43         | 0,55 | 0,73  | 0,65 |
| Sa переднего отд | 0,38         | 0,53 | 0,65  | 0,59 |
| Sm среднего отд  | 0,42         | 0,49 | 0,67  | 0,60 |
| Sp заднего отд   | 0,40         | 0,57 | 0,69  | 0,66 |

## ГЛАВА 6. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ соматометрических данных в группе женщин 17-27 лет во время первой беременности в динамике выявил статистически значимое увеличение массы тела и ОГК. При этом отмечено, что рост женщин контрольной группы и группы беременных имел сходные значения  $165,05 \pm 0,39$  см и  $164,63 \pm 0,73$  см ( $p > 0,05$ ) соответственно.

Масса тела контрольной группы женщин была равна  $54,68 \pm 0,38$  кг. Во время беременности средние показатели массы тела на 12 неделе увеличились на 5,6% ( $p < 0,01$ ), на 24 неделе – 10,37% ( $p < 0,001$ ), а на 36 неделе – 21,85% ( $p < 0,001$ ).

Средние параметры окружности грудной клетки у женщин контрольной группы и первого триместра были сходными  $82,51 \pm 0,25$  см и  $82,52 \pm 1,05$  см ( $p > 0,05$ ) соответственно. Во втором и третьем триместрах показатели окружности грудной клетки увеличились на 0,95% ( $p > 0,05$ ) и 4,87% ( $p < 0,01$ ) соответственно, сравнительно данных контрольной группы (рисунок 23).



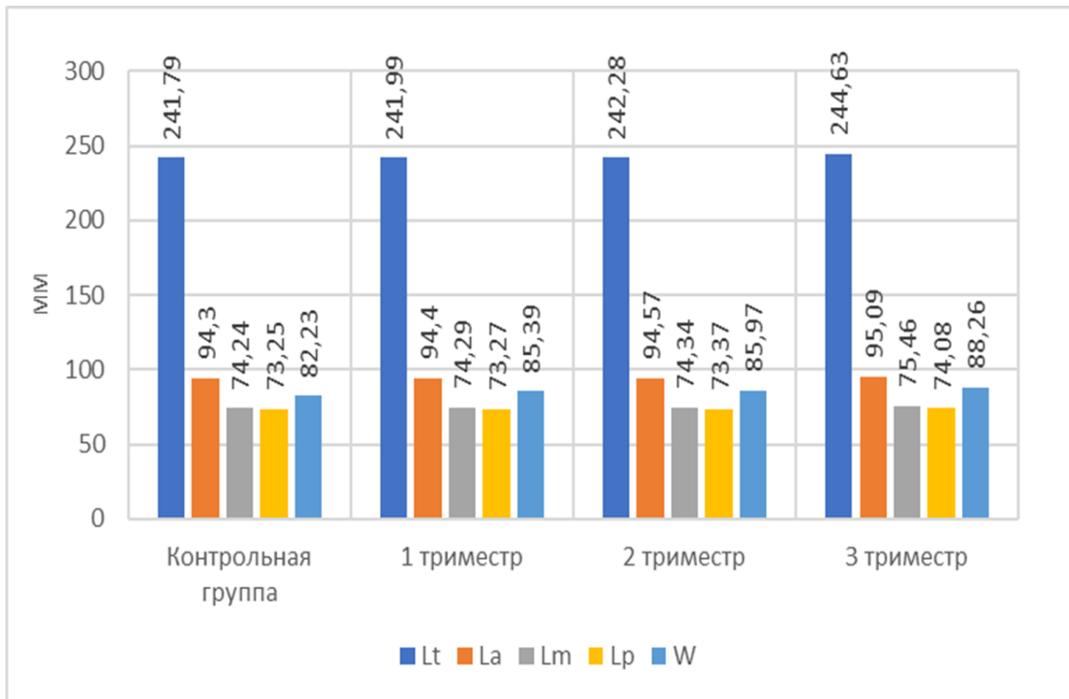
**Рисунок 23 - Антропометрические характеристики беременных женщин в динамике**

Увеличение соматометрических показателей женщин во время беременности оказывает влияние на индекс Пинье, который в контрольной группе составил  $27,87 \pm 0,43$ , в первом триместре уменьшился на 12,56% ( $p > 0,05$ ), на 24 неделе 24,79% ( $p < 0,05$ ), а на 36 неделе – 58,95% ( $p < 0,001$ ).

Анализ анатомо-функционального состояния стопы женщин с первой беременностью был проведен в динамике и основывался на результатах плоскостных, линейных и угловых параметров, измеряемых в трех плоскостях.

При сравнении средних параметры высоты (Н) стопы во время беременности в динамике было отмечена статистически значимое ее уменьшение, так на 12 неделе она составляла  $52,72 \pm 0,47$  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 ( $p < 0,001$ ). Однонаправленные изменения зафиксированы во время исследования высоты стопы при выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу: в первом триместре она была равна  $49,67 \pm 0,48$  мм, во втором -  $47,29 \pm 0,48$  мм, в третьем -  $45,63 \pm 0,53$  мм ( $p < 0,001$ ). Полученные данные согласуются с мнением Alvarez R. et al., 1988, Wetz H.H., 2006, Карапетяна С.В., (2013), Chiou W.K., 2015, Gijon-Nogueron G.A., 2013, Segal N.A., 2013, Ramachandra P. et al., 2017, которые указывают в своих исследованиях на уменьшение высоты продольного свода стопы во время беременности. На этот факт также указывали Block R.A. et al., 1985 и Nyska M. et al., 1997, в своих работах ученые фиксировали снижение продольного свода стопы на 2-2,5 см во время беременности.

Показатели общей длины стопы в контрольной группы составили  $241,79 \pm 0,64$  мм, сравнительный анализ с данными полученными во время беременности выявило их статистически значимое увеличение, так средние показатели общей длины (Lt) стопы на 12 неделе были равны  $241,99 \pm 1,01$  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 24). Полученные данные совпадают с мнением Alcahuz-Griñan, M. et al., 2021 утверждающих, что к третьему триместру происходит увеличение общей длины стопы, и снижение ее высоты. Однонаправленные изменения данного параметра прослеживается при 100% нагрузке на стопу: в первом триместре -  $242,11 \pm 1,07$  мм; втором -  $242,69 \pm 1,08$  мм ( $p < 0,01$ ) и третьем -  $245,64 \pm 1,31$  мм ( $p < 0,001$ ).



**Рисунок 24 - 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. Длина переднего отдела стопы в течение первой беременности на 12 неделе составила  $94,40 \pm 0,56$  мм ( $p > 0,05$ ), во 2-м триместре -  $94,57 \pm 0,57$  мм ( $p < 0,05$ ), в 3-ем триместре -  $95,09 \pm 0,62$  мм ( $p < 0,05$ ). При выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу длина переднего отдела также увеличивалась, в первом триместре показатели составили  $94,46 \pm 0,53$  мм ( $p > 0,05$ ), во втором -  $94,68 \pm 0,62$  мм ( $p < 0,01$ ), в третьем -  $95,29 \pm 0,70$  мм ( $p < 0,01$ ) по отношению к данным контрольной группы.

Длина среднего отдела стопы на протяжении всего срока беременности увеличивалась по отношению к данным контрольной группы. В первом триместре ее значения составили  $74,29 \pm 0,36$  мм ( $p > 0,05$ ), во втором -  $74,34 \pm 0,34$  мм ( $p > 0,05$ ), в третьем -  $75,46 \pm 0,41$  мм ( $p < 0,05$ ). При выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу на 12 неделе беременности Lp была равна  $74,32 \pm 0,38$  мм ( $p > 0,05$ ), во 2-м триместре -  $74,48 \pm 0,35$  мм ( $p > 0,05$ ) и в 3-ем триместре первой беременности -  $75,78 \pm 0,40$  мм ( $p < 0,01$ ) в сравнении с показателями контрольной группы.

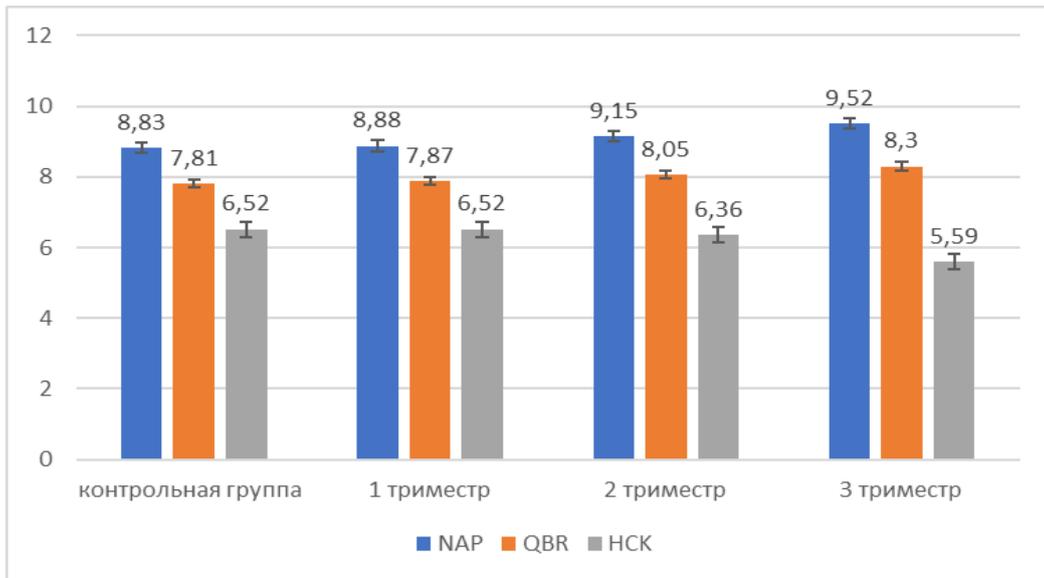
Длина заднего отдела стопы имела однонаправленное увеличение параметра во время беременности по отношению к данным контрольной группы. В первом триместре средние ее значения были равны  $73,27 \pm 0,38$  мм ( $p > 0,05$ ), на 24 неделе  $73,37 \pm 0,43$  мм ( $p < 0,05$ ) и на 36 неделе  $74,08 \pm 0,38$  мм ( $p < 0,001$ ). С учетом нагрузки на стопу равной 100% происходило статистически значимое увеличение параметра относительно контрольной группы. В первом триместре Lt составила  $73,33 \pm 0,33$  мм ( $p > 0,05$ ), во втором –  $73,53 \pm 0,43$  мм ( $p < 0,05$ ), а в третьем  $74,57 \pm 0,44$  мм ( $p < 0,001$ ) (рисунок 24).

Показатели ширины стопы во время беременности статистически значимо увеличиваются в сравнении с данными контрольной группы, составляя на 12 и 24 неделях  $85,39 \pm 0,42$  мм и  $85,97 \pm 0,41$  мм ( $p > 0,05$ ) соответственно, а в третьем триместре отмечено статистически значимое увеличение показателя, который на 36 неделе был равен  $88,26 \pm 0,52$  мм ( $p < 0,001$ ).

При 100% нагрузке средние значения ширины стопы у беременных женщин также имели однонаправленные статистически значимые изменения, в первом и втором триместрах были равны  $86,22 \pm 0,39$  мм и  $87,72 \pm 0,45$  мм ( $p < 0,01$ ) соответственно, а на 36 неделе –  $88,57 \pm 0,54$  мм ( $p < 0,01$ ) (рисунок 24).

Полученные данные согласуются, как с результатами Карапетяна С.В. (2013), утверждающего, что на протяжении всей беременности происходит увеличение ширины переднего отдела, так и совпадают с данными Alvares R. и его коллег (1988), которые зафиксировали наибольшие показатели длины, ширины стоп на 35—36-й неделях беременности.

Анализ динамики угловых показателей стопы во время беременности имеет четко определенные закономерности (рисунок 25).



**Рисунок 25 - Сравнительный анализ угловых параметров стопы в контрольной группе и группе беременных женщин в динамике**

На 12 неделе среднее значение угла первого пальца (NAP) составляет  $8,88 \pm 0,41^0$  ( $p > 0,05$ ), а угла пятого пальца (QBR) -  $7,87 \pm 0,35^0$  ( $p < 0,05$ ), что несколько выше в сравнении с данными контрольной группы. Средние значения показателя пяточного угла (HCK) сходны с параметрами контрольной группы и составляют  $6,52 \pm 0,33^0$  ( $p > 0,05$ ).

Сравнительный анализ данных, полученных при 100% нагрузке на стопу, в первом триместре выявил однонаправленное увеличение угловых параметров относительно показателей, полученных в контрольной группе, при этом параметры угла первого пальца (NAP) составили  $8,93 \pm 0,45^0$  ( $p < 0,05$ ); угла пятого пальца (QBR) –  $7,92 \pm 0,37^0$  ( $p < 0,05$ ); пяточного угла (HCK) -  $6,64 \pm 0,36^0$  ( $p > 0,05$ ). Полученные в первом триместре данные позволяют говорить, что растущая масса тела ведет не только к постепенному увеличению нагрузки на стопу и ее незначительной пронации, но и подтверждают наличие рисков возникновения вальгусной деформации стопы.

Полученная информация согласуется с данными исследования Gijon-Noguero G.A. и др. (2013), утверждающих, что уже с 12 недели беременности происходит не только уплощение стопы за счет значительного снижения ее свода, но и ее прониравание, а растущая масса тела на протяжении всей беременности способствует нарастанию этих процессов. Совпадает с данными таких авторов,

как Block R.A. и др. (1985); Bird A.H. и др. (1981), которые также зафиксировали изменение угловых параметров стопы в конце первого и начале второго триместра беременности и связывали это с пиком уровня сывороточного релаксина (10-12 неделя), ведущего к значительному увеличению расслабленности в пястно-фаланговых, подтаранных и плюсне-фаланговых суставах.

Сравнение угловых параметров на 24 неделе с данными контрольной группы, выявило статистически значимое увеличение показателей угла первого пальца (NAP) и угла пятого пальца (QBR), которые составили  $9,15 \pm 0,43^{\circ}$  ( $p < 0,05$ ) и  $8,05 \pm 0,35^{\circ}$  ( $p < 0,05$ ) соответственно, при этом зафиксировано уменьшение пяточного угла (НСК), среднее значение которого составило  $6,28 \pm 0,34^{\circ}$  ( $p < 0,001$ ).

Анализ данных, полученных при 100% нагрузке на стопу, и сравнение с параметрами контрольной группы выявил статистически значимое уменьшение среднего значения пяточного угла, которое составило  $6,36 \pm 0,38^{\circ}$  ( $p < 0,001$ ); на фоне роста показателей угла первого и пятого пальцев, составивших  $9,38 \pm 0,47^{\circ}$  ( $p > 0,05$ ) и  $8,25 \pm 0,38^{\circ}$  ( $p < 0,01$ ) соответственно.

При сравнении с первым триместром на 24 неделе первой беременности на фоне снижения показателя пяточный угла (НСК) на 3,68% ( $p < 0,05$ ), отмечается рост показателей угла первого (NAP) и пятого (QBR) пальцев на 3,04% ( $p > 0,05$ ) и 2,29% ( $p < 0,05$ ) соответственно.

Изучение данных, полученных при нагрузке равной 100%, во втором триместре выявило статистически значимое увеличение показателей угла первого и пятого пальцев на 5,04% ( $p < 0,05$ ) и 4,17% ( $p < 0,05$ ), на фоне снижения данных пяточного угла на 4,22% ( $p < 0,05$ ) в сравнении с первым триместром.

Параметры, полученные на 24 неделе беременности, указывают не только на увеличение нагрузки на плюсне-фаланговые суставы и усиление пронации, но и изменение постановки стопы в пространстве. Полученная нами информация совпадает с мнением Cherni Y, Desseauve D и др. (2019) которые отмечают в своем исследовании, что в результате увеличения эластичности в пястно-

фаланговых суставах, во втором триместре происходит вальгусная деформация стопы.

Изучение угловых параметров на 36 неделе беременности и сравнение с контрольной группой выявило статистически значимое уменьшение пяточного угла (НСК), среднее значение которого составило  $5,59 \pm 0,29^0$  ( $p < 0,001$ ), в тоже время зафиксировано увеличение угла первого пальца (NAP) -  $9,52 \pm 0,49^0$  ( $p < 0,05$ ) и угла пятого пальца (QBR) -  $8,30 \pm 0,37^0$  ( $p < 0,01$ ).

Сравнение угловых параметров, полученных при 100% нагрузке на стопу на 36 неделе с данными контрольной группы, показали статистически значимое уменьшение среднего значения пяточного угла (НСК) -  $5,67 \pm 0,38^0$  ( $p < 0,001$ ), на фоне увеличения угла первого пальца (NAP) и пятого пальца (QBR), составивших  $9,80 \pm 0,54^0$  ( $p < 0,01$ ) и  $8,70 \pm 0,39^0$  ( $p < 0,01$ ) соответственно.

Анализируя средние показатели угловых параметров на 12 и 36 неделе беременности, было также отмечен статистически значимый рост показателей угла первого и пятого пальцев на 7,21% ( $p < 0,05$ ) и 5,46% ( $p < 0,01$ ), при снижении данных пяточного угла на 14,26% ( $p < 0,001$ ).

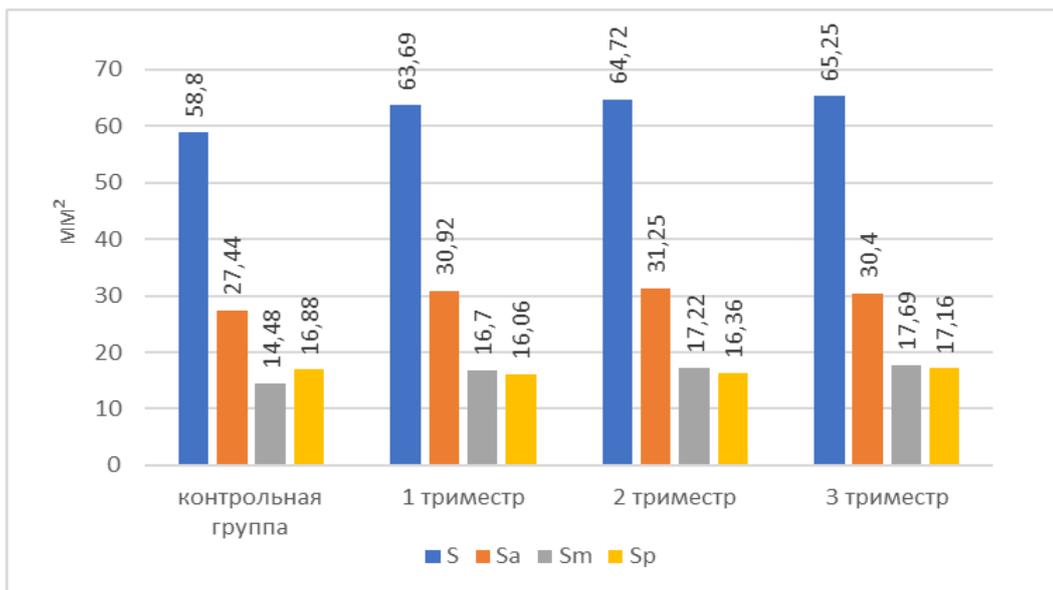
Сравнение данных угловых параметров первого и третьего триместра беременности, полученных при нагрузке равной 100% также выявили статистически значимое увеличение угла первого (NAP) и пятого пальца (QBR) на 9,74% ( $p < 0,05$ ) и на 9,85% ( $p < 0,01$ ) соответственно, в тоже время пяточный угол (НСК) уменьшился на 14,61% ( $p < 0,001$ ).

При сравнении средних значений угловых параметров, полученных на 36 неделе беременности с данными, полученными на 24 неделе, в том числе и при нагрузке равной 100%, выявлены однонаправленные изменения, что позволяет говорить не только о пронации, но и перераспределении нагрузки на стопу в третьем триместре. Полученные данные частично согласуются с результатами пилотного исследования Elsayed E. Devreux I. и др. (2017), которые указывают на возрастание нагрузки на 5-ю плюсневую кость во втором и третьем триместрах беременности и усиление пронации стопы к концу беременности.

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.

Изменение плоскостных параметров: общей площади (S) стопы, площади переднего (Sa), среднего (Sm) и заднего (Sp) отделов во время первой беременности имеет следующие выявленные закономерности.

Параметры общей площади (S) стопы в первом триместре увеличились в сравнении с данными контрольной группой, составляя  $63,69 \pm 1,97 \text{ мм}^2$  ( $p < 0,05$ ). Также зафиксировано статистически значимое увеличение переднего (Sa) –  $30,92 \pm 0,92 \text{ мм}^2$  ( $p < 0,001$ ) и среднего (Sm)  $16,70 \pm 0,96 \text{ мм}^2$  ( $p < 0,05$ ) отделов стопы и незначительное уменьшение заднего (Sp)  $16,06 \pm 0,60 \text{ мм}^2$  ( $p > 0,05$ ) в сравнении с данными контрольной группы (рисунок 26).



**Рисунок 26 - Сравнительный анализ плоскостных параметров стопы в контрольной группе и группе беременных женщин в динамике**

Сравнительный анализ S стопы, Sa и Sm ее отделов на 12 неделе, которые при нагрузке 100% составили  $63,21 \pm 2,08 \text{ мм}^2$  ( $p < 0,05$ ),  $32,66 \pm 1,11 \text{ мм}^2$  ( $p < 0,001$ ) и  $14,95 \pm 0,74 \text{ мм}^2$  ( $p > 0,05$ ) соответственно, с данными, полученными в контрольной группе, выявили их увеличение, а площадь заднего отдела (Sp) уменьшилась, составляя  $15,59 \pm 0,64 \text{ мм}^2$  ( $p > 0,05$ ). Таким образом, на 12 неделе беременности, в том числе и при 100% нагрузке на стопу, зафиксировано увеличение показателей общей площади, площади переднего и среднего отделов стопы.

Полученные данные средних параметров площади стопы на 24 неделе первой беременности имеют статистически значимый рост по отношению к данным контрольной группы. Общая площадь стопы (S) во втором триместре составила  $64,72 \pm 2,10$  мм<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ), площадь переднего отдела стопы была равна  $31,25 \pm 0,98$  мм<sup>2</sup> ( $p < 0,001$ ); среднего -  $17,12 \pm 0,99$  мм<sup>2</sup> ( $p < 0,01$ ), заднего -  $16,36 \pm 0,54$  мм<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ).

Анализ данных, полученных при выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу на 24 неделе первой беременности, показал уменьшение показателей заднего отдела на 4,03% ( $p > 0,05$ ) на фоне роста значений площади переднего и среднего отделов на 19,93% ( $p < 0,001$ ) и 9,19% ( $p > 0,05$ ) соответственно. Общая площадь (S), составляющая  $64,92 \pm 2,12$  ( $p < 0,01$ ) статистически значимо увеличивается по отношению к данным контрольной группы.

Таким образом, во втором триместре, в том числе и при 100% нагрузке на стопу отмечается увеличение общей площади стопы, площади переднего и среднего отделов стопы, что позволяет сохранить баланс и равновесие во время беременности.

Сравнивая данные площади стопы на 24 и 12 неделях беременности, было выявлено, что основная нагрузка во втором триместре приходится на средний и задний отделы. Общая площадь во втором триместре увеличилась на 1,62% ( $p > 0,05$ ), Sa, Sm и Sp на 1,07% ( $p < 0,01$ ), 3,11% ( $p > 0,05$ ) и 1,87% ( $p > 0,05$ ) соответственно.

Сравнивая данные второго и первого триместра при 100% нагрузке на стопу, отмечается увеличение параметров общей площади, площади среднего и заднего отделов на 1,6% ( $p > 0,05$ ), 4,77% ( $p > 0,05$ ) и 2,27% ( $p > 0,05$ ). В то же время площадь переднего отдела уменьшилась на 0,18% ( $p > 0,05$ ). Таким образом, на 24 неделе при 100% нагрузке происходит увеличение общей площади, площади среднего и заднего отделов стопы в сравнении с первым триместром.

Полученные на 36 неделе первой беременности данные параметров площади стопы выявили статистически значимое увеличение по отношению к контрольной группе. Общая площадь стопы в третьем триместре увеличивается

на 10,96% ( $p < 0,01$ ), площадь переднего отдела (Sa) - на 10,79% ( $p < 0,01$ ), среднего (Sm) - на 22,17% ( $p < 0,01$ ), площадь заднего (Sp) на 1,67% ( $p > 0,05$ ). Как видно, в третьем триместре происходит перераспределение нагрузки, с наибольшим ее влиянием на средний отдел стопы.

При выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу общая площадь стопы в третьем триместре увеличилась на 18,83% ( $p > 0,05$ ), площадь переднего отдела (Sa) на 28,53% ( $p < 0,001$ ), среднего отдела (Sm) на 16,37% ( $p < 0,05$ ), а площадь заднего отдела (Sp) на 5,21% ( $p > 0,05$ ) относительно данных, полученных в контрольной группе. Таким образом, во время нагрузочной пробы, в третьем триместре первой беременности основную нагрузку несет передний и средний отделы стопы.

Сравнительный анализ параметров площади, полученных на третьем триместре по отношению к первому, выявил увеличение общей площади в третьем на 2,45% ( $p > 0,05$ ); площади среднего и заднего отделов стопы на 5,93% ( $p > 0,05$ ) и 6,84% ( $p > 0,05$ ) соответственно, а площадь переднего отдела уменьшилась на 1,68% ( $p > 0,05$ ). Как видно, в третьем триместре беременности в сравнении с первым происходит распределение основной нагрузки на задний и средний отделы стопы.

При сравнении полученных данных на 36 неделе с данными первого триместра при 100% нагрузке выявилась схожесть с ненагруженной стопой, направление. Параметры общей площади увеличились в третьем триместре на 9,34% ( $p < 0,05$ ), среднего и заднего отделов на 11,66% ( $p > 0,05$ ) и 12,12% ( $p < 0,05$ ) соответственно, а площадь переднего отдела уменьшилась на 6,98% ( $p > 0,05$ ). Исходя из полученной информации, в третьем триместре первой беременности под влиянием 100% нагрузки, большая ее часть приходится на задний и средний отделы стопы по сравнению с первым триместром.

Анализ динамики параметров общей площади стопы на 24 и 36 неделях первой беременности, выявил общую тенденцию к увеличению в третьем триместре, в том числе и при нагрузке. При этом отмечается увеличение нагрузки на средний и задний отделы стопы, с уменьшением на передний отдел ( $p > 0,05$ ).

Похожие данные были получены Nyska M. и др. (1997), в своих исследованиях они зафиксировали увеличение площади стопы, с наибольшим распределением нагрузки на ее передние и задние отделы во время беременности. Так же авторы отмечали, что при динамических исследованиях в группе беременных женщин наблюдается увеличение нагрузки на латеральную и заднюю часть стопы, меняется «рисунок походки».

Полученные нами данные совпадают с точкой зрения Vertuit J. и др. (2016), утверждающих, что в третьем триместре у беременных происходила латерализация стопы и увеличение нагрузки на средний и задний отделы стопы, что обеспечивает более стабильную походку. Согласуются с мнением Gaymer C. и др. (2009) утверждающих, что в результате физиологических процессов во время беременности на 38 неделе происходит увеличение нагрузки на средний отдел стопы. С данными Martinez-Marti F. и др. (2015), отмечающих, что на 20 и 32-й неделях наблюдается незначительное увеличение нагрузки на задний отдел стопы. Также, совпадают с позицией Ribas S.I. и др. (2007), Karadag-Saygi E. и др. (2010) утверждающими, что в третьем триместре беременности увеличивается нагрузка на передний отдел стопы в ортостатической позе и во время движения, что приводит к изменению осанки в переднезаднем направлении у исследуемых.

В тоже время, наши данные несколько противоречат точке зрения Ribeiro A.P. и др. (2011) отмечающих отсутствие изменения нагрузки под сводами стопы, в ортостатической позе во время беременности, что может быть объяснено слишком малым количеством обследуемых женщин (в исследовании приняли участие 6 женщин).

Исследование коэффициента К и индекса Вейсфлога в первом триместре выявило следующие результаты. Индекс Вейсфлога статистически значимо уменьшился на 4,07%, составляя  $2,83 \pm 0,01$  ( $p < 0,001$ ), а при 100% нагрузке на стопу - на 5,08% ( $p < 0,001$ ) в сравнении с контрольными данными. Коэффициент К в первом триместре и в контрольной группе сходен и составляет  $0,86 \pm 0,02$  ( $p > 0,05$ ), а при выполнении 100% нагрузочной пробы на стопу увеличился на 1,16 ( $p > 0,05$ ).

Анализ, полученных на 24 неделе беременности, показателей коэффициента К и индекса Вейсфлога имеет взаимно противоположную направленность. Коэффициент К увеличился и составил  $0,88 \pm 0,01$  ( $p < 0,05$ ) а при 100% нагрузке стал равен  $0,90 \pm 0,02$  ( $p < 0,05$ ) по отношению к данным контрольной группы. В то же время индекс Вейсфлога статистически значимо уменьшился относительно контрольной группы и был равен  $2,82 \pm 0,01$  ( $p < 0,001$ ), а при 100% нагрузке -  $2,77 \pm 0,01$  ( $p < 0,001$ ).

Сравнивая данные второго триместра и первого, было зафиксировано увеличение коэффициента К ( $p > 0,05$ ) и уменьшение индекса Вейсфлога ( $p > 0,05$ ).

Сравнение данных, полученных в третьем триместре и показателей контрольной группы выявили статистически значимое увеличение коэффициента К на 3,49% ( $p < 0,01$ ), а при нагрузке равной 100% на 6,98% ( $p < 0,01$ ). Индекс Вейсфлога имел статистически значимое уменьшение на 5,08% ( $p < 0,001$ ) и при нагрузке 100% на 6,1% ( $p < 0,001$ ) относительно данных контрольной группы.

Коэффициент К во втором и третьем триместрах увеличился на 2,33% ( $p > 0,05$ ) и 3,49% ( $p > 0,05$ ) соответственно в сравнении с первым триместром. Индекс Вейсфлога во втором и третьем триместрах уменьшился на 0,35% и 1,06% ( $p > 0,05$ ) соответственно в сравнении с первым. Коэффициент К при нагрузке равной 100% во втором триместре увеличивается на 3,45% ( $p > 0,05$ ), а в третьем на 5,74% ( $p < 0,05$ ) по сравнению с первым триместром. Индекс Вейсфлога во втором и третьем триместрах уменьшается на 1,07% ( $p > 0,05$ ) и 1,43% ( $p > 0,05$ ) в сравнении с первым.

При исследовании упругости стопы женщин 17-27 лет в динамике во время первой беременности были выявлены определенные закономерности.

Анализ коэффициента упругости во время беременности показал его увеличение в сравнении с данными контрольной группы, так уже в первом триместре средняя величина данного параметра составила 77509 Н/м, во втором - 110250 Н/м, а в третьем - 176400 Н/м (рисунок 27).



**Рисунок 27 - Коэффициент упругости стопы женщин 17-27 лет в динамике во время первой беременности**

Во время первой беременности зафиксировано увеличение модуля Юнга в сравнении с данными контрольной группе, где он составил 601,2 кПа, уже на 12 неделе мЮнга был равен 623,3 кПа, на 24 неделе – 845,4 кПа, а на 36 неделе было отмечено его 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), сагиттальной (0,46) осей, а наименьшее на 36 неделе беременности (0,2) и (0,7) соответственно (рисунок 28). Коэффициент деформации вдоль вертикальной оси в первом триместре имел наименьшее значение (-4,23), а в третьем наибольшее (-2,57).



**Рисунок 28 - Коэффициент деформации вдоль фронтальной и сагиттальной оси у женщин 17-27 лет в динамике во время первой беременности**

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.

Выявленное изменение коэффициента упругости стопы можно объяснить не только эластичностью и пластичностью тканей женщин, образующих стопу, но и адаптационным ответом на возрастающую нагрузку; известно, что в среднем масса тела во время беременности увеличивается на 10-12 кг, из них 5-6 кг приходится на плодное яйцо (плод, послед, околоплодная жидкость), 1,5-2 кг на увеличенную матку и молочные железы, 3-3,5 кг составляет прибавка массы женщины. Постепенно происходит смещение центра тяжести в организме беременной женщины за счет растущего плода и матки. В результате роста матки не только вперед, но и вверх, происходит смещение части органов брюшной полости кверху, вследствие чего, происходит функциональное расширение грудной клетки, реберные дуги приобретают более горизонтальное положение, увеличивается расстояние между нижним концом грудины и позвоночником. Позвоночный столб адаптируется под происходящие изменения в организме, увеличивая грудной кифоз, шейный и поясничный лордозы, плечи и голова

несколько откидываются назад, появляется царственная осанка и формируется «гордая походка» (Bullock J.E., 1987; Heckman J.D., 1984).

Влияние физической и гормональной нагрузки приводит к нестабильности крестцово-подвздошного сочленения и возникновению позвоночно-тазового дисбаланса. В ответ на эти изменения происходит сокращение поперечных и внутренних косых мышц брюшной полости, что обеспечивает более стабильное состояние женщины, за счет улучшенной компрессии в суставах (Damen L. et al., 2002; Richardson C. et al., 2002).

Увеличение концентрации в крови гормонов релаксина и прогестерона ведут к вымыванию соединений кальция из костной системы матери, включая кости стопы, что, с одной стороны, способствует уменьшению жесткости соединений между костями таза, а с другой - к повышению эластичности тазового кольца. Образующейся в плаценте релаксин, приводит разрыхлению суставных связок суставов, а также оказывает влияние на хрящи и синовиальные оболочки сочленений костей таза. Особенно это выражено на примере лобкового симфиза, по мере роста в организме женщины гормона релаксина происходит расхождение лобковых костей в области симфиза на 0,5-0,6 см, что имеет большое значение в увеличении прямого размера входа в малый таз в родовом периоде (Abramson D. et al., 1934; Albeit H. et al., 1997; Anderson R.R., 1982; Bird H.A., 1981 Calguneri M., 1982).

Сочетание таких изменений, как смещения центра тяжести, позвоночно-тазового дисбаланса, релаксации мышц, увеличение эластичности тазового кольца на фоне уменьшения жесткости костей, ведет к формированию дополнительной нагрузки на нижние конечности и способно привести к деформации стопы и развитию плоскостопия во время беременности (Block R.A., 1985; Borg-Stein J., 2005; Borg-Stein J., 2007; Paul J.A., 1994; Smith M.W., 2008; Ojukw, C.P., 2017; Ritchie J.R., 2003).

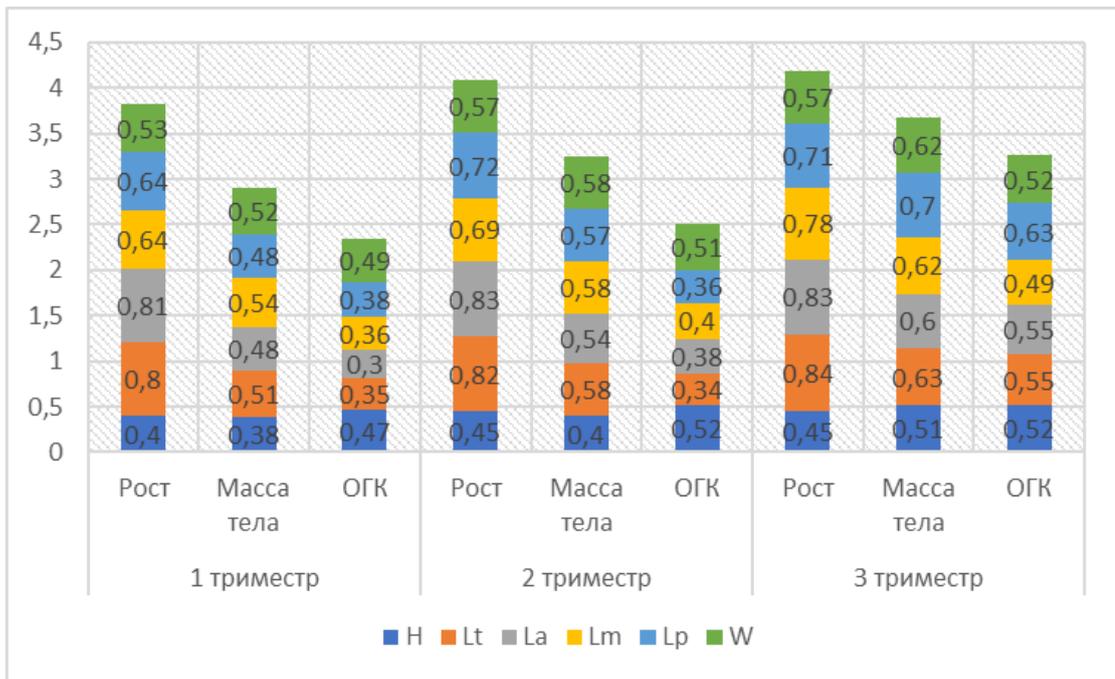
Анализ корреляционных взаимоотношений по методу Спирмена позволил выявить качественную характеристику силы связи полученных линейных и угловых параметров стопы с антропометрическими данными. Стоит отметить, что

уже в первом триместре выявлена достаточно выраженная теснота связи этих параметров, с последующим стойким увеличением к третьему триместру беременности. Так, высота стопы (H), ширина (W), общая длина стопы (Lt) и длина ее отделов (La, Lm, Lp), пяточный угол (НСК), параметры общей площади (S) и площади ее отделов (Sa, Sm, Sp) имеют устойчивую возрастающую связь массой тела, ростом, ОКГ на протяжении всей беременности.

В первом триместре беременности отмечается высокая связь между общей длиной стопы (Lt) и ростом ( $p=0,80$ ), заметно выраженная теснота связи прослеживается с массой тела ( $p=0,51$ ). Также, между передним отделом стопы (La) и ростом зафиксирована высокая теснота связи ( $p=0,81$ ).

Во втором триместре общая длина стопы (Lt) имеет высокую тесноту связи с параметрами роста ( $p=0,82$ ) и заметно выраженную с массой тела ( $p=0,58$ ). Передней отдел стопы также имеет высокую тесноту связи с ростом ( $p=0,83$ ) и заметно выраженную с массой тела ( $p=0,54$ ). Высокая теснота связи была отмечена между параметрами длины заднего отдела стопы (Lp) и ростом ( $p=0,72$ ), а заметно выраженная теснота связи отмечена с массой тела ( $p=0,57$ ). Ширина стопы (W) имеет заметно выраженную тесноту связи с ростом ( $p=0,57$ ), массой тела ( $p=0,58$ ) и ОКГ ( $p=0,51$ ).

В третьем триместре заметно выраженную тесноту связи с соматометрическими данными имеет высота стопы (H). Заметно выраженная связь прослеживается между шириной стопы и массой тела ( $p=0,62$ ), ростом ( $p=0,57$ ), ОКГ ( $p=0,52$ ). Высокая теснота связи прослеживается у параметров общей длины стопы (Lt) и длины переднего отдела стопы (La) и ростом  $p=0,84$  и  $p=0,83$  соответственно; заметно выраженная теснота с массой тела ( $p=0,63$ ) и ( $0,60$ ) и ОКГ ( $p=0,55$ ) соответственно. Длина среднего отдела (Lm) стопы имеет высокую тесноту связи с параметрами роста ( $p=0,78$ ), заметно выраженную с массой тела ( $p=0,62$ ). Длина заднего отдела стопы (Lp) имеет высокую тесноту связи с параметрами роста ( $p=0,71$ ) и массы тела ( $p=0,70$ ) и заметно выраженную с ОКГ ( $p=0,63$ ) (рисунок 29).



**Рисунок 29 - Корреляционные связи соматометрических данных с линейными параметрами стопы во время беременности**

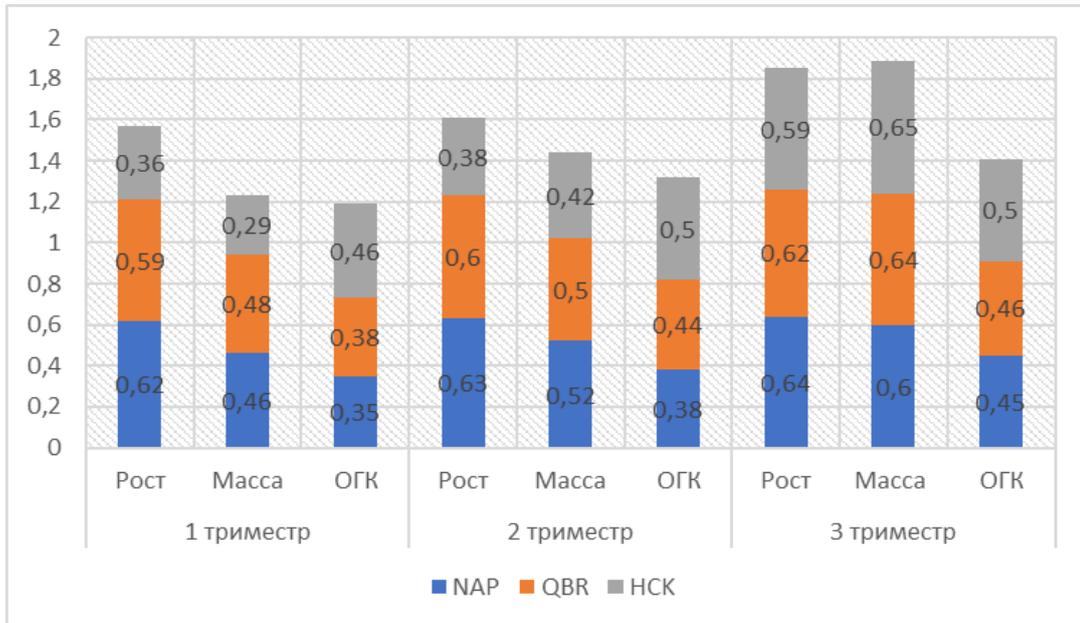
Корреляционная связь угловых параметров и антропометрических данных представлена на рисунке 30.

На 12 неделе беременности зафиксировано, что угол первого пальца (NAP) имеет заметную тесноту связи с ростом ( $p=0,62$ ) и умеренную с остальными антропометрическими параметрами. Угол пятого пальца (QBR) имеет заметную тесноту связи с ростом ( $p=0,59$ ) и умеренную с массой тела ( $p=0,48$ ) и окружностью грудной клетки ( $p=0,38$ ). Пяточный угол (НСК) имеет слабую тесноту связи с массой тела ( $p=0,29$ ) и умеренную с ростом ( $p=0,39$ ) и ОГК ( $p=0,46$ ).

На 24 неделе беременности угол первого пальца (NAP) имеет заметно выраженную связь с ростом ( $p=0,63$ ), с массой тела ( $p=0,52$ ) и умеренную с ОГК ( $p=0,38$ ). Угол пятого пальца (QBR) имеет заметно выраженную связь с ростом ( $p=0,63$ ) и массой тела ( $p=0,50$ ). Пяточный угол имеет выраженную тесноту связи с ОГК ( $p=0,50$ ) и умеренную с остальными параметрами.

На 36 неделе беременности угол первого пальца (NAP) имеет заметно выраженную тесноту связи с параметрами роста ( $p=0,64$ ) с массой тела ( $p=0,60$ ). Угол пятого пальца ( $p=QBR$ ) имеет заметно выраженную тесноту связи с массой тела ( $p=0,64$ ) и ростом ( $p=0,62$ ). Также, отмечается, что пяточный угол (НСК)

имеет заметно выраженную связь с ростом ( $p=0,59$ ), с массой тела ( $p=0,65$ ) и ОГК ( $p=0,50$ ).



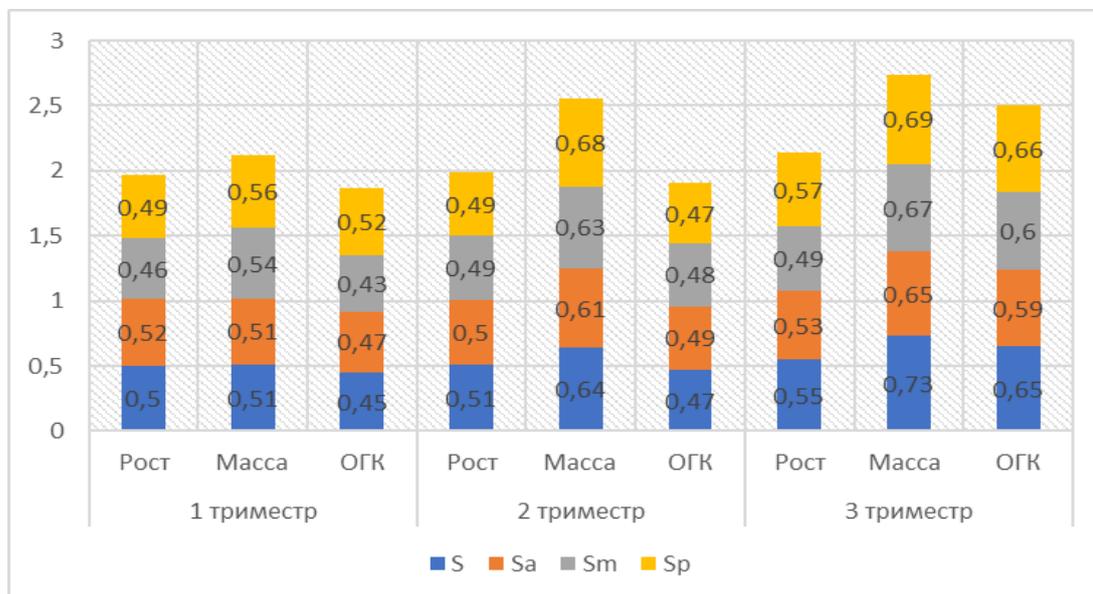
**Рисунок 30 - Корреляционные связи соматометрических данных с угловыми параметрами стопы во время беременности**

Корреляция между параметрами площади во время беременности и антропометрическими данными представлены на рисунке 31.

В первом триместре общая площадь стопы ( $S$ ) имеет заметно выраженную тесноту связи с ростом ( $p=0,50$ ) и массой тела ( $p=0,51$ ). Площадь переднего отдела стопы ( $S_a$ ) также имеет заметно выраженную тесноту связи с ростом ( $p=0,52$ ) и массой тела ( $p=0,51$ ). У данных площади среднего отдела стопы ( $S_m$ ) прослеживается заметная теснота связи с массой тела ( $p=0,54$ ). Площадь заднего отдела стопы имеет заметную тесноту связи с массой тела ( $p=0,56$ ) и окружностью грудной клетки ( $p=0,52$ ).

Во втором триместре заметно выраженная теснота связи прослеживается между параметрами общей площади стопы ( $S$ ) массой тела ( $p=0,64$ ) и ростом ( $p=0,51$ ). Площадь переднего отдела ( $S_a$ ) имеет заметно выраженную связь с массой тела ( $p=0,61$ ). Площади среднего ( $S_m$ ) и заднего отделов ( $S_p$ ) стопы также имеют заметно выраженную тесноту связи с массой тела - 0,63 и 0,68 соответственно.

В третьем триместре беременности общая площадь стопы (S) имеет высоко выраженную связь с массой тела ( $p=0,73$ ). Площадь переднего (Sa), среднего и заднего (Sp) отделов имеют заметно выраженную тесноту связи с ростом, массой тела, ОКГ.



**Рисунок 31 - Корреляционные связи соматометрических данных с параметрами площади стопы во время беременности**

Для расчета морфометрических и функциональных параметров стопы беременных женщин в каждом триместре, используя методы регрессионного анализа, были сформированы регрессионные уравнения. Используя результаты исследования в регрессионных уравнениях, с последующим сравнением их достоверности для определения морфометрических параметров стопы во время беременности, были получены значения, необходимые для применения в клинической практике.

## 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, особенностях изменения механических ее свойств и адаптационных реакций на увеличивающуюся нагрузку во время первой беременности, в том числе при использовании нагрузочной пробы. Анализ полученных результатов наглядно демонстрирует, что уже на 12 неделе первой беременности появляются признаки начальных изменений анатомо-функционального состояния стопы, активно прогрессирующих к 36 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 корректировать патологию стопы, но и проводить профилактику возникновения патологических состояний стопы, а 3D-модель стопы 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% ( $p < 0,05$ ), Lm - на 1,64% ( $p < 0,05$ ) и Lp - на 1,13% ( $p < 0,001$ ), W - на 7,33% ( $p < 0,001$ ); плоскостных параметров S - на 10,96% ( $p < 0,01$ ), Sa - на 10,79% ( $p < 0,01$ ), Sm - на 22,17% ( $p < 0,01$ ), и Sp - 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 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 ( $S_a$ ), среднего ( $S_m$ ) и заднего ( $S_p$ ) отделов  $r=0,73$ ,  $r=0,65$ ,  $r=0,67$  и  $r=0,69$  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.

**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**

|            |  |
|------------|--|
| 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                              |
| Kд         | коэффициент деформации                             |
| mЮнга      | модуль Юнга  |
| кП         | коэффициент Пуассона                               |
| Ср.        | Среднее значение                                   |
| N          | Счет   |
| Ст. ошибка | Стандартная ошибка                                 |
| Ст. откл.  | Стандартное отклонение                             |
| Дисп.      | Дисперсия  |
| Асим.      | Асимметрия   |

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абрахамс, П. Анатомия человека. Тело. Как это работает / П. Абрахамс.- Москва: Издательство АСТ, 2016. –256 с.
2. Аверьянова-Языкова, Н.Ф. Изменение высоты сводов и толщины мягких тканей подошвенной поверхности стопы у детей и подростков от 8 до 15 лет по данным рентгенографии / Н.Ф. Аверьянова-Языкова // Тезисы докладов VI конгресса международной ассоциации морфологов. – Казань.–2002.– С. 6.
3. Аверьянова-Языкова, Н.Ф. Формирование сводов и пропорций стопы у детей от 1 года и до 6 лет / Н.Ф. Аверьянова–Языкова // Астраханский медицинский журнал. – 2007 – № 2. – С. 11–12.
4. Акамбасе, Д.А. Структурно-функциональная характеристика стоп с разной высотой свода у людей различных расово-этнических групп: дис. ... канд. мед. наук: 14.03.01 / Акамбасе Джонас Атулебуре. – М., 2019. – 153 с.
5. Алексеевская, Т.И. Основы медицинской статистики. Учебно-методическое пособие / Т.И. Алексеевская, С.В. Макаров. – Иркутск, 2012. – 125 с.
6. Анатомические параметры стопы девушек различных соматотипов при возрастающей нагрузке / А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин [и др.] // Сборник научных трудов по матер. Межд. научно-практ. конференции «Современные тенденции в науке и образовании»: в 5 частях. – ООО "АР-Консалт". – Москва. – 2015. – С. 24–25.
7. Анатомия человека: учеб. для студентов вузов / М.М. Курепина, А.П. Ожигова, А.А. Никитина - М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2014. – 383 с., + эл. диск (CD-ROM): электронное приложение. – 35–37 с.
8. Атрощенко, Е.С. Закономерности анатомо-функциональных параметров и механических свойств стопы в соматотипологических аспектах у лиц юношеского возраста: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.03.01 / Атрощенко Екатерина Сергеевна. – В., 2017. – 21 с.

9. Ахмедов, Ш.М. Рентгеноанатомическая характеристика костей стопы в возрастном аспекте у человека / Ш.М. Ахмедов, М.У. Кобулова // Морфология. – 2002. – №2-3. – С. 15.
10. Бабайцева, Н.С. Морфофункциональное состояние стопы школьников 7 - 14 лет с учетом типов телосложения и функциональной нагрузки: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.02, 03.00.13 / Бабайцева Наталья Сергеевна. – В., 2007. – 22 с.
11. Билич, Г.Л. Анатомия человека: большой популярный атлас / Г.Л. Билич. – М.: Экспо, 2015. – ил. – (Медицинская энциклопедия) – 144 с.
12. Веденина, А.С. Оценка функционального состояния стопы с использованием плантографии / А.С. Веденина, Л.М. Смирнова // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – №5. – С.136–139.
13. Возможности педобарографии в диагностике и ортопедической коррекции продольного плоскостопия / А.Г. Мармыш, В.Н. Горбузов, С.И. Болтрукевич [и др.] // Журнал ГрГМУ. – 2010. – №2 (30). – С.59–64.
14. Годунов, С. Ф. Другие деформации стопы. Руководство по ортопедии и травматологии / С. Ф. Годунов; под ред. М. В. Волкова. – Москва: Медицина, 1968. – 702–744 с.
15. Годунов, С.Ф. Патологическая анатомия статической плосковальгусной стопы / С. Ф. Годунов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1972. – № 10. – С. 43 – 44.
16. Годунов, С.Ф. О конфигурации стопы и обуви / С.Ф. Годунов // Ортопедия, травматология и протезирование. — 1971. – № 7. — С. 31–35.
17. Готовцева, Г.Н. Состояние внутреннего свода стопы у детей, больных сколиозом / Г. Н. Готовцева, В. И.Тарасов, Р. А. Хошабаев // Материалы научн.-практ. конф детских травматологов-ортопедов России: “Актуальные вопросы детской травматологии и ортопедии”. Саратов, 2005. – СПб., 2005. – С. 91–92.

18. Джумок, А.А. Методика профилактики плоскостопия у теннисистов групп начальной подготовки: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Джумок Александр Александрович. – М., 2014. – 171с.
19. Динамика анатомических параметров стопы человека при возрастающей нагрузке / А.И. Перепелкин, А.И. Краюшкин, Е.С. Атрощенко // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «О некоторых вопросах и проблемах современной медицины». – Челябинск. – 2015. – С. 21–23.
20. Евтухова, Л.А. Методика исследования состояния стопы и подготовленности ее свода к различным нагрузочным режимам / Л.А. Евтухова, В.А. Игнатенко // Проблемы здоровья и экологии. – 2015. – №1 (43). – С. 53–58.
21. Елисеева, О.Г. Закономерности формы и конструкции стопы у детей дошкольного возраста при различных типах телосложения: автореф. дис. ...канд. мед. наук: 14.00.02 / Елисеева Ольга Геннадьевна. – В., 2009. – 23 с.
22. Ефремова, Г.В. Структурно-функциональное состояние стопы у людей с различным телосложением: автореферат дис. ... кандидата медицинских наук: 03.00.13, 14.00.02 / Ефремова Галина Владимировна. – В., 2007. – 22 с.
23. Зайцев, В.М. Прикладная медицинская статистика: учебное пособие / В.М. Зайцев, В.Г. Лифляндский, [и др.]. — СПб.: Фолиант, 2006. – 432 с.
24. Иваницкий, М.Ф. Анатомия человека (с основами динамической и спортивной морфологии): учебник для институтов физической культуры. / М.Ф. Иваницкий; под редакцией Б.А. Никитюка, А.А. Гладышевой, Ф.В. Судзиловского. - 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Человек, 2011. – 624 с.
25. Иваницкий, М.Ф. Анатомия человека (с основами динамической спортивной морфологии) / М.Ф. Иваницкий; под ред. А.А. Гладышевой, Ф.В. Судзиловского. – М.: Спорт, 2016. – 624 с.
26. Иванова, Г.Д. Патологические состояния опорно-двигательного аппарата у студентов и их профилактика/ Г.Д. Иванова // Концепт. – 2014. – № 8. – С. 1-7.

27. Калинина, М.Л. Анатомическая характеристика архитектоники стопы у лиц зрелого возраста: дис. канд. мед. наук: 14.03.01 / Калинина Мария Леонидовна. – О., 2019. – 157 с.
28. Калужский, С.И. Программно-информационный комплекс для диагностики органичной системы по ее изображению: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Калужский Сергей Игоревич. – В., 2005. – 117 с.
29. Карапетян, С.В. Изменение подометрических показателей у женщин во время беременности и в послеродовом периоде / С.В. Карапетян, К.К. Щербина // Вестник хирургии имени И. И. Грекова. – 2011. – № 170(6). – С.43–46.
30. Карапетян, С.В. Клинико-биомеханическое обоснование совершенствования ортезирования при ортопедических последствиях беременности: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15, 14.01.01 / Карапетян Сергей Вязгенович. – СПб., 2013. – 166 с.
31. Карпинский, М.Ю. Плантография / М.Ю. Карпинский, Д.Н. Киселев // Медицинская техника. – 1998. – № 1. – С. 27–28.
32. Карчинов, К.В. Приборы для измерения некоторых характеристик стопы / К.В. Карчинов // Ортопедия травматология. – 1981. – № 10. – С. 63–64.
33. Кашуба, В.А. Биомеханика осанки / В.А. Кашуба. – Киев: Олимпийская литература, 2003. – 279 с.
34. Кашуба, В.А. Компьютерная диагностика опорно-рессорной функции стопы человека / В.А. Кашуба, К.Н. Сергиенко, Д.П. Валиков // Физическое воспитание студентов творческих специальностей: Сб. науч. тр.; под ред. С.С. Ермакова. – Харьков (ХХПИ) - 2002. – № 1. – С. 11–16.
35. Кашуба, В.А. Технология биомеханического контроля состояния опорно-рессорной функции стопы человека / В.А. Кашуба, К.Н. Сергиенко // Биомеханика стопы человека: материалы 1 Междунар. Научн.-практ. конф., Гродно 18–19 июня 2008 г.; ГНУ НИЦПР НАНБ; отв. ред. А.И. Свириденок. – Гродно: ГрГУ. – 2008. – С. 32–34.

36. Кишковский, А.Н., Атлас укладок при рентгенологических исследованиях / А.Н Кишковский., Л.А. Тютин, Г.Н. Есиновская – Л.: Медицина; 1987. – 593с.
37. Княгичева Н.В., Применение 3D-сканирования при проведении антропометрических исследований стоп / Н.В. Княгичева, С.А. Голованов, С.Ю. Киселев, А.В. Шевченко // Дизайн и технологии. – 2016. – № 53(95). – С. 31-39.
38. Коваль, Г.Ю. Клиническая рентгеноанатомия. Практическое руководство / Г.Ю. Коваль. – Киев: Здоров'я, 1975. – 600с.
39. Козлов, В.И. Анатомия человека: учебник для студентов медицинских вузов / В.И. Козлов. – М.: Практическая медицина, 2018. – 744 с.
40. Коллонтай, Ю.Ю. Оперативное лечение поперечного плоскостопия / Ю.Ю. Коллонтай // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1977. – № 1. – С. 60–61.
41. Коннова, О.В. Варианты изменчивости угла отклонения первого пальца при различных формах стоп у девушек 17-19 лет / О.В. Коннова, О.Ю. Алешкина, В.Н. Николенко [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №4. – С. 474.
42. Коннова, О.В. Индивидуально-типологическая изменчивость морфометрических характеристик и форм стоп девушек 17-19 лет: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.02 / Коннова Ольга Владимировна. – С., 2009. – 230 с.
43. Коуплэнд, Г. Все о здоровье ваших ног: от младенчества до старости / Гленн Коуплэнд, Стэнли Соломон; [пер. с англ. С. Николенко]. – М.: АСТ Астрель, 2008. – 219 с.
44. Кузина, И.Р. Рентгенологическая диагностика врожденных и приобретенных деформаций стоп: методические рекомендации для врачей-курсантов рентгенологов, ортопедов-травматологов и педиатров / сост.: И.Р. Кузина, Р.Н. Брызгалин. –Новокузнец, 1990. – 24 с.

45. Кузнецов, В.А. Исследование метода 3D сканирования, основанного на модели отражения света поверхностью: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.01 / Кузнецов Виталий Александрович. – СПб., 2019. – 128 с.
46. Кузьмичева, О.А. Применение метода биологической обратной связи в восстановительном лечении деформаций стоп у детей: автореф. дис. ...канд. мед. наук: 14.00.51 / Кузьмичева Ольга Алексеевна. – СПб., 2002. – 22 с.
47. Лагутин, М.П. Морфофункциональная характеристика стоп легкоатлетов юношеского возраста при циклических беговых движениях: автореф. дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.02 / Лагутин Михаил Петрович. – В., 2009. – 29 с.
48. Латеральные асимметрии балансировочной активности опорных реакций стоп в процессах функциональной реабилитации опорно-двигательной системы / В.И. Шевцов, Д.В. Долганов, О.К. Чегуров [и др.] // Гений ортопедии. – 2011. – № 3. – С. 92–98.
49. Лашковский, В.В. Новые технологии в хирургической реабилитации пациентов с плоско-вальгусной деформацией стопы / В.В. Лашковский, С.И. Болтрукевич // Биомеханика стопы человека: материалы I междунар.науч.-практ. конф., 18–19 июня 2008. – Гродно, 2008. – С. 141–143.
50. Лашковский, В.В. Роль динамической педобарографии в оценке биомеханических характеристик стопы в норме и при ее плоско-вальгусной деформации / В.В. Лашковский, М.И. Игнатовский // Журнал ГрГМУ. – 2010. – №2 (30). – С. 47-50.
51. Левкин, С.С. Атлас анатомии человека / С.С. Левкин - Москва: АСТ, 2016. – 512 с.
52. Лучкевич, В.С. Основы социальной медицины и управления здравоохранением. Учебное пособие / В.С. Лучкевич – Санкт-Петербург, 1997. – 87 с.
53. Мартиросов, Э.Г. Методы исследования в спортивной антропологии / Э.Г. Мартиросов. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 199 с.

54. Медик, В.А. Математическая статистика в медицине / В.А. Медик, М.С. Токмачев. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 798 с.
55. Медицинская система ДиаСлед. Опорно–двигательный аппарат, протезирование, диагностика стоп: [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.diaserv.ru/diasled.html>.
56. Меллер, Т.Б. Атлас рентгенологических укладок / Т.Б. Меллер, Э.Райф. – Изд–во Медицинская литература, 2005. – 320 с.
57. Минасов, Б.Ш. Оценка статических и динамических биомеханических параметров нижних конечностей в норме и при дегенеративнодеструктивных заболеваниях стоп / Б.Ш. Минасов, С.П. Гуттов, А.Р. Билялов // Медицинский вестник Башкортостана. – 2011. – Том 6. – № 1. – С. 62–66.
58. Мицкевич, В.А. Значение нарушения распределения нагрузки по стопе в оценке состояния и диагностике заболеваний и деформаций стопы и голеностопного сустава: дис. ...д-ра. мед. наук: 14.00.22 / Мицкевич Виктор Александрович. – М., 1992. – 368 с.
59. Мицкевич, В.А. Подиатрия / В.А. Мицкевич, А.О. Арсеньев. – М.: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2006. – 136 с.
60. Морфофункциональное состояние стоп девушек 16-20 лет при дозированной нагрузке в зависимости от соматотипа / А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин, [и др.] // ВНМТ. –2012. – №2. – С. 190-192.
61. Николенко, В.Н. Сравнительная характеристика морфометрических параметров различных форм стоп девушек 17-19 лет / В.Н. Николенко, О.В. Коннова // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2009. – №1. – С. 20 – 23.
62. Новая технология компьютерного исследования морфологического и функционального состояний стопы человека / К.В. Гавриков, Р.П. Самусев, Г.В. Ефремова, [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2006. – №3. – С.38.

63. Оценка статических и динамических биомеханических параметров нижних конечностей в норме и при дегенеративно деструктивных заболеваниях стоп / Б.Ш. Минасов, С.П. Гутов, А.Р. Билялов // Медицинский вестник Башкортостана. – 2011. – №1. – С. 62-66.
64. Пахомов, И.А. Перспективы использования компьютерной оптической топографии для диагностики повреждений и заболеваний стоп / И.А. Пахомов, В.Н. Сарнадский, Н.Г. Фомичев, С.Я. Вильбергер // Тез. докл. международной конференции по биомедицинскому приборостроению "Биомедприбор-2000". – 2000. – Т. 1. – С. 71-75.
65. Перепелкин, А.И. Влияние дозированной нагрузки на изменение структуры и функции стопы человека: монография / А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин - Волгоград, 2012. – 183 с.
66. Перепелкин, А.И. Динамика линейных параметров стопы девушек при возрастающей нагрузке / А.И. Перепелкин, А.И. Краюшкин // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2013. – № 2. – С. 25–27.
67. Перепелкин, А.И. Исследование опорной поверхности стопы в юношеском возрасте / А.И. Перепелкин, А.И. Краюшкин, Е.С. Смаглюк, Р.Х. Сулейманов // Вестник новых медицинских технологий. – 2011. – Т. 18. – № 2. – С. 150–152.
68. Перепелкин, А.И. Компьютерная плантография в оценке анатомических параметров стопы / А.И. Перепелкин // Сборн. научн. трудов по матер. Межд. научно-практической конференции «Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности». – Тамбов. – 2015. – Т. 1. – С. 107–109.
69. Перепелкин, А.И. Механические свойства стопы человека / А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин - Beau Bassin: LAP LAMBERT, 2018. – 91 с.
70. Перепелкин, А.И. Опорно-двигательный аппарат человека (возрастные, гендерные, соматотипологические и этнотерриториальные аспекты):

монография / А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, В.Н. Николенко, А.И. Краюшкин – Волгоград, 2015. – 398 с.

71. Перепелкин, А.И. Соматотипологические закономерности формирования стопы человека в постнатальном онтогенезе: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.02, 03.00.13 / Перепелкин Андрей Иванович. – В., 2009. – 53 с.
72. Перепелкин, А.И. Структура и функция стопы человека в расовых соматотипологических аспектах / А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин, Е.С. Атрощенко. – Волгоград, 2018. – 122 с.
73. Плантографические параметры у больных со сколиозом / А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин [и др.] // Материалы V международной научно-практической конференции «Наука в современном информационном обществе». – 2015. – С. 21.
74. Полякова, Н. В. Некоторые вопросы хирургической тактики лечения детей с тяжелыми деформациями стоп / Н.В. Полякова, Н.М. Белокрылов // Материалы научн.-практ. конф детских травматологов-ортопедов России “Актуальные вопросы детской травматологии и ортопедии”. (Воронеж, 2004.) – СПб., – 2004. – С. 281–283.
75. Пономарева, И.П. Анатомо-физиологические особенности стопы и причины развития ее возрастных изменений / И.П. Пономарева, Е.М. Дьякова, К.А. Сотников [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. – №7-4. – С. 776 – 780.
76. Привес, М.Г. Анатомия человека: [учебник для студентов медицинских вузов] / М.Г. Привес, Н.К. Лысенков, В.И. Бушкович. –11-е изд., перераб. и доп. – СПб: Гиппократ, 2002. – 684 с.
77. Продан, А.И. Позвоночно-тазовая боль при беременности: терминология, классификация и эпидемиология / А.И. Продан, К.В. Беренов, В. А. Колесниченко, В. А. Стауде // Ортопедия, травматология и протезирование. - 2007. – № 1. – С. 102 – 109.

78. Ростовцев, М.В. Атлас рентгеноанатомии и укладок: руководство для врачей / М.В. Ростовцев [и др.]; под ред. М.В. Ростовцева. - 2-е изд., испр. и доп. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2017. – 320 с.
79. Савельева, Г.М. Акушерство / Г.М. Савельева, В.И. Кулаков, А.Н. Стрижаков [и др.]; под ред. Г.М. Савельевой. - М.: Медицина, 2000. – 816 с.
80. Садофьева, В.И. Нормальная рентгеноанатомия костно–суставной системы детей / В.И. Садофьева. – Л.: Медицина, 1990. – 216 с.
81. Самусев, Р.П. Анатомия человека / Р.П. Самусев, Н.Н. Сентябрев – М.: Издательство АСТ: Мир и Образование, 2018. – 576 с.
82. Самусев, Р.П. Атлас анатомии человека / Р.П. Самусев, В.А. Агеева – М.: Издательство АСТ: Мир и Образование, 2015. – 176 с.
83. Сапин, М.Р. Карманный атлас анатомии человека / М.Р. Сапин, Д.К. Никитюк - М.: Элиста: АПП «Джангар», 1999. – 597 с.
84. Сергеенко, С.Е. Устройство регистрации электронно-механического комплекса для исследования дисфункции стопы / С.Е. Сергеенко // Биомеханика стопы человека: материалы 1 Междунар. научн. - практ. конф., Гродно 18–19 июня 2008 г.// ГНУ НИЦПР НАНБ; Отв. ред. А.И. Свириденок. – Гродно: ГрГУ., 2008. – С. 75–76.
85. Сергиенко, К.Н. Контроль пространственных характеристик стопы человека / Биомеханика стопы человека: Материалы 1 Междунар. научн.– практ. конф., Гродно 18-19 июня 2008 г / К.Н. Сергиенко // ГНУ НИЦПР НАНБ; отв. ред. А.И. Свириденок. – Гродно: ГрГУ. – 2008. – С. 72–74.
86. Серебренникова, Т.Н. 3D – сканирование / Концепции устойчивого развития науки в современных условиях. Материалы международной научно-практической конференции, Самара 08 мая 2018 г. / Т.Н. Серебренникова // Издательство: Агентство международных исследований. – 2018. – С. 151–154.
87. Сивик, В.В. Анатомия стоп у различных антропоморфных типов и ее изменения при хирургической коррекции деформации голени: автореф. дис.

- ... канд. мед. наук: 14.03.01 / Сивик Владимир Владимирович. – В., 2010. – 22 с.
88. Синельников, Р.Д. Атлас анатомии человека: в 3-х томах / Р.Д. Синельников. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: "Медицина", 1967. – 1330 с.
89. Скворцов, Д.В. Биомеханические методы реабилитации патологии походки и баланса тела: автореф. дис. ...д-ра. мед. наук: 14.00.51 / Скворцов Дмитрий Владимирович. – М., 2008. – 42 с.
90. Скворцов, Д.В. Диагностика патологии стоп и опорно-двигательной системы и реабилитация по tekscan технологии / Д.В. Скворцов // Биомеханика стопы человека: материалы 1 Междунар. научн.-практ. конф., Гродно 18–19 июня 2008 г / ГНУ НИЦПР НАНБ; отв. ред А.И. Свириденок. – Гродно: ГрГУ., 2008. – С. 103–105.
91. Смаглюк, Е.С. Закономерности динамики морфофункциональных параметров стопы в зависимости от величины дозированной нагрузки у юношей 17-21 года: дис. ... канд. мед. наук: 14.03.01, 03.03.01 / Смаглюк Евгений Сергеевич. – В., 2011. – 134 с.
92. Современные методы и средства диагностики статических деформаций стопы человека / Ю.Н. Задерей, В.С. Качер, А.В. Гадяцкий [и др.] // ВЕЖПТ. - 2009. – №2 (40). – С. 23-27.
93. Сочетанная изменчивость линейных параметров стоп с различными формами нижних конечностей / О.В. Коннова, О.Ю. Алешкина, В.Н. Николенко [и др.] // БМИК, 2015. – №7. – С.1073.
94. Способ определения рессорной функции стопы с использованием возрастающей нагрузки: патент РФ на изобретение №2358650 / К.В. Гавриков, А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.А. Воробьев, С.В. Клаучек - Бюл. – 2009. – № 17.
95. Сравнительный анализ морфофункционального состояния стоп у спортсменов разных специализаций / К.В. Гавриков, А.И. Перепелкин, Г.В. Ефремова [и др.] // Вестник ВолГМУ. – 2007. – №1 (21). – С.7–9.

96. Сулейманов, Р.Х. Морфофункциональное состояние стоп девушек 16-20 лет при дозированной нагрузке в зависимости от соматотипа: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.03.01, 03.03.01 / Сулейманов Рустем Харисович. – В., 2011. – 22 с.
97. Тахмезов, Р. Т. Расовые и этнические особенности сводов стопы у женщин: автореф. дис. ... кан. мед. наук: 14.03.01 / Тахмезов Ровшан Тофикович. – СПб, 2013. – 25 с.
98. Тахмезов, Р.Т. Расовые и этнические особенности сводов стоп у женщин: дис. ... канд. мед. наук: 14.03.01 / Тахмезов Ровшан Тофикович. – СПб, 2013. – 120 с.
99. Тегако, Л.И. Практическая антропология / Л.И. Тегако, О.В. Марфина. – Ростов–н–Д.: Феникс, 2003. – 320 с.
100. Теплов, А.В. Анализ и перспективы развития средств трёхмерного сканирования / А.В. Теплов // Сборник трудов XIV Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. Интеллектуальные информационные технологии, энергетика и экономика. Смоленск.: Принт–Экспресс – 2017. – С. 297–300.
101. Технология компьютерной плантографии / К.В.Гавриков, В.Б. Мандриков, С.В. Клаучек, [и др.] // ВНМТ. – 2007.- №4. – С. 144–145.
102. Фриндланд, М. О. Статические деформации стопы у взрослых и детей / М. О. Фридланд // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1960. – №8. – С. 3–9.
103. Фролов, А. Что такое лазерное сканирование? / А. Фролов, М. Аникушкин, С. Котельников // Кадастр Недвижимости. – 2007. – №2. – С. 76–85.
104. Харламов, Е.В. Прогнозирование заболеваний опорно-двигательного аппарата (ОДА) с использованием комплекса генетических маркеров / Е.В. Харламов, В.В. Хоронько, Л.Ф. Сафонова // Проблемы диагностики, укрепления и реабилитации опорно–двигательного аппарата у спортсменов: Сборник материалов международной научно–практической конференции,

- Волгоград, 26–28 июня 2008 г. – Волгоград: ФГОУ ВПО «ВГАФК», 2008. – С. 139–140.
105. Хомутов, А.Е. Антропология: Учебное пособие / А.Е. Хомутов, С.Н. Кульба. – Ростов–н–Д.: Феникс, 2007. – 378 с.
106. Хуморова, Е.М. Биомеханика стопы в функциональном тестировании костно-мышечной системы / Е.М. Хуморова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №3-2. – С. 115–116.
107. Штриттер, В.Н. К методике измерения стоп / В.Н. Штриттер // Гигиена труда. – 1927. – № 12. – С. 50–54.
108. Эффективность метода компьютерной плантографии для оценки состояния свода стопы при циклических физических нагрузках / М.П. Лагутин, К.В. Гавриков, А.И. Перепелкин, [и др.] // Материалы 1 Всероссийской, с междунар. участием, конференции по управлению движением "Управление движением". – Великие Луки. – 2006. – С. 16–17.
109. Яременко, Д.А. Рентгенологическое исследование в оценке анатомофункционального состояния стопы / Д.А. Яременко, В.И. Ефименко, Р.В. Ефимов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2004. – №1. – С. 16–20.
110. Ярославцев, Ф.Ю. 3D сканеры. Классификация. Методы измерения расстояния. / Ф.Ю. Ярославцев, Я.А. Раевский // «Научно - практический электронный журнал Аллея Науки» - 2017. - №16. - С. 3-18.
111. Abdel – Bary, M. 3D Laser scanners' techniques overview / Mostafa Abdel – Bary Ebrahim // International Journal of Science and Research – 2013. - Vol. 4. – №10. – P. 5–11.
112. Abramson, D. Relaxation of the pelvic joints in pregnancy / D. Abramson, S.M. Roberts, P.D.Wilson // Surg. Gynec. Obstet. – 1934. – Vol. 58. – P. 595–613.
113. Alabi, S.A. Evaluation of sexual dimorphism by discriminant function analysis of toe length (1T-5T) of adult Igbo populace in Nigeria / S.A. Alabi, B.C. Didia, G.S. Oladipo, [et al.] // Niger Med J. – 2016. – Vol. 57. - N. 4. – P. 226–232.

114. Albeit, H. Circulating levels of relaxin are normal in pregnant women with pelvic pain / H. Albert, M. Godskesen, J.G. Westergaard [et al.] // *Eur. J. Obst. Gynecol. Reprod. Biol.* – 1997. – Vol. 74. – P.19–22.
115. Alcahuz-Griñan, M. Morphological and postural changes in the foot during pregnancy and puerperium: a longitudinal study / M. Alcahuz-Griñan, P. Nieto-Gil, P. Perez-Soriano, G. Gijon-Nogueron // *Int J Environ Res Public Health*. 2021 – Vol. 18(5). – P. 2423.
116. Alvarez, R. Dimensional changes of the feet in pregnancy / R. Alvarez, I.A. Stokes, D.E. Asprinio [et al.] // *J. Bone Joint Surg.* – 1988. – Vol. 70 – A. - N 2. – P. 271–274.
117. Ananthakrisnan, D. Subluxation of the talocalcaneal joint in adults who have symptomatic flatfoot / D. Ananthakrisnan, R. Ching, A. Tencer, [et al.] // *J. Bone Joint Surg Am.* – 1999 – Vol.81(8). – P. 1147–1154.
118. Anderson, R.R. Relaxin / R.R. Anderson. - New York: Plenum Press, 1982. – 359 p.
119. Bastiaanssen, J.M. Etiology and prognosis of pregnancy-related pelvic girdle pain; design of a longitudinal study / J.M. Bastiaanssen, R.A. de Bie, C.H. Bastiaenen, A. Heuts, M.E. Kroese, G.G. Essed, P.A. van den Brandt // *BMC Public Health*. – 2005 – Vol.5. - N.1 – P. 1–8.
120. Beaton, D.E. Evaluating changes in health status: reliability and responsiveness of life generic health status measures in workers with musculoskeletal disorders / D.E. Beaton, S. Hogg-Johnson, C. Bombardier // *J. Clin. Epidemiol.* - 1997. - Vol. 50. – P.79–93.
121. Bencardino, J.T. Normal variants and pitfalls in MR imaging of the ankle and foot / J.T. Bencardino, Z.S. Rosenberg // *Magn. Reson Imaging Clin. N. Am.* – 2001. – Vol.9(3). – P. 447–463.
122. Bertuit, J. Plantar pressure during gait in pregnant women/ J. Bertuit, C. Leyh, M. Rooze, V. Feipel // *J. Am Podiatr Med Assoc.* – 2016. – 106(6). – P. 398–405.

123. Bird, A. The effect of pregnancy on footprint parameters. A prospective investigation / A. Bird, H. Menz, C. Hyde // *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* – 1999. – Vol. 89. – N 8. – P.405–409.
124. Bird, H.A. Changes in joint laxity occurring during pregnancy / H.A. Bird, M. Calguneri, V. Wright // *Ann. Rheumat. Dis.* – 1981. – Vol. 40. – P. 209–212.
125. Blecher, A.M. Transient laxity of an anterior cruciate ligament- reconstructed knee related to pregnancy / A.M. Blecher, J.C. Richmond // *Arthroscopy.* – 1998. – Vol. 14. – N 1. – P. 77–79.
126. Block, R.A. Physiologic changes of the foot during pregnancy / R.A. Block, L.A. Hess, E.V. Timpano [et al.] // *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* – 1985. – Vol. 75. – N6. – P. 297–299.
127. Bohemen, E.K. Flatfeet in pregnancy / E.K. Bohemen, N.S. Gendi // *Br. J. Rheumatol.* – 1996. – Vol. 35(4). – P. 396–397.
128. Borg-Stein, J. Musculoskeletal aspects of pregnancy / J. Borg-Stein, S. Dugan, J. Gruber // *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* – 2005. – Vol. 84. – P. 180–192.
129. Borg-Stein, J. Musculoskeletal disorders of pregnancy, delivery and postpartum / Joanne Borg-Stein, Sheila A. Dugan // *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.* – 2007. – Vol. 18(3). – P. 459–476.
130. Bovonsunthonchai, S. Thai version of the foot function index: a cross-cultural adaptation with reliability and validity evaluation / S. Bovonsunthonchai, S. Thong-On, R. Vachalathiti, W. Intiravoranont, S. Suwannarat, R. Smith // *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation.* – 2020. – Vol. 12. – P. 12–16.
131. Boyd, E.F. Jr. Obstetric and gynecologic considerations of the foot. / E.F. Jr. Boyd // *Int. Rec. Med. Gen. Pract. Clin.* – 1957. – Vol. 170(8). – P.451–453.
132. Bullock, J.E. The relationship of low back pain to postural changes during pregnancy / J.E. Bullock, A.J. Gwendolen, M.I. Bullock // *Austr. J. Physiother.* – 1987. – Vol. 33. – P. 10–17.
133. Calguneri, M. Changes in joint laxity occurring during pregnancy / M. Calguneri, H.A. Bird, V. Wright // *Ann. Rheum. Dis.* – 1982. – Vol. 41. – P.126–128.

134. Cannada, L.K. Pregnancy outcomes after orthopedic trauma / L.K. Cannada, P. Pan, B.M. Casey, D.D. McIntire, S. Shafi, K.J. Leveno / *J. Trauma.* – 2010. – Vol. 69. – N 3. – P. 694–698.
135. Carugno, C. Baropodometric studies in patients submitted to Grice-Green operation for primary valgus pronated flat foot / C. Carugno, C. Iacobellis, G. Pedini // *Ital. J. Orthop. Traumatol.* – 1990. – Vol. 16. – N 3. – P. 379–385.
136. Changgui, Z. Endoscopic treatment of symptomatic foot and ankle bone cyst with 3d printing application / Zhang Changgui, Jin Cao, Hongli Zhu, Huaquan Fan, Liu Yang, Xiaojun Duan / *Biomed Res. Int.* – 2020. – Vol. 26. – 8323658.
137. Cherni, Y, Evaluation of ligament laxity during pregnancy / Y. Cherni, D. Desseauve, A. Decatoire, N. Veit-Rubinc, M. Begon, F. Pierre, L. Fradet // *J. Gynecol. Obstet. Hum. Reprod.* – 2019. – Vol 48(5). – P. 351–357.
138. Chiou, W.K. The influence of body mass on foot dimensions during pregnancy / W.K. Chiou, H.T. Chiu, A.S. Chao, M.H. Wang, Y.L. Chen // *Appl. Ergon.* – 2015. – Vol. 46 (Pt A). – P. 212–217.
139. Christman R.A. Radiographic anatomy foot and ankle-part 5. The phalanges / *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* – 2015. – Vol. 105(2). – P.141–149.
140. Coban, A. Effect of foot massage to decrease physiological lower leg oedema in late pregnancy: a randomized controlled trial in Turkey / A. Coban, A. Sirin // *Int. J. Nurs Pract.* – 2010. – Vol. 16(5). – P. 454–460.
141. Damen, L. Pelvic pain during pregnancy is associated with asymmetric laxity of the sacroiliac joints / L. Damen, H.M. Buyruk, F. Güiler- Uysal [et al.] // *Acta Obstet. Gynecol. Scand.* – 2001. – Vol. 80. – P. 1019–1024.
142. Damen, L. The prognostic value of asymmetric laxity of the sacroiliac joints in pregnancy- related pelvic pain / L. Damen, H.M. Buyruk, F. Güiler-Uysal [et al.] // *Spine.* – 2002. – Vol. 27. – P. 2820–2824.
143. De Mits, S. Reliability and validity of the Infoot 3D foot digitizer for normal healthy adults / S. De Mits, P. Coorevits, D. De Clercq, D. Elewaut, J. Woodburn, P. Roosen // *Footwear Sci.* – 2010. – Vol. 2(2). – P. 65–75.

144. De Mits, S. Reliability and validity of the INFOOT three-dimensional foot digitizer for patients with rheumatoid arthritis / S. De Mits, P. Coorevits, D. De Clercq, D. Elewaut, J. Woodburn, P. Roosen // *J. Am. Podiatr. Med Assoc.* – 2011. – Vol. 101(3). – P. 198–207.
145. Dehghan, F. The effect of relaxin on the musculoskeletal system / Dehghan, F Haerian BS, Muniandy S, Yusof A, Dragoo JL, Salleh N. // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* – 2014. – Vol. 4. – P. 220–229.
146. Dragoo, J.L. Relaxin receptors in the human female anterior cruciate ligament / J.L. Dragoo, R.S. Lee, P. Benhaim [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2003. – Vol. 31. – N 4. – P. 577–584.
147. Drost, T.F. Major trauma in pregnant women: maternal/fetal outcome / T.F. Drost, A.S. Rosemurgy, H.F. Sherman [et al.] // *Trauma.* – 1990. – Vol. 30. – P. 574–578.
148. Dunn, J. Effect of pregnancy and obesity on arch of foot / J. Dunn, C. Dunn, R. Habbu, D. Bohay, J. Anderson // *Orthop. Surg.* – 2012. – Vol 4(2). – P.101–104.
149. Elsayed, E. Changes in foot plantar pressure in pregnant women / E. Elsayed, I. Devreux, H. Embaby, A. Alsayed, M. Alshehri // *J. Back Musculoskelet. Rehabil.* – 2017. – Vol. 30(4). – P. 863–867.
150. Fields, A. Leg cramps / A. Fields // *Calif. Med.* – 1960. - Vol. 92.- P. 204-206.
151. Furlow, B. / *Medical 3-D Printing* // *B. Furlow Radiol Technol.* – 2017. – Vol. 88(5). – P. 519–537.
152. Galey, S. Immunohistological detection of relaxin binding to anterior cruciate ligaments / S. Galey, E.M. Konieczko, C.A. Arnold [et al.] // *Orthopedics.* 2003 – Vol. 26. – N 12. – P. 201–204.
153. Gaymer, C. Midfoot plantar pressure significantly increases during late gestation / C. Gaymer, H. Whalley, J. Achten, M. Vatish, M.L. Costa // *Foot (Edinb).* – 2009. – Vol.19(2). – P. 114–116.
154. Gianakos, A.L. The pregnant patient - why do my feet hurt? / A.L. Gianakos, A. Abdelmoneim, G.M. Kerkhoffs, C.W. DiGiovanni // *J. Foot Ankle Surg.* – 2022. – Vol. 61. – Issue 6. – P. 1357–1361.

155. Gijon-Nogueron, G.A. Anthropometric foot changes during pregnancy: a pilot study / G.A. Gijon-Nogueron, M. Gavilan-Diaz, V. Valle-Funes, A.M. Jimenez-Cebrian, J.A. Cervera-Marin, J.M. Morales-Asencio // *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* – 2013. – Vol. 103(4) – P. 314–321.
156. Gill, T.K. Predictors of foot pain in the community: the north West Adelaide health study / T.K. Gill, H.B. Menz, K.B. Landorf, J.B. Arnold, A.W. Taylor, C.L. Hill // *J. Foot Ankle Res.* – 2016. – Vol. 9. – P. 23–26.
157. Gimunová, M. Changes in lower extremity blood flow during advancing phases of pregnancy and the effects of special footwear / M. Gimunová, Zvonař, K. Kolářová, Z. Janík, O. Mikeska, R. Musil, P. Ventruba, P. Šagat // *J. Vasc. Bras.* – 2017. – Vol. 16(3). – P. 214–219.
158. Gimunová, M. Special footwear designed for pregnant women and its effect on kinematic gait parameters during pregnancy and postpartum period / M. Gimunová, M. Zvonař, M. Sebera, P. Turčinek, K. Kolářová // *PLoS One.* – 2020. – Vol. 15(5). – P. 1–26.
159. Goldsmith L.T. Relaxin and its role in pregnancy / L.T. Goldsmith, G. Weiss, B.G. Steinetz // *Endocrinol. Metab. Clin. North Am.* – 1995. – Vol. 1. – P. 171–186.
160. Greenspan, A. Orhopaedic imaging a practical approach / A. Greenspan // 4th edn. Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia, PA, 2004. – 982 p.
161. Gross, G.A. Orthopedic injury in pregnancy / G.A. Gross, J.W. George // *Clinical Obstetrics and Gynecology.* – 2016. – Vol. 59. – Issue 3. – P. 629–638.
162. Hagen, R. Pelvic girdle relaxation from an orthopedic point of view / R. Hägen // *Acta Orthop. Scand.* – 1974. – Vol. 45. – P. 550–563.
163. Hansen, A. Relaxin is not related to symptom-giving pelvic girdle relaxation in pregnant women / A. Hansen, D.V. Jensen, E. Larsen [et al.] // *Acta Obstet. Gynecol. Scand.* – 1996. – Vol. 75. – P. 245–249.
164. Heckman, J.D. Current concepts review: Musculoskeletal considerations in pregnancy / J.D. Heckman, R. Sassard // *J. Bone Joint Surg.* – 1994. – Vol. 76–A. – P. 1720–1730.

165. Heckman, J.D. Managing musculoskeletal problems in pregnant patients / J.D. Heckman // *Musculoskel. Med.* – 1984. – Vol. 1. – N 7. – P. 350.
166. Heronemus, M.J. The association of parity with greater dynamic pronation of the feet / M.J. Heronemus, K. Rabe, I. Tolstykh, K.D. Gross, B.L. Wise, M.C. Nevitt, C.E. Lewis, H.J. Hillstrom, N.A. Segal // MOST Study Group. *PM R.* – 2021. – Vol. 2. – P. 144–152.
167. Jelen, K. Shape characteristics of the foot arch: dynamics in the pregnancy period / K. Jelen, Z. Tetkova, L. Halounova [et al.] // *Neurol. Endocrinol. Lett.* – 2005. – Vol. 26. – N 6. – P. 752–756
168. Jin, J. 3-D wound scanner: A novel, effective, reliable, and convenient tool for measuring scar area / J. Jin, H. Li, Z. Chen, J. Sheng, T. Liu, B. Ma, S. Zhu, Z. Xia // *Burns.* – 2018. – Vol. 44(8). – P. 1930–1939.
169. Johnson, K.A. Strom DE. Tibialis posterior tendon dysfunction / K.A. Johnson, D.E. Strom // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1989. – Vol. 239. – P. 196–206.
170. Karadag-Saygi, E. Plantar pressure and foot pain in the last trimester of pregnancy / E. Karadag-Saygi, F. Unlu-Ozkan, A. Basgul // *Foot Ankle Int.* – 2010. – Vol. 31. – N 2. – P.153–157.
171. Kirsch, M.D. Normal magnetic resonance imaging anatomy of the ankle and foot / M.D. Kirsch, S.J. Erickson // *Magn. Reson. Imaging Clin. N Am.* – 1994. – Vol. 2(1). – P. 1–21.
172. Kitaoka, H.B. Stability of the arch of the foot / H.B. Kitaoka, T.K. Ahn, Z.P. Luo, K.N. An // *Foot Ankle Int.* – 1997. – Vol. 18(10). – P. 644–648.
173. Kristiansson, P. Back pain during pregnancy: a prospective study / P. Kristiansson, K. Svardsudd, B. von Schoultz // *Spine* – 1996. – Vol. 21. – P. 702–709.
174. Kristiansson, P. Serum relaxin, symphyseal pain and back pain during pregnancy / P. Kristiansson, K. Svardsudd, B. von Schoultz // *Am. J. Obstet. Gynecol.* – 1996. – Vol. 175. – P. 1342–1347.

175. Li, X. The influence of a shoe's heel-toe drop on gait parameters during the third trimester of pregnancy / X Li, Z. Lu, D. Sun, R. Xuan, Z. Zheng, Y. Gu // *Bioengineering (Basel)* – 2022. – Vol. 9. – Issue 6.: 241.
176. Lin, C. J. Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children / C.J. Lin, K.A. Lai, T.S. Kuan, Y.L. Chou // *J. Pediatr Orthop.* – 2001. – Vol. 21. - N 3. – P. 378–382.
177. Lloyd, M. The effects of pregnancy on the musculoskeletal system. / Ireland. Mary Lloyd MD; Ott, Susan M. DO // *Clinical. Orthopaedics and Related Research.* – 2000. – Vol. 372. – P.169–179.
178. López-López, D. Impact of the quality of life related to foot health in a sample of pregnant women: A case control study / D. López-López, I. Rodríguez-Vila, M.E. Losa-Iglesias, D. Rodríguez-Sanz, C. Calvo-Lobo, C. Romero-Morales, R. Becerro-de-Bengoa-Vallejo // *Medicine (Baltimore).* – 2017. – Vol. 96(12). – P. 1–17.
179. MacLennan, A.H. Serum relaxin in pregnancy / A.H. MacLennan, R. Nicolson, R.C. Green // *Lancet.* – 1986. – N. 8501. – P. 241–243.
180. Mall, N.A. The reliability and reproducibility of foot type measurements using a mirrored foot photo box and digital photography compared to caliper measurements / N.A. Mall, W.M. Hardaker, J.A. Nunley, R.M. Queen // *J. Biomech.* – 2007. – Vol. 40(5). – P. 1171–1176.
181. Marnach, M. Characterization of the relationship between joint laxity and maternal hormones in pregnancy / M. Marnach, K.D. Ramin, P.S. Ramsey [et al.] // *Obstet. Gynecol.* – 2003. – Vol. 101. – P. 331–335.
182. Martinez-Marti, F. A preliminary study of the relation between back-pain and plantar-pressure evolution during pregnancy / F. Martinez-Marti, M.S. Martinez-Garcia, M.A. Carvajal, A.J. Palma, A. Molina-Molina, V.M. Soto Hermoso, O. Ocon Hernandez, J. Florido Navio // *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* – 2015. – P.1235–1238.
183. Masłoń, A. Influence of pregnancy related anthropometric changes on plantar pressure distribution during gait-A follow-up study / A. Masłoń, A. Suder, M.

- Curyło, B. Frączek, M. Salamaga, Y. Ivanenko, W. Forczek-Karkosz // *PLoS One*. – 2022. – Vol 17(3). – P. 1–12.
184. Massey, E.W. Acroparesthesias in pregnancy / E.W. Massey // *South. Med. J.* – 1978. – Vol. 71(7). – P. 880.
185. Matthew, Dr. Podiatric Medicine [Электронный ресурс] / Dr. Matthew, E. Kaiman // *Sports Medicine & Foot Orthopedic*. – 2003-2004. – Режим доступа: <http://feetfirst.com/>.
186. McNutt, E.J. The evolution of the human foot / E.J. McNutt, B. Zipfel, J.M. DeSilva // *Evol. Anthropol.* – 2018. – Vol. 27(5). – P. 197–217.
187. Mei, Q. Alterations of pregnant gait during pregnancy and post-partum/ Q. Mei, Y. Gu, J. Fernandez // *Sci Rep*. – 2018. – Vol. 8(1): 2217.
188. Menz, H.B. Utilisation of podiatry services in Australia under the Medicare Enhanced Primary Care Program, 2004-2008 / H.B. Menz // *J. Foot Ankle Res.* – 2009. – Vol. 2: 30.
189. Menz, H.B. Biomechanics of the ageing foot and ankle: a mini-review / H.B. Menz // *Gerontology*. – 2015. – Vol. 61(4). – P. 381–388.
190. Mogren, I.M. BMI, pain and hyper-mobility are determinants of long-term outcome for women with low back pain and pelvic pain during pregnancy / I.M. Mogren // *Eur. Spine J.* – 2006. – Vol. 15. – P. 1093–1102.
191. Mogren, I.M. Low back pain and pelvic pain during pregnancy: prevalence and risk factors / I.M. Mogren, A.I. Pohjanen // *Spine* – 2005. – Vol. 30. – P. 983–991.
192. Mogren, I.M. Normal serum relaxin in women with disabling pelvic pain during pregnancy / I.M. Mogren, A.I. Pohjanen, L. Hvidman [et al.] // *Gynecol. Obstet. Invest.* – 1994. – Vol. 38(1): 2–13.
193. Morgan, A. 2003 William J. Stickel Bronze Award. Radiographic anatomy of the talus / A. Morgan, P.S. Kim, R.A. Christman // *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* – 2003. – Vol. 93(6). – P. 449–480.

194. Noldner, L.K. 3D representation and analysis of entheses morphology / L.K. Noldner, H.J.H. Edgar // *Am. J. Phys. Anthropol.* – 2013. – Vol. 152(3). – P. 417–424.
195. Nyska, M. Plantar foot pressures in pregnant women / M. Nyska, D. Sofer, A. Porat [et al.] // *Isr. J. Med. Sci.* – 1997. – Vol. 33(2). – P. 139–146.
196. Nyska, M. The adaptation of the foot to heavy loads: plantar foot pressure study / M. Nyska, K. Linge, C. McCabe [et al.] // *Clin. Biomech.* – 1997. – Vol. 12(3): PS. 8.
197. O'Byrne, E. M. Plasma immunoreactive relaxin levels in pregnant and nonpregnant women / E.M. O'Byrne, B.T. Carriere, L. Sorensen, A. Segaloff, C. Schwabe, B.G. Steinetz // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 1978. – Vol. 47(5). – P. 1106–1110.
198. Ochalek, K. Risk factors related to lower limb edema, compression, and physical activity during pregnancy: a retrospective study / K. Ochalek, K. Pacyga, M. Curyło, A. Frydrych-Szymonik, Z. Szygula // *Lymphat. Res. Biol.* – 2017. – Vol. 15(2). – P. 166–171.
199. Ojukwu, C.P. Correlation between foot arch index and the intensity of foot, knee, and lower back pain among pregnant women in a south-eastern Nigerian community / C.P. Ojukwu, E.G. Anyanwu, G.G. Nwafor // *Med. Princ. Pract.* – 2017. – Vol. 26(5). – P. 480–484.
200. Okuda, H. Factors related to prevalence of hallux valgus in female university students: a cross-sectional study / H. Okuda, S. Juman, A. Ueda, T. Miki, M. Shima // *J. Epidemiol.* – 2014. – Vol. 24(3). – P. 200–208.
201. Orlin, M.N. Plantar pressure assessment / M.N. Orlin, T.G. McPoil // *Physical Therapy.* – 2000. – № 80. – P. 399–409.
202. Parker, E.A. Do Relaxin levels impact hip injury incidence in women? a scoping review / E.A. Parker, A.M. Meyer, J.E. Goetz, M.C. Willey, R.W. Westermann // *Front Endocrinol (Lausanne)* – 2022. – Vol.13: 827512.
203. Papuga, M.O. The reliability of the associate platinum digital foot scanner in measuring previously developed footprint characteristics: a technical note / M.O.

- Papuga, J.R. Burke // *J. Manipulative Physiol. Ther.* – 2011. – Vol. 34(2). – P.114–118.
204. Park, J.S. Peeled images and sectioned images from real-color volume models of foot / J.S. Park, Y.W. Jung // *Surg. Radiol. Anat.* – 2021. – Vol. 43(1). – P. 37–43.
205. Paul, J.A. Work load and musculoskeletal complaints during pregnancy / J.A. Paul, F.J. van Dijk, M.H. Frings-Dresen // *Scand. J. Work Environ. Health.* – 1994. – Vol. 20. – P. 153–159.
206. Pehde, C.E. / Development of a 3-D printing laboratory for foot and ankle applications // C.E. Pehde, J. Bennett, B. Lee Peck, L. Gull // *Clin Podiatr Med Surg.* – 2020. – Vol. 37(2). – P. 195–213.
207. Pham, H. Sonography and MR imaging of selected benign masses in the ankle and foot / D.P. Fessell, J.E. Femino, S. Sharp, J.A. Jacobson, C.W. Hayes // *AJR Am. J. Roentgenol.* – 2003. – Vol. 180(1). – P. 99–107.
208. Poděbradská, R. The effect of physiotherapy intervention on the load of the foot and low back pain in pregnancy / R. Poděbradská, M. Šarmírová, M. Janura, M. Elfmark, M. Procházka // *Ceska Gynekol.* – 2019. – Vol. 84(6). – P. 450–457.
209. Ponnappula, P. Lower extremity changes experienced during pregnancy / P. Ponnappula, J.S. Boberg // *J. Foot Ankle Surg.* – 2010. – Vol. 49(5). – P. 452–458.
210. Pourghasem, M. Prevalence of flatfoot among school students and its relationship with BMI / M. Pourghasem, N. Kamali, M. Farsi, [et al.] // *Acta Orthop Traumatol Turc.* – 2016. – Vol. 50(5). – P. 554–557.
211. Prachgosin, T. Medial longitudinal arch biomechanics evaluation during gait in subjects with flexible flatfoot / T. Prachgosin, D.Y. Chong, W. Leelasamran, [et al.] // *Acta Bioeng. Biomech.* – 2015. – Vol.17(4). – P. 121–130.
212. Proisy, M. Imaging of musculoskeletal disorders related to pregnancy. / M. Proisy, A. Rouil, H. Raoult, C. Rozel, P. Guggenbuhl, D. Jacob, R. Guillin / *AJR Am. J. Roentgenol.* – 2014. – Vol. 202(4). – P. 828–838.

213. Puszczalowska-Lizis, E. Foot deformities in women are associated with wearing high-heeled shoes / E. Puszczalowska-Lizis, D. Dąbrowiecki, S. Jandziś, M. Żak // *Med Sci Monit.* – 2019. – Vol. 16 (25). – P. 7746–7754.
214. Putz, R. Functional anatomy foot / R. Putz, M. Müller-Gerbl // *Orthopade.* – 1991. – Vol. 20(1). – P. 2–10.
215. Ramachandra, P. Do structural changes of the foot influence plantar pressure patterns during various stages of pregnancy and postpartum? / P. Ramachandra, P. Kumar, A. Kamath, A.G. Maiya // *Foot Ankle Spec.* – 2017. – Vol. 10(6). – P. 513–519.
216. Ramachandra, P. Prevalence of musculoskeletal dysfunctions among Indian pregnant women / P. Ramachandra, A.G. Maiya, P. Kumar, A. Kamath // *J. Pregnancy.* – 2015. – 437105.
217. Ribas, S.I. Analysis of plantar pressure and postural balance during different phases of pregnancy / S.I. Ribas, E.C.O. Guirro // *Rev. Bras. Fisioter.* – 2007. – Vol. 11(5). – P. 391–396.
218. Ribeiro, A.P. Changes in the plantar pressure distribution during gait throughout gestation / A.P. Ribeiro, F. Trombini-Souza, I. de Camargo Neves Sacco, R. Ruano, M. Zugaib, S.M. João // *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* – 2011. – Vol. 101(5) – P. 415–423.
219. Richardson, C.A. The relation between the transversus abdominal muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain / C.A. Richardson [et al.] // *Spine.* – 2002. – Vol. 27. – P. 399–405.
220. Ritchie, J.R. Orthopedic considerations during pregnancy / J.R. Ritchie // *Clin. Obstet. Gynecol.* – 2003. – Vol. 46. – P. 456–466.
221. Rowley, D. I. Surgery of disorders of the foot and ankle / D.I. Rowley, A.C. Cracciolo III, M.S. Myerson; ed. B. Helal. – Lippincott Williams & Wilkins, 1996. – P. 894.
222. Sanicola, H.W. Guidelines for establishing a 3-D printing biofabrication laboratory / H.W. Sanicola, C.E. Stewart, M. Mueller, F. Ahmadi, D. Wang, S.K.

- Powell, K. Sarkar, K. Cutbush, M.A. Woodruff, D.A. Brafman // *Biotechnol. Adv.* – 2020. – Vol. 45:107652.
223. Segal, N.A. Pregnancy leads to lasting changes in foot structure / N.A. Segal, E.R. Boyer, P. Teran-Yengle, N.A. Glass, H.J. Hillstrom, H.J. Yack // *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* – 2013. – Vol. 92(3) – P. 23240.
224. Segal, N.A. Static and dynamic effects of customized insoles on attenuating arch collapse with pregnancy: A randomized controlled trial / N.A. Segal, L.N. Neuman, M.C. Hochstedler, H.L. Hillstrom // *Foot (Edinb).* – 2018. – Vol. 37. – P. 16–22.
225. Smith, M.W. Orthopedic issues in pregnancy / M.W. Smith, P.S. Marcus, L.D. Wurtz [et al.] // *Obstet. Gynecol. Surg.* – 2008. – Vol. 63. – P. 103–111.
226. Spouge, A.R. MR imaging of the foot: anatomy and pathology/ A.R. Spouge // *Crit. Rev. Diagn. Imaging.* – 1998. – Vol. 39(1). – P. 65–109.
227. Stanković, K. Three-dimensional quantitative analysis of healthy foot shape: a proof of concept study / K. Stanković, B.G. Booth, F. Danckaers, F. Burg, P. Vermaelen, S. Duerinck, J. Sijbers, T. Huysmans // *J. Foot Ankle Res.* – 2018. – Vol. 9. – P. 11–18.
228. Stauber, M. *Gynakologie und Geburtshilfe* / M. Stauber, T. Weyerstahl. – Thieme, 2005. – 709 p.
229. Stewart, S.L. Ultrasonic evaluation of the abductor hallucis muscle in hallux valgus a cross-sectional observational study / S.L. Stewart [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2013. – Vol. 14(45).
230. Tamborrini, G. Ultrasound of the foot (Adapted According to SGUM Guidelines)/ G. Tamborrini, S. Bianchi// *Praxis (Bern 1994).* – 2020. – Vol. 109(13). – P. 1074–1084.
231. Tareco, J.M. Defining flatfoot / J.M. Tareco, N.H. Miller, B.A. MacWilliams, J.D. Michelson // *Foot Ankle Int.* – 1999. – Vol. 20(7). – P. 456–460.
232. Telfer, S. The use of 3D surface scanning for the measurement and assessment of the human foot / S. Telfer, J. Woodburn // *J Foot Ankle Res.* – 2010. – Vol. 3(19).

233. Thoolen, M. A study of the skin of the sole of the foot using highfrequency ultrasonography and histology / M. Thoolen, T.J. Ryan, I. Bristow // *Foot*. – 2000. Vol. 10. – Issue 1. – P. 14–17.
234. Tsung, B.Y.S. Quantitative comparison of plantar foot shapes under different weight-bearing conditions / B.Y.S. Tsung, M. Zhang, Y.B. Fan [et al.] // *JRRD*. – 2003. – Vol. 40. – P. 517–526.
235. Van de Pol, G. The pregnancy mobility index: a mobility scale during and after pregnancy / G. van de Pol, J.R. de Leeuw, H.J. van Brummen, H.W. Bruinse, A.P. Heintz, C.H. van der Vaart // *Acta Obstet. Gynecol. Scand*. – 2006. – Vol. 85(7). – P. 786–791.
236. Varol, T. Relation between foot pain and plantar pressure in pregnancy / T. Varol, A. Göker, E. Cezayirli, S. Özgür, A. Tuç Yücel // *Turk. J. Med. Sci*. – 2017. – Vol. 47(4). – P. 1104–1108.
237. Vazquez-Zorrilla, D. Anatomy of foot compartments: a systematic review/ D. Vazquez-Zorrilla, J.M. Millan-Alanis, N.A. Alvarez-Villalobos, R.E. Elizondo-Omaña, S. Guzman-Lopez, J.F. Vilchez-Cavazos, B.A. Fernandez-Rodarte, A. Quiroga-Garza// *Ann. Anat*. – 2020. – Vol. 229:151465.
238. Vega, J. Anatomical variations of flexor hallucis longus tendon increase safety in hindfoot endoscopy/ J. Vega, D. Redó, G. Savín, [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*. – 2017. – Vol. 25(6). – P. 1929–1935.
239. Vico Pardo, F.J. Changes in foot posture during pregnancy and their relation with musculoskeletal pain: A longitudinal cohort study / F.J. Vico Pardo, A. López Del Amo, M. Pardo Rios, G. Gijon-Nogueron, C.C. Yuste // *Women Birth*. – 2018. – Vol. 31(2). – P. 84–88.
240. Vullo, V.J. Hip, knee, and foot pain during pregnancy and the postpartum period / V.J. Vullo, J.K. Richardson, E.A. Hurvitz // *J. Fam. Pract*. – 1996. – Vol. 43(1). – P. 63–68.
241. Wetz, H.H. Changes in shape and size of the foot during pregnancy / H.H. Wetz, J. Hentschrl, B. Drerup [et al.] // *Orthopäde*. – 2006. – Vol. 35. – P. 1124–1130.

242. Willson, J.D. Plantar loading characteristics during walking in females with and without patellofemoral pain / J.D. Willson, E.D. Ellis, T.W. Kernozek // *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* – 2015. – Vol. 105. – Issue 1. – P. 1–7.
243. Witana, C.P. Foot measurements from three-dimensional scans: a comparison and evaluation of different methods. / C.P. Witana, S. Xiong, J. Zhao, R.S. Goonetilleke // *Int. J. Ind. Ergon.* – 2006. – Vol. 36(9). – P.789–807.
244. Woźniacka, R. The association between high-arched feet, plantar pressure distribution and body posture in young women / R. Woźniacka, Ł. Oleksy, A. Jankowicz-Szymańska, A. Mika, R. Kielnar, A. Stolarczyk // *Sci Rep.* – 2019. – Vol. 9(1): 17187.
245. Wunderlich, R.E. Gender differences in adult foot shape: implications for shoe design / R.E. Wunderlich, P.R. Cavanagh // *Med. Sci Sports Exerc.* – 2001. – Vol. 4. – P. 605–611.
246. Yu-Chi, Lee. Comparing 3D foot scanning with conventional measurement methods / Lee Yu-Chi, Gloria Lin, Mao-Jiun J Wang / *Foot Ankle Res.* – 2014. – Vol. 7(1). – P. 44–46.
247. Zhao, J. Computerized girth determination for custom footwear manufacture / J. Zhao, S. Xiong, Y. Bu, R.S. Goonetilleke // *Comput. Ind. Eng.* – 2008. – Vol. 54(3). – P. 359–373.
248. Zuñil-Escobar, J.C. Reliability and accuracy of static parameters obtained from ink and pressure platform footprints / J.C. Zuñil-Escobar, C.B. Martínez-Cepa, J.A. Martín-Urrialde, A. Gómez-Conesa // *J. Manipulative Physiol. Ther.* – 2016. – Vol. 39(7). – P. 510–517.

**Опросный лист**

Дата заполнения:

ФИО:

Дата рождения:

Профессия:

Адрес проживания:

Телефон:

Email:

Рост

Вес

1. Какая у вас беременность по счету (1,2,3 и более)
2. Триместр беременности (срок в неделях)
3. Есть ли у вас плоскостопие (да, нет, не знаю)
4. Были ли у вас травмы нижних конечностей (да, нет)
5. Занимаетесь ли вы спортом (да, нет)
6. Укажите каким видом спорта вы занимаетесь (ходьба, плавание, йога, танцы, другое)
7. Гуляете ли вы пешком в течении дня (да, нет)
8. Сколько по времени вы гуляете (до 30 минут, до 1 часа, больше 1 часа)
9. Есть ли у вас боли в стопе (есть, нет)
10. Интенсивность болей (слабые, умеренные, сильные)
11. Время появления болей (утро, день, вечер)
12. Усиление болей после физической активности (да, нет)
13. В какой части стопы наиболее чаще локализуются боли в стопе (передняя, средняя, задняя)
14. Что вам помогает снять боль в стопе
15. Наличие судорог в стопе (да, нет)
16. Если имеются судороги в стопе, в какой части стопы наиболее частая их локализация (передняя, средняя, задняя)
17. Что вам помогает снять судороги
18. Какой обувью пользуетесь (без каблука, каблук до 5 см, каблук выше 5 см)

19. Носок обуви (узкий, широкий)
21. С какой стороны чаще стирается каблук обуви (внутренняя, наружная)
22. Приходилось ли вам менять размер обуви во время беременности (да, нет)
23. Приходилось ли вам менять высоту каблука во время беременности (да, нет)
24. Делаете ли вы массаж стоп (да, нет)
25. Делаете ли упражнения для стоп (да, нет)

## Памятка

### Причины плоскостопия во время беременности

- наследственность
- ношение неудобной обуви: мягкий задник, узкий носок
- каблуки выше 5 см
- травма костей стопы и голени,
- заболевания (рахит, полиомиелит, сахарный диабет),
- избыточный вес,
- длительное пребывание в вертикальном положении.

### Проявления плоскостопия во время беременности:

- быстрая утомляемость при ходьбе и стоянии
- боли в стопах, в том числе в покое
- деформация стопы: снижение высоты свода, увеличение ширины
- искривление пальцев ног, формирование «косточка» на большом пальце
- частое появление натоптышей, мозолей, вросшего ногтя

## Рекомендации

### для сохранения здоровья ваших стоп во время беременности

1. Ежедневно ухаживайте за стопами.
  - о соблюдайте гигиену — ежедневно мойте ноги с мылом,
  - о обрезайте ногти на пальцах ног не реже 1 раз в 2 недели,
  - о не рекомендовано наносить гель-лак на ногти при использовании закрытой обуви во время беременности
2. Если вы планируете беременность рекомендовано пройти ортопедическое обследование стопы на выявление патологических изменений.
3. Для снижения рисков возникновения патологии, рекомендовано проходить планшетное или 3D обследование стопы во время беременности на 12, 24 и 36 неделях
4. При наличии даже незначительных изменений стопы отмеченных при ее исследовании необходимо обратиться к ортопеду для получения рекомендаций в виде лечебной физкультуры, массажа, ортопедических приспособлений (стелек, вкладышей)
5. Рекомендовано правильный подбор обуви в каждом триместре.
  - о по размеру, чтобы пальцы располагались естественно, каблук ниже 5 см, широкий, устойчивый, жесткий задник, эластичная подошва;
  - о обувь на каблуке выше 5 см во время беременности запрещены;
  - о не рекомендована обувь с узким носком;
  - о для прогулок рекомендованы балетки, кеды, кроссовки с ортопедической стелькой для поддержания сводов стопы, уменьшения усталости и устранения болей

Для восстановления естественной формы стопы во время беременности рекомендовано использовать специальные ортопедические стельки. Врач-ортопед поможет подобрать правильные стельки, которые своей индивидуальной формой обеспечат необходимый тонус ваших мышц и избавят от болевого и судорожного синдромов.