

ЧАСТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «УНИВЕРСИТЕТ «РЕАВИЗ»

На правах рукописи

Улитко Татьяна Владимировна

**АНАТОМО-МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТАРАННОЙ
КОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПО ДАННЫМ ПРЯМОЙ И РЕНТГЕНОВСКОЙ
ОСТЕОМЕТРИИ**

3.3.1. Анатомия и антропология (медицинские науки)

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, профессор
Хайруллин Радик Магзинурович

Санкт-Петербург – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1 Морфогенез и сравнительная анатомия таранной кости человека.....	10
1.2 Современные представления об анатомической изменчивости таранной кости человека.....	18
1.3 Половой диморфизм таранной кости человека	28
1.4 Клиническое значение исследования анатомической изменчивости таранной кости человека.....	33
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	36
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	48
3.1 Сравнительная характеристика таранной кости человека по формам пяточных суставных поверхностей.....	48
3.2 Анатомическая изменчивость мужских таранных костей по данным прямой и рентгеновской остеометрии	59
3.3 Изменчивость остеометрических указателей прямой и рентгеновской остеометрии мужских таранных костей	75
3.4 Физические параметры мужских таранных костей.....	86
3.5 Анатомическая изменчивость женских таранных костей по данным прямой и рентгеновской остеометрии.....	89
3.6 Изменчивость остеометрических указателей прямой и рентгеновской остеометрии женских таранных костей.....	109
3.7 Физические параметры женских таранных костей	121
3.8 Сравнительная изменчивость остеометрических, рентгеноостеометрических и физических параметров мужских и женских таранных костей	123
ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	129
ВЫВОДЫ	149
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	151
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	152

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	153
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	155

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Исследование анатомической изменчивости костных элементов посткраниального скелета человека на протяжении многих десятилетий в отечественной анатомии является одной из важнейших и актуальных научных проблем [47]. Основоположником этого научного направления является выдающийся российский и советский анатом XX века профессор М.Г. Привес [53]. Из всех отделов посткраниального скелета человека наименее изучены дистальные отделы нижних конечностей. Исследования костного скелета стопы выполнены в единичных работах, несмотря на то, что, как показывает практика, поствитально более сохранными, в отличие от костей кисти, являются именно кости стопы. Кости предплюсны обладают большим потенциалом для использования в качестве индикаторов судебно-медицинского установления пола, особенностей архитектуры стопы и других признаков, поскольку они менее подвержены тафономическим процессам [4, 14, 51].

Из наиболее апробированных, точных и достоверных методов исследования костей наибольшее значение имеет остеометрия. Остеометрический метод обладает высокой научно-практической значимостью и позволяет установить закономерности анатомической изменчивости отдельных костей стопы, а также отнести их к определенному морфологическому типу [45]. Он широко востребован при определении пола и возраста, что является основной задачей судебно-медицинской экспертизы и физической антропологии [10, 22].

В медицинской диагностике, как в норме, так и в патологии, для изучения размерных характеристик отдельных костных элементов более широко используется рентгеновский метод остеометрии [22]. Однако этот метод, несмотря на его универсальность, не позволяет исследовать ряд особенностей строения суставных поверхностей костей и их анатомическую форму [22]. Ряд остеометрических измерений принципиально невозможен на проекционных и трехмерных компьютерных изображениях отдельных костей либо чрезвычайно

затруднен. Исследования, в которых бы сопоставлялись прямые остеометрические измерения костей стопы и данные рентгеновской остеометрии, сравнительное определение границ и характера variability анатомических параметров согласно данным обоих методов, не предпринимались [83, 170]. Анатомическая изменчивость таранной кости и ее суставных поверхностей, обусловленная генетическими и внешними причинами, может выступать не только индивидуальным диагностическим, но и специфическим этнотерриториальным антропологическим признаком. Сравнительное исследование остеометрических параметров, полученных двумя сопоставляемыми методами, позволило бы расширить диагностические возможности рентгеновского метода для определения общей анатомической формы таранной кости и особенностей ее суставных поверхностей по отдельным остеометрическим признакам.

Степень разработанности темы исследования

Несмотря на то, что таранная кость является одним из наиболее изученных элементов скелета стопы, существующие данные о ее морфологии носят фрагментарный характер [13, 120]. Первые подобные работы выполнялись в основном на таранных костях индийской группы A. Thomson [177], A.C. Das [121], A.K. Arora и соавт. [183]. Остаются нерешенными вопросы, касающиеся количественных и качественных характеристик суставных поверхностей, а также широкого спектра их морфологических вариантов на костях российской группы. Недостаточно исследованы закономерности анатомической изменчивости в зависимости от пола и этнической принадлежности [146]. Выявление этих закономерностей необходимо для углубления знаний о функциональной анатомии стопы и совершенствования методов диагностики патологий опорно-двигательного аппарата [98].

Цель исследования

Определение анатомо-морфометрических параметров таранной кости человека и ее суставных поверхностей по данным прямой и рентгеновской остеометрии.

Задачи исследования

1. Установить различие прямых остеометрических параметров таранных костей с разными типами пяточных суставных поверхностей.
2. Определить морфометрические параметры таранной кости человека по данным прямой остеометрии и определить их билатеральные различия.
3. Изучить морфометрические характеристики таранной кости человека по данным рентгеновской остеометрии и их билатеральные различия.
4. Выявить изменчивость физических показателей таранной кости человека.
5. Обнаружить половую изменчивость прямых, рентгеновских остеометрических и физических параметров таранной кости человека..

Научная новизна исследования

Впервые установлены морфометрические и анатомические характеристики таранной кости на примере остеологической коллекции российской группы случаев исследования, что имеет нормативное и описательное, диагностическое и практическое значение. Данные об анатомической изменчивости, обусловленной генетическими и внешними причинами, являются как индивидуальными диагностическими, так и специфическими этно-территориальными антропологическими признаками. Кроме, того, впервые исследованы физические параметры таранной кости. Полученные результаты могут также служить основой для поиска анатомо-морфометрических закономерностей в биомеханике движений стопы в популяциях современного человека, в прикладных антропологических и биоархеологических исследованиях, а также для совершенствования судебно-медицинской диагностики.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты исследования анатомической изменчивости форм и размеров таранной кости могут быть положены в основу объяснения причин и частоты возникновения определенных видов костной патологии стопы в разных этно-территориальных группах. Знание анатомических особенностей таранных костей важно для травматологов и хирургов-ортопедов при проведении оперативных вмешательств на стопе.

Результаты могут быть использованы в судебно-медицинской и иной экспертной идентификации по костным останкам стоп, а также в криминалистической практике и прикладных антропологических и биоархеологических исследованиях. Данные, полученные в работе, могут быть внедрены в учебный процесс по курсам анатомии человека, антропологии, эволюционной морфологии человека, судебной медицины, рентгенологии, травматологии и ортопедии для обучения студентов соответствующих специальностей медицинских, биологических и юридических высших учебных заведений.

Методология и методы исследования

В данной работе использован комплексный подход для изучения размеров таранной кости с учетом форм ее суставных поверхностей. Теоретическую основу исследования составляют анатомические принципы и концепции морфометрического и статистического анализа современной морфологии человека. В рамках исследования был проведен обзор научной литературы, отбор таранных костей и рентгенограмм, а также использованы методы прямой остеометрии и рентгеновской остеометрии. Выполнена типологизация таранных костей по формам суставных поверхностей. Проведена статистическая обработка данных, их систематизация и сопоставление с литературными данными.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Остеометрические параметры таранных костей с разными типами пяточных суставных поверхностей различаются.
2. Прямые остеометрические параметры таранных костей человека билатерально симметричны, а некоторые рентгеновские остеометрические параметры достоверно различаются.
3. Прямые, рентгеновские остеометрические и физические параметры таранных костей различаются по полу.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов исследования обусловлена достаточным количеством данных прямой остеометрии 75 таранных костей и рентгеновской остеометрии 119 рентгенограмм стоп лиц первого и второго зрелого, а также пожилого возраста, и подтверждена проведенным корректным статистическим анализом.

Основные результаты и положения диссертационного исследования были представлены, доложены и обсуждены на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы современной морфологии человека», посвященной 95-летию кафедры анатомии ГЦОЛИФК и 90-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РАМН, профессора Б.А. Никитюка (г. Москва, 2023), Всероссийской научной конференции «Роль клинической анатомии в практике работы хирурга», посвященной 115-летию со дня рождения профессора Е.М. Маргорина и 90-летию кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии им. профессора Ф.И. Валькера (г. Санкт-Петербург, 2023), X Международном молодежном медицинском конгрессе «Санкт-Петербургские научные чтения – 2024» (г. Санкт-Петербург, 2024), XXX Всероссийской конференции молодых ученых с международным участием «Актуальные проблемы биомедицины – 2024» (г. Санкт-Петербург, 2024), Всероссийской научной конференции, посвященной 120-летию профессора М.Г. Привеса и 125-летию кафедры клинической анатомии и оперативной хирургии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова – «Анатомия в XXI веке – традиция и современность» (г. Санкт-Петербург, 2024), IX Всероссийском съезде анатомов, гистологов и эмбриологов России с международным участием «Фундаментальная и прикладная морфология в XXI веке», посвященном 95-летию заслуженного деятеля науки РФ, проф. И.И. Кагана и 100-летию со дня рождения академика РАМН и РАН, заслуженного деятеля науки РФ М.Р. Сапина (г. Оренбург, 2025), VII Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию

со дня рождения выдающегося анатомии педагога заслуженного деятеля науки РФ, профессора Валентина Сергеевича Сперанского (г. Саратов, 2025).

Внедрение результатов исследования

Полученные в ходе исследования материалы внедрены в учебно-методическое обеспечение кафедры морфологии и патологии Частного образовательного учреждения высшего образования «Медицинский университет «Реавиз» и используются при реализации рабочих программ дисциплин «анатомия» и «патологическая анатомия» для обучающихся 1–3 курсов лечебного факультета.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, две из которых – в журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ для публикации основных результатов диссертационных исследований.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 174 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, методов исследования, результатов собственных исследований и их обсуждения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, состоящего из 189 источников, из них 91 – на русском и 98 – на иностранных языках. Работа иллюстрирована 22 таблицами и 28 рисунками.

Личный вклад автора

Автором самостоятельно выполнены все этапы исследования: отбор образцов таранных костей и рентгенограмм стоп, прямая остеометрия, рентгеновская остеометрия, статистическая обработка результатов, интерпретация и описание полученных данных, подготовка материалов к публикации.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Морфогенез и сравнительная анатомия таранной кости человека

Таранная кость является второй по величине из костей предплюсны и относится к костям стопы. Она принимает участие в образовании голеностопного, подтаранного и таранно-пяточно-ладьевидного суставов. Кость располагается под большеберцовой костью, опирается на пяточную кость и сочленяется с обеих сторон с лодыжками, а спереди – с ладьевидной костью [53, 60, 63]. Известно, что таранная кость человека имеет уникальное строение в связи со сводчатой формой стопы. Таранная кость укорочена в тыльно-подошвенном направлении и удлинена в передне-заднем, что помогает выдерживать вес тела и передавать его на свод стопы [20, 21, 46].

В связи с прямохождением стопа человека по сравнению со стопами других приматов подверглась множеству изменений. Конечности позвоночных являются результатом длительного преобразования плавников кистеперых рыб, что позволило приспособиться к передвижению по суше. Среди позвоночных у животных класса земноводных (амфибий) конечности из «плавнико-подобных» преобразуются в «ного-подобные». Эти изменения происходили для укрепления поясов конечностей около осевого скелета, улучшали возможность за счет свободных конечностей приподнимать тело от земли и в то же время обеспечивали его устойчивое положение на земной поверхности. Передвижение наиболее эффективно в случае трехчленного строения конечностей. Первое звено – стилоподий – бедро, второе – зигоподий – голень, третье – автоподий – стопа. У низших позвоночных (амфибий, рептилий) сегменты конечностей подвижно соединяются между собой с помощью суставов и образуют углы. Некоторые из них располагаются во фронтальной плоскости, то есть их вершины направлены латерально. Такое расположение и соединение звеньев позволяет приподнимать тело над землей, тем самым обеспечивая опору. При этом происходит

зигзагообразное движение тела, так как туловище изгибается в сторону, противоположную направленной вперед конечности [19, 55, 58]. Таким образом, у высших животных конечности организованы сложнее. У них, во-первых, изменилось положение конечности по отношению к туловищу, во-вторых, удлинилась голень и, в-третьих, сократилась площадь соприкосновения с земной поверхностью. Все это обеспечивает более быстрое передвижение по суше [3, 19, 20].

Стопа (автоподий) играет роль опоры на землю и в своей проксимальной части (базиоподий) состоит из мелких элементов, а в дистальной части (акроподий) образует пять отделенных друг от друга лучей, свободные участки которых называются собственно пальцами. Автоподий состоит из трех отделов: предплюсны, плюсны и фаланг пальцев. Предплюсневый отдел у низших позвоночных животных похож на запястье кисти. Кости в этом отделе также располагаются в два ряда: проксимальный и дистальный. Наиболее важные изменения с усложнением организации наблюдаются в проксимальном ряду. Он имеет три элемента: большеберцовый, промежуточный и малоберцовый. У примитивных форм, как и в кисти, наблюдаются четыре центральных элемента и пять дистальных элементов предплюсны. Как и в запястье, число свободных центральных элементов – два у примитивных рептилий и один у млекопитающих, а пятый дистальный элемент обычно либо уменьшается, либо исчезает [19, 42, 58].

У рептилий в предплюсне имеются два элемента – таранная и пяточная кости. Последняя представляет собой фактически малоберцовую кость предплюсны, но под другим названием. Таранная кость у рептилий, по-видимому, является продуктом слияния редуцированной большеберцовой кости предплюсны с промежуточной и центральной. Это дает более устойчивую опору большеберцовой кости при развернутом положении стопы. У примитивных рептилий между большеберцовой и таранной костями существует свободная подвижность. У крокодилов основное движение стопы относительно голени происходит между таранной и пяточной костями, первая из которых тесно связана с большеберцовой костью. У птиц эти кости срастаются в единый элемент – большеберцово-

предплюсневую кость, и свободные элементы предплюсны совершенно отсутствуют. У млекопитающих на таранной кости наблюдается головка в виде поверхности вращения с киями, входящими в соответствующие желобки в дистальном конце большеберцовой кости. Сустав становится шарниром, при котором исключается вращение, но допускается большой размах разгибания и сгибания [19, 58, 132].

Стопа гоминидов представляет особый интерес для специалистов по физической антропологии, поскольку изменения ее строения отражают адаптацию к наземному передвижению, особенно у представителей рода австралопитеков и человека. Понимание остеологической морфологии, связанной с функциями всей стопы и наличием медиального продольного свода, является ключом к разъяснению различий между прямохождением у австралопитеков и облигатным прямохождением и бегом на длинные дистанции у человека. Таранная кость является идеальным объектом для изучения взаимосвязей между морфологией и функцией в этом контексте, поскольку она вносит основной вклад в движения типа приведение-отведение, тыльно-подошвенное сгибание и инверсию-эверсию стопы [20, 21, 132, 137].

Ископаемый скелет *Australopithecus afarensis* «Люси» и ископаемые следы местонахождения Лаэтоли являются двумя наиболее прямыми доказательствами того, что ранние гоминиды были двуногими. Двуногое передвижение отделяет гоминидов от других человекообразных обезьян, что представляет собой фундаментальную биологическую особенность. Это приводит к повышению эффективности кормодобывания и расширению репродуктивных возможностей [19, 20, 154].

Двуногая локомоция включает попеременное движение левой и правой нижних конечностей за счет мышечной активности. Факторы времени и расстояния, характеризующие ходьбу, определяются следующими понятиями: цикл походки – это время от контакта пятки до контакта пятки ипсилатеральной ноги; время опоры – это время, в течение которого стопа находится в контакте с землей. Период, в течение которого стопа отрывается от земли, называется фазой

маха. Расстояние, пройденное за шаг, называется длиной шага. Одной из особенностей локомоции человека является перемещение с выпрямленными ногами. В результате опорная нога вращается вокруг точки опоры, как перевернутый маятник, поэтому центр тяжести находится выше всего во время фазы средней стойки, то есть, когда тело движется на опорной ноге, и опускается ниже всего во время фазы двуопорной поддержки. И наоборот, скорость ходьбы наиболее высока во время фазы опоры на две ноги и низка во время фазы средней стойки. Это означает, что потенциальная энергия, накопленная за счет поднятия центра тяжести, преобразуется в кинетическую энергию для движения тела вперед, а затем эта кинетическая энергия трансформируется в потенциальную энергию и повторно используется для следующего шага. Ходьба человека представляет собой механизм сохранения энергии. Это взаимное преобразование энергии не является идеальным, поскольку энергия рассеивается каждый раз, когда стопа касается земли. Однако в процессе ходьбы человека до 70% механической энергии восстанавливается и повторно используется этим механизмом, и считается, что люди способны достичь эффективной ходьбы с помощью данного механизма. Действительно, затраты метаболической энергии при обычной ходьбе человека меньше, чем при ходьбе, при которой амплитуда вертикального перемещения центра тяжести минимизирована [110, 111, 112]. Это взаимное преобразование потенциальной и кинетической энергии с использованием динамики маятника, называемое механизмом перевернутого маятника, встречается при двуногом передвижении и у птиц [130]. Также было отмечено, что такой механизм наблюдается при передвижении четвероногих животных, таких как овцы и лошади [129]. Это позволяет предположить, что такая модель передвижения является универсальной для сохранения энергии у животных.

С другой стороны, также очевидно, что скорость ходьбы человека выбирается таким образом, чтобы минимизировать затраты метаболической энергии на единицу пройденного расстояния. При ходьбе у взрослых людей скорость восстановления механической энергии механизмом перевернутого маятника максимальна примерно при 5 км/ч и снижается при более высоких или

медленных скоростях [110, 111, 157]. Другими словами, экстремальное значение предпочтительной скорости ходьбы практически соответствует экстремальному значению скорости восстановления механической энергии. Когда люди передвигаются свободно, они, естественно, выбирают скорость ходьбы, близкую к этой оптимальной скорости. Этот закон минимума энергии для свободной ходьбы формирует биомеханическую основу, которая однозначно определяет выбор из бесконечного числа возможных вариантов походки [189].

Автоподий человека в связи с прямохождением приобрел форму свода, сглаживающего, как пружина, толчки и сотрясения при ходьбе и беге. При этом для человеческой стопы характерно абсолютное и относительное развитие первого пальца, который играет большую роль в формировании опорной поверхности и тиббиализации стопы, но в то же время теряет свою способность противостоять другим пальцам. Кроме того, увеличение длины предплюсны по отношению к плюсневым костям и фалангам также приводит к укреплению опоры. В сводчатом строении стопы выделяют пять продольных сводов и один поперечный. Продольные своды начинаются от одной точки пяточной кости и расходятся вперед по выпуклым кверху радиусам, соответствующим пяти лучам стопы, причем медиальная часть стопы при опоре не касается поверхности. Таранная кость является основной костью продольного свода. В образовании первого (медиального) свода важную роль играет короткий и толстый отросток пяточной кости – опора таранной кости. Продольные своды, в передней части соединенные в виде параболы, образуют поперечный свод стопы [11, 32, 52]. Указанные выше особенности влияют на строение и взаиморасположение отдельных костей. По сравнению с человекообразными обезьянами шейка таранной кости у человека меньше отклонена в сторону. Угол между осью шейки и осью тела кости у человека равен $20\text{--}25^\circ$, у человекообразных обезьян – 30° . Это обусловлено приближением большого пальца к остальным посредством формирования сводчатой стопы. Угол, который образован осями таранной и пяточной костей у человека (от -8° до $+12^\circ$), меньше, чем у гоминидов (от $+16^\circ$ до $+26^\circ$) [19, 20, 42].

Слабое отклонение шейки таранной кости приводит к малой площади опоры таранной кости на пяточную кость и большому углу между длинной осью задней суставной поверхности и продольной осью кости. У человека он равен в среднем 40–45°, у гоминидов – 5–15°. Ось суставной поверхности для сочленения с кубовидной костью приближается к вертикали, в то время как у гоминидов она лежит в горизонтальной плоскости. Это связано с образованием поперечного свода у человека. Медиальное смещение оси стопы увеличивает ширину предплюсны; отношение ширины к длине III луча составляет 99% у человека, 84% у горилл и 75% у шимпанзе [19, 20, 132].

В онтогенезе зачатки нижних конечностей у плода появляются на 3-й неделе внутриутробной жизни в виде парных лопастных выростов мезенхимы из боковых отделов туловища на уровне последних поясничных склеротомов. Расширенные концы выростов представляют собой зачатки стопы. По мере развития выросты удлиняются, и в них последовательно появляется зачаток голени, позднее – зачаток бедра. К концу 6-й недели развития формируются зачатки основных костей конечностей, к 8-й неделе – все части скелета конечности, включая мелкие кости стопы. Первичные нижние конечности зародыша вначале обращены сгибательной поверхностью к туловищу, в дальнейшем происходит поворот костей на 90° кнутри [53, 60, 89].

В пренатальном морфогенезе элементов скелета различают три стадии: мезенхимальная, хрящевая и костная. В мезенхимальной стадии при длине эмбриона от 11 до 13 мм уже присутствует опорная пластина. Осевая мезенхима уплотняется, дифференцируется и образует зачаток стопы, позже дифференцируются плюсневые кости. При формировании фаланг на короткое время между пальцевыми лучами остается толстая перепонка, лучи плюсны раздвинуты, но со временем постепенно сближаются [53, 60, 89].

При переходе к хрящевой стадии хрящевые клетки образуются в мезенхимально-прохондральном зачатке. По мере продвижения процесса хондрификации элементы скелета становятся четко различимыми; происходит морфогенез, направленный на приобретение зрелых форм. Хондрификация

происходит в 14 этапов. Сначала хондрифицируются три центральные плюсневые кости, затем пятая плюсневая и кубовидная. Хондрификация предплюсны продолжается пяточной костью, таранной костью, а также третьей и второй клиновидной. Далее следуют первая клиновидная и первая плюсневая кость. В последнюю очередь процессу хондрификации подвергается ладьевидная кость, затем фаланги, и процесс продолжается в дистальном направлении [53, 89, 138].

Хондрификация стопы начинается при длине эмбриона от 14 до 16 мм, а последний элемент, за исключением сесамовидных костей, хондрифицируется при длине плода от 28 до 32 мм, что соответствует концу эмбрионального периода. К этому моменту морфология и взаимосвязь хрящевых компонентов скелета очень похожи на взрослые. Будущие суставные поверхности приобретают определенный контур на этой ранней стадии, до образования суставной щели [53, 60, 89].

Во время костной стадии передняя часть стопы окостеневает раньше, чем задняя. Общая последовательность процесса оксификации следующая: дистальная фаланга большого пальца стопы, плюсневые кости, дистальные фаланги пальцев стопы, проксимальные фаланги и, наконец, средние фаланги. Последним окостеневающим элементом передней части стопы является средняя фаланга мизинца. В задней части стопы пяточная кость окостеневает первой. При длине плода 125 мм появляется эндохондральный центр окостенения. Обширное исследование корреляции результатов рентгенографии с массой тела новорожденного показывает, что независимо от веса пяточная и таранная кости всегда бывают окостеневшими, за исключением младенцев с массой тела менее 2000 г. В этой группе с низкой массой тела при рождении окостенение таранной кости отсутствовало при рождении в среднем у 13,3% младенцев. Кубовидная кость подвергается пренатальной оксификации в последнюю очередь [23, 53, 59, 89].

В плюсневых костях, проксимальных и средних фалангах наблюдаются периостальный и эндохондральный процессы окостенения. Костный воротник сначала формируется вокруг середины хрящевого диафиза, после чего происходит инвазия хрящевого стержня надкостничным зачатком, таким образом иницируя

эндохондральное окостенение, которое распространяется в проксимальном и дистальном направлениях. Эндохондральное окостенение начинается на кончике и распространяется проксимально. В некоторых работах этот процесс описывается как образование «шапки», формирующейся на дистальном конце хрящевой фаланги. Затем это костное образование принимает форму колпачка покрывающего хрящевую фалангу и закрывает ее почти до основания [53, 89, 138].

Центр окостенения, в частности, таранной кости образуется во время внутриутробного развития на 7–8-м месяце [53, 89]. Оссификация таранной кости происходит на 26–28-й неделе внутриутробного развития. Особенность формирования таранной кости заключается в том, что рядом с задним отростком имеется самостоятельная точка окостенения, возникающая в возрасте от 9 до 12 лет и обычно срастающаяся с таранной костью к 14–17 годам. В результате слияния вторичного центра окостенения на заднелатеральной стороне таранной кости образуется боковой бугорок заднего отростка – отросток Штида [53, 89, 110]. В некоторых случаях боковой бугорок не соединяется с телом таранной кости и остается отдельной косточкой из-за несросшегося центра окостенения. Эта добавочная кость называется треугольной костью и встречается у взрослых с частотой 7–14% [53, 186].

В определенные сроки и в определенной последовательности происходят и появление ядер окостенения с формированием синостозов костей. У девочек эти процессы, как правило, начинаются на 1–2 года раньше, чем у мальчиков [5, 23, 53]. Общие тенденции развития опорно-двигательного аппарата у девочек и мальчиков схожи, однако их временные рамки и интенсивность варьируются на разных возрастных этапах [5, 23, 59, 61, 89]. В возрасте 3–5 лет продолжается формирование кубовидной и III клиновидной костей, начинается формирование I и II клиновидных костей, эпифизов основных фаланг II–IV пальцев, эпифиза I плюсневой кости и дистальной фаланги I пальца. В возрасте 4–5 лет продолжается формирование кубовидной и I клиновидной костей, эпифиза I плюсневой кости, эпифизов основных фаланг I–IV пальцев, начинается формирование ладьевидной кости, эпифизов I–IV плюсневых костей, эпифизов основной фаланги V пальца. К

6 годам появляется волнистость заднего контура пяточной кости. В возрасте 6–7 лет продолжается формирование I–III клиновидных костей, эпифизов плюсневых костей, эпифизов основных, средних и дистальных фаланг. В 7 лет начинается формирование апофиза пяточной кости. В возрасте 8–9 лет продолжается формирование I–III клиновидных костей, ладьевидной кости, эпифизов плюсневых костей, эпифизов основных фаланг I–II пальцев, волнистости контура пяточной кости и ее апофиза. В 9 лет продолжается формирование апофиза пяточной кости. В возрасте 12–15 лет (у мальчиков 13–14 лет, у девочек 12–13 лет) продолжается формирование апофиза пяточной кости, начинается формирование сесамовидных костей и бугристости V плюсневой кости, синостозирование апофиза пяточной кости (у мальчиков в 15 лет, у девочек в 14 лет). В возрасте 17–19 лет происходит синостоз I плюсневой кости (16–17 лет), эпифизов основных, средних и дистальных фаланг I–III, эпифизов остальных плюсневых костей (17–18 лет) и остальных фаланг (18–19 лет) [5, 23, 59, 89].

Таким образом, таранная кость играет ключевую роль в прямохождении и функционировании стопы человека, а форма суставных поверхностей пяточной и таранной костей определяет работу локомоторного аппарата в целом. Несмотря на то, что анатомическое строение, размеры и форма этих костей скелета человека имеют давнюю историю изучения, существуют значительные пробелы в исследовании вариаций их суставных поверхностей с точки зрения анатомо-функциональных адаптационных механизмов. Особенности формы суставных фасеток таранной кости могут служить критериями интегральной оценки функциональной специализации как современного человека, так и ископаемых предков [19, 20, 21, 132, 137].

1.2 Современные представления об анатомической изменчивости таранной кости человека

Таранная кость человека расположена в средней и верхней части предплюсны. Примерно 60% ее поверхности покрыто суставным хрящом, и она

является единственной костью скелета человека, не имеющей мест прикрепления мышц и сухожилий [53, 60, 108]. У человека таранная кость относительно короткая, широкая и низкая, с длинной и толстой шейкой. Данная кость состоит из тела, шейки и головки. Верхняя поверхность тела образует гладкий блок, служащий для сочленения с большеберцовой костью. Блок спереди шире, чем сзади, выпуклый в передне-заднем направлении и слегка вогнутый в поперечном. Спереди он переходит в верхнюю поверхность шейки таранной кости [53, 60, 63].

Нижняя поверхность тела имеет две суставные площадки – заднюю и среднюю пяточные поверхности, разделенные друг от друга глубокой бороздой (*sulcus tali*). Борозда проходит косо вперед и латерально, постепенно расширяясь и углубляясь кпереди. В сочлененной стопе она располагается над подобной бороздой на верхней поверхности пяточной кости и образует вместе с ней канал (*sinus tarsi*), в котором проходит межкостная таранно-пяточная связка. Задняя пяточная суставная поверхность крупная, овальной или продолговатой формы. Она сочленяется с фасеткой на верхней поверхности пяточной кости, а также глубоко вогнута в направлении своей длинной оси, проходящей вперед и латерально под углом около 45° к срединной плоскости тела. Средняя пяточная суставная поверхность небольшая, овальной формы, слабовыпуклая. Она сочленяется с верхней поверхностью опоры пяточной кости [53, 60, 63, 102].

Медиальная поверхность тела в верхней части имеет грушевидную суставную фасетку для медиальной лодыжки, переходящую сверху в блок. Ниже суставной поверхности находится шероховатое углубление для прикрепления глубокой части дельтовидной связки голеностопного сустава. Латеральная поверхность тела имеет крупную треугольную фасетку, вогнутую в вертикальном направлении, для сочленения с латеральной лодыжкой. Ее передняя половина сверху переходит в блок, а перед ним имеется углубление для прикрепления передней таранно-малоберцовой связки. Между задней половиной латерального края блока и задней частью основания латеральной лодыжковой поверхности находится треугольная фасетка, которая при сгибании голеностопного сустава соприкасается с поперечной нижней большеберцовой связкой. Под основанием

этой фасетки находится борозда, которая служит для прикрепления задней таранно-малоберцовой связки. Задняя поверхность тела узкая, ее пересекает бороздка, идущая косо вниз и медиально. В ней проходит сухожилие длинного сгибателя большого пальца стопы. Латеральнее борозды находится выступающий бугорок – задний отросток, к которому прикрепляется задняя таранно-малоберцовая связка. Медиальнее борозды находится второй, меньший бугорок [53, 60, 63, 123].

Шейка (*collum tali*) направлена вперед и медиально и представляет собой суженную часть кости между телом и овальной головкой. Верхняя и медиальная поверхности шейки шероховатые и служат для прикрепления связок. Ее латеральная поверхность вогнута и снизу переходит в глубокую борозду для межкостной таранно-пяточной связки. Головка (*caput tali*) направлена вперед и медиально. Ее передняя суставная, или ладьевидная, поверхность крупная, овальная и выпуклая. Нижняя поверхность головки имеет две фасетки: медиальную и латеральную. Медиальная расположена спереди от средней пяточной фасетки и имеет выпуклую, треугольную или полуовальную форму, опираясь на подошвенную пяточно-ладьевидную связку. Латеральная фасетка несколько уплощена и сочленяется с фасеткой на верхней поверхности передней части пяточной кости, поэтому ее называют передней пяточной суставной поверхностью [53, 60, 102, 123, 144].

Суммарная площадь блоковой поверхности таранной кости примерно равна сумме площадей ее головки и нижней поверхности. Площади суставных поверхностей, а также угловая ориентация компонентов таранной кости изменяются в зависимости от величины нагрузки на кость [150, 170].

Следовательно, формы суставных поверхностей таранных костей обладают индивидуальной изменчивостью и зависят от телосложения, походки и региона проживания конкретного индивида. При детальном изучении анатомии и сравнении таранных костей в разных регионах мира авторы обнаружили, что существуют значительные изменения в ориентации и форме суставных фасеток на подошвенной поверхности головки и тела таранной кости. Несмотря на хорошо

изученные анатомическое строение, размеры и формы таранной кости, необходимость в изучении изменений ее пяточной и верхней суставных поверхностей остается актуальной с точки зрения анатомо-функциональных механизмов адаптации [12, 46, 115].

Первая значительная работа по анатомической изменчивости пяточных суставных поверхностей таранной кости была опубликована в 1979 году. А.К. Агора и соавт. провели подробное исследование 500 таранных костей человека индийской группы. Были изучены все пяточные суставные фасетки на подошвенных поверхностях таранных костей. Авторы установили, что суставные фасетки на подошвенной поверхности головки и тела таранной кости имеют существенные различия [183].

Исследователи разделили таранные кости на 5 типов в зависимости от вариации их пяточных суставных поверхностей: тип 1 – с одиночной суставной пяточной фасеткой на подошвенной поверхности головки таранной кости – был обнаружен в 16% случаев; тип 2 – с двумя фасетками на подошвенной поверхности, которые разделены гребнем, – наблюдался в 78% случаев; тип 3 – с двумя фасетками, которые частично разделены бороздой и частично гребнем, – составлял 1%; тип 4 – с двумя суставными фасетками, которые разделены внесуставной бороздкой, – наблюдался в 3%, а тип 5 с фасетками на подошвенной поверхности головки, продолжающимися с фасеткой на теле таранной кости, был обнаружен в 2% случаев [183]. Эта классификация стала основой последующих исследований, дополнялась и стандартизировалась. Различные авторы изучали морфологию таранной кости и ее суставные поверхности для определения частоты различных типов пяточных суставных фасеток [4, 51, 115, 148].

В 2006 году А.К. Bilodi продолжил работу и провел масштабное исследование 240 сухих таранных костей человека и классифицировал их на пять типов. Наибольшая частота встречаемости наблюдалась у типа 2 (50%), что сопоставимо с исследованиями А.К. Агора и соавт. (1979) (78%). Наименее часто встречались таранные кости 4 типа (5%), тогда как в исследованиях А.К. Агора и соавт. (1979) были менее распространены кости типа 3 (1%) [105].

М. Каур и соавт. в 2011 году изучили 100 сухих таранных костей взрослых людей неизвестного возраста и пола. В данной серии чаще всего встречались таранные кости типа 1 (45%), что не согласовывалось с предыдущими работами. Частота таранных костей типа 2 составила 24%, и этот показатель сопоставим с работой А.К. Bilodi (2003), хотя в исследованиях А.К. Arora (1979) и А.К. Bilodi (2006) показатели распространенности этого типа были гораздо выше. Таранные кости типа 3 наблюдались в 9% случаев. Это меньше по сравнению с показателями, сообщенными А.К. Bilodi (2003) (20%) и А.К. Bilodi (2006) (16%) соответственно, но выше, чем в исследовании А.К. Arora (1979) (1%). Наименее распространенным типом оказался тип 4 (5%), что согласуется с работой А.К. Bilodi (2006) (5%). Частота встречаемости костей типа 5 составила 17%, и это значительно выше по сравнению с результатами А.К. Arora (1979) (2%). Кроме того, тип 5 разделили на 2 подтипа: тип 5А имел одну пяточную фасетку, переходящую в заднюю пяточную фасетку, а тип 5В имел 2 пяточные фасетки, продолжающиеся в заднюю пяточную фасетку [138].

Р. Garg и соавт. (2013) изучили 300 таранных костей взрослых и также распределили их по классификации А.К. Arora (1979). Самая высокая частота наблюдалась у таранных костей типа 2 и составила 43,7%, а тип 4 имел наименьшую частоту – 5,3% [144]. В исследованиях, проведенных в Бельгии Е. Barbaix и соавт. (2000), и в Корее J.Y. Lee и соавт. (2012), авторы не обнаружили таранных костей типа 5. У корейской группы чаще всего встречался тип 3 по сравнению с другими исследованиями [86, 182].

В 2014 году Chandra Philip & Prabavathy, исследуя 200 таранных костей человека индийской группы, описали новый подтип типа 5 – 5С, который ранее не был описан в литературе. В этом подтипе передняя фасетка отделена гребнем от комбинированных средней и задней фасеток. Кроме того, частота встречаемости типа 1 была выше, чем типа 2, тогда как в остальных исследованиях таранных костей индийской группы распространенность типа 2 была выше, чем типа 1 [109]. Аналогичные результаты были получены при изучении 372 таранных костей из Таиланда в 2018 году [153].

В 2024 году подобное исследование было проведено в Болгарии. Авторы исследовали формы пяточных суставных поверхностей 111 таранных костей и разделили их согласно другой классификации – модифицированной классификации N. Boyan (2016) [148]. Согласно данной классификации, выделяется несколько типов вариаций: тип А, В и С. При наличии трех отдельных, полностью разграниченных суставных поверхностей кость обозначается как тип А, который затем подразделяется еще на 3 подтипа. При наличии только двух суставных поверхностей таранную кость определяют как тип В. В подтипах В1 и В2 наблюдается сращение передней и средней фасеток – соответственно неполное и полное, а при В3 средняя поверхность сращена с задней. В случаях наличия только одной суставной поверхности на нижней стороне таранной кости ее относят к типу С. При сопоставлении данной классификации с классификацией А.К. Арога (1979) в этой работе не был обнаружен тип 1 [98].

Таблица 1 – Частота встречаемости таранных костей по разновидностям форм пяточных суставных поверхностей

Исследование, год	Популяция, число выборки	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5	5-а	5-в	5-с	Др.
		%	%	%	%	%	%	%	%	
А.К. Арога и соавт., 1979	Индия/500	16	78	1	3	2	–	–	–	
Е. Barbaix и соавт., 2000	Бельгия/122	21	22	6	39	–	–	–	–	
А.К. Bilodi и соавт., 2006	Южная Индия/240	10	50	16,6	5	18,4	–	–	–	
М. Kaur и соавт., 2011	Северная Индия/100	45	24	9	5	17	8	9	–	
J.Y. Lee и соавт., 2012	Корея/76	30	31,6	28,9	9,2	–	–	–	–	
R. Garg и соавт., 2013	Раджастхан/300	39	43,7	6	5,3	6	5	1	–	
X Chandra Philip и соавт., 2014	Южная Индия/200	42	30	4	3	21	10	9	2	

Продолжение таблицы 1

Nichapa Phunchago и соавт., 2018	Тайланд/372	1,9	67,2	3	27,4	0,5	–	–	–	
Meglana Angelova и соавт., 2024	Болгария/111		5,4	89,2	4,5					0,9

Вариации суставных поверхностей таранной кости изучены в разных этнических группах (табл. 1). При сравнении вышеприведенных исследований наблюдается широкий разброс частоты встречаемости таранных костей различных типов. Известно, что частота типа 2 колеблется от 60% до 97,8%, остальные типы встречаются реже и с разной частотой в широком диапазоне. Многие исследователи предполагали, что эти вариации могут быть связаны с особенностями локомоции и телосложением человека, а также географическим регионом проживания, который характеризуется равнинным или холмистым рельефом. Указанные морфологические особенности таранной кости влияют на движения подтаранного сустава, а также на его стабильность. В связи с этим в литературе подчеркивается актуальная необходимость дальнейшего изучения анатомических особенностей пяточных суставных поверхностей таранной кости, так как это дает важную информацию для понимания механики стопы [115, 148, 156].

Очевидно, что суставная морфология скелета человека может подвергаться изменениям под влиянием внешних факторов. Известно, что привычное приседание изменяет строение скелета нижних конечностей [166, 168]. При изучении скелета стопы авторы выявили изменения шейки таранной кости и дистальной части большеберцовой кости, указывающие на их привычный контакт, что было расценено как свидетельство максимального тыльного сгибания голеностопного сустава, возникающего при приседании [81, 129, 132, 152, 160, 166, 168, 169]. Приседание – это поструральный комплекс в состоянии покоя, включающий гипер-сгибание в тазобедренных и коленных суставах и гипер-дорсифлексию в голеностопных и подтаранных суставах. Во время передвижения стопа редко сгибается в достаточной степени, чтобы привести передний край

дистального отдела большеберцовой кости в контакт с тыльной поверхностью шейки таранной кости [168].

На шейке таранной кости можно обнаружить несколько типов суставных фасеток, которые в зарубежной литературе называются «squatting facets», или «фасетки приседания» [100, 168]. Кроме того, могут присутствовать передние продолжения блоковой и лодыжковых суставных поверхностей таранной кости, называемые расширениями блока. Учитывая, что эти признаки не связаны с модификациями переднего края дистального отдела большеберцовой кости, они могут появиться в результате тыльного сгибания в голеностопном суставе, отличного от приседания [168, 170].

Впервые наличие фасеток приседания на переднем крае дистального конца большеберцовой кости и верхней поверхности шейки таранной кости описал А. Thomson в 1889 году [177]. Наряду с фасеткой на передней границе нижнего конца большеберцовой кости он охарактеризовал фасетку как гладкий, покрытый хрящом участок на верхней поверхности шейки таранной кости, который соприкасался при максимальной дорсифлексии. А. Thomson (1889) объяснил свои наблюдения с филогенетической точки зрения. Он заметил, что у шимпанзе отсутствуют признаки приседания, которые ярко выражены у орангутанов, бабуинов и некоторых горилл [177, 178].

Высказано предположение, что наличие фасеток приседания на дорсальной поверхности шейки таранной кости у плода, а также у взрослых восточных популяций свидетельствует о наследовании приобретенных признаков [114]. Однако «фасетки приседания» присутствуют и у европейских плодов, причем эти фасетки более распространены у плодов, чем у взрослых [100]. I. Singh (1959) предположил, что наличие у плода таких фасеток, по-видимому, является результатом значительного тыльного сгибания стопы, которое происходит во время внутриутробного развития [166]. Таким образом, развитие «фасеток приседания» у взрослых является результатом адаптации из-за нагрузок, оказываемых на кость в процессе жизнедеятельности, и их посмертное наличие может дать информацию о предыдущем образе жизни. В ранних исследованиях

таранных костей групп австралийцев, некоторых индийцев и византийского населения фасетки приседания и расширения блока были широко распространены. Они соответствовали сельскохозяйственному образу жизни населения. По словам A.C. Das (1959), фермеры в тропических странах, например, в Индии, часто страдают от длительного сидения на корточках во время уборки урожая, и большинство людей на Индийском субконтиненте все еще привыкли выполнять свои утренние ритуалы в присевшей позе [121, 122, 158].

Сообщается, что модификации таранной кости, свидетельствующие о привычке приседания, имеются у гоминид [180]. Лишь немногие предыдущие исследования предоставили достаточно подробные данные, чтобы можно было провести точное сравнение различных этнических групп [96, 167, 170].

I. Singh (1959) провел исследование фасеток приседания таранной и большеберцовой костей у индийцев. Автор упомянул, что из 292 исследованных большеберцовых костей 231 из них имела фасетки приседания, что указывает на частоту 79,1%. Из 300 исследованных таранных костей 86 имели фасетки приседания, что составляет 28,6% [166]. По данным R.H. Charles (1893), при исследовании влияния функции на примере морфологии нижних конечностей жителей Пенджаба, в 34 из 53 таранных костей были обнаружены фасетки приседания, что составляет 63% [113]. Наблюдения в исследованиях костей коренных американцев юго-западного побережья не согласуются с другими исследованиями. Возможно, это связано с разницей в группе, выбранной для исследования. Также наблюдается снижение встречаемости фасеток приседания по сравнению с индийскими исследованиями, что свидетельствует о явном изменении образа жизни [14, 101, 122].

I. Baykara и соавт. (2010) провели исследование, чтобы изучить повседневную деятельность средневековых обществ в регионе Ван посредством изучения фасеток приседания [167]. Были исследованы скелеты взрослых из обществ Дилкая и Ван-Калеси-Эски-Ванехри, относящиеся к средневековому периоду (65 большеберцовых костей и 82 таранных кости из Дилкая, 61 большеберцовая кость и 52 таранных кости из Ван-Калеси-Эски-Ванехри).

Встречаемость «фасеток приседания» имела высокие показатели в обеих группах. Распространенность фасеток приседания таранных костей у женщин и мужчин Дилкая составила 72,1% и 51,3% соответственно, а у группы Ван-Калеси-Эски-Ванехри – 91,2% и 83,7% соответственно [167]. Разница в встречаемости «фасеток приседания» между внешне схожими популяциями Индии может отражать соотношение полов в исследованных костях, поскольку Pandey (1990) и I. Singh (1959) сообщили, что распространенность фасеток приседания значительно выше у женщин, чем у мужчин. Такая половая предвзятость может также повлиять на сравнение между различными популяциями, но следует отметить, что зарегистрированное увеличение частоты у женщин варьировало только примерно от 9% до 16%, в зависимости от типа «фасеток приседания» [168, 169].

Встречаемость фасеток приседания у мужчин поздневизантийского периода выше, чем у современных европейцев, что аналогично некоторым группам современных коренных американцев, но меньше, чем у других [121, 129, 167, 170, 189]. Распределение трех типов расширения блока у мужчин поздневизантийского периода было более сбалансированным, чем распределение «фасеток приседания». Латеральные расширения суставных поверхностей таранных костей присутствовали в 8,0%, медиальные расширения – в 10,9% и непрерывные (латеральные, центральные, медиальные) расширения – в 4,6%. Частота встречаемости расширений блока у мужчин поздневизантийского периода была существенно меньше, чем у современных индийских групп, но сопоставима с современными европейцами [176, 186]. Различия в появлении «фасеток приседания» и расширений блока между разными популяциями позволяют предположить, что их наличие не определяется одними и теми же факторами. Учитывая тот факт, что фасетки приседания почти полностью присутствовали на латеральной стороне шейки таранной кости, возможно, что у исследованной поздневизантийской группы присутствовала вальгусная деформация стопы. Вальгусная деформация стопы может быть вызвана длительным стоянием и ходьбой по твердой поверхности (что соответствует образу жизни поздневизантийского земледельца) и приводит к отклонению стопы наружу в

таранно-пяточном суставе [182]. В результате происходит соприкосновение латеральной поверхности шейки таранной кости с переднелатеральным краем большеберцовой кости. Таким образом, чрезмерное тыльное сгибание может быть не единственной причиной модификации верхней поверхности и шейки таранной кости [156, 170].

1.3 Половой диморфизм таранной кости человека

Исследования в области скелетной биологии и методические подходы к идентификации скелетных останков человека значительно продвинулись за последние годы. Публикации обзоров в области судебной и физической антропологии, знания о родстве популяций и определениях пола, антропологического типа, возраста и телосложения значительно расширились. Общепризнано, что стандарты для идентификации скелета различаются между популяциями и что стандарты для одной популяции могут не использоваться для другой. Точные методы определения принадлежности человеческих останков и выявления сходства этнических групп также стали более развитыми в последние годы [6, 10, 27, 28, 38, 109]. Классификация индивидуумов по демографическим категориям позволяет антропологам создавать профиль населения, основываясь только на останках скелета. Оценка длины неполных трубчатых костей была впервые проведена G. Muller, который в 1935 году сгенерировал уравнения для оценки длины плечевой, лучевой и большеберцовой костей с использованием промеров скелетных коллекций [150]. Фрагментарные остатки длинных костей чаще сохраняют соответствующие костные признаки из-за больших размеров, но относительно мелкие кости также могут сохранять эти маркеры, несмотря на условия захоронения. Измерения черепа, таза и длинных костей используются для определения группы населения, а также в оценках пола и возраста [6, 36, 38, 44, 48, 80, 141].

Точное определение пола часто является первой аналитической задачей физических антропологов при изучении останков человеческого скелета. На способность достичь этой цели влияют степень сохранности изучаемых останков и относительный половой диморфизм тех участков скелета, которые остались нетронутыми. Когда скелеты достаточно полные, в основном неповрежденные и имеют признаки пола с низкой неопределенностью, морфологический подход может оказаться наиболее точным и эффективным способом половой идентификации. Было показано, что морфологический подход позволяет точно определить пол скелетов взрослых более чем в 95% случаев, как в исследованиях с использованием нескольких характеристик таза и черепа, так и в исследованиях, включающих более ограниченные особенности тазовой кости [80, 92, 141, 155, 175]. Однако, когда скелеты неполны, сильно повреждены или имеют противоречивые или неоднозначные оценки признаков, метрические методы могут предоставить лучшую информацию о поле при условии, что существует соответствующая справочная коллекция скелетов известного пола для создания дискриминантных функций или уравнений логистической регрессии [14, 26, 27, 28, 68].

Кости стопы демонстрируют большой потенциал для использования в метрических методах определения пола, поскольку они хорошо сохраняются. Кости предплюсны обычно имеют плотную, компактную структуру, что помогает им противостоять тафономическим процессам, связанным с захоронением, лучше, чем многим другим костям скелета. При разложении тела кости предплюсны часто защищены от падальщиков и других внешних факторов при помощи обуви [12, 44, 68, 158]. Таким образом, восстановление неповрежденных и поддающихся измерению костей предплюсны должно быть относительно распространенным явлением в судебно-медицинской практике [6, 10, 27, 28, 36, 38, 44].

Кроме того, кости предплюсны также могут быть наиболее подходящими элементами скелета стопы для определения пола морфометрическим методом, поскольку они представляют собой кости, несущие вес тела. Если большая масса тела мужчин оказывает значимое влияние на размер предплюсны, то

предполагается, что несущие вес кости лодыжки будут существенно различаться между мужчинами и женщинами, чем большинство костей, не участвующих в нагрузке. В частности, предполагается, что таранная и пяточная кости демонстрируют больший половой диморфизм, чем другие кости предплюсны, поскольку пяточная кость (вместе с дистальными плюсневыми костями) несет на себе основную нагрузку массы тела при ходьбе [4, 9, 7, 14, 51, 99, 134, 163, 164].

D.G. Steele (1976) был первым, кто рассмотрел потенциал костей предплюсны как индикатор пола. Он оценил степень полового диморфизма пяточной и таранной костей у 60 мужчин и 60 женщин из анатомической коллекции Роберта Дж. Терри [171]. Выборка включала равное количество европейцев и афроамериканцев каждого пола. Было проведено пять измерений пяточной кости и пять дополнительных измерений таранной кости, включая длину, ширину и высоту. Единственным индивидуальным показателем, позволяющим правильно классифицировать не менее 80% объединенной выборки европейцев и афроамериканцев, была длина таранной кости. Автор также рассчитал дискриминантные функции для всей группы. Лучшие четыре функции включали по два или три измерения каждая, и точность определения пола по этим признакам составила в среднем 86%. Все эти функции включали длину таранной кости, а три из них также включали ее максимальную ширину. Единственным пяточным размером в этих функциях была высота тела, и она вошла в лучшие признаки наряду с длиной и шириной таранной кости. Никакая подобная работа не проводилась на отдельных выборках американцев европейского или африканского происхождения, а также не проводилось никаких исследований с группой современных американцев. Согласно данным D.G. Steele (1976), таранная кость характеризуется более выраженным половым диморфизмом по сравнению с пяточной костью, при этом длина таранной кости представляет собой наиболее информативный единичный морфометрический показатель для определения половой принадлежности [131, 134, 151, 152, 160, 171].

В последние годы несколько авторов продолжили вышеуказанные исследования, оценивая половой диморфизм костей предплюсны среди групп, как

современных, так и доисторических, из других частей мира. Некоторые исследования были сосредоточены исключительно на пяточной кости или исключительно на таранной кости [14, 100, 102, 103, 181, 183, 185]. Несколько исследований включали обе эти кости, а дополнительные исследования включали одну или обе кости вместе с ладьевидной, кубовидной или второй клиновидной [14, 131, 133, 134, 151, 152, 160, 164, 165].

A.M. Silva (1995) провел исследование на большой выборке, а именно 80 португальских мужчин и 85 португальских женщин известного пола и возраста. Эти образцы были получены из опознанной коллекции скелетов Музея антропологии, хранящейся в Университете Коимбры. В данном исследовании было установлено двадцать дискриминантных функций с точностью определения пола от 82% до 93%, с использованием 13 измерений таранной и пяточной костей [165].

В 1997 году F. Introna и соавт. изучили образцы скелетов 40 мужчин и 40 женщин из Южной Италии и рассчитали три дискриминантные функции с 8 измерениями правой пяточной кости. Точность этих функций достигала около 85%. В другой работе рассчитали дискриминантные функции на основе семи измерений таранной и пяточной костей, определенных D.G. Steele (1976), на образцах скелетов доисторических коренных американцев. Несмотря на то, что средняя точность измерений таранной и пяточной костей между тремя группами коренных американцев составляла всего 72%, коэффициент точности при измерениях только таранных костей составлял от 82% до 87%, а при измерениях только пяточной кости – от 83% до 86% [164].

C. Barret и соавт. в 2001 году исследовали эпохальное изменение полового диморфизма таранной кости от поздних арктических коренных американцев до протоисторических коренных американцев с помощью четырех измерений. Они рассчитали дискриминантные функции с коэффициентом точности от 76% до 97% [14]. A.M.C. Murphy (2002) исследовал образцы доисторических полинезийских скелетов (24 мужчины и 27 женщин для таранной кости, 26 мужчин и 22 женщины для пяточной кости), раскопанных в Новой Зеландии, и обнаружил, что коэффициенты точности дискриминантных функций составляли от 88% до 93% с

таранной костью и от 85% до 93% – с пяточной костью [151, 152]. В своих исследованиях М.А. Vidmos и соавт. (2003) использовали 9 измерений таранных костей у 60 мужчин и 60 женщин европеоидной и 60 мужчин и 60 женщин африканской группы. Эти образцы были получены из коллекции Рэймонда А. Дарта, хранящейся в Университете Витватерсранда, с известным полом и возрастом на момент смерти. Установленные ими дискриминантные функции показали точность от 73% до 89% [102]. В другом исследовании М.А. Vidmos и соавт. (2004) использовали 9 измерений пяточной кости у 53 мужчин и 60 женщин европеоидной и 58 мужчин и 58 женщин африканской групп. В указанном исследовании коэффициенты точности дискриминантных функций составляли от 69% до 92% [104]. Е. Gualdi-Russo (2007) изучила 12 измерений таранной и пяточной костей у 62 мужчин и 56 женщин из Северной Италии с известным полом и возрастом, которые были получены из коллекции скелетов Фрассетто, хранящейся в Музее эволюции Болонского университета. Коэффициенты точности дискриминантных функций находились в пределах 88–96% [131].

Кроме того, имеется информация об останках скелетов из Фудзиноки-Кофун, знаменитого японского кургана в префектуре Нара, датируемого примерно шестым веком [135]. В этом исследовании были представлены дискриминантные функции с 6 измерениями таранной кости или 5 измерениями пяточной кости, которые были рассчитаны на основе исследований 29 мужчин и 20 женщин из японской коллекции скелетов, хранящейся в Киотском университете, и их точность достигала 86%. Это единственное сообщение о дискриминантных функциях для оценки пола костей предплюсны жителей Восточной Азии. Однако подробной информации о расчете и официального отчета об этих функциях нет [140, 154, 160].

Как видно из приведенных выше исследований, диагностика пола и билатеральной принадлежности таранной кости довольно дискуссионна. Исследования, основанные только на использовании таранной кости для диагностики пола и стороны тела, единичны и противоречивы. Большинство основаны на использовании критериев с включением в диагностические формулы других костей стопы. Это не позволяет ответить на вопрос, достаточно ли только

остеометрических параметров таранной кости для решения диагностических задач [4, 14, 26, 27, 28, 51, 68, 97, 131, 134, 171].

1.4 Клиническое значение исследования анатомической изменчивости таранной кости человека

Информация об анатомии таранной кости важна не только для анатомов, но и для хирургов-ортопедов, поскольку переломы таранной кости довольно распространены [32, 33, 52, 81]. Различают переломы шейки, тела и заднего отростка таранной кости. Перелом в области шейки таранной кости может возникнуть при чрезмерном форсированном разгибании. Переломы этой локализации являются самыми частыми и составляют около половины всех переломов таранной кости. Травма тела таранной кости возникает при падении с высоты на прямые ноги. Это нередко приводит к компрессионным или оскольчатым переломам. Блок таранной кости смещается кзади, кнаружи или кнутри от пяточного сухожилия. Сместившийся отломок давит на пяточное сухожилие и кожу, что приводит к нарушению местного кровообращения в тканях, и при запоздалом вправлении вывиха может вызвать некроз мягких тканей и кожи. При вывихе отломков повреждаются сосуды, которые питают кость. Это является причиной последующего асептического некроза отломков таранной кости [31, 33, 81, 139].

Переломы шейки таранной кости не нарушают кровоснабжения ни тела, ни головки этой кости. Даже тогда, когда этот перелом сопровождается вывихом в таранно-пяточном сочленении и все сосуды, выходящие из *sinus tarsi*, повреждены, кровоснабжение из тыльных и задних сосудов все же может быть достаточным для обоих фрагментов кости. При осложнении перелома задним вывихом тела таранной кости все прикрепления капсулы к телу этой кости разрываются, и происходит полное нарушение кровоснабжения. Соответствующая половина кости подвергается аваскулярному некрозу. При репозиции перелома он срастается, и с течением времени кость регенерирует [33, 81, 139, 186].

Появление дегенеративного артрита должно рассматриваться как очень серьезное осложнение, так как в процесс вовлекаются голеностопный и таранно-пяточный суставы. При этом оба сустава должны быть артродезированы. Артродезирование одного из них не вызывает серьезных нарушений функции, потому что движения переходят к другим суставам, и, как ни странно, свободная подвижность сохраняется. Но если необходимо артродезировать оба сустава, то нарушается эластичность стопы, и нога становится ригидной. Тем не менее, несмотря на ригидность стопы, функциональный результат при двойном артродезировании гораздо лучше, чем при астрагалэктомией, после которой появляется тенденция к подвертыванию стопы [32, 33, 88, 91, 119, 159].

В последнее время частота переломов латерального отростка таранной кости увеличилась в связи с распространением занятий сноубордом [31, 33, 162]. Значительно реже встречаются переломы заднего отростка таранной кости, которые возникают при резком сгибании стопы. Иногда задний отросток может окостенеть независимо и сохраняться у взрослых как треугольная кость. Это имеет клиническое значение при правильной интерпретации рентгенограмм стопы, так как треугольную кость можно принять за перелом [30, 31, 56, 156, 186].

Для определения локализации, вида перелома и степени смещения отломков выполняют рентгенографию в двух проекциях. При переломах таранной кости с вывихом костных отломков прогноз неблагоприятен, особенно при позднем оказании специализированной медицинской помощи. Иногда переломы остаются нераспознанными, вызывают хроническую боль и не поддаются сращению. В период Первой мировой войны самой распространенной причиной серьезных переломов и смещений таранной кости были авиационные происшествия. Отсюда таранная кость получила название «астрагал авиатора» [30, 59, 64, 117].

Плоская стопа, или плоскостопие, – деформация, при которой происходит исчезновение медиального продольного свода стопы. Это может быть врожденное или наследственное заболевание, которое связано с легким подвывихом подтаранного сустава [32, 33, 39, 56, 134]. В исследовании J. Bruckner (1987) было заявлено, что значительная разница в стабильности и подвижности подтаранного

сустава зависит от количества суставных фасеток таранной и пяточной костей, которые контактируют друг с другом. В случае трехкомпонентного типа фасеток таранная кость находится на архитектурно стабильной поверхности и контактирует с пяточной костью в трех различных точках. При этом подвижность суставов и площади суставных поверхностей ограничены. Двухкомпонентная конфигурация является более подвижной. А если две передние фасетки объединяются в одну, это обеспечивает еще большее скольжение суставных поверхностей. Таким образом, однофасеточная конфигурация является самой мобильной, так как все грани сливаются в одну [107, 156, 170, 184]. F.D. Verhagen (1993) в своей работе поддержал вышеизложенную гипотезу и обнаружил, что артритическая хромота была значительно менее распространена в конфигурации с тремя отдельными фасетками, чем в других. Кроме того, люди с одной непрерывной фасеткой или только медиальной имеют больший риск нестабильности подтаранного сустава, чем люди с трехфасеточной конфигурацией [156, 171, 184]. Для безопасного обнажения поверхности подтаранного сустава и всех суставных хрящей в процедуре «тройного артродеза» при исправлении деформации плоскостопия, конфигурация суставных фасеток очень важна [33, 39, 56, 91, 159]. R.I. Harris и соавт. (1948) утверждали, что за малоберцовое спастическое плоскостопие ответственно сращение таранной и пяточной костей [133, 139, 172].

Таким образом, знания о наиболее распространенных патологиях стопы в сочетании с вариантными особенностями анатомии таранной кости имеют значение в постановке правильного диагноза и помогают в выборе верной тактики лечения [12, 31, 32, 33, 44, 56, 91, 170].

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование выполнено на кафедре морфологии и патологии Частного учреждения образовательной организации высшего образования с государственной аккредитацией Университет «Реавиз» в период 2024–2026 гг. На все виды исследований было получено разрешение этической комиссии Частного учреждения образовательной организации высшего образования Университет «Реавиз». Исследования произведены с соблюдением требований действующего законодательства РФ, этических норм и принципов Хельсинкской декларации (1964) со всеми последующими дополнениями и изменениями, регламентирующими научные исследования на биоматериалах, полученных от людей, а также Международным руководством для биомедицинских исследований с вовлечением человека (International Ethical Guidelines for Biomedical Research Involving Human Subjects) Совета международных организаций медицинских наук (CIOMS) [6, 10, 28, 38, 44]. Все первичные данные исследованных были обезличены в соответствии с требованием п. 3 ст. 6 действующего Федерального закона РФ № 152-ФЗ «О персональных данных» [10, 28, 44].

Материал для исследования был отобран из паспортизированных костных коллекций, полученных в рамках выполнения гранта РФФИ 08-04-99059 «Биоинформационная модель этнических, возрастных и идентификационных особенностей конечностей жителей Среднего Поволжья», а также кафедры клинической анатомии и оперативной хирургии им. проф. М.Г. Привеса ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. [12, 46, 53].

Объектом для исследования послужили 75 сухих костных препаратов таранных костей стоп невостребованных трупов 49 мужчин и 26 женщин в возрасте от 20 до 90 лет и 119 обезличенных рентгеновских снимков костей стопы из рентгеноанатомического архива кафедры (58 мужчин и 61 женщина в возрасте от 20 до 85 лет). Для получения таранных костей стопы использовалась традиционная анатомическая техника, описанная в руководстве Б.М. Ярославцева (1961) [90]. Препараты удалялись из комплекса стопы и подвергались процедуре мацерации.

Для мацерации препаратов таранные кости выдерживались в горячей воде (температурой 40–45°C) от 6 до 10 суток в зависимости от скорости мацерации. После мацерации кости подвергались механической очистке от остатков мягких тканей и промывке в проточной воде в течение 24 часов. Далее препараты высушивались последовательно в течение нескольких дней при комнатной температуре и в термостате при температуре 85–100°C для удаления остатков влаги и частичного предварительного обезжиривания. После сушки препараты обезжиривались в равной смеси этилового и диэтилового (серного) эфира в течение 24–48 часов и повторно высушивались в термостате при температуре 37°C [40, 53, 89, 90].

Рентгеновские снимки таранных костей были сделаны на рентгеновском аппарате «Toshiba Radrex» модель FBT-10A в режимах 42 кВ, 250 мА при выдержке 0,2 с. Высокочувствительная рентгеновская пленка «Kodak» помещалась в светонепроницаемые кассеты с расположенной металлической маркировкой. Стопа находилась в состоянии максимального тыльного сгибания. Центральный пучок рентгеновского излучения скошен в краниальном направлении под углом 35–45° к вертикали и направлен на пяточный бугор. Расстояние от источника рентгеновского излучения до объекта исследования соответствовало общепринятым в рентгеновской остеометрии рекомендациям – 90 см [22, 30, 59, 64, 82, 91].

Таранные кости и полученные рентгенограммы стоп измерялись с помощью электронного штангенциркуля ШЦ-1-150-0,01 торговой марки «Калибр» (Россия) с цифровым отсчетным устройством и классом 1 с точностью 0,01 мм. Для остеометрического анализа были использованы методические приемы классического остеометрического протокола Мартина-Саллера, описанные В.П. Алексеевым (1966), но в собственной модификации [1, 8, 40, 43].

Таблица 2 - Оптимизированный проекционно-остеометрический протокол (9:6:2)

Индекс	Название измеряемого параметра	Протокол В.П. Алексеева (1966)/ Р. Мартина*	Используемый инструмент и метод фиксации	Категория соответствия классическому стандарту
Д	Длина таранной кости	«Параметр № 1»**	Цифровой штангенциркуль, замер от дна sulcus tendineus	Модифицированный параметр: замена реальной длины на проекционную длину по оси кости
НД	Наибольшая длина таранной кости	Параметр № 1а	Цифровой штангенциркуль, свободный замер между габаритными точками	Классический параметр
МД	Медиальная длина таранной кости	«Параметр № 1(1) по Бонч-Осмоловскому»	Цифровой штангенциркуль, проекционная фиксация осей	Модифицированный параметр: перевод в проекционную плоскость
Ш	Ширина таранной кости	Параметр № 2	Цифровой штангенциркуль, свободный замер между отростком и фасеткой	Классический параметр
ЗШ	Задняя ширина таранной кости	Отсутствует	Цифровой штангенциркуль, фиксация вершин макроструктур	Авторский параметр (отсутствует в классических схемах)
ПВ	Передняя высота таранной кости	«Параметр № 3б»	Цифровой штангенциркуль	Модифицированный параметр: свободная высота заменена проекционной от седловины блока
ЗВ	Задняя высота таранной кости	Отсутствует	Цифровой штангенциркуль, замер в инвертированном положении кости	Авторский параметр (разработан для исключения качания кости)
Дб	Длина блока	«Параметр № 4»	Цифровой штангенциркуль, фиксация краев сагиттальной дуги	Модифицированный параметр: измерение дуги (лентой) заменено измерением хорды
ЗШб	Задняя ширина блока	Параметр № 5(1)	Цифровой штангенциркуль, замер по задней трети блока	Классический параметр

Продолжение таблицы 2

ПШб	Передняя ширина блока	Параметр № 5(2)	Цифровой штангенциркуль, замер по передней трети блока	Классический параметр
ЛВб	Латеральная высота блока	«Параметр № 3»	Цифровой штангенциркуль, контактный замер к нижней границе	Модифицированный параметр: изолированная высота латеральной фасетки заменена проекционной высотой до основания кости
МВб	Медиальная высота блока	«Параметр № 3а»	Цифровой штангенциркуль, контактный замер к нижней границе	Модифицированный параметр: изолированная высота медиальной фасетки заменена проекционной высотой до основания кости
ДШиГ	Длина шейки и головки	Параметр № 8	Цифровой штангенциркуль, замер вдоль оси шейки	Классический параметр
Шг	Ширина головки	Параметр № 9	Цифровой штангенциркуль, вертикальный диаметр головки	Классический параметр
Дг	Длина головки	Параметр № 10	Цифровой штангенциркуль, поперечный диаметр головки	Классический параметр
Днсп	Длина нижней задней пяточной суставной поверхности	Параметр № 12	Цифровой штангенциркуль, замер по наибольшей продольной оси	Классический параметр
Шнсп	Ширина нижней задней пяточной суставной поверхности	Параметр № 13	Цифровой штангенциркуль, замер строго перпендикулярно оси	Классический параметр

Примечание: * – по описанию, представленному в «Остеометрия. Методика антропометрических исследований. М.: Изд-во «Наука», 1966. – 252с. (с. 178-184);

** – в кавычках указаны параметры, по описанию соответствующие классическим, по точкам между которыми измеряются расстояния, измененные (модифицированные) на проекционные.

Таблица 3 – Материалы и методы исследования

№ п/п	Наименование параметра	Число измерений на таранных костях лиц мужского пола			Число измерений на таранных костях лиц женского пола			Общее число измерений
		левых	правых	всего	левых	правых	всего	
Прямые остеометрические параметры								
1	Параметры длины	154	189	343	91	91	182	525
2	Параметры ширины	132	162	294	78	78	156	450
3	Параметры высоты	88	108	196	52	52	104	300
Рентгеновские остеометрические параметры								
4	Параметры длины	40	192	232	72	172	244	476
5	Параметры ширины	10	48	58	18	43	61	119
6	Параметры высоты	30	144	174	54	129	183	357
Физические параметры								
7		54	44	98	26	26	52	150

Оптимизированный проекционно-остеометрический протокол (9:6:2), использованный в диссертации включает 9 классических остеометрических параметров, 6 модифицированных классических параметров и 2 собственных авторских параметра, измеряемых цифровым штангенциркулем. Протокол представлен в таблице 2. Для фотографирования использовали цифровую фотокамеру «Coolpix» S6300 фирмы Nikon (Япония) с разрешающей способностью 16 мегапикселей, относительным отверстием 1:3,2. Объем исследованного материала представлен в таблице 3 [7, 34, 69, 83, 84].

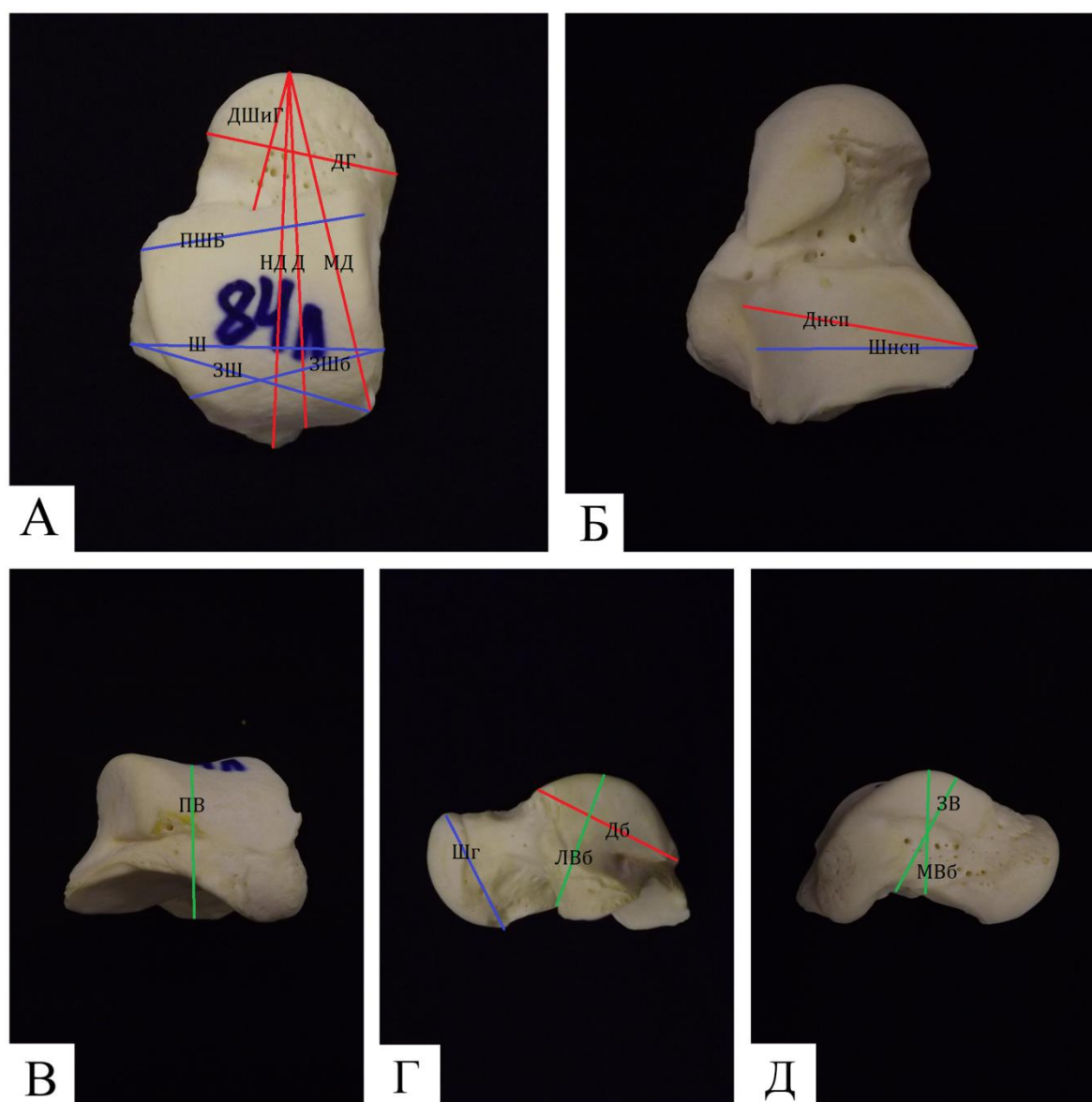


Рисунок 1 – Проекции измерительных параметров на фото левой таранной кости:

А – вид сверху, Б – вид снизу, В – вид сзади, Г – латеральная сторона, Д – медиальная сторона. Красным отмечены параметры длины, синим – широтные параметры, зеленым – высотные параметры. Обозначения параметров см. в тексте

Все прямые остеометрические измерения таранных костей можно разделить на несколько групп: первая – параметры длины таранной кости, вторая – широтные параметры, третья – высотные параметры (рис. 1). Первая группа включает в себя 7 остеометрических параметров. Длина (Д) – расстояние от борозды длинного сгибателя большого пальца стопы до самой удаленной точки ладьевидной суставной поверхности. Наибольшая длина (НД) – наибольшее проекционное расстояние между наиболее задней точкой заднего отростка до наиболее передней точки ладьевидной суставной поверхности. Медиальная длина (МД) – расстояние от медиального бугорка до ладьевидной суставной поверхности. Длина блока (Дб) – расстояние между наиболее удаленными друг от друга передней и задней точками сагиттальной дуги блока. Длина шейки и головки (ДШиГ) – расстояние от переднего края блока до наиболее выступающей точки ладьевидной суставной поверхности. Длина головки (Дг) – расстояние между наиболее удаленными друг от друга медиальной и латеральной точками головки. Длина задней суставной поверхности (Днсп) – расстояние между точками пересечения краев задней суставной поверхности таранной кости с ее наибольшей продольной осью.

Ко второй группе относится 6 параметров. Ширина (Ш) – расстояние от наиболее удаленной точки латерального отростка до медиальной суставной лодыжечной поверхности. Задняя ширина (ЗШ) – расстояние от латеральной суставной лодыжечной поверхности до медиального бугорка заднего отростка. Задняя ширина блока (ЗШб) – расстояние между наиболее медиально и латерально удаленными точками на задней поверхности блока таранной кости. Передняя ширина блока (ПШб) – расстояние между наиболее медиально и латерально удаленными точками на передней поверхности блока. Ширина головки (Шг) – расстояние между наиболее удаленными друг от друга верхней и нижней точками головки. Ширина задней суставной поверхности (Шнсп) – расстояние между наиболее удаленными друг от друга точками краев задней суставной поверхности.

Третья группа включает в себя 4 параметра. Передняя высота (ПВ) – проекционное расстояние от наиболее высокой точки срединной вогнутости верхней поверхности блока до горизонтальной поверхности, на которой

расположена кость своим основанием. Задняя высота (ЗВ) – расстояние от середины задней пяточной суставной поверхности до горизонтальной поверхности, на которой лежит кость в опрокинутом положении. Латеральная высота блока (ЛВб) – расстояние от наиболее высокой точки верхней поверхности блока с латеральной стороны до нижней поверхности кости. Медиальная высота блока (МВб) – расстояние от наиболее высокой точки верхней поверхности блока с медиальной стороны до нижней поверхности кости.

Для рентгенограмм таранных костей (рис. 2) использовались 8 показателей: длина (РгД), наибольшая длина (РгНД), ширина (РгШ), передняя высота (РгПВ), задняя высота (РгЗВ), высота блока (РгВБ), длина шейки и головки (РгДШиГ), длина головки (РгДГ).

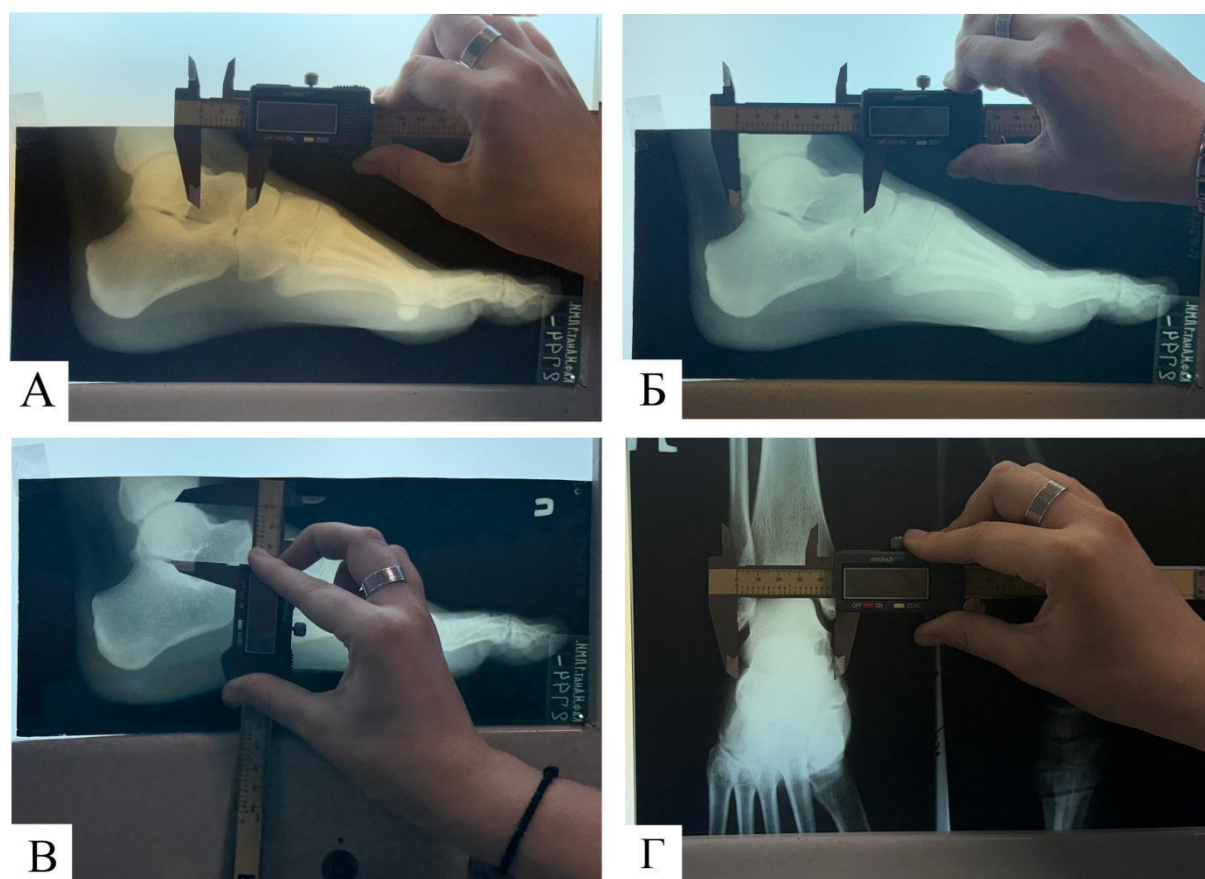


Рисунок 2 – Измерение рентгеностеометрических параметров таранной кости на рентгеновском снимке. А – измерение длины шейки и головки, Б – измерение длины, В – измерение высоты, Г – измерение ширины. Обозначения параметров см. в тексте

При исследовании физических параметров таранной кости (рис. 3) были измерены: масса, объем и плотность. Для измерения массы использованы весы Touch Screen Pocket Scale фирмы «American Weigh Scales, Inc.» (США) с точностью 0,01 г. Объем таранных костей измерен путем погружения их в стеклянный цилиндр (цилиндр 1-500-2 с носиком ХС МиниМед), наполненный дистиллированной водой температурой 25°C. Объем определялся при комнатной температуре 25°C, через 1 минуту после погружения в цилиндр. Плотность рассчитана по формуле $\rho = m/V$.

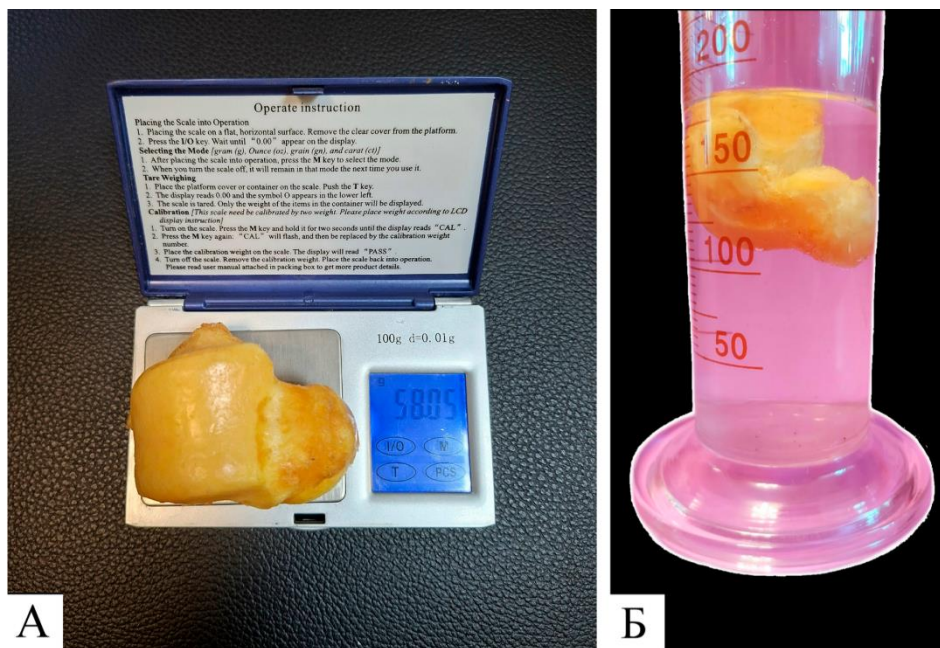


Рисунок 3 – Измерение физических параметров таранной кости. А – измерение веса таранной кости, Б – измерение объема таранной кости.

Кроме абсолютных величин, вычислены 12 индексов соотношений для прямых остеометрических параметров и 4 для рентгеновских, которые можно разделить на 4 группы: первая – индексы соотношений длиннотных параметров, вторая – широтных, третья – высотных, четвертая – индексы соотношений параметров суставных поверхностей таранной кости.

К первой группе относятся 3 индекса, включающих указатели отношений длин к длине таранной кости: длины блока (УДБ), длины шейки и головки (УДШГ), а также длины головки (УДГ).

Вторую группу составляют 6 индексов. Отношение ширины к длине

таранной кости определяет широтно-продольный указатель (ШПУ). Отношение ширины блока к ширине таранной кости – указатель ширины блока (УШБ). Указатель передней ширины блока (УПШБ) отражает отношение передней ширины блока к длине блока таранной кости. Индекс отношения задней ширины блока к передней ширине блока – указатель сужения блока (УСБ). Указателями общей ширины внешней суставной поверхности (УОШВСП) и ширины головки (УШГ) отражаются отношение передней ширины блока к ширине кости и отношение ширины головки к длине головки соответственно.

Третья группа состоит из двух индексов: высотно-длиннотного указателя (ВДУ) и высотно-продольного указателя блока (ВПУБ) определяющих отношение передней высоты к длине кости и отношение латеральной высоты блока к длине блока.

Четвертая группа включает только один индекс – указатель ширины задней суставной поверхности (УШнсп), отражающий отношение ширины задней суставной поверхности к ее длине.

Таранные кости были классифицированы визуально по анатомическим формам их пяточных суставных поверхностей согласно классификации А.К. Агога и соавт. (1979). Критерии различий суставных поверхностей представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Критерии различий пяточных суставных поверхностей таранной кости

Тип ТК	Критерии различий
Тип I	Одна пяточная суставная фасетка на подошвенной поверхности
Тип II	Две фасетки на подошвенной поверхности, разделенные гребнем
Тип III	Две фасетки, частично разделенные бороздой и частично гребнем
Тип IV	Две фасетки, разделенные бороздой
Тип V	Соединенные средняя и задняя суставные фасетки и изолированная передняя

Статистическую обработку данных проводили с использованием лицензионной компьютерной программы «Statistica 10.0» StatSoft Inc. (США) с применением параметрической статистики по правилам, рекомендуемым

Международным комитетом редакторов биомедицинских журналов (ICMJE) [7, 34, 69]. Для выполнения необходимой статистической обработки материала создавалась база первичных данных в виде статистических таблиц-файлов с использованием возможностей программы «Excel 97» (Microsoft Corporation, США). В ней же производилась первичная группировка материала и отдельные простейшие статистические операции [7, 69]. После импортирования данных дальнейший статистический анализ проводился в рамках возможностей программы «Statistica 10.0» (StatSoft Inc., США) [7, 34].

Нами использовались описательная статистика, критерии на нормальность распределения, параметрические и непараметрические критерии для зависимых и независимых выборок [34, 69, 85]. Все расчеты были выполнены в соответствии с рекомендациями по использованию статистических методов в биомедицинских исследованиях [7, 34, 69, 83, 84]. Для установления стандартизированных значений остеометрических параметров для нормативно-диагностической базы данных были использованы статистические параметры: средняя арифметическая (M) с ошибкой средней арифметической (m), среднего квадратичного отклонения (σ) и 95% доверительного интервала, коэффициент вариации (CV), критерии нормальности распределения, t -критерий Стьюдента и U -критерий Манна-Уитни для сравнения независимых и зависимых выборок [1, 7, 34, 43, 69]. Для выявления значимых различий показателей с параметрическим распределением, был проведен однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с поправкой Бонферрони. Для анализа различий показателей, имеющих непараметрическое распределение, использовался критерий Краскела — Уоллиса. Наряду с поправкой Бонферрони дополнительно использовался критерий Фишера (LSD) и Даннета для выявления возможных скрытых тенденций в распределении средних значений. Для сравнения результатов популяционного сходства частоты встречаемости таранных костей с разными анатомическими формами суставных поверхностей в исследованной популяции с данными других авторов использовали абсолютный и относительный критерии подобия множеств по А.С. Константинову, приведенные в монографии Алексеева В.П. [2]. Расчеты были выполнены с использованием формул для

коэффициента абсолютного сходства:

$$K_{\text{абс}} = \frac{2m [(A_1 \cap A_2) + m (B_1 \cap B_2) + \dots + m (N_1 \cap N_2)]}{mA_1 + mA_2 + mB_1 + mB_2 + \dots + mN_1 +}$$

и коэффициента относительного сходства:

$$K_{\text{отн}} = m (A1 \cap A2) + m (B1 \cap B2) + \dots + m (N1 \cap N2).$$

Для сравнения и выявления различий между группами был проведен корреляционный анализ [17, 18, 34, 85]. Различия или соответствующая статистическая гипотеза считались значимыми при уровне $p < 0,05$ [7, 34, 69, 83].

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Сравнительная характеристика таранной кости человека по формам пяточных суставных поверхностей

Основываясь на критериях модифицированной и дополненной собственными критериями классификации пяточных суставных поверхностей, мы получили следующие результаты. При анализе изменчивости таранных костей по форме суставных фасеток подошвенной поверхности было установлено, что в исследованной группе и по частоте преобладал второй тип таранных костей с двумя фасетками, которые разделены гребнем на подошвенной поверхности. Этот тип был зафиксирован в 42 случаях, что составило 56,0% от общего числа наблюдений. Наименьшее число в нашем исследовании составил первый тип таранных костей с одной пяточной суставной фасеткой на подошвенной поверхности, который наблюдался лишь в 10 случаях всей выборки, что составило 13,3% от общего числа исследованных костей (рис. 4).

В несколько большем числе случаев наблюдались кости третьего типа с суставными фасетками, которые частично разделены бороздкой и частично гребнем, – их число в исследованной выборке составило 11 (14,7%), и кости четвертого типа с двумя суставными поверхностями, которые разделены бороздкой, наблюдались в 12 случаях (16,0%). Таранные кости пятого типа с соединенными средней и задней суставными поверхностями и наличием изолированной передней в нашей выборке обнаружены не были по неизвестным причинам, однако с учетом данных других исследователей принципиальную возможность их наличия при классифицировании с использованием модифицированных и дополненных критериев исключить представлялось нецелесообразным. На сегодня согласно мировым литературным научным данным частота встречаемости таранных костей с 5-тым типом суставных фасеток составляет от 0% до 18,41%. Максимальная частота получена лишь в двух

исследованиях А.К. Bilodi (2006) – 18,41% и М. Кaur и соавт. (2011) – 17%, причем обе только на индийских группах. В других исследованиях частота 5 типа таранных костей не превышает 0-0,33%. Данные на российской группы получены нами впервые, поэтому нулевая частота встречаемости 5 типа таранных костей может быть объяснена этно-территориальной ее принадлежностью с одной стороны и чрезвычайной редкостью костей этого типа, обнаруженной на других группах, с другой стороны.

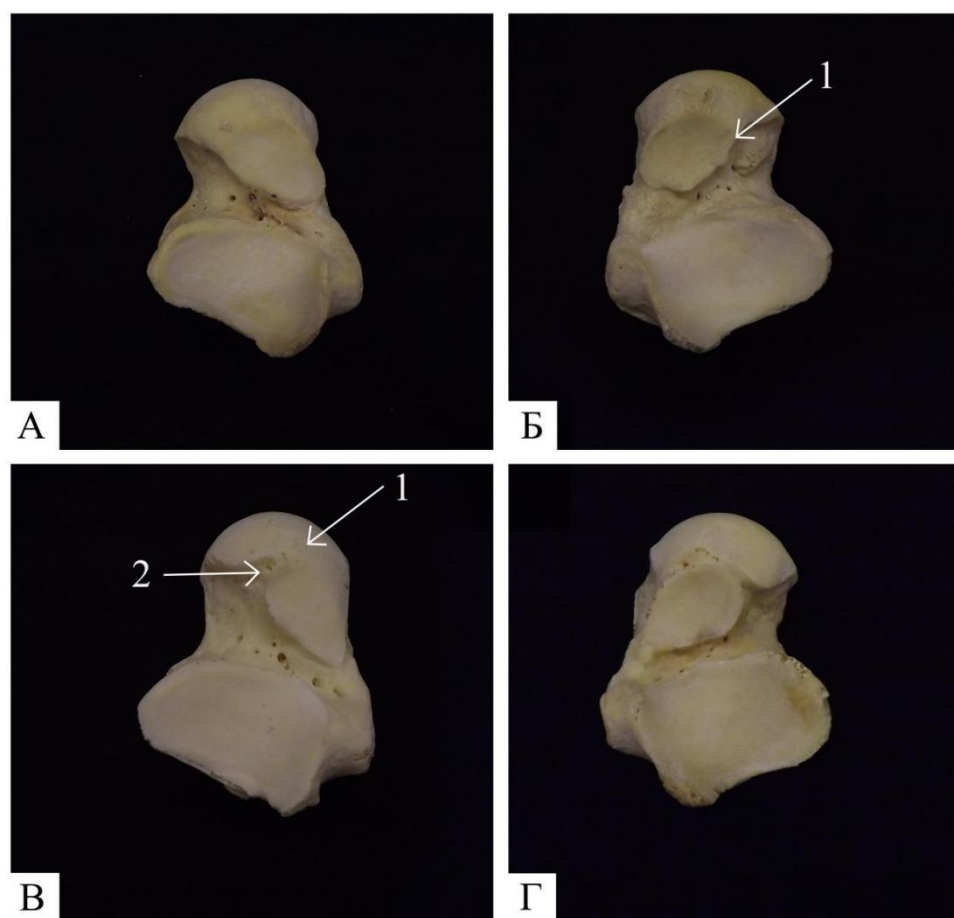


Рисунок 4 – Типы таранной кости человека по анатомической форме пяточных суставных поверхностей. А – Тип I, Б – Тип II, В – Тип III, Г – Тип IV. 1 – гребень, 2 – борозда (описание в тексте).

Основной интерес полученные результаты представляют при сравнении их с данными других авторов [4, 12, 45, 46, 51, 57]. Эффективность сравнения с помощью критериев, основанных на проверке статистической гипотезы о наличии различий с использованием методов анализа качественных признаков, безусловно, в подавляющем большинстве случаев дает искомые результаты [7, 34, 69, 85].

Однако мы считаем, что при сравнительном анализе частот встречаемости отдельных форм анатомических структур как в анатомии человека, так и в физической антропологии, и в целом в биологической морфологии, не менее ценную и значимую информацию можно получить на основе анализа не только различий частот, но и их сходства [2, 17, 18, 62, 83, 84]. Подобные инструменты позволяют оценить сходство и различия разных этнических групп в целом [2, 19, 20, 86, 87].

В настоящем исследовании для анализа сходства распределения частот таранных костей с разными формами суставных фасеток в разных группах нами был использован метод, рекомендованный В.П. Алексеевым [1, 2]. Для анализа сходства были использованы формулы анализа подобия абсолютных и относительных частот Константинова, и результаты исследования представлены в таблице 5 [1, 2, 83, 85].

Для сравнительного анализа частотного сходства этнических групп исследования были отобраны по ряду критериев [4, 51, 115]. В анализ включены только четыре из многих имеющихся и перечисленных в обзорной публикации, названной «Атлас анатомических вариантов таранной кости человека» [115], исследований, в которых классифицирование таранных костей с различными типами пяточных суставных поверхностей осуществлялось исключительно на основе исходной оригинальной классификации А. Thompson [161, 177, 178]. Кроме того, для сравнения включены исследования, в которых наборы образцов таранных костей были сформированы исключительно случайным образом без деления их по признаку пола [105, 138, 183] и/или принадлежности к определенной стороне тела, либо равных по численности правых и левых костей [144].

Анализ различий абсолютных частот в соответствии с гипотезой первого рода подтвердил результаты, полученные при анализе сходства групп: параметрический ANOVA дал уровень различий, равный единице; непараметрические критерии различий, как критерий Краскела-Уоллиса ($p=0,406$), так и медианный тест ($p=0,2873$), также показали их высокий уровень статистической недостоверности [7, 34, 69, 83, 85].

Таблица 5 – Сравнение частот распределения таранных костей с разными анатомическими формами суставных фасеток по данным собственного исследования и их абсолютного и относительного группового сходства по данным разных авторов

Данные →	А.К. Arora и соавт., 1979		А.К. Bilodi, 2006		М. Каур и соавт., 2011		R. Garg и соавт., 2013		Собственные результаты	
I	II		III		IV		V		VI	
Показатель →	N=	%	N=	%	N=	%	N=	%	N=	%
Тип кости ↓										
1	80	16	24	10	45	45	117	39	10	13,3
2	390	78	120	50	24	24	131	43,7	42	56
3	5	1	40	16,6	9	9	18	6	11	14,7
4	15	3	12	5	5	5	16	5,3	12	16
5	10	2	44	18,4	17	17	18	6	0	0
Всего	500	100	240	100	100	100	300	100	75	100
Коэффициент абсолютного сходства* →	24% (64%)		48%		55%		53%		55±6,7%†	
Коэффициент относительного сходства* →		76%		82%		53%		70%		70,2±12,5%†

Примечание: * – при сравнении с собственными данными;

† – среднее значение частот, представленных в колонках II-V.

При коррекции численности одной из самых многочисленных по объему выборок в 500 костей наблюдения А.К. Arora и соавт. [183] путем снижения ее до 100 и пропорциональном снижении частот распределения типов костей коэффициент абсолютного сходства возрос почти в три раза и составил 64%. Это доказывает высокую зависимость показателей абсолютного сходства от численности сравниваемых выборок, на необходимость учета которой указывал сам автор формулы [1, 2]. Поскольку в анализ были взяты явно неравнозначные по численности наблюдений выборки, влияние этого фактора было нивелировано определением относительного коэффициента сходства, и в нашем исследовании его среднее значение составило около 70% [2, 17, 18, 83, 85]. В целом по этому результату можно сделать заключение о том, что реальные различия разных этнических групп по частоте таранных костей с разными анатомическими формами суставных фасеток на нижней поверхности не превышают 30%, напротив, степень их сходства составляет 70% [4, 12, 46, 51, 57, 105, 115, 138, 183]. При этом в подавляющем большинстве исследований первое место по частоте встречаемости занимают таранные кости с суставными пяточными фасетками второго типа – с двумя фасетками на подошвенной поверхности, которые разделены гребнем [4, 51, 105, 115, 138, 156, 183].

На следующем этапе нами была предпринята попытка обнаружить линейные количественные параметры, которые бы отличали таранные кости с различными типами суставных поверхностей [12, 46, 115]. Дисперсионный однофакторный анализ в общей (смешанной) выборке костей независимо от фактора пола и стороны принадлежности показал различия лишь по одному параметру, а именно по длине головки [7, 34, 69, 85]. Критерий различий Фишера по этому параметру был равен $F=2,99$ ($p<0,037$) [7, 34, 69]. При строгой проверке детальных различий, в том числе с целью исключения ложноположительных результатов, статистическая значимость по критерию Бонферрони была выявлена только для параметра длины головки, при этом статистически значимо различались лишь показатели длины головки таранных костей первого типа ($30,6\pm 2,48$ мм $M\pm\sigma$) и второго типа ($33,8\pm 3,45$ мм, $p<0,0357$) [7, 34, 69, 83]. Промежуточные значения

этого показателя имели таранные кости третьего и четвертого типа – $32,9 \pm 3,23$ мм и $32,2 \pm 2,34$ мм соответственно [4, 45, 51].

При проведении однофакторного дисперсионного анализа на основании других критериев различий, включая в первую очередь критерий Фишера наименьших значимых различий средних (т.н. LSD-критерий), статистически высоко значимые различия были обнаружены также и для других остеометрических показателей пар разных типов таранных костей, а именно: для параметра длины (Д) в паре III>IV ($p=0,027$ по критерию LSD и другим), а также I>IV по непараметрическому параметру Даннета ($p=0,0341$) и в непараметрическом же медианном тесте ($p=0,0186$) [7, 34, 69, 83, 85]. Еще для двух параметров, для медиальной длины (МД) и ширины задней суставной поверхности (Шнсп), были также обнаружены различия в тестах LSD: III>IV ($p=0,0486$ для МД и $p=0,0137$ для Шнсп соответственно) и непараметрическом медианном тесте для параметра Шнсп (I>IV, $p=0,0447$) [7, 34, 69, 83].

Таким образом, в целом учитывая небольшие объемы выборок, относящихся к особым категориям малых выборок [15, 34, 69], для анализа которых наиболее адекватным является использование непараметрических критериев [7, 34, 69, 85], можно утверждать, что даже в неразделенных по полу выборках у таранных костей с различными типами пяточных суставных поверхностей имеются различия по степени убывания их статистической значимости в четырех показателях: длине головки, общей длине, медиальной длине и ширине задней суставной поверхности [4, 12, 45, 51]. Самый общий вывод по этим результатам может быть следующим: остеометрические параметры таранных костей с разными типами пяточных суставных фасеток явно различаются, но, по-видимому, эти различия специфичны по полу [4, 14, 26, 27, 28, 45, 51, 102, 104].

Поскольку в смешанной выборке присутствовали как мужские, так и женские кости правой и левой сторон, отсутствие статистически значимых различий таранных костей с разными типами суставных пяточных фасеток по отдельным их линейным параметрам не было неожиданным. Исходя из этого, однофакторный дисперсионный анализ как минимум по фактору пола был предпринят нами по

мужской и женской выборкам отдельно, и для снижения вероятности получения ложноположительных результатов был использован критерий Бонферрони. Его результаты показали, что как в мужской выборке число линейных количественных параметров, дифференцирующих таранные кости с различными типами суставных поверхностей, так и в женской (несмотря на ее малочисленность) существенно возросло до четырех.

Интересно отметить, что при разделении смешанной выборки на две отдельные по признаку пола выборки достоверность различий по длине головки для таранных костей первого и второго типа (см. выше) как в женской, так и в мужской выборке по критерию Бонферрони становилась статистически незначимой. Уже из этого незначительного, на первый взгляд, факта можно сделать вывод о том, что различия длины головки таранных костей с суставными фасетками первого и второго типов обусловлены фактором пола, а не различиями типов фасеток. Использование же менее мощного критерия Фишера в этом случае все же демонстрирует сохранение указанных различий в мужской выборке на достаточно высоком уровне $p=0,0137$ и подтверждает достоверность различий в этом показателе между костями второго и четвертого типов ($II>IV$, или $35,2\pm0,59>32,8\pm0,67$, $p=0,0391$) (в таблице 6 значения достоверности различий указаны лишь по строгому критерию Бонферрони). Дифференцирующими кости с разными типами суставных фасеток в мужской выборке таранных костей оказались остеометрические параметры длины, передней высоты, латеральной высоты блока и ширины задней суставной поверхности (табл. 6).

Анализ данных, представленных в таблице 6, показывает, что остеометрические параметры таранных костей с разными типами суставных пяточных фасеток в целом, за небольшим исключением нескольких параметров (длины головки, длины задней суставной поверхности, задней и передней ширины блока), распределяются по формуле $I>II>III>IV$ или по формуле $I\geq II>III>IV$. При этом наибольшие остеометрические показатели присущи таранным костям с первым типом суставных пяточных фасеток, наименьшие – таранным костям с четвертым типом.

Таблица 6 – Остеометрические показатели мужских таранных костей с разными типами пяточных суставных фасеток ($M \pm \sigma$, $N=49$)

№ п/п	Наименование остеометрического параметра	Типы суставных фасеток				Формула различий костей	p=
		I тип	II тип	III тип	IV тип		
		N=5	N=28	N=7	N=9		
1	Длина	57,0 $\pm$ 3,80	56,5 $\pm$ 3,15*	56,1 $\pm$ 2,73	53,3 $\pm$ 1,25*	I>II*>III>IV*	0,0337
2	Наибольшая длина	60,5 $\pm$ 4,15	61,1 $\pm$ 3,67	60,6 $\pm$ 3,65	58,0 $\pm$ 1,78	II>I>III>IV	нд**
3	Медиальная длина	56,5 $\pm$ 4,41	56,7 $\pm$ 3,08	56,3 $\pm$ 2,61	53,9 $\pm$ 1,49	II>I>III>IV	нд
4	Длина блока	36,6 $\pm$ 2,16	36,26 $\pm$ 3,00	36,7 $\pm$ 3,65	34,2 $\pm$ 1,27	I>II>III>IV	нд
5	Длина шейки и головки	25,6 $\pm$ 1,34	23,1 $\pm$ 3,41	22,0 $\pm$ 1,60	21,6 $\pm$ 1,48	I>II>III>IV	нд
6	Длина головки	31,5 $\pm$ 2,91	35,2 $\pm$ 3,14	33,1 $\pm$ 3,08	32,8 $\pm$ 2,02	II>I<III>IV	нд
7	Длина зад. суст. поверхн.	31,4 $\pm$ 5,24	33,1 $\pm$ 2,21	33,7 $\pm$ 1,80	31,2 $\pm$ 1,48	II>I>III>IV	нд
8	Передняя высота	54,2 $\pm$ 2,47	54,0 $\pm$ 2,18*	52,3 $\pm$ 2,69	51,1 $\pm$ 1,44*	I>II*>III>IV*	0,008
9	Задняя высота	48,1 $\pm$ 1,34	48,3 $\pm$ 2,23	47,5 $\pm$ 3,16	46,9 $\pm$ 1,95	II>I>III>IV	нд
10	Латер. высота блока	33,9 $\pm$ 2,56	33,7 $\pm$ 2,79*	32,6 $\pm$ 2,88	30,6 $\pm$ 1,46*	I>II*>III>IV*	0,017
11	Медиальн. высота блока	27,8 $\pm$ 2,36	27,2 $\pm$ 2,27	26,6 $\pm$ 1,63	25,9 $\pm$ 1,89	I>II>III>IV	нд
12	Ширина	43,1 $\pm$ 4,09	43,5 $\pm$ 2,86	43,0 $\pm$ 2,28	41,2 $\pm$ 2,13	II>I>III>IV	нд
13	Задняя ширина	30,1 $\pm$ 4,68	29,1 $\pm$ 3,34	29,9 $\pm$ 4,62	28,5 $\pm$ 2,74	I>II>III>IV	нд
14	Задняя ширина блока	27,7 $\pm$ 4,06	28,1 $\pm$ 2,58	27,4 $\pm$ 4,43	26,5 $\pm$ 2,12	II>I>III>IV	нд
15	Передняя ширина блока	34,7 $\pm$ 3,40	35,3 $\pm$ 3,95	35,5 $\pm$ 2,74	34,9 $\pm$ 2,29	II>I>III>IV	нд
16	Ширина головки	25,9 $\pm$ 3,16	24,7 $\pm$ 2,35	24,7 $\pm$ 3,52	23,4 $\pm$ 1,90	I>II>III>IV	нд
17	Шир. зад. суст. поверхн.	25,5 $\pm$ 5,14*	22,9 $\pm$ 1,69	23,0 $\pm$ 2,38	21,6 $\pm$ 1,36*	I*>II>III>IV*	0,023

Примечание: * – соответствующие значения параметров, имеющие статистически значимые различия в приведенной в столбце справа формуле различий средних величин по критерию Бонферрони в анализе ANOVA;
 ** – недостоверные различия.

Таблица 7 – Osteометрические показатели женских таранных костей с разными типами пяточных суставных фасеток ($M \pm \sigma$, $N=26$)

№ п/п	Наименование остеомерического параметра	Типы суставных фасеток				Формула различий костей	p=**
		I тип	II тип	III тип	IV тип		
		N=5	N=14	N=4	N=3		
1	Длина	51,4 $\pm$ 2,56	51,5 $\pm$ 2,77*	55,6 $\pm$ 4,76*	50,2 $\pm$ 2,81*	II*(=I)<III*>IV*	0,0331
2	Наибольшая длина	55,1 $\pm$ 3,31	55,0 $\pm$ 3,10	59,6 $\pm$ 6,73	54,2 $\pm$ 4,99	III>I>II>IV	нд***
3	Медиальная длина	51,6 $\pm$ 2,11	51,6 $\pm$ 2,58*	55,4 $\pm$ 4,37*	50,3 $\pm$ 3,51*	II*(=I)<III*>IV*	0,0324
4	Длина блока	32,6 $\pm$ 2,08	32,9 $\pm$ 2,98	33,6 $\pm$ 2,64	32,7 $\pm$ 3,50	III>II>IV>I	нд
5	Длина шейки и головки	20,8 $\pm$ 2,61	21,0 $\pm$ 3,07	23,0 $\pm$ 2,28	21,2 $\pm$ 1,54	III>IV>II>I	нд
6	Длина головки	29,8 $\pm$ 1,87	31,0 $\pm$ 2,21	32,7 $\pm$ 3,96	30,5 $\pm$ 2,87	III>II>IV>I	нд
7	Длина зад. суст. поверхн.	31,5 $\pm$ 1,76	30,4 $\pm$ 2,11	32,5 $\pm$ 3,79	31,4 $\pm$ 2,39	III>I>IV>II	нд
8	Передняя высота	50,1 $\pm$ 2,18	50,2 $\pm$ 1,76	51,8 $\pm$ 3,50	50,8 $\pm$ 2,26	III>IV>II>I	нд
9	Задняя высота	46,1 $\pm$ 1,89	45,1 $\pm$ 2,31*	47,8 $\pm$ 2,71*	44,3 $\pm$ 1,18	III*>II*(=I)>IV	0,0463
10	Латер. высота блока	30,4 $\pm$ 1,84	29,9 $\pm$ 2,61	31,1 $\pm$ 3,52	28,3 $\pm$ 3,32	III>I>II>IV	нд
11	Медиальн. высота блока	24,5 $\pm$ 1,96	24,1 $\pm$ 1,73	25,4 $\pm$ 3,71	24,3 $\pm$ 2,14	III>I>IV>II	нд
12	Ширина	40,2 $\pm$ 3,03	39,2 $\pm$ 2,08	42,3 $\pm$ 5,75	38,5 $\pm$ 5,26	III>I>II>IV	нд
13	Задняя ширина	27,2 $\pm$ 3,86	26,8 $\pm$ 2,64	29,6 $\pm$ 3,24	26,7 $\pm$ 2,87	III>I>II>IV	нд
14	Задняя ширина блока	26,7 $\pm$ 3,36	24,6 $\pm$ 2,58	26,5 $\pm$ 1,46	25,1 $\pm$ 4,21	I>III>IV>II	нд
15	Передняя ширина блока	31,0 $\pm$ 2,01	32,9 $\pm$ 2,88*	35,5 $\pm$ 4,81*	30,5 $\pm$ 2,64*	III*>I*(=II)>IV*	0,0453
16	Ширина головки	22,8 $\pm$ 2,29	22,6 $\pm$ 2,36	25,6 $\pm$ 5,25	22,9 $\pm$ 0,80	III>IV>I>II	нд
17	Шир. зад. суст. поверхн.	21,9 $\pm$ 1,60	21,3 $\pm$ 1,84	22,5 $\pm$ 2,69	20,0 $\pm$ 0,92	III>I>II>IV	нд

Примечание: * – соответствующие значения параметров, имеющие статистически значимые различия в приведенной в столбце справа формуле различий средних величин по критерию наименьших различий средних (LSD) Фишера в ANOVA;
 p=** – наименьшее значение критерия при нескольких различиях в строке;
 *** – недостоверные различия.

По данным как разведочного параметрического (ANOVA), так и непараметрического (медианный тест и тест Краскела-Уоллиса) анализов для выборки женских таранных костей с разными типами суставных фасеток каких-либо различий остеометрических параметров получено не было, что, возможно, обусловлено малой численностью группы наблюдения. Однако точный однофакторный ANOVA показал наличие таких различий между отдельными группами по критерию наименьших значимых различий средних величин Фишера, данные по которым представлены в таблице 7.

Как видно из таблицы 7, спектр различий таранных костей с разными типами пяточных суставных фасеток женской выборки существенно отличается от такового в мужской выборке. Более того, обращает на себя внимание тот факт, что на первое место по размерам кости, точнее по максимуму значений остеометрических параметров, вышел третий тип как в группе четырех обнаруженных достоверных различий, так и в группе недостоверных (н.д.) различий, представленных в крайней правой колонке таблицы.

Несмотря на малочисленность выборки, в женской выборке, в отличие от мужской, по трем из четырех одних и тех же параметров статистически значимые различия наблюдались между несколькими группами одновременно. Это были общая и медиальная длина таранной кости, а также передняя ширина ее блока. При этом значения соответствующих параметров таранных костей по двум первым параметрам длины с пяточными суставными фасетками третьего типа превышали таковые с пяточными суставными фасетками второго и четвертого типов. В мужской же выборке, при одном и том же обнаруженном числе статистически значимых различий между средними значениями четырех остеометрических параметров таранных костей с разными типами пяточных суставных фасеток, эти различия наблюдались лишь в одной паре типов, то есть между вторым и четвертым типами (в трех случаях параметров), и только в одном случае – для первого и четвертого типов (для ширины задней суставной поверхности).

Что касается спектра обнаруженных различий, то лишь один из статистически значимых параметров общей длины показал ее превалирование в

костях второго типа. Учитывая статистическую незначимость различий по этому параметру между таранными костями первого и второго типов, можно предположить, что указанная выше общая направленность увеличения в векторе удлинения сопровождается одновременно как расширением площади пяточных суставных фасеток, так и увеличением их числа. Рассмотрение различий остальных остеометрических параметров таранных костей с разными типами пяточных суставных фасеток по данным таблиц 6 и 7 приводит к выводу о том, что в мужской выборке они проявляются в увеличенных показателях передней высоты, высоты блока и ширины задней суставной поверхности костей первого и второго типов. В женской же выборке аналогичные различия сосредоточены на увеличении показателя задней высоты и передней ширины блока, но у костей с третьим типом пяточных суставных фасеток, частично разделенными бороздкой и частично гребнем.

В целом специфика различий таранных костей по полу направлена в сторону увеличения размеров костей первого и второго типов и их уменьшения с увеличением размеров площади и числа пяточных суставных фасеток. В женской выборке аналогичная специфика проявляется в превалировании размеров таранных костей с суставными фасетками третьего типа и уменьшении размеров костей других типов. Следовательно, на основании полученных и отображенных в таблицах 6 и 7 результатов можно утверждать о достоверности вышесказанного предположения о специфичности по полу, но явном различии остеометрических параметров таранных костей с разными типами пяточных суставных фасеток.

Проводимые исследования разновидностей суставных поверхностей таранной кости дают возможность не только судить о морфологических особенностях ископаемых предковых видов человека, но и делать выводы о механизмах их локомоции. Равным образом это может способствовать и более глубокому пониманию происходящих в процессе адаптации к различным условиям окружающей среды изменений. Необходимость индивидуального подхода в клинической практике подчеркивается проведенным анализом анатомических вариаций пяточных суставных поверхностей. Важность учета всех упомянутых

факторов при диагностике и лечении различных заболеваний определяется значительным влиянием формы и структуры суставных поверхностей на функциональные характеристики голеностопного сустава.

3.2 Анатомическая изменчивость мужских таранных костей по данным прямой и рентгеновской остеометрии

В таблице 8 представлены морфометрические параметры таранных костей мужчин, полученные методом прямой остеометрии, без учета стороны тела.

Таблица 8 – Морфометрические параметры, характеризующие результаты прямых остеометрических измерений мужских таранных костей независимо от их билатеральной принадлежности

	Valid N	Mean $\pm\sigma$	Standard Error	Довер. интервал (ДИ) -95%÷+95%	Median	Min	Max	CV%
Длина	49	56,0 $\pm$ 3,10	0,44	55,0÷56,8	55,5	48,5	62,6	5,55
Наиб. длина	49	60,4 $\pm$ 3,54	0,51	59,4÷61,4	59,2	52,4	67,9	5,86
Мед. длина	49	56,1 $\pm$ 3,06	0,44	55,2÷57,0	55,8	49,7	63,1	5,45
Длина блока	49	35,9 $\pm$ 2,85	0,41	35,1÷36,8	36,1	29,8	42,7	7,92
Длина шейки и головки	49	22,9 $\pm$ 2,94	0,42	22,1÷23,8	22,6	17,4	32,2	12,8
Длина головки	49	34,1 $\pm$ 3,16	0,45	33,2÷35,0	34,3	26,9	39,5	9,27
Длина зад. суст. пов-ти	49	33,1 $\pm$ 2,67	0,38	32,3÷33,9	33,3	22,7	38,9	8,06
ширина	49	43,0 $\pm$ 2,86	0,41	42,1÷43,8	42,0	37,1	50,5	6,65
Зад. ширина	49	29,2 $\pm$ 3,50	0,50	28,2÷30,2	28,6	22,7	39,3	11,99
Зад. шир. блока	49	27,7 $\pm$ 2,95	0,42	26,8÷28,5	27,2	22,2	33,8	10,6
Перед. шир. блока	49	35,2 $\pm$ 3,41	0,49	34,2÷36,2	35,3	26,5	44,4	9,68
Шир. головки	49	24,6 $\pm$ 2,56	0,37	23,9÷25,3	24,2	20,1	31,5	10,4

Продолжение таблицы 8

Шир. Зад. суст. пов-ти	49	23,0±2,41	0,35	22,3÷23,7	22,6	19,2	33,1	10,5
Перед. выс.	49	53,3±2,41	0,35	52,6÷54,0	52,9	49,1	59,1	4,53
Зад. выс.	49	47,9±2,26	0,32	47,2÷48,5	48,0	42,8	52,6	4,73
Лат. выс. блока	49	33,0±2,80	0,40	32,2÷33,8	32,8	27,2	41,7	8,48
Мед. выс. блока	49	27,0±2,15	0,31	26,4÷27,6	26,9	21,7	31,4	7,97

При анализе данных, представленных в таблице 8, обращает на себя внимание выраженная вариабельность остеометрических параметров таранных костей мужчин: коэффициент вариации отдельных показателей колеблется в пределах от 4,53% до 12,80%. Наибольшая длина составляет 60,4±3,54 мм (пределы колебаний 52,4–67,9 мм). Длина варьирует от 48,5 до 62,6 мм при среднем значении 56,0±3,10 мм, коэффициент вариации данного параметра равен 5,55%. Медиальная длина имеет среднее значение 56,1±3,06 мм и колеблется в диапазоне от 49,7 до 63,1 мм, ее коэффициент вариации составляет 5,45%. Средняя длина блока равна 35,9±2,85 мм при пределах колебаний 29,8–42,7 мм. Одним из наиболее вариабельных параметров оказалась длина шейки и головки: ее среднее значение составляет 22,9±2,94 мм, диапазон значений – от 17,4 до 32,2 мм, а коэффициент вариации достигает 12,80%. Длина головки в среднем равна 34,1±3,16 мм (пределы колебаний 26,9–39,5 мм), коэффициент вариации – 9,27%. Длина задней суставной поверхности имеет среднее значение 33,1±2,67 мм и варьирует от 22,7 до 38,9 мм, ее коэффициент вариации составляет 8,06%.

Ширина таранной кости у мужчин в среднем равна 43,0±2,86 мм, пределы колебаний – от 37,1 до 50,5 мм, коэффициент вариации – 6,65%. Задняя ширина характеризуется высокой вариабельностью: среднее значение составляет 29,2±3,50 мм, минимальное и максимальное значения – 22,7 мм и 39,3 мм соответственно, коэффициент вариации достигает 11,99%. Задняя ширина блока изменяется в пределах от 22,2 до 33,8 мм, ее среднее значение равно 27,7±2,95 мм. Передняя ширина блока составляет в среднем 35,2±3,41 мм при диапазоне значений от 26,5

до 44,4 мм, коэффициент вариации – 9,69%. Ширина головки варьирует от 20,1 до 31,5 мм, среднее значение – $24,6 \pm 2,56$ мм, коэффициент вариации – 10,41%. Среднее значение ширины задней суставной поверхности мужских таранных костей равно $23,0 \pm 2,41$ мм, коэффициент вариации составляет 10,48%.

Передняя высота имеет среднее значение $53,3 \pm 2,41$ мм (пределы колебаний 49,1–59,1 мм) и демонстрирует наименьшую вариабельность среди всех изученных параметров: коэффициент вариации составляет всего 4,53%. Задняя высота имеет пределы изменений от 42,8 до 52,6 мм и среднее значение $47,9 \pm 2,26$ мм; нормальное распределение данных обусловлено совпадением среднего значения с медианой, при этом у коэффициента вариации низкое значение равно 4,73%. Диапазон значений латеральной высоты блока у мужчин – от 27,2 до 41,7 мм, среднее же значение $33,0 \pm 2,80$ мм, коэффициент вариации – 8,48%. Среднее значение медиальной высоты блока – $27,0 \pm 2,15$ мм, коэффициент вариации – 7,97% в значениях от 21,7 до 31,4 мм; симметричное распределение подтверждается совпадением среднего значения с медианой.

Так, значительные индивидуальные различия в анатомии переднего и заднего отделов кости отражаются параметрами длины шейки и головки ($CV=12,80\%$) и задней ширины ($CV=11,99\%$), имеющими наибольшую вариабельность. Меньшая вариабельность характерна параметрам передней ($CV=4,53\%$) и задней высот ($CV=4,73\%$), что может рассматриваться как свидетельство функциональной консервативности в биомеханике голеностопного сустава (табл. 8).

Прямые остеометрические параметры 27 правых и 22 левых мужских таранных костей представлены на рисунках 5–8. При глубоком анализе полученных измерений обнаруживается вариативность большинства изученных показателей. Существенная индивидуальная изменчивость морфологических параметров является свидетельством широкого диапазона значений коэффициента вариации как для костей правой, так и для костей левой стороны.

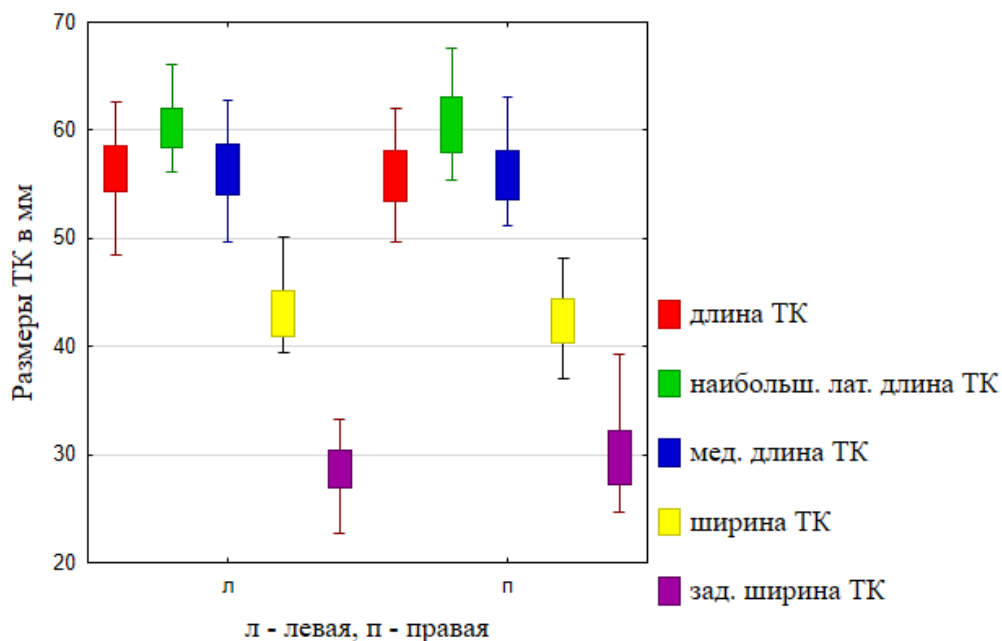


Рисунок 5 – Диаграмма общих длиннотных и широтных параметров, которая характеризует прямые остеометрические показатели правых и левых мужских таранных костей

Средние значения наибольшей длины таранных костей практически идентичны для правой и левой сторон, что указывает на высокую степень билатеральной симметрии. Размахом индивидуальных значений для обеих сторон демонстрируется значительное перекрытие, при этом коэффициенты вариации остаются в границах умеренных значений. Такого рода закономерность доказывает, что этот морфометрический признак относительно стабилен в рамках исследованной выборки.

Общая длина таранных костей имеет схожую тенденцию, заключающуюся в нахождении в рамках статистической погрешности средних значений превышающих показателей левой стороны, при этом доверительные интервалы этих значений демонстрируют существенное перекрытие. Это позволяет говорить об отсутствии достоверных билатеральных различий. Умеренные значения коэффициентов вариации данного параметра указывают на относительно стабильную морфологическую организацию.

В процессе проведенного анализа медиальной длины таранных костей было определено, что результаты для правой и левой сторон сопоставимы: практически идентичны средние значения, в значительной степени перекрываются диапазоны

индивидуальных колебаний, помимо этого о высокой стабильности медиальной длины как морфологического признака свидетельствуют низкие коэффициенты вариации.

Рассмотрение широтных параметров продемонстрировало несколько иную картину при обнаруженных сходствах. Хотя средние значения ширины таранных костей левой стороны так же, как и в предыдущем параметре несколько превышали показатели правой стороны и коэффициенты вариации были аналогично умеренными, что указывало на большую индивидуальную изменчивость по сравнению с параметрами длины, диапазонами индивидуальных значений демонстрировался значительный разброс, особенно для костей левой стороны.

Параметр задней ширины таранных костей имеет большую вариабельность: коэффициент вариации достигает максимальных значений среди всех изученных параметров для костей левой стороны, а это, в свою очередь, указывает на высокую степень индивидуальной изменчивости рассматриваемой анатомической характеристики. При незначительном различии средних значений диапазоны индивидуальных колебаний остаются широкими для обеих сторон. (рис. 5).

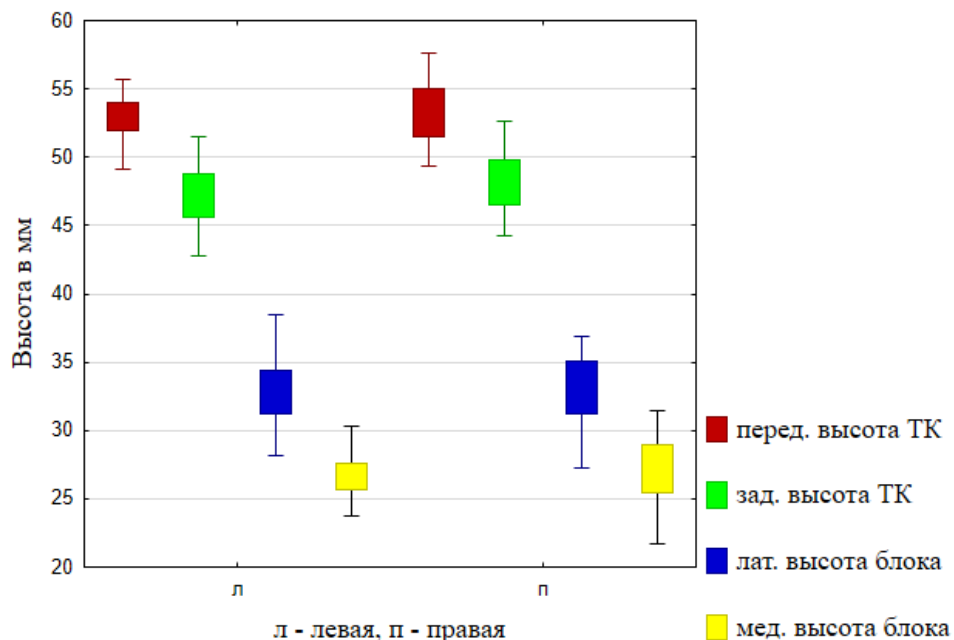


Рисунок 6 – Диаграмма высотных параметров, которая характеризует прямые остеометрические показатели правых и левых мужских таранных костей

От 52 до 54 мм – доверительный интервал передней высоты таранных костей правой стороны, стандартное отклонение незначительно при среднем значении в 53 мм. При этом коэффициент вариации демонстрирует минимальное значение среди всех изученных параметров, что свидетельствует о высокой стабильности данной анатомической характеристики. Передняя высота таранных костей левой стороны в среднем практически идентична показателям правой стороны, диапазон индивидуальных значений остается в сопоставимых пределах, а коэффициент вариации также относится к категории низких. Такая закономерность указывает на функциональную консервативность высотных параметров мужских таранных костей и подтверждает высокую степень билатеральной симметрии этой анатомической структуры.

Анализ задней высоты таранных костей выявил схожую картину стабильности морфометрических показателей. Для костей правой стороны диапазон индивидуальных значений варьирует в умеренных пределах, среднее значение составляет около 48 мм при низком коэффициенте вариации. Для таранных костей левой стороны доверительный интервал среднего значения задней высоты находится в сопоставимых пределах, среднее значение незначительно отличается от показателей правой стороны. Диапазон индивидуальных значений демонстрирует сходную картину распределения, коэффициент вариации остается низким, что указывает на низкую степень изменчивости данного параметра и его функциональную стабильность в процессе индивидуального развития.

Исследование латеральной и медиальной высоты блока таранных костей правой стороны показало определенные различия между этими параметрами. Анатомические особенности строения блока таранной кости отражаются превышающими средними значениями медиальной высоты над высотой блока. Умеренным разбросом характеризуется размах индивидуальных значений для обоих параметров, однако коэффициенты вариации остаются в пределах допустимых значений.

Доверительный интервал среднего значения латеральной высоты блока идентичен для таранных костей левой и правой сторон. Это свидетельствует о

высокой степени билатеральной симметрии параметра. Также соответствие имеют и средние значения медиальной высоты блоков обеих сторон, диапазон значений остается в умеренных пределах, а доверительный интервал демонстрирует существенное перекрытие с правосторонними показателями.

Представленный коэффициент вариации медиальной высоты блока находится в пределах умеренных значений, что является свидетельством большей вариабельности этого параметра в сравнении с другими высотными характеристиками таранной кости (рис. 6).

На основании этого можно сделать следующий вывод: для высотных параметров мужских таранных костей характерны высокая степень стабильности и выраженная билатеральная симметрия. На функциональную консервативность указывают минимальные коэффициенты вариации для передней и задней высоты, чем может обуславливаться их ключевая роль в обеспечении биомеханики голеностопного сустава.

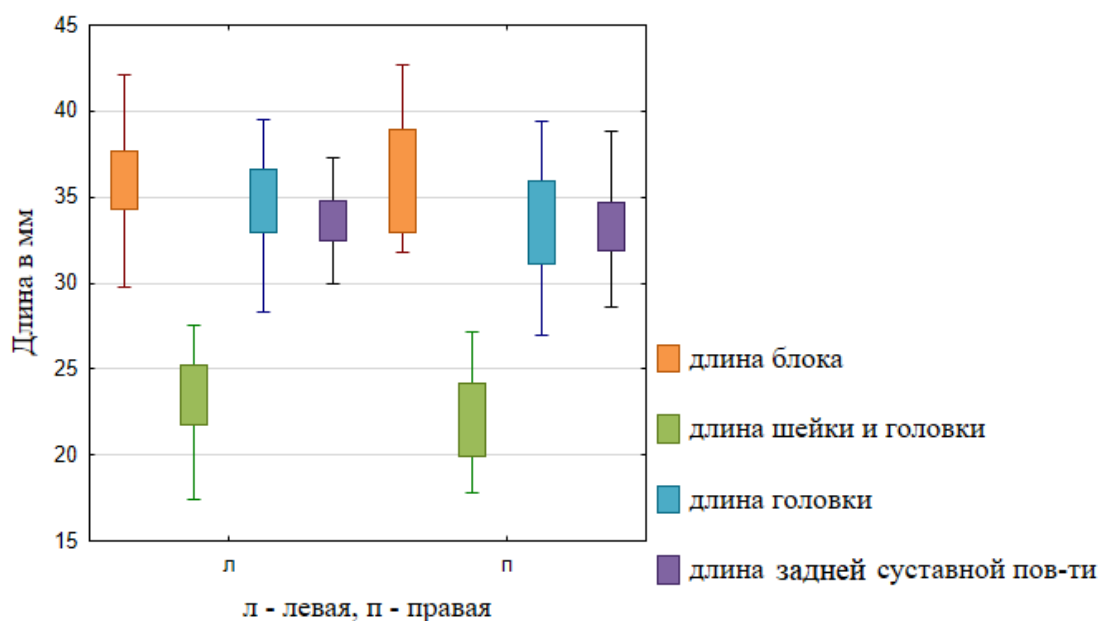


Рисунок 7 – Диаграмма длинотных параметров блока, шейки, головки и задней суставной поверхности, которая характеризует прямые остеометрические показатели правых и левых мужских таранных костей

Практически совпадает с медианным значением среднее значение длины блока таранных костей правой стороны с незначительным стандартным отклонением составляющее приблизительно 36 мм, что свидетельствует о

нормальном распределении длины блока в исследованной выборке. Стабильность рассматриваемой анатомической характеристики подтверждается умеренным разбросом максимальных и минимальных значений индивидуальных показателей, а также средними значениями коэффициента вариации. Показатели средних значений длины блока для таранных костей левой и правой сторон практически идентичны, в сопоставимых пределах остается и диапазон индивидуальных значений, а также коэффициент вариации с умеренными значениями. Этой закономерностью в мужской группе в очередной раз подтверждается высокая степень билатеральной симметрии длины блока таранной кости.

Проекционная длина шейки и головки таранных костей правой стороны находится в пределах от 21 до 24 мм, при коэффициенте вариации равном 11% среднее значение составляет приблизительно. Разброс значений для таранных костей левой стороны составляет от 17 до 28 мм с незначительным превышением показателей правой стороны. Ни один из ранее проанализированных параметров не показывал настолько высокого коэффициента вариации, как следствие индивидуальная изменчивость анатомии переднего отдела таранной кости более выражена. Такого рода закономерность может отражать влияние на формирование данной анатомической области функциональных нагрузок в процессе индивидуального развития.

По результатам анализа длины головки таранных костей была выявлена умеренная степень вариабельности данного параметра. Максимальные и минимальные значения для костей правой стороны варьируют в широких пределах, среднее значение – около 34 мм при приближающемся к 10% коэффициенте вариации. Для таранных костей левой стороны доверительный интервал среднего значения длины головки лежит в сопоставимых пределах, среднее значение незначительно превышает показатели правой стороны. Диапазон индивидуальных значений демонстрирует сходную картину распределения, коэффициент вариации остается в пределах умеренных значений, указывая на относительную стабильность данного морфометрического признака.

Исследование длины задней суставной поверхности таранных костей правой стороны показало высокую степень стабильности данного параметра. Доверительный интервал среднего значения находится в узких пределах от 32 до 34 мм. Среднее значение составляет около 33 мм с минимальным стандартным отклонением. Максимальные и минимальные значения демонстрируют умеренный разброс индивидуальных показателей, коэффициент вариации относится к категории низких значений, что свидетельствует о функциональной консервативности данной анатомической характеристики (рис. 7).

Среднее значение задней ширины блока таранных костей правой стороны составляет около 28 мм с незначительным стандартным отклонением. Диапазон индивидуальных значений варьирует в умеренных пределах, коэффициент вариации относится к категории средних значений, указывая на относительную стабильность данной анатомической характеристики. Для таранных костей левой стороны среднее значение задней ширины блока оказывается практически идентичным показателям правой стороны, минимальные и максимальные значения демонстрируют сопоставимую картину распределения. Доверительный интервал среднего значения находится в узких пределах, что подтверждает высокую степень билатеральной симметрии данного параметра в исследованной мужской группе.

Анализ передней ширины блока таранных костей выявил умеренную степень вариабельности этого морфометрического показателя. Для костей правой стороны минимальные и максимальные значения варьируют в достаточно широких пределах, среднее значение составляет около 35 мм при коэффициенте вариации, приближающемся к 10%. Для таранных костей левой стороны доверительный интервал среднего значения передней ширины блока лежит в сопоставимых пределах, среднее значение незначительно превышает показатели правой стороны. Диапазон индивидуальных значений демонстрирует сходную картину распределения, коэффициент вариации остается в пределах умеренных значений, указывая на относительную стабильность данного морфометрического признака в пределах исследованной выборки.

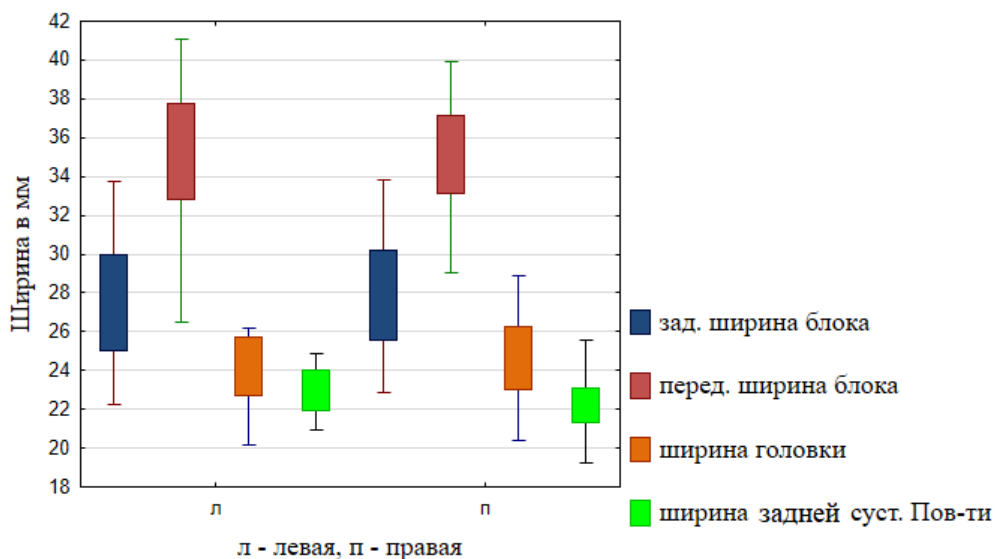


Рисунок 8 – Диаграмма широтных параметров блока, головки и задней суставной поверхности, характеризующая прямые остеометрические показатели правых и левых мужских таранных костей

Исследование ширины головки таранных костей показало высокую степень стабильности данного параметра для обеих сторон. Среднее значение для костей правой стороны составляет около 25 мм с минимальным стандартным отклонением. Диапазон значений остается в умеренных пределах. Для таранных костей левой стороны среднее значение ширины головки практически идентично показателям правой стороны, минимальные и максимальные значения демонстрируют сопоставимую картину распределения. Доверительный интервал среднего значения находится в узких пределах, что свидетельствует о высокой степени билатеральной симметрии и функциональной консервативности данной анатомической характеристики.

Анализ ширины задней суставной поверхности таранных костей правой стороны выявил высокую степень стабильности данного параметра. Среднее значение составляет около 22,5 мм с минимальным стандартным отклонением. Диапазон значений варьирует в узких пределах, что указывает на функциональную значимость данной анатомической области. Для таранных костей левой стороны средние значения длины и ширины задней суставной поверхности находятся в сопоставимых пределах. Доверительный интервал среднего значения длины задней суставной поверхности находится в узких пределах, диапазон значений ширины задней суставной поверхности остается в умеренных пределах. Наибольший

коэффициент вариации ($>12\%$) среди всех исследуемых показателей характеризуется данным параметром, это говорит о выраженной индивидуальной изменчивости обозначенной анатомической характеристики (рис. 8).

Результаты статистического анализа показали отсутствие достоверных различий между параметрами таранных костей обеих сторон. Наблюдается высокая степень билатеральной симметрии всех изученных морфометрических параметров, обусловленных превышающим пороговое значение уровнем значимости.

Следовательно, на основании анализа остеометрических параметров можно проследить четкую закономерность в распределении вариабельности показателей мужских таранных костей. Высокая функциональная консервативность в биомеханике голеностопного сустава обусловлена наименее вариабельными параметрами передней высоты ($4,42\%$) и задней высоты ($4,66\%$). Наибольшую изменчивость демонстрирует длина шейки и головки ($11,1\%$), а также задняя ширина ($11,99\%$) и ширина головки ($10,41\%$), что отражает значительные индивидуальные различия в анатомии передне-задних отделов кости. Для левых таранных костей аналогичную низкую вариабельность проявляют передняя высота ($4,77\%$) и задняя высота ($4,69\%$), тогда как наиболее вариабельными параметрами оказались длина шейки и головки ($14,1\%$), задняя ширина ($13,0\%$) и ширина задней суставной поверхности ($12,2\%$). Сопоставление параметров правых и левых таранных костей выявило их высокую симметрию: различия по всем измеренным показателям статистически недостоверны ($p > 0,05$), что подтверждает отсутствие выраженной направленной асимметрии в строении таранных костей у мужчин.

В таблице 9 приведены результаты рентгеновской остеометрии мужских таранных костей в общей выборке без дифференциации на правые и левые.

Следовательно, данные проведенного анализа рентгенометрических параметров таранной кости у представителей мужской группы демонстрируют широкий диапазон вариабельности морфологических характеристик. В существенных пределах от $4,26\%$ для ширины до $15,6\%$ для длины головки

находятся значения коэффициента вариации для различных рентгенологических параметров.

Размеры переднего и заднего отделов кости имеют предельную изменчивость показателей. В том числе, рентгенологическая длина головки имеет превышающий 15% коэффициент вариации. Высокий коэффициент вариации (~12%) имеет так же рентгенологическая длина шейки и головки. Превышает 11% и коэффициент вариации рентгенологической задней высоты. Такая закономерность значительно отличается от полученных при прямой остеометрии данных, в которых длиннотные параметры показывали меньшую вариабельность.

Таблица 9 – Морфометрические параметры, характеризующие результаты рентгеновских остеометрических измерений мужских таранных костей независимо от их билатеральной принадлежности

	Valid N	Mean $\pm\sigma$	Standard Error	Довер интервал (ДИ) -95%÷+95%	Median	Min	Max	CV%
Рг Длина	58	61,04 $\pm$ 4,21	0,55	59,94÷62,15	60,72	52,18	71,37	6,89
Рг Наиб. длина	58	65,30 $\pm$ 4,75	0,62	64,05÷66,55	64,73	55,22	77,33	7,28
Рг Ширина	58	41,78 $\pm$ 1,78	0,23	41,31÷42,25	41,54	36,91	48,46	4,26
Рг Перед. высота	58	30,34 $\pm$ 2,83	0,37	29,59÷31,08	30,43	21,37	35,90	9,33
Рг Зад. высота	58	35,13 $\pm$ 4,01	0,53	34,07÷36,18	35,57	24,17	42,66	11,42
Рг Высота блока	58	37,32 $\pm$ 2,93	0,37	36,55÷38,09	37,14	29,81	44,64	7,84
Рг Длина Шейки и Головки	58	26,03 $\pm$ 3,07	0,40	25,23÷26,84	26,02	18,28	33,63	11,78
Рг Длины Головки	58	15,58 $\pm$ 2,43	0,32	14,94÷16,21	15,56	10,23	22,51	15,60

В то же время рентгенологическая ширина, коэффициент вариации которой не превышает 4,5%, отличается среди всех рентгенометрических параметров минимальной вариабельностью. С коэффициентом вариации около 9% также демонстрирует относительно низкую степень изменчивости и рентгенологическая

передняя высота. Коэффициент вариации, приближающийся к 7%, характеризует рентгенологическую длину, что относится к категории умеренных значений.

У рентгенометрических параметров таранной кости на основании полученных данных различная степень стабильности, например, параметры ширины и передней высоты обладают высокой стабильностью, что подчеркивает их перспективу в качестве диагностических критериев при рентгенологическом исследовании, в то время как в параметрах длины головки и шейки наблюдаются выраженная индивидуальная изменчивость, требующая учета при интерпретации рентгенологических данных.

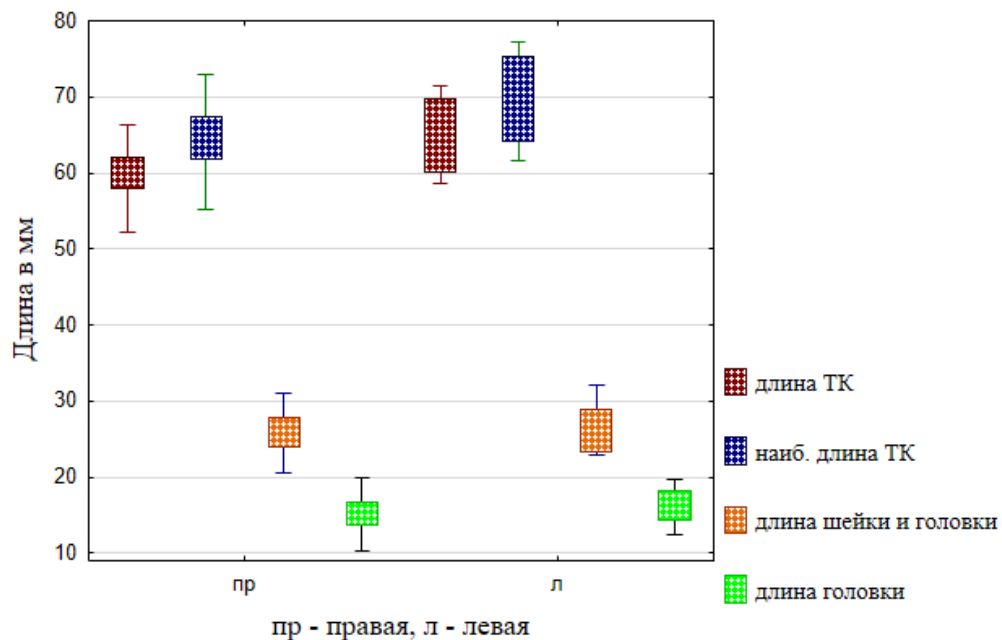


Рисунок 9 – Диаграмма длиннотных параметров, характеризующая рентгеноостеометрические показатели правых и левых мужских таранных костей

На рисунках 9 и 10 представлены морфометрические параметры, отражающие рентгеноостеометрические показатели правых и левых мужских таранных костей. Анализ полученных данных выявил высокую вариабельность исследованных рентгенологических параметров таранных костей. Коэффициент вариации для рентгенограмм костей правой стороны колеблется в широких пределах, демонстрируя существенную индивидуальную изменчивость морфологических характеристик. Для костей левой стороны разброс значений оказывается еще более выраженным, что указывает на большую степень

вариабельности левосторонних показателей по сравнению с правосторонними в исследованной выборке.

Среднее значение рентгенологической длины таранных костей правой стороны составляет около 60 мм с незначительным стандартным отклонением. Доверительный интервал среднего значения находится в относительно узких пределах, коэффициент вариации данного параметра относится к категории умеренных значений и не превышает 6%. Для таранных костей левой стороны среднее значение рентгенологической длины оказывается несколько выше показателей правой стороны, минимальные и максимальные значения демонстрируют широкий диапазон индивидуальных колебаний, что отражает выраженную вариабельность данного параметра в исследованной группе.

Среднее значение рентгенологической наибольшей длины таранных костей правой стороны составляет около 64 мм при существенном разбросе минимальных и максимальных значений. Для костей левой стороны среднее значение наибольшей длины превышает показатели правой стороны, доверительный интервал колеблется в более широких пределах, что подтверждает большую индивидуальную изменчивость левосторонних показателей.

Среднее значение рентгенологической длины шейки и головки таранных костей правой стороны составляет около 26 мм, варьируя в широких пределах при коэффициенте вариации, превышающем 11%. Доверительный интервал для костей левой стороны находится в сопоставимых пределах, среднее значение незначительно превышает показатели правой стороны, коэффициент вариации остается на уровне 11%, указывая на умеренную степень изменчивости данного параметра.

Доверительный интервал рентгенологической длины головки таранных костей правой стороны лежит в диапазоне от 14 до 16 мм, среднее значение составляет около 15 мм. Минимальные и максимальные значения демонстрируют существенный разброс индивидуальных показателей. Данный параметр демонстрирует самый высокий коэффициент вариации среди всех изученных показателей для костей правой стороны, превышающий 15%. Среднее значение

длины головки для костей левой стороны составляет около 17 мм при минимальных и максимальных значениях в сопоставимых пределах, что свидетельствует о выраженной индивидуальной изменчивости размеров головки таранной кости в обеих исследованных подгруппах (рис. 9).

Согласно полученным данным, рентгенометрические параметры таранных костей характеризуются различной степенью стабильности. Умеренная вариабельность с коэффициентами вариации в пределах 6–7% характеризует параметры длины. Более выраженную изменчивость с коэффициентами вариации около 11% имеют параметры длины шейки и головки. Наибольшую вариабельность среди всех изученных показателей демонстрирует длина головки, что требует учета при интерпретации рентгенологических данных.

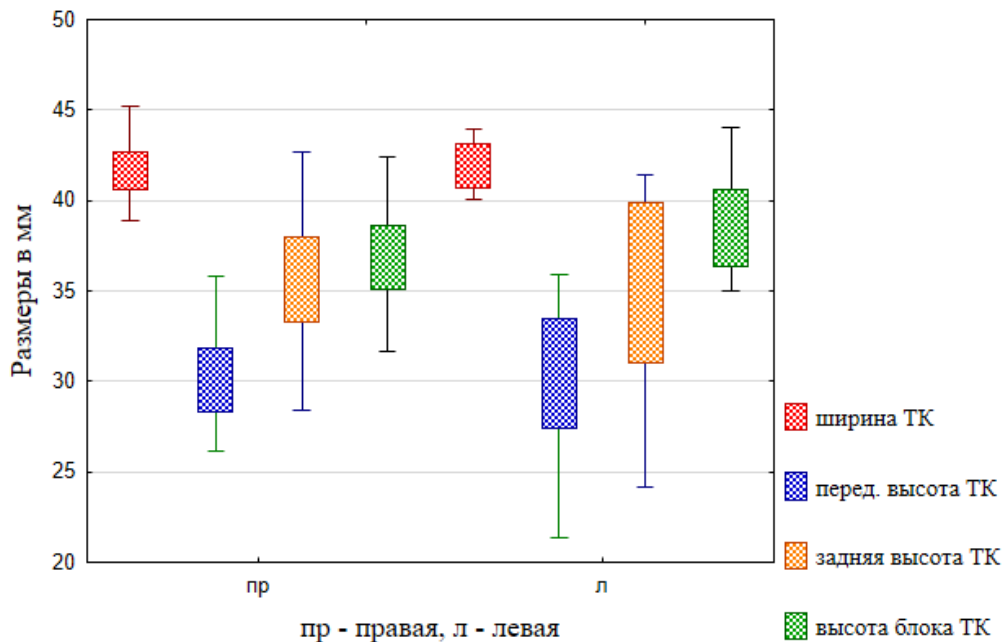


Рисунок 10 – Диаграмма широтных и высотных параметров, характеризующая рентгеноостеометрические показатели правых и левых мужских таранных костей

Рентгенологическая ширина таранных костей правой стороны в среднем составляет около 42 мм с минимальным стандартным отклонением. Этот показатель стабилен благодаря находящемуся в узком диапазоне доверительного интервала. Не превышает 4% коэффициент вариации ширины таранной кости, делая этот параметр при рентгенологическом исследовании исключительно стабильным. Рентгенологическая ширина для костей левой стороны несколько

выше показателей правой стороны, доверительный интервал имеет более широкие пределы. Из чего следует вывод, что левосторонние показатели отражают большую индивидуальную изменчивость.

Доверительный интервал рентгенологической передней высоты таранных костей правой стороны – от 29 до 31 мм, среднее значение – около 30 мм. Минимальные и максимальные значения указывают на умеренный разброс индивидуальных показателей. Среднее значение рентгенологической передней высоты для костей левой стороны практически соответствует показателям правой стороны, тем не менее минимальные и максимальные значения выявляют более широкий диапазон индивидуальных колебаний. Коэффициент вариации данного параметра достигает почти 15%, что указывает на выраженную индивидуальную изменчивость передней высоты таранной кости в исследованной группе.

Среднее значение рентгенологической задней высоты таранных костей правой стороны составляет около 35 мм, диапазон индивидуальных значений варьирует в существенных пределах при коэффициенте вариации около 10%. Для костей левой стороны наибольший коэффициент вариации среди всех изученных параметров также наблюдается у рентгенологической задней высоты, превышающий 16%. Среднее значение составляет около 34 мм, доверительный интервал колеблется в более широких пределах по сравнению с правой стороной, что подтверждает большую вариабельность левосторонних показателей.

Среднее значение рентгенологической высоты блока таранных костей правой стороны составляет около 37 мм при минимальных и максимальных значениях в умеренных пределах. Коэффициент вариации относится к категории умеренных значений, не превышая 8%. Для костей левой стороны среднее значение рентгенологической высоты блока несколько превышает показатели правой стороны, доверительный интервал находится в сопоставимых пределах, коэффициент вариации остается на уровне 7,5%, указывая на относительную стабильность данного морфометрического признака (рис. 10).

При статистическом анализе билатеральной изменчивости достоверные различия между правыми и левыми таранными костями выявлены лишь для двух

параметров: рентгенологической длины и рентгенологической наибольшей длины. Уровень значимости для этих показателей превышает пороговые значения, что свидетельствует об общей симметрии строения таранной кости при наличии незначительной направленной асимметрии по продольным размерам.

Анализ полученных данных показал, что среди прямых остеометрических параметров, как для правых, так и для левых мужских таранных костей, к наиболее вариабельным относятся задняя ширина и длина шейки и головки. Наименьшее значение коэффициента вариации для мужских костей наблюдались у высотных параметров: передняя и задняя высота. Билатеральные различия для прямых остеометрических параметров не достоверны. Среди рентгеновских остеометрических параметров мужских таранных костей наиболее вариабельным является длина головки, длина шейки и головки и задняя высота, наименее – ширина кости. Для параметров длины и наибольшей длины рентгеноостеометрических параметров нами получены достоверные билатеральные различия.

3.3 Изменчивость остеометрических указателей прямой и рентгеновской остеометрии мужских таранных костей

В таблице 10 представлены значения индексов остеометрических параметров таранных костей мужчин без учета стороны тела. Анализ данных показывает высокую вариабельность исследованных параметров, коэффициент вариации колеблется от 3,89% до 22,97%.

Среднее значение указателя длины блока мужских костей составляет $0,64 \pm 0,03$ и совпадает с медианой, доверительный интервал колеблется от 0,63 до 0,65; коэффициент вариации данного параметра относительно невысок и равен 5,23%. Среднее значение указателя длины шейки и головки равно $0,41 \pm 0,05$, варьируя от 0,30 до 0,59. Максимальное значение указателя длины головки составляет 0,71, минимальное – 0,48, среднее значение равно $0,61 \pm 0,05$ при коэффициенте вариации 8,16%.

Максимальное значение широтно-продольного указателя достигает 0,94, минимальное – 0,58, среднее значение составляет $0,77 \pm 0,09$. Средние значения указателя ширины блока и указателя передней ширины блока равны соответственно $1,22 \pm 0,18$ и $0,98 \pm 0,10$; доверительный интервал указателя ширины блока находится в пределах от 1,17 до 1,27, коэффициент вариации данного параметра относительно высок и составляет 14,37%; указатель передней ширины блока варьирует от 0,64 до 1,17 при коэффициенте вариации 10,26%. Среднее значение указателя сужения блока равно $0,79 \pm 0,09$ и совпадает с медианой, доверительный интервал колеблется от 0,77 до 0,82.

Таблица 10 – Значения индексов остеометрических параметров мужских таранных костей независимо от их билатеральной принадлежности

	Valid N	Mean $\pm\sigma$	Stand ard Error	Доверит. интервал (ДИ) -95% ÷ +95%	Median	Min	Max	CV%
ДБ/ДТК (УДБ)	49	$0,64 \pm 0,03$	0,005	$0,63 \div 0,65$	0,64	0,58	0,71	5,23
ДШиГ/ДТК (УДШиГ)	49	$0,41 \pm 0,05$	0,007	$0,40 \div 0,43$	0,42	0,30	0,59	12,65
ДГ/ДТК (УДГ)	49	$0,61 \pm 0,05$	0,007	$0,60 \div 0,62$	0,61	0,48	0,71	8,16
ЗШБ/ДБ (ШПУ)	49	$0,77 \pm 0,09$	0,01	$0,75 \div 0,80$	0,77	0,58	0,94	11,72
ШБ/ШТК (УШБ)	49	$1,22 \pm 0,18$	0,03	$1,17 \div 1,27$	1,22	0,93	1,69	14,37
ПШБ/ДБ (УПШБ)	49	$0,98 \pm 0,10$	0,01	$0,95 \div 1,01$	1,00	0,64	1,17	10,26
ЗШБ/ПШБ (УСБ)	49	$0,79 \pm 0,09$	0,01	$0,77 \div 0,82$	0,79	0,54	0,98	11,61
ПШБ/ШТК (УОШВСП)	49	$0,82 \pm 0,07$	0,01	$0,80 \div 0,84$	0,82	0,62	0,98	8,37
ШГ/ДГ (УШГ)	49	$0,73 \pm 0,10$	0,01	$0,70 \div 0,76$	0,69	0,61	1,00	13,72
ПВТК/ДТК (ВДУ)	49	$0,95 \pm 0,04$	0,005	$0,94 \div 0,96$	0,95	0,88	1,05	3,89
ЛВБ/ДБ (ВПУБ)	49	$0,92 \pm 0,07$	0,01	$0,90 \div 0,94$	0,92	0,77	1,12	7,38
Шнсп/Днсп (УШнсп)	49	$0,69 \pm 0,16$	0,02	$0,64 \div 0,73$	0,67	0,01	1,46	22,97

Среднее значение указателя общей ширины верхней суставной поверхности составляет $0,82 \pm 0,07$ (диапазон 0,62–0,98), совпадение среднего значения с медианой свидетельствует о нормальном распределении данного показателя. Минимальное значение указателя ширины головки равно 0,61, максимальное – 1,00, среднее значение составляет $0,73 \pm 0,10$ при коэффициенте вариации 13,72% (табл. 10).

Среднее значение высотно-длиннотного указателя равно $0,95 \pm 0,04$ (диапазон 0,88–1,05) и характеризуется самым низким коэффициентом вариации среди всех индексов – 3,89%. Значение указатель высотно-продольного блока составляет $0,92 \pm 0,07$, варьирует от 0,77 до 1,12 с коэффициентом вариации 7,38% (табл. 10). Значение указателя ширины задней суставной поверхности: максимальное – 1,46, минимальное – 0,35, среднее – $0,69 \pm 0,16$; коэффициент вариации – 22,97%.

Итак, функциональная стабильность соотношения высоты к длине кости отражается более вариабельным индексом остеометрических параметров мужских таранных костей является указатель ширины задней суставной поверхности – 22,97%, меньшей вариабельностью характеризуются высотно-длиннотный указатель – 3,89%, а также указатель длины блока – 5,23%.

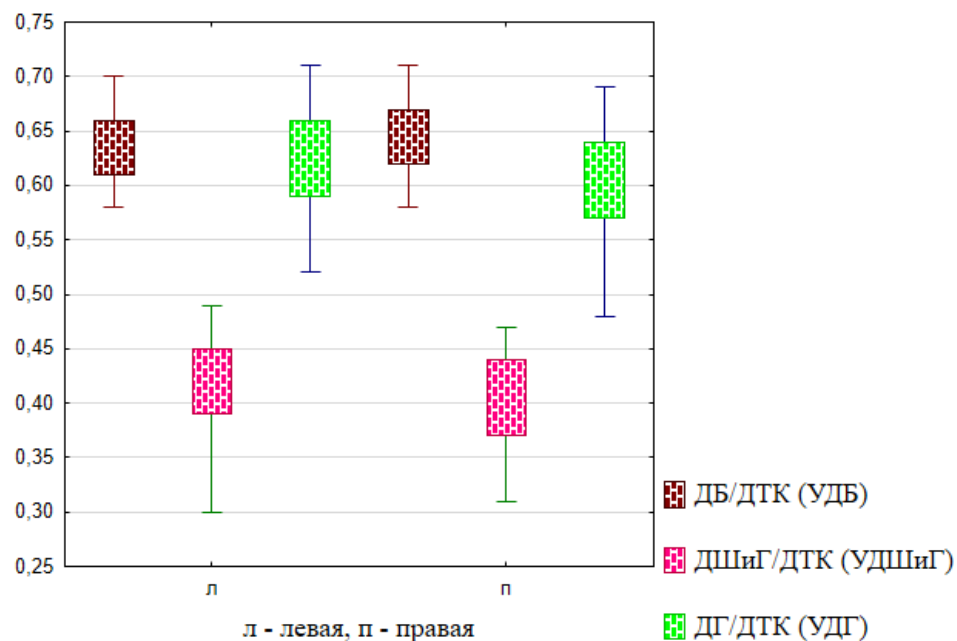


Рисунок 11 – Диаграмма индексов длиннотных параметров мужских таранных костей

На рисунке 11 изображена диаграмма различий индексов длиннотных параметров мужских таранных костей. Указатель длины блока таранных костей правой стороны – $\sim 0,64$ и имеет незначительное стандартное отклонение, среднее значение параметра практически совпадает с медианным значением. Для костей левой стороны среднее значение указателя длины блока оказывается идентичным показателям правой стороны с аналогичным стандартным отклонением. Доверительный интервал для таранных костей правой и левой сторон колеблется в узких пределах от 0,63 до 0,66. Данный параметр характеризуется самым низким коэффициентом вариации среди всех изученных индексных показателей: для костей правой стороны он не превышает 5,5%, а для костей левой стороны составляет около 5%. Такая закономерность свидетельствует о высокой стабильности пропорций блока таранной кости в исследованной мужской группе.

Среднее значение указателя длины шейки и головки таранных костей правой стороны составляет около 0,41 с умеренным стандартным отклонением. Для костей левой стороны среднее значение данного индексного показателя незначительно превышает показатели правой стороны и составляет около 0,42. Максимальное значение указателя длины головки таранных костей правой стороны достигает 0,69, минимальное значение составляет около 0,48. Среднее значение указателя длины головки для костей правой стороны равно 0,60 с незначительным стандартным отклонением. Для костей левой стороны среднее значение указателя длины головки составляет около 0,62 с аналогичным стандартным отклонением.

Таким образом, показатели индексов отношений длиннотных параметров таранных костей правой и левой сторон у представителей мужской группы оказываются практически идентичными. Все изученные индексные характеристики демонстрируют высокую степень соответствия между сторонами с минимальными расхождениями в пределах статистической погрешности. Доверительные интервалы для всех параметров показывают существенное перекрытие между правыми и левыми таранными костями. Коэффициенты вариации остаются в пределах умеренных значений для всех индексных

показателей, что указывает на относительную стабильность пропорциональных характеристик таранной кости.

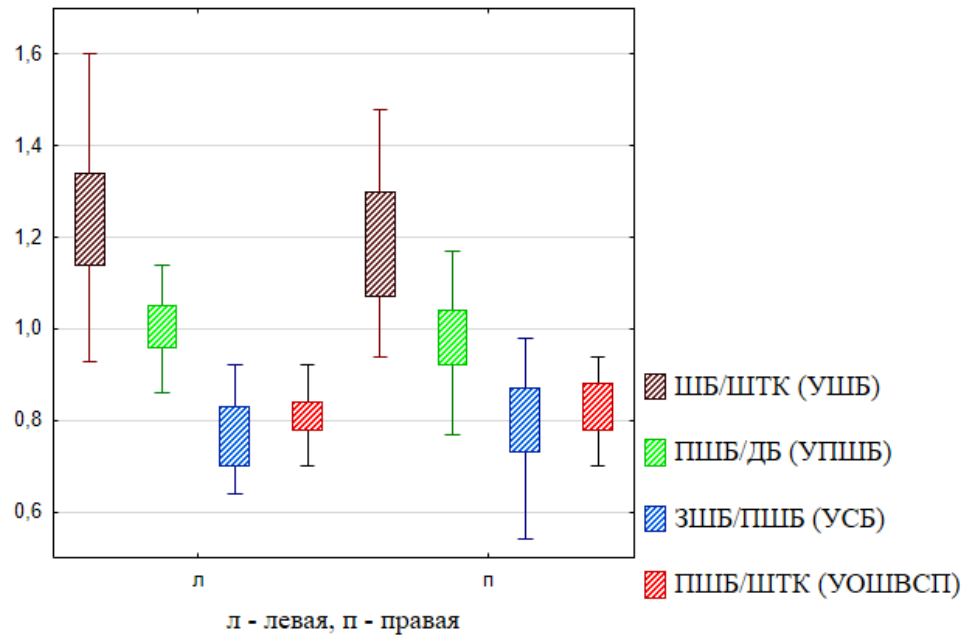


Рисунок 12 – Диаграмма широтных индексов блока правых и левых мужских таранных костей

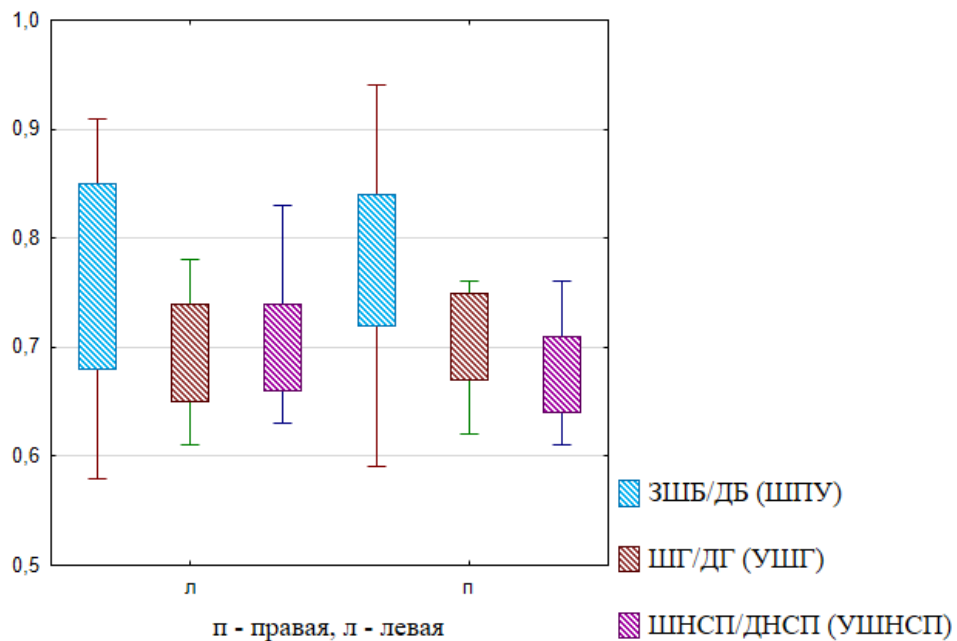


Рисунок 13 – Диаграмма широтных индексов правых и левых мужских таранных костей

На рисунках 12 и 13 представлена диаграмма различий широтных индексов правых и левых мужских таранных костей. Среднее значение указателя ширины блока таранных костей правой стороны составляет около 1,2 с умеренным стандартным отклонением. Для костей левой стороны среднее значение данного

индексного показателя незначительно превышает показатели правой стороны и составляет около 1,2 с аналогичным стандартным отклонением. Среднее значение указателя передней ширины блока таранных костей правой стороны приближается к 1 с незначительным стандартным отклонением. Для костей левой стороны среднее значение данного параметра также составляет около 1 с сопоставимым стандартным отклонением, что указывает на высокую степень симметрии данного пропорционального показателя.

Среднее значение указателя сужения блока таранных костей правой стороны составляет около 0,8 с умеренным стандартным отклонением. Для костей левой стороны среднее значение данного индексного показателя незначительно отличается от показателей правой стороны и составляет около 0,8 с меньшим стандартным отклонением. Среднее значение указателя общей ширины внешней суставной поверхности таранных костей правой стороны равно 0,8 с минимальным стандартным отклонением. Для костей левой стороны среднее значение данного параметра оказывается идентичным показателям правой стороны с незначительно большим стандартным отклонением (рис. 12).

Среднее значение широтно-продольного указателя таранных костей правой стороны составляет около 0,7 с умеренным стандартным отклонением. Для костей левой стороны среднее значение данного индексного показателя незначительно отличается от показателей правой стороны и составляет около 0,7 с аналогичным стандартным отклонением. Среднее значение указателя ширины головки таранных костей правой стороны равно 0,7 с умеренным стандартным отклонением. Для костей левой стороны среднее значение данного параметра составляет около 0,7 с меньшим стандартным отклонением.

Среднее значение указателя ширины задней суставной поверхности таранных костей левой стороны составляет около 0,7 с существенным стандартным отклонением. Для костей правой стороны среднее значение данного индексного показателя незначительно отличается от показателей левой стороны и составляет около 0,7 с минимальным стандартным отклонением (рис. 13).

Таким образом, показатели широтных индексов отношений таранных костей правой и левой сторон у представителей мужской группы демонстрируют высокую степень билатеральной симметрии. Различия между соответствующими значениями для правой и левой сторон не превышают 0,05, что находится в пределах статистической погрешности. Индексы суставных поверхностей также оказываются практически идентичными для обеих сторон с максимальной разницей в 0,02. Все изученные индексные характеристики показывают существенное перекрытие доверительных интервалов между правыми и левыми таранными костями.

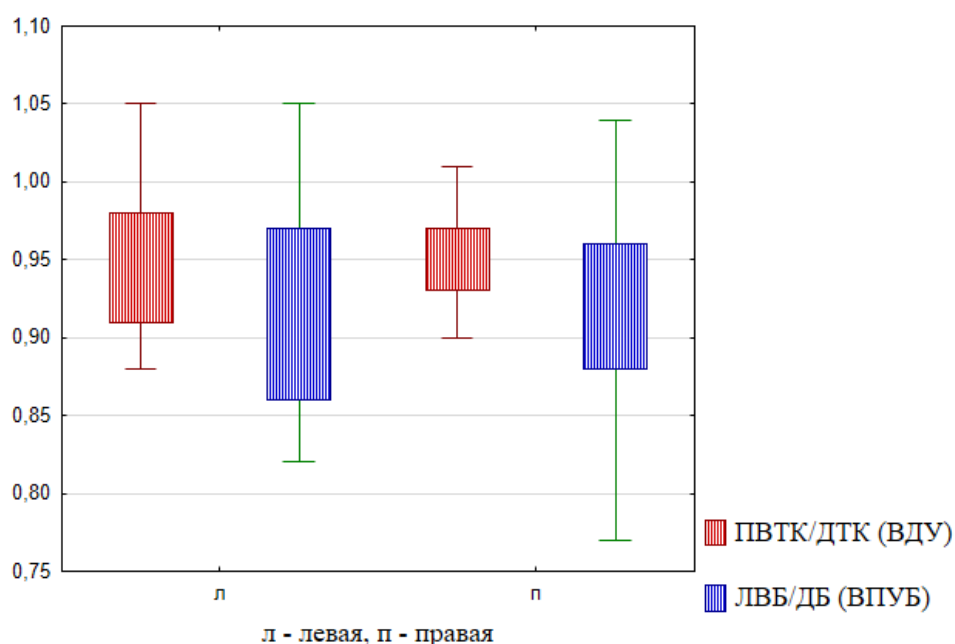


Рисунок 14 – Диаграмма высотных индексов мужских таранных костей

На рисунке 14 представлена диаграмма различий высотных индексов правых и левых мужских таранных костей. Среднее значение высотно-длиннотного указателя таранных костей левой стороны составляет около 0,95 с незначительным стандартным отклонением. Среднее значение данного индексного показателя для костей правой стороны полностью идентично показателям левой стороны с аналогичным стандартным отклонением. Такая закономерность говорит о высокой степени стабильности данного пропорционального показателя между сторонами. Среднее значение высотно-продольного указателя блока для таранных костей левой и правой сторон полностью совпадает – около 0,92 с умеренным

стандартным отклонением. Все изученные высотные индексные характеристики отражают полное соответствие между правыми и левыми таранными костями с минимальными расхождениями в пределах статистической погрешности.

Соответственно, для таранных костей правой и левой сторон у представителей мужской группы показатели индексов отношений высотных параметров полностью совпадают по своим средним значениям. Для всех высотных индексных показателей доверительные интервалы указывают на существенное перекрытие между правыми и левыми таранными костями. Стандартные отклонения для всех параметров остаются в пределах умеренных значений, что отражает относительную стабильность пропорциональных высотных характеристик таранной кости в исследованной выборке.

Высотные параметры пропорций таранной кости у мужчин имеют высокую степень билатеральной симметрии, что подтверждается полученными данными. Билатеральная изменчивость индексов отношений между правыми и левыми таранными костями при проведенном анализе достоверных различий не демонстрирует. Отсутствие направленной асимметрии в данной области морфометрических характеристик определяет уровень значимости для всех высотных индексных показателей, превышающих пороговые значения.

В таблице 11 представлены значения индексов остеометрических параметров рентгенограмм таранных костей мужчин без учета стороны тела.

Таблица 11 – Значения индексов остеометрических параметров рентгенограмм мужских таранных костей независимо от билатеральной принадлежности

	Valid N	Mean $\pm\sigma$	Standard Error	Довер. интервал (ДИ) -95%÷+95%	Median	Min	Max	CV%
РгШПУ	58	0,69 $\pm$ 0,05	0,007	0,68÷0,70	0,68	0,57	0,83	7,44
РгВДУ	58	0,50 $\pm$ 0,04	0,005	0,49÷0,51	0,50	0,36	0,59	8,02
РгУДШиГ	58	0,43 $\pm$ 0,04	0,005	0,42÷0,44	0,42	0,34	0,52	9,59
РгУДГ	58	0,26 $\pm$ 0,03	0,004	0,25÷0,26	0,25	0,19	0,35	12,77

Среднее значение рентгенологического широтно-продольного указателя таранных костей составило около 0,69 с незначительным стандартным отклонением. Данный индексный показатель характеризует пропорциональное соотношение ширины к длине таранной кости при рентгенологическом исследовании и демонстрирует высокую степень стабильности в исследованной мужской группе. Минимальное стандартное отклонение указывает на относительную консервативность данного пропорционального показателя.

Среднее значение рентгенологического высотно-длинного указателя равно 0,5 с минимальным стандартным отклонением и практически совпадает с медианным значением данного показателя. Такое соответствие среднего значения и медианы указывает на нормальное распределение данного показателя в исследованной выборке. Таким образом, большинство индивидуальных значений концентрируется вокруг среднего показателя с симметричным распределением отклонений в обе стороны.

Среднее значение рентгенологического указателя длины шейки и головки (отношение длины шейки и головки к общей длине таранной кости) – около 0,43 с незначительным стандартным отклонением. Данный индексный показатель указывает на пропорциональное соотношение переднего отдела таранной кости к ее общей длине и выявляет умеренную степень стабильности. Среднее значение рентгенологического указателя длины головки, определенного путем деления длины головки на длину таранной кости, – 0,26 с минимальным стандартным отклонением.

В процессе изучения рентгеноостеометрических индексов отношений таранных костей представителей мужской группы наиболее вариабельным является рентгенологический указатель длины головки. Данный показатель демонстрирует наибольшее стандартное отклонение и коэффициент вариации среди всех индексных характеристик, что указывает на выраженную индивидуальную изменчивость относительных размеров головки кости. Наименьшей вариабельностью характеризуется рентгенологический широтно-

продольный указатель, что отражает относительную стабильность пропорций ширины к длине таранной кости в исследованной группе (табл. 11).

На рисунке 15 представлена диаграмма значений индексов рентгеноостеометрических параметров правых и левых мужских таранных костей. Среднее значение рентгенологического широтно-продольного указателя таранных костей левой стороны составляет около 0,65 с умеренным стандартным отклонением. Для костей правой стороны среднее значение данного индексного показателя оказывается несколько выше показателей левой стороны и составляет около 0,70 с меньшим стандартным отклонением. Такая закономерность указывает на наличие определенных билатеральных различий в пропорциональных соотношениях ширины к длине таранной кости при рентгенологическом исследовании.

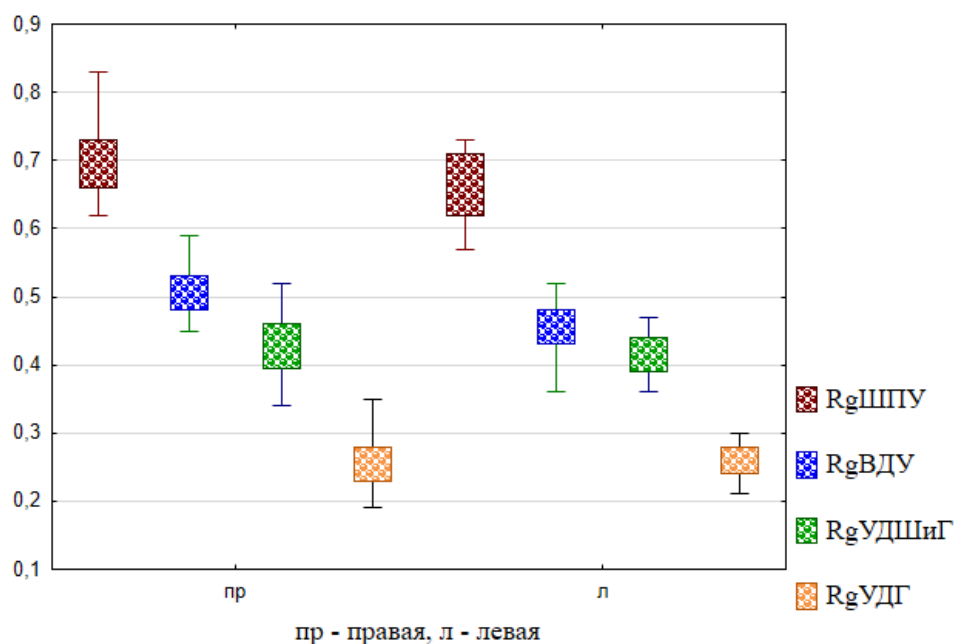


Рисунок 15 – Диаграмма значений индексов остеометрических параметров рентгенограмм правых и левых мужских таранных костей

Среднее значение рентгенологического высотно-длиннотного указателя таранных костей левой стороны равно 0,46 с незначительным стандартным отклонением. Для костей правой стороны среднее значение данного индексного показателя превышает показатели левой стороны и составляет около 0,5 с минимальным стандартным отклонением. Данное расхождение между сторонами

свидетельствует о наличии направленной асимметрии в высотных пропорциональных характеристиках таранной кости.

Среднее значение рентгенологического указателя длины шейки и головки таранных костей левой стороны составляет около 0,41 с незначительным стандартным отклонением. Для костей правой стороны среднее значение данного параметра незначительно превышает показатели левой стороны и составляет около 0,43 с аналогичным стандартным отклонением. Среднее значение рентгенологического указателя длины головки таранных костей правой стороны равно 0,25 с минимальным стандартным отклонением. Для костей левой стороны среднее значение данного параметра составляет около 0,26 с сопоставимым стандартным отклонением.

Таким образом, показатели индексов отношений рентгеноостеометрических параметров таранных костей правой и левой сторон у представителей мужской группы не являются полностью идентичными. Максимальная разница между соответствующими значениями для правой и левой сторон достигает семи сотых единицы, что превышает пределы статистической погрешности. Наиболее выраженные расхождения наблюдаются для широтно-продольного и высотно-длиннотного указателей, тогда как показатели длины шейки и головки, а также длины головки демонстрируют минимальные билатеральные различия.

При проведении статистического анализа билатеральной изменчивости индексов отношений рентгенограмм таранных костей достоверные различия выявлены для широтно-продольного указателя с уровнем значимости $p < 0,01$. Для высотно-длиннотного указателя уровень значимости различий оказывается еще более выраженным и составляет $p < 0,0001$. Такие показатели статистической значимости свидетельствуют о наличии достоверной направленной асимметрии в данных пропорциональных характеристиках таранной кости. Для показателей длины шейки и головки, а также длины головки статистически значимые различия между сторонами не обнаружены.

Полученные данные позволяют заключить, что рентгенологические индексы отношений таранных костей характеризуются различной степенью билатеральной

симметрии. Параметры, отражающие пропорциональные соотношения ширины и высоты к общей длине кости, демонстрируют достоверные различия между правой и левой сторонами, что может отражать влияние функциональных факторов на формирование данных пропорциональных характеристик. Параметры, характеризующие относительные размеры шейки и головки таранной кости, выявляют высокую степень билатеральной симметрии без достоверных различий между сторонами (рис. 15).

Анализ полученных данных показал, что среди индексов остеометрических параметров мужских таранных костей наименьшей вариабельностью характеризовались высотно-длиннотный указатель и указатель длины блока, коэффициенты вариации которых составили 3,89% и 5,23% соответственно. К наиболее вариабельным индексам были отнесены указатель ширины блока (14,37%), указатель ширины головки (13,72%), а также указатели суставных поверхностей, в частности указатель ширины задней суставной поверхности с максимальным коэффициентом вариации 22,97%. При сравнении указателей прямых остеометрических параметров правых и левых таранных костей мужчин статистически достоверных различий выявлено не было ($p > 0,05$).

Среди рентгеноостеометрических индексов наибольшую вариабельность продемонстрировал указатель длины головки, наименьшую – широтно-продольный указатель. При анализе билатеральной изменчивости рентгеноостеометрических индексов достоверные различия между правыми и левыми костями были получены для широтно-продольного указателя ($p < 0,01$) и высотно-длиннотного указателя ($p < 0,0001$).

3.4 Физические параметры мужских таранных костей

В таблице 12 приведены физические характеристики таранных костей лиц мужского пола в общей выборке без дифференциации на правые и левые. Анализ данных показывает очень высокую вариабельность исследованных параметров, коэффициент вариации колеблется от 27,06% до 35,74%.

Среднее значение массы таранных костей лиц мужского пола составляет $24,56 \pm 8,78$ г, доверительный интервал колеблется от 22,04 до 27,08 г. Данный параметр характеризуется наибольшим коэффициентом вариации среди всех исследованных физических характеристик таранной кости – 35,74%. Среднее значение объема мужских таранных костей равно $26,06 \pm 8,51$ см³, варьируя от 13,00 до 42,00 см³. Средняя плотность костей составляет $0,98 \pm 0,27$ г/см³, доверительный интервал находится в пределах от 0,90 до 1,06 г/см³; данный параметр демонстрирует наименьшую вариабельность среди физических характеристик – коэффициент вариации равен 27,06% (табл. 12).

Таблица 12 – Физические параметры, характеризующие результаты измерений мужских таранных костей независимо от их билатеральной принадлежности

	Valid N	Mean $\pm\sigma$	Standard Error	Доверительный интервал (ДИ) -95% ÷ +95%	Median	Min	Max	CV%
Вес	49	$24,56 \pm 8,78$	1,25	22,04 ÷ 27,08	22,94	14,00	58,00	35,74
Объем	49	$26,06 \pm 8,51$	1,22	23,62 ÷ 28,51	24,00	13,00	42,00	32,65
Плотность	49	$0,98 \pm 0,27$	0,04	0,90 ÷ 1,06	0,96	0,63	1,66	27,06

На рисунке 16 представлена диаграмма физических параметров правых и левых мужских таранных костей. Средняя масса правых таранных костей составляет $24,05 \pm 8,78$ г, доверительный интервал – от 20,58 до 27,53 г, коэффициент вариации достигает 36,50%. Средняя масса левых костей равна $25,17 \pm 8,94$ г, минимальное и максимальное значения составляют соответственно 17,00 г и 58,00 г, коэффициент вариации – 35,50%. Высокие значения коэффициентов вариации массы таранных костей отражают значительные индивидуальные различия костной ткани у мужчин.

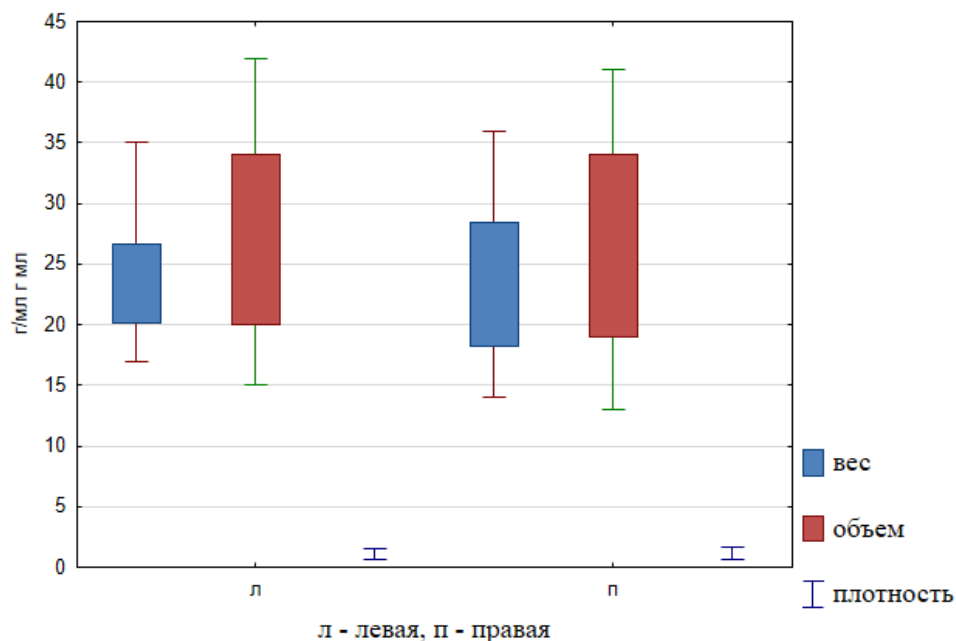


Рисунок 16 – Диаграмма физических параметров, характеризующая результаты измерений правых и левых мужских таранных костей

Среднее значение объема правых костей составляет $25,00 \pm 8,80 \text{ см}^3$, доверительный интервал колеблется от 21,48 до 28,44 см^3 . Данный параметр характеризуется относительно высоким коэффициентом вариации – 35,23%. Среднее значение объема левых таранных костей равно $27,41 \pm 8,14 \text{ см}^3$ при коэффициенте вариации 29,70%.

Средняя плотность правых таранных костей составляет $1,00 \pm 0,25 \text{ г/см}^3$ и демонстрирует наименьший коэффициент вариации среди всех физических параметров мужских костей – 24,54%. Средняя плотность левых костей равна $0,96 \pm 0,29 \text{ г/см}^3$, доверительный интервал находится в пределах от 0,83 до 1,08 г/см^3 , коэффициент вариации составляет 30,53%. Статистический анализ физических параметров не выявил достоверных различий между правыми и левыми костями ($p > 0,05$) (рис. 16).

Таким образом, анализ полученных данных показал, что физические параметры таранных костей мужчин характеризуются значительно более высокой вариабельностью по сравнению с остеометрическими показателями. Среди физических характеристик наибольшую изменчивость демонстрирует масса (коэффициент вариации 35,74%), наименьшую – плотность (27,06% для общей выборки, 24,54% для правых костей), что отражает относительную стабильность

соотношения массы и объема костной ткани при значительных индивидуальных различиях в абсолютных размерах таранной кости.

3.5 Анатомическая изменчивость женских таранных костей по данным прямой и рентгеновской остеометрии

В таблице 13 приведены данные прямых остеометрических измерений таранных костей женщин, объединенные в общую выборку независимо от билатеральной принадлежности.

Таблица 13 – Морфометрические параметры, характеризующие результаты прямых остеометрических измерений женских таранных костей независимо от их билатеральной принадлежности

	Valid N	Mean $\pm\sigma$	Standard Error	Довер. интервал (ДИ) 95%÷+95%	Median	Min	Max	CV%
Длина	26	52,0 $\pm$ 3,32	0,65	50,6÷53,3	52,0	47,6	62,3	6,38
Наиб. длина	26	55,6 $\pm$ 4,16	0,82	54,0÷57,3	54,8	50,1	69,0	7,47
Мед. длина	26	52,0 $\pm$ 3,12	0,61	50,8÷53,3	51,8	47,6	61,0	6,00
Длина блока	26	32,9 $\pm$ 2,69	0,53	31,8÷34,0	32,8	27,4	37,7	8,18
Длина шейки и головки	26	21,3 $\pm$ 2,71	0,53	20,2÷22,4	21,4	15,4	25,6	12,7
Длина головки	26	31,0 $\pm$ 2,53	0,50	30,0÷32,0	31,2	26,5	38,1	8,16
Длина зад. суст. пов-ти	26	31,0 $\pm$ 2,38	0,47	30,1÷32,0	30,6	27,0	37,6	7,66
Ширина	26	39,8 $\pm$ 3,37	0,66	38,4÷41,2	39,2	33,9	50,	8,46
Зад. ширина	26	27,3 $\pm$ 3,00	0,59	26,1÷28,5	26,9	23,2	33,3	10,9
Зад. шир. блока	26	25,4 $\pm$ 2,81	0,55	24,2÷26,5	25,4	19,8	29,8	11,1
Перед. шир. блока	26	32,7 $\pm$ 3,27	0,64	31,4÷34,0	32,3	27,6	42,4	10,0
Шир. головки	26	23,1 $\pm$ 2,88	0,56	22,0÷24,3	23,1	19,5	30,6	12,4

Продолжение таблицы 13

Шир. зад. суст. пов-ти	26	21,5±1,90	0,37	20,7÷ 22,2	21,7	18,9	26,3	8,81
Перед. выс.	26	50,5±2,15	0,42	49,6÷51,4	49,7	47,8	56,9	4,26
Зад. выс.	26	45,7±2,34	0,46	44,7÷46,6	45,7	41,2	51,7	5,12
Лат. выс. блока	26	30,0±2,65	0,52	28,9÷31,1	29,4	23,1	34,7	8,84
Мед. выс. блока	26	24,4±2,10	0,41	23,6÷25,3	24,0	20,9	30,0	8,61

При анализе данных, представленных в таблице 13, обращает на себя внимание высокая вариабельность остеометрических показателей. коэффициент вариации отдельных параметров колеблется в пределах от 4,26% до 12,7%. Наибольшая длина составляет 55,6±4,16 мм с пределами колебаний 50,1–69,0 мм. Длина женской кости изменяется в пределах от 47,6 до 62,3 мм, ее среднее значение составляет 52,0±3,32 мм, коэффициент вариации равен 6,38%. Среднее значение медиальной длины таранной кости равно 52,0±3,12 мм, колеблется в пределах от 47,6 до 61,0 мм, коэффициент вариации составляет 6,00%.

Средняя длина блока женской кости составляет 32,9±2,69 мм с пределами колебаний 27,4–37,7 мм. Одним из наиболее вариабельных параметров является длина шейки и головки таранной кости: ее среднее значение равно 21,3±2,71 мм, диапазон значений – от 15,4 до 25,6 мм, коэффициент вариации достигает 12,7%. Среднее значение длины головки женской кости составляет 34,0±2,53 мм (пределы колебаний 26,5–38,1 мм), коэффициент вариации – 8,16%. Максимальное значение длины задней суставной поверхности равно 37,6 мм, минимальное – 27,0 мм, среднее значение составляет 31,0±2,38 мм при коэффициенте вариации 7,66%.

Ширина женских костей имеет среднее значение 39,8±3,37 мм, варьируя от 33,9 до 50,0 мм; коэффициент вариации составляет 8,46%. Доверительный интервал задней ширины таранной кости находится в пределах от 26,1 до 28,5 мм, среднее значение равно 27,3±3,00 мм, минимальное и максимальное значения – 23,2 мм и 33,3 мм соответственно; коэффициент вариации данного параметра относительно высок и равен 10,9%. Задняя ширина блока кости изменяется в

пределах от 19,8 до 29,8 мм, ее среднее значение составляет $25,4 \pm 2,81$ мм. Передняя ширина блока женских костей равна $32,7 \pm 3,27$ мм (пределы колебаний 27,6–42,4 мм), коэффициент вариации колеблется в пределах 8,18–11,1%.

Ширина головки женских костей изменяется в пределах от 19,5 до 30,6 мм, ее среднее значение составляет $23,1 \pm 2,88$ мм и совпадает с медианой, коэффициент вариации равен 12,4%. Среднее значение составляет $21,5 \pm 1,90$ мм, доверительный интервал колеблется от 20,7 до 22,2 мм, коэффициент вариации – 8,81%.

Средняя передняя высота женской таранной кости составляет $50,5 \pm 2,15$ мм (пределы колебаний 47,8–56,9 мм) и характеризуется самым низким коэффициентом вариации – 4,26%. Задняя высота женских костей изменяется в пределах от 41,2 до 51,7 мм, ее среднее значение составляет $45,7 \pm 2,34$ мм и совпадает с медианой, что свидетельствует о нормальном распределении данных; коэффициент вариации равен 5,12%. Латеральная высота блока костей имеет среднее значение $30,0 \pm 2,65$ мм (диапазон 23,1–34,7 мм), коэффициент вариации – 8,84%. Медиальная высота блока женской кости изменяется в пределах от 20,9 до 30,0 мм, ее среднее значение составляет $24,4 \pm 2,10$ мм, коэффициент вариации – 8,61%.

Таким образом, наиболее вариабельными параметрами женских таранных костей длина шейки и головки (12,7%) и ширина головки (12,4%). Наименее вариабельными, как и у мужчин, оказались высотные параметры – передняя высота (4,26%) и задняя высота кости (5,12%), что подчеркивает их функциональную консервативность в биомеханике голеностопного сустава независимо от пола.

Диаграммы параметров, характеризующих прямые остеометрические показатели правых и левых женских таранных костей, представлены на рисунках 17–20. В результате проведения комплексного анализа остеометрических показателей таранных костей женской выборки обнаружена выраженная вариабельность большинства изученных морфологических параметров. Значения коэффициента вариации для костей правой стороны варьируют от 3,80% до 13,2%, что свидетельствует о существенной индивидуальной изменчивости анатомических характеристик. Несколько более выраженным оказывается разброс

значений для костей левой стороны – от 4,80% до 13,9%, указывая на большую степень вариабельности левосторонних показателей по сравнению с правосторонними в исследованной женской группе.

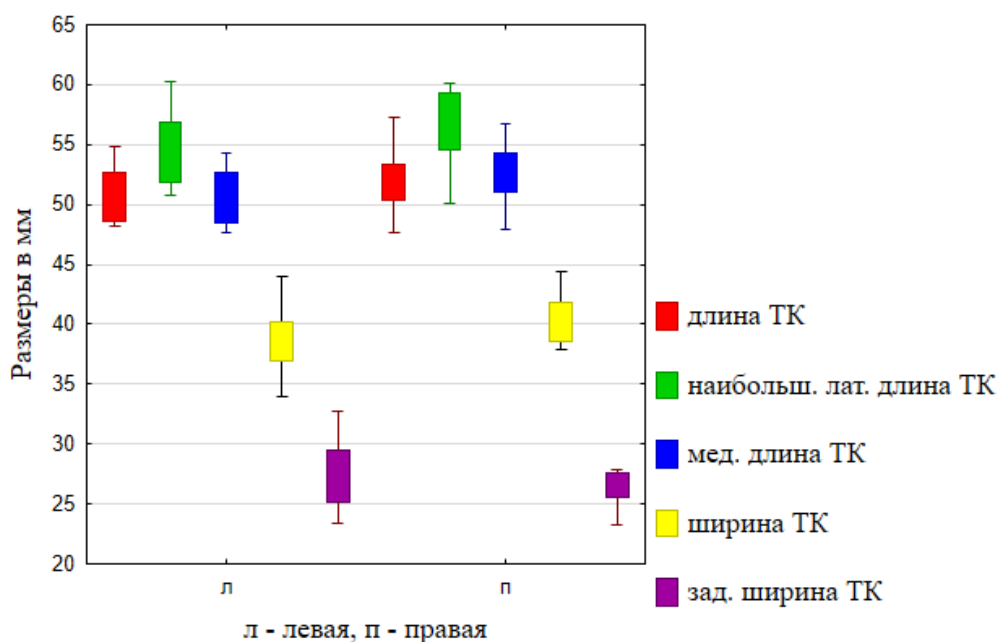


Рисунок 17 – Диаграмма общих длиннотных и широтных характеризующих прямые остеометрические показатели женских таранных костей параметров

Один из ключевых остеометрических параметров – наибольшая длина таранных костей – представляет особый интерес для анализа. Среднее значение данного показателя для костей правой стороны составляет $56,0 \pm 3,22$ мм с пределами колебаний от 50,1 до 60,2 мм, коэффициент вариации относится к категории умеренных значений и равен 5,74%. Для таранных костей левой стороны среднее значение наибольшей длины оказывается несколько ниже показателей правой стороны и составляет $55,3 \pm 5,04$ мм, варьируя от 50,8 до 69,0 мм. Коэффициент вариации для данного параметра превышает показатели правой стороны и составляет 9,11%, что указывает на большую индивидуальную изменчивость левосторонних показателей.

При рассмотрении параметра общей длины таранных костей выявлена схожая тенденция. Среднее значение для костей левой стороны составляет $51,7 \pm 3,94$ мм с пределами колебаний от 48,1 до 62,3 мм. Доверительный интервал для данного показателя находится в пределах от 49,3 до 54,0 мм, коэффициент вариации относится к категории умеренных значений и равен 7,62%. Для костей

правой стороны минимальное значение составляет 47,6 мм, максимальное – 57,3 мм, среднее значение незначительно превышает показатели левой стороны и составляет $52,3 \pm 2,68$ мм.

Анализ медиальной длины таранных костей показывает определенные различия между сторонами. Среднее значение для костей правой стороны составляет $52,6 \pm 2,47$ мм с пределами колебаний от 47,9 до 56,7 мм. Диапазон индивидуальных значений варьирует в узких пределах, коэффициент вариации для данного параметра относится к категории низких значений и составляет 4,70%, что свидетельствует о высокой стабильности медиальной длины как морфологического признака в исследованной женской группе. Для костей левой стороны среднее значение незначительно отличается от показателей правой стороны и составляет $51,4 \pm 3,66$ мм, колеблясь от 47,6 до 61,0 мм. Коэффициент вариации превышает показатели правой стороны и составляет 7,12%, указывая на большую вариабельность данного параметра.

Исследование широтных параметров выявило умеренную степень вариабельности. Доверительный интервал ширины для костей правой стороны находится в пределах от 38,9 до 41,6 мм, среднее значение составляет $40,3 \pm 2,20$ мм. Коэффициент вариации для данного параметра относится к категории умеренных значений и равен 5,51%. Для костей левой стороны среднее значение ширины незначительно отличается от показателей правой стороны и составляет $39,4 \pm 4,27$ мм с пределами колебаний от 37,8 до 50,5 мм. Коэффициент вариации превышает показатели правой стороны и достигает 10,9%, указывая на большую индивидуальную изменчивость левосторонних показателей.

Анализ задней ширины таранных костей выявил сопоставимую картину распределения параметров. Среднее значение для костей правой стороны составляет $26,9 \pm 2,98$ мм с пределами колебаний от 23,2 до 33,3 мм. Диапазон индивидуальных значений варьирует в сопоставимых пределах. Для костей левой стороны среднее значение незначительно превышает показатели правой стороны и составляет $27,8 \pm 3,06$ мм, доверительный интервал находится в пределах от 25,9 до 29,6 мм. Коэффициент вариации для данного параметра относится к категории

высоких значений среди всех изученных показателей и составляет 11,0%, что указывает на выраженную индивидуальную изменчивость данной анатомической характеристики (рис. 17).

Исследование высотных параметров таранных костей показало высокую степень стабильности данных показателей. Доверительный интервал передней высоты для костей правой стороны – от 49,5 до 51,8 мм, среднее значение – $50,7 \pm 1,93$ мм, коэффициент вариации – 3,80% (самый низкий среди всех изученных показателей), это свидетельствует об исключительной стабильности передней высоты таранной кости в женской группе. Для костей левой стороны среднее значение передней высоты – $50,3 \pm 2,42$ мм, предел колебаний – от 48,3 до 53,7 мм, коэффициент вариации, подтверждающий функциональную консервативность параметра – 4,80%.

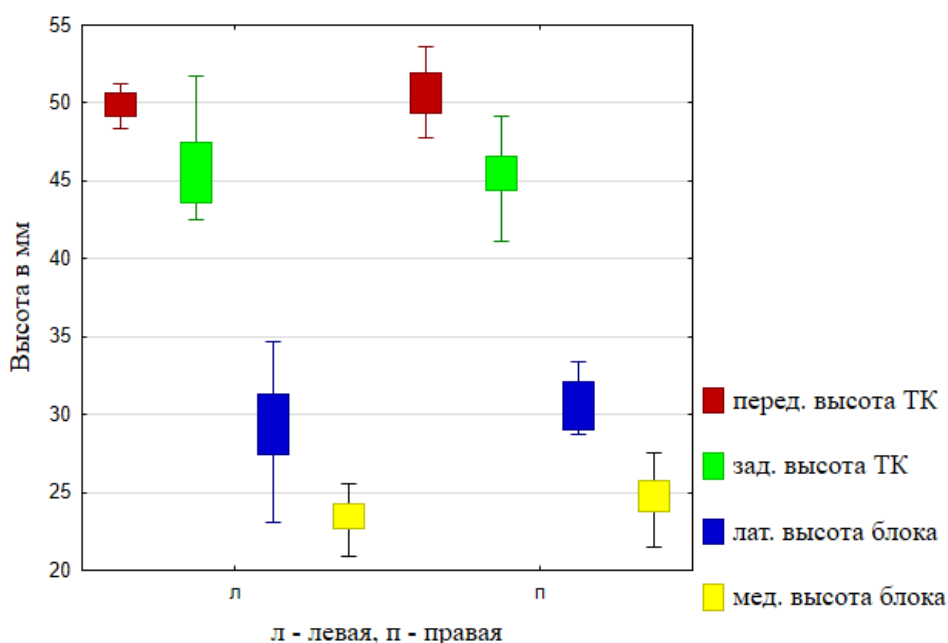


Рисунок 18 – Диаграмма высотных параметров, характеризующая прямые остеометрические показатели женских таранных костей

На основании результатов анализа задней высоты таранных костей была выявлена высокая степень стабильности данного показателя для обеих сторон. Минимальное значение для костей правой стороны – 41,2 мм, максимальное – 49,1 мм, среднее значение – $45,8 \pm 2,10$ с незначительным стандартным отклонением. Коэффициент вариации – 4,64%, что относится к категории низких значений. Доверительный интервал для костей левой стороны находится в пределах от 43,9

до 47,1 мм, среднее значение практически идентично показателям правой стороны – $45,5 \pm 2,61$ мм. Диапазон индивидуальных значений демонстрирует сходную картину распределения – от 42,5 до 51,7 мм, коэффициент вариации остается в пределах умеренных значений и составляет 5,74%, что отражает относительную стабильность данного морфометрического признака (рис. 18).

Для морфометрических параметров таранных костей женской группы характерна различная степень стабильности и изменчивости – к такому заключению позволяют прийти проанализированные данные. Высотные параметры имеют наименьшую вариабельность коэффициента вариации – от 3,80% до 5,74%.

Средние значения латеральной высоты блока таранных костей правой стороны составляют около 30 мм с незначительным стандартным отклонением. Индивидуальные значения при этом варьируются в умеренных пределах. Вышеуказанный параметр демонстрирует относительно низкую степень вариабельности, указывая на высокую стабильность латеральной высоты блока как морфологического признака в исследованной женской группе.

Значения медиальной высоты составляют 25 мм и имеют минимальное стандартное отклонение, что несколько ниже показателей латеральной высоты. Функциональная консервативность данной анатомической характеристики подтверждается пределами в узких границах индивидуальных значений колебаний. Латеральная часть блока традиционно превышает медиальную по высоте: анатомические особенности строения таранной кости отражаются через соотношение между латеральной и медиальной высотой блока.

Доверительный интервал латеральной высоты блока для таранных костей левой стороны находится в сопоставимых пределах со значениями правой стороны. Среднее значение этого параметра составляет около 30 мм с умеренным стандартным отклонением. Диапазон индивидуальных значений показывает сходную картину распределения с правосторонними показателями, что говорит о высокой степени билатеральной симметрии латеральной высоты блока в исследованной женской выборке.

Медиальная высоты блока таранных костей левой стороны – ~24 мм, стандартное отклонение – умеренное. Пределы колебаний индивидуальных значений имеют более широкие границы в сравнении с правой стороной, т.е. для левой стороны характерна несколько большая индивидуальная изменчивость. Статистическая надежность полученных данных подтверждается средним значением доверительного интервала, находящегося в узких пределах.

Коэффициент вариации для медиальной высоты блока левой стороны варьирует в пределах умеренных значений и составляет около 10%. Этот показатель превышает коэффициенты вариации для других высотных параметров, указывая на несколько большую индивидуальную изменчивость медиальной высоты блока по сравнению с передней и задней высотой таранной кости. Тем не менее, значение общей стабильности высотных параметров блока остаются высокими, что представляет значение для обеспечения биомеханики голеностопного сустава.

Данные сравнительного анализа высотных параметров блока между правой и левой сторонами указывают на высокую степень соответствия средних значений. Различия между сторонами находятся в пределах статистической погрешности и не достигают уровня достоверных различий, что подтверждает общую тенденцию к билатеральной симметрии морфометрических характеристик таранной кости в женской группе. Это согласуется с данными предыдущих исследований анатомической изменчивости костей предплюсны.

Высокой степенью стабильности и выраженной билатеральной симметрией обладают высотные параметры блока таранных костей женской группы. Латеральная высота блока по сравнению с медиальной имеет большие абсолютные значения, что является анатомической особенностью строения таранной кости. Необходимо учитывать умеренную вариабельность медиальной высоты блока по сравнению с другими высотными параметрами при разработке диагностических критериев и нормативных стандартов.

Результаты анализа морфометрических характеристик блока таранных костей женской выборки демонстрируют определенные закономерности

распределения данных параметров для правой и левой сторон. Среднее значение длины блока таранных костей правой стороны у лиц женского пола – около 33 мм с незначительным стандартным отклонением, что практически совпадает с медианным значением данного показателя. Такое соответствие среднего значения и медианы свидетельствует о нормальном распределении длины блока в исследованной женской группе. Максимальные и минимальные значения демонстрируют умеренный разброс индивидуальных показателей, коэффициент вариации относится к категории умеренных значений и составляет 7,50%, что указывает на относительную стабильность данной анатомической характеристики.

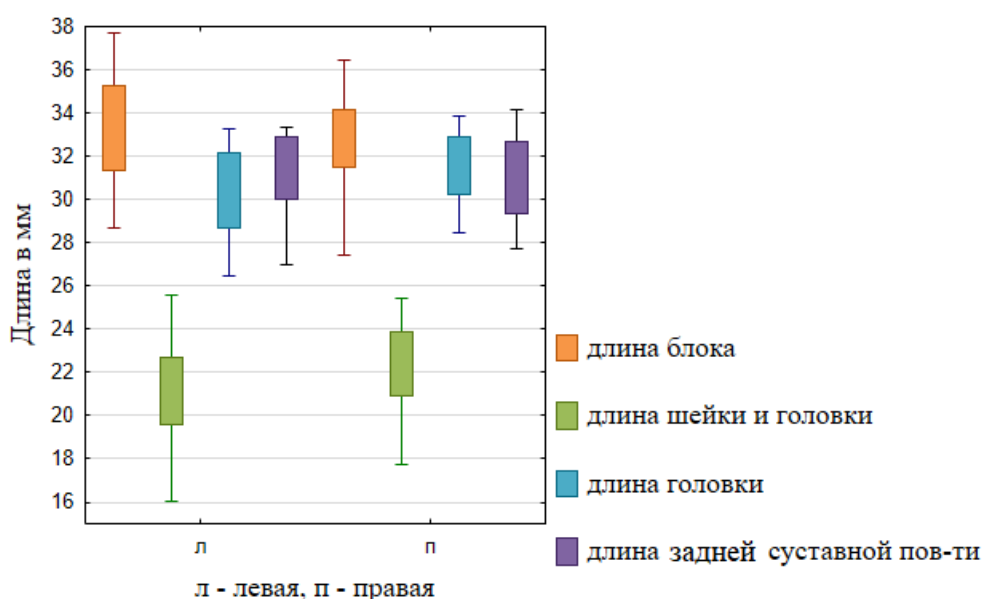


Рисунок 19 – Диаграмма длиннотных параметров блока, шейки, головки и задней суставной поверхности, характеризующая прямые остеометрические показатели правых и левых женских таранных костей

Для таранных костей левой стороны среднее значение длины блока оказывается несколько выше показателей правой стороны и составляет $33,1 \pm 3,0$ мм. Пределы колебаний индивидуальных значений варьируют от 28,7 до 37,7 мм. Коэффициент вариации для данного параметра превышает показатели правой стороны и достигает 9,09%, что указывает на несколько большую индивидуальную изменчивость левосторонних показателей по сравнению с правосторонними в исследованной женской выборке.

Доверительный интервал длины шейки и головки таранных костей правой стороны находится в пределах от 19,8 до 23,3 мм. Среднее значение данного параметра составляет $21,6 \pm 2,84$ мм. Этот параметр характеризуется самым высоким коэффициентом вариации среди всех изученных показателей женской выборки, который составляет 13,2%. Индивидуальная изменчивость анатомии переднего отдела таранной кости в женской группе отражена в выявленной закономерности.

Среднее значение длины шейки и головки для таранных костей левой стороны – $21,1 \pm 2,66$ мм, от 16,1 до 25,6 мм. Высокий уровень сохраняется для коэффициента вариации данного параметра остается, что составляет 12,6%, подтверждая существенную индивидуальную изменчивость этого морфометрического признака для обеих сторон исследованной выборки.

Данный параметр для правой стороны обладает высокой степенью стабильности, что подтверждается анализом длины головки таранных костей. Максимальное значение длины головки для костей правой стороны – 33,9 мм, минимальное – 28,4 мм, среднее – $31,3 \pm 1,80$ мм, коэффициент вариации – 5,76%. Низкие значения показателя свидетельствуют о функциональной консервативности длины головки таранной кости в женской группе.

Доверительный интервал длины головки для таранных костей левой стороны – от 28,8 до 32,6 мм, со средним значением – $30,7 \pm 3,15$ мм. Диапазон индивидуальных значений варьируется от 26,5 до 38,1 мм. Коэффициент вариации – 10,3%, что превышает показатели правой стороны, указывая на большую индивидуальную изменчивость левосторонних показателей.

Исследование длины задней суставной поверхности таранных костей правой стороны показало высокую степень стабильности данного параметра. Среднее значение составляет $31,0 \pm 2,15$ мм. Пределы колебаний индивидуальных значений варьируют от 27,7 до 34,2 мм. Коэффициент вариации для данного параметра относится к категории умеренных значений и составляет 6,92%.

Для таранных костей левой стороны среднее значение длины задней суставной поверхности составляет $31,1 \pm 2,68$ мм. Пределы колебаний

индивидуальных значений варьируют от 27,0 до 37,6 мм. Коэффициент вариации для данного параметра составляет 8,61%, что указывает на умеренную степень индивидуальной изменчивости данной анатомической характеристики (рис. 19).

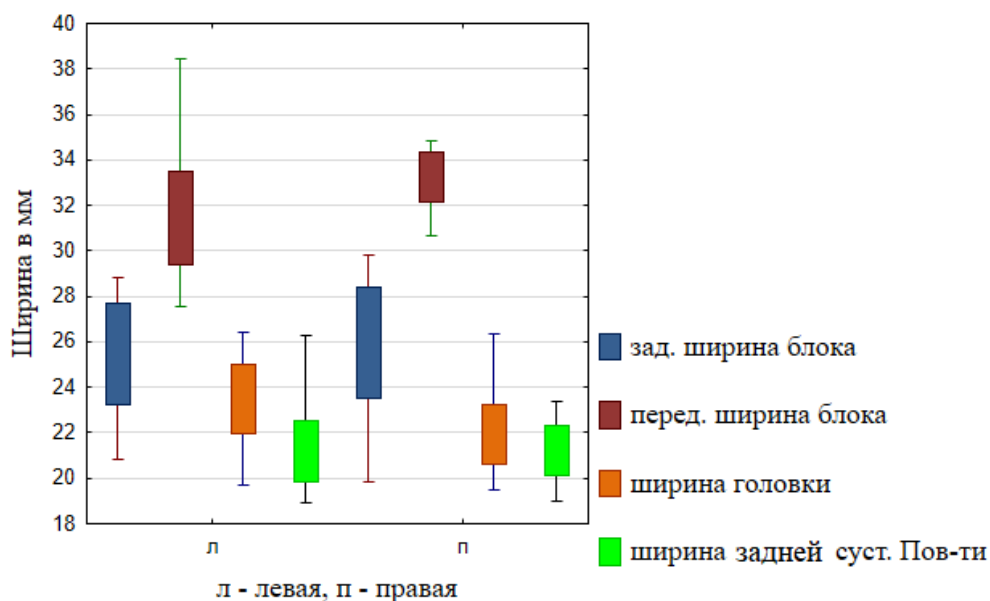


Рисунок 20 – Диаграмма широтных параметров блока, головки и задней суставной поверхности, характеризующие прямые остеометрические показатели правых и левых женских таранных костей

Анализ широтных параметров блока таранных костей женской выборки выявил определенные закономерности распределения данных характеристик для правой и левой сторон. Среднее значение задней ширины блока таранных костей правой стороны у лиц женского пола составляет $25,4 \pm 3,10$ мм с пределами колебаний от 19,8 до 29,8 мм. Коэффициент вариации данного параметра относится к категории высоких значений и составляет 12,4%, что указывает на выраженную индивидуальную изменчивость данной анатомической характеристики в исследованной женской группе.

Среднее значение задней ширины блока для таранных костей левой стороны – $25,3 \pm 2,55$ мм с минимальным значением 20,8 мм и максимальным значением 28,9 мм. Доверительный интервал для данного показателя – от 23,8 до 26,9 мм. Сопоставление показателей между сторонами указывает на высокую степень соответствия средних значений, что свидетельствует о выраженной билатеральной симметрии задней ширины блока в женской группе.

Существенные различия в степени вариабельности между сторонами было выявлено при исследовании передней ширины блока таранных костей. Для костей правой стороны минимальное значение – 30,7 мм, максимальное – 34,8 мм, среднее – $33,1 \pm 1,39$ мм при коэффициенте вариации – 4,20%, что указывает на высокую стабильность передней ширины блока правой стороны в исследованной женской выборке.

Доверительный интервал передней ширины блока для таранных костей левой стороны пролегает в пределах от 29,6 до 35,0 мм, среднее значение – $32,3 \pm 4,47$ мм с диапазоном индивидуальных значений от 27,6 до 42,4 мм. Коэффициент вариации равный 13,9% самый высокий среди всех изученных широтных показателей женской выборки. Следует учесть выраженную индивидуальную изменчивость передней ширины блока левой стороны при разработке диагностических критериев.

Анализ ширины головки таранных костей выявил определенные билатеральные различия. Среднее значение ширины головки таранных костей правой стороны у лиц женского пола – $22,2 \pm 2,16$ мм с пределами колебаний от 19,5 до 26,4 мм. Для костей левой стороны среднее значение ширины головки – $24,1 \pm 3,26$ мм с минимальным значением 19,7 мм и максимальным значением 30,6 мм. Доверительный интервал для данного показателя находится – от 22,1 до 26,0 мм. Наблюдаемая разница между сторонами демонстрирует индивидуальную изменчивость вышеуказанного морфометрического признака в женской группе.

Ширина задней суставной поверхности таранных костей имеет высокую степень стабильности. Среднее значение ширины задней суставной поверхности таранных костей правой стороны составляет $21,2 \pm 1,38$ мм и имеет пределы колебаний от 19,0 до 23,4 мм. Коэффициент вариации самый низкий среди широтных параметров, что говорит о функциональной консервативности данной анатомической характеристики, – 6,53%.

Среднее значение ширины задней суставной поверхности для таранных костей левой стороны – $21,8 \pm 2,31$ мм с доверительным интервалом от 20,4 до 23,2 мм. Коэффициент вариации для данного параметра – 10,6%, что превышает

показатели правой стороны и указывает на несколько большую индивидуальную изменчивость левосторонних показателей.

При проведении статистического анализа билатеральной изменчивости остеометрических параметров таранной кости лиц женского пола не было выявлено достоверных различий между правыми и левыми костями. Строение таранной кости в женской группе имеет общую тенденцию к симметрии несмотря на наблюдаемые различия в коэффициентах вариации между сторонами (рис. 20).

Следовательно, результаты анализа вариабельности остеометрических параметров таранных костей женской группы указывают на четкую дифференциацию морфологических характеристик костей. Коэффициент вариации для костей правой стороны колеблется от 3,80% до 13,2%, для костей левой стороны – от 4,80% до 13,9%. Наиболее вариабельный параметр костей правой стороны – длина шейки и головки с коэффициентом вариации 13,2%, за которой следует задняя ширина блока с коэффициентом вариации 12,4%. У костей левой стороны максимальную изменчивость демонстрируют передняя ширина блока с коэффициентом вариации 13,9%, длина шейки и головки с коэффициентом вариации 12,6% и ширина головки с коэффициентом вариации 13,5%, демонстрируя тем самым значительные индивидуальные различия в анатомии передне-задних отделов кости.

Функциональная консервативность высотных параметров в биомеханике голеностопного сустава подчеркивается наименьшей вариабельностью для костей обеих сторон характеризуются высотными параметрами, коэффициент вариации которых составляет: 3,80% – передней высоты для правой и 4,80% для левой стороны, задней высоты – 4,64% для правой стороны и 5,74% для левой.

Между параметрами правых и левых таранных костей лиц женского пола статистическим анализом билатеральной изменчивости достоверных различий не выявлено, это говорит о высокой степени симметрии строения таранной кости у женщин.

В таблице 14 приведены результаты рентгеноостеометрических измерений таранных костей лиц женского пола в общей выборке без дифференциации на правые и левые.

Таблица 14 – Морфометрические параметры, характеризующие результаты рентгеноостеометрических измерений женских таранных костей независимо от их билатеральной принадлежности

	Valid N	Mean $\pm\sigma$	Standard Error	Довер интервал (ДИ) 95%÷+95%	Median	Min	Max	CV%
Рг Длина	61	54,95 $\pm$ 3,19	0,41	54,13÷55,77	54,49	47,70	61,59	5,81
Рг Наиб. длина	61	58,20 $\pm$ 3,24	0,42	57,37÷59,03	58,14	51,10	64,06	5,58
Рг Ширина	61	38,50 $\pm$ 1,31	0,17	38,16÷38,83	38,42	35,42	41,76	3,41
Рг Перед. высота	61	27,58 $\pm$ 2,24	0,29	27,00÷28,15	27,27	22,85	34,89	8,14
Рг Зад. высота	61	30,68 $\pm$ 2,90	0,37	29,94÷31,43	30,89	23,20	35,99	9,46
Рг Высота блока	61	33,07 $\pm$ 2,56	0,33	32,42÷33,73	33,31	27,67	39,48	7,74
Рг Длина Шейки и Головки	61	23,80 $\pm$ 2,50	0,32	23,16÷24,44	23,73	19,15	32,13	10,50
Рг Длины Головки	61	14,09 $\pm$ 2,23	0,29	13,52÷14,66	14,06	9,79	21,31	15,82

Комплексный анализ рентгенологических данных выявил выраженную вариабельность морфометрических параметров таранной кости у лиц женского пола. Коэффициент вариации для различных рентгеноостеометрических показателей колеблется в широких пределах от 3,41% до 15,82%, что свидетельствует о неоднородной степени стабильности различных анатомических образований таранной кости при рентгенологическом исследовании в женской группе.

Среднее значение рентгенологической длины таранной кости – 54,95 $\pm$ 3,19 мм с доверительным интервалом от 54,13 до 55,77 мм. Коэффициент вариации для данного параметра относится к категории умеренных значений и составляет 5,81%.

Это указывает на относительную стабильность общей длины таранной кости при рентгенологическом исследовании у женщин.

Рентгенологическая наибольшая длина таранной кости имеет среднее значение равное $58,20 \pm 3,24$ мм, диапазон индивидуальных значений колеблется от 51,10 до 64,06 мм. Стабильность продольных размеров кости в женской группе подтверждается умеренной степенью вариабельности.

Среднее значение рентгенологической ширины таранной кости – $38,50 \pm 1,31$ мм с доверительным интервалом от 38,16 до 38,83 мм. Данный параметр отражает минимальную вариабельность среди всех изученных рентгенологических показателей с коэффициентом вариации 3,41%. Такая исключительная стабильность ширины таранной кости подчеркивает ее функциональную значимость в обеспечении конгруэнтности суставных поверхностей голеностопного сустава.

Среднее значение рентгенологической передней высоты таранной кости – $27,58 \pm 2,24$ мм при коэффициенте вариации 8,14%, что относится к категории умеренных значений и отражает относительную стабильность переднего высотного параметра в исследованной женской выборке.

Рентгенологическая задняя высота таранной кости составляет $30,68 \pm 2,90$ мм, доверительный интервал – от 29,94 до 31,43 мм. Умеренная степень индивидуальной изменчивости задней высоты таранной кости у женщин характеризуется коэффициентом вариации равным 9,46%.

Диапазон индивидуальных значений рентгенологической высоты блока таранной кости от 27,67 до 39,48 мм и равно $33,07 \pm 2,56$ мм. С другими высотными показателями таранной кости в женской группе сопоставима умеренная вариабельность.

Коэффициент вариации равен 10,5% при среднем значении рентгенологической длины шейки и головки таранной кости. Данный показатель относится к категории высоких значений и указывает на существенную индивидуальную изменчивость переднего отдела таранной кости при рентгенологическом исследовании.

Выраженная вариабельность отражает значительные индивидуальные различия в анатомии переднего отдела таранной кости у лиц женского пола при среднем значении рентгенологической длины головки таранной кости равном $14,09 \pm 2,23$ мм с доверительным интервалом от 13,52 до 14,66 мм. Коэффициент вариации характеризуется значением 15,82%.

Исходя из вышеобозначенного, значительные индивидуальные различия в анатомии переднего отдела кости отражаются наиболее вариабельным рентгеноостеометрическим параметром таранной кости у женщин, которым является рентгенологическая длина головки с коэффициентом вариации 15,82%. Это обусловлено адаптацией данной анатомической области к индивидуальным особенностям биомеханики стопы и характеру двигательной активности. Наименьшей вариабельностью характеризуется рентгенологическая ширина таранной кости с коэффициентом вариации 3,41%.

Высотные параметры таранной кости демонстрируют умеренную степень вариабельности с коэффициентами вариации от 8,14% до 9,46%, занимая промежуточное положение между наиболее стабильными широтными и наиболее вариабельными длиннотными параметрами переднего отдела. Продольные параметры общей и наибольшей длины кости показывают умеренную стабильность с коэффициентами вариации около 5,81%, что указывает на относительную консервативность основных размерных характеристик таранной кости в женской группе (табл. 14).

На рисунках 21 и 22 представлены морфометрические параметры рентгеноостеометрических показателей женских таранных костей правой и левой сторон. Коэффициент вариации для рентгенограмм костей правой стороны колеблется в широких пределах от 3,03% до 16,27%, что свидетельствует о неоднородной степени стабильности различных анатомических образований. Для костей левой стороны разброс значений оказывается несколько менее выраженным и составляет от 3,22% до 15,04%, что указывает на сопоставимую степень индивидуальной изменчивости морфологических характеристик между сторонами в исследованной женской группе.

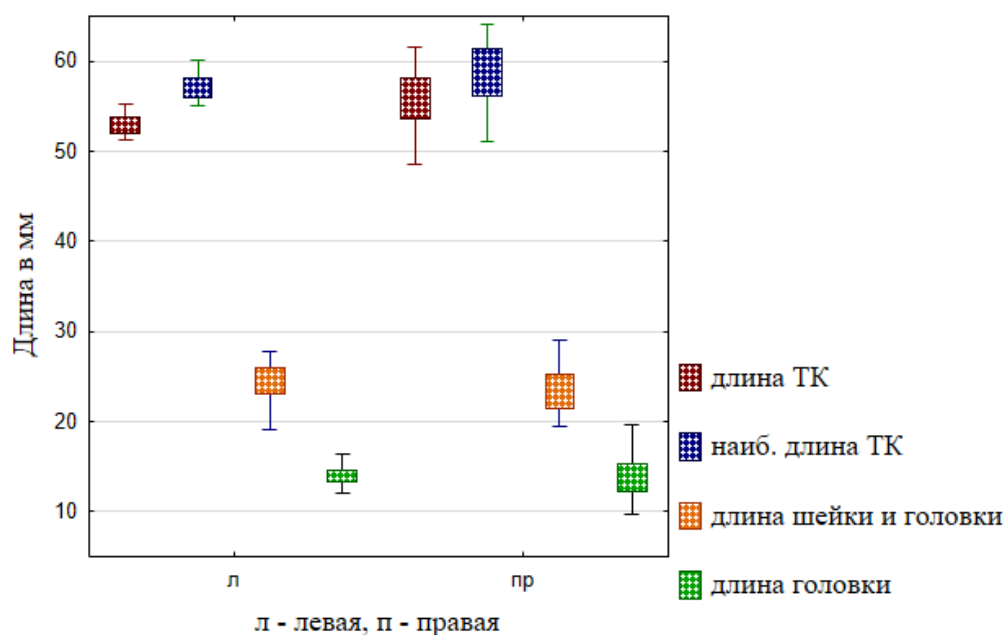


Рисунок 21 – Диаграмма длиннотных параметров, характеризующая рентгеноостеометрические показатели правых и левых женских таранных костей

Среднее значение рентгенологической длины таранных костей правой стороны составляет $55,57 \pm 3,13$ мм с доверительным интервалом от 54,62 до 56,53 мм. Коэффициент вариации для данного параметра относится к категории умеренных значений и равен 5,64%, что указывает на относительную стабильность общей длины таранной кости при рентгенологическом исследовании у женщин. Для костей левой стороны среднее значение рентгенологической длины составляет $53,34 \pm 2,84$ мм с минимальным значением 47,7 мм и максимальным значением 59,45 мм. Сопоставление показателей между сторонами выявляет незначительные расхождения средних значений, что свидетельствует о высокой степени билатеральной симметрии данного параметра.

Среднее значение рентгенологической наибольшей длины таранных костей правой стороны составляет $58,60 \pm 3,43$ мм с диапазоном индивидуальных значений от 51,1 до 64,06 мм. Данный параметр демонстрирует умеренную степень вариабельности, сопоставимую с показателями общей длины таранной кости. Для костей левой стороны среднее значение рентгенологической наибольшей длины составляет $57,18 \pm 2,51$ мм с диапазоном индивидуальных значений от 52,22 до 63,63 мм. Наблюдаемая разница между сторонами находится в пределах статистической

погрешности и подтверждает общую тенденцию к симметрии продольных размеров таранной кости.

Среднее значение рентгенологической длины шейки и головки таранных костей правой стороны равно $23,68 \pm 2,60$ мм с пределами колебаний от 19,48 до 32,13 мм. Коэффициент вариации для данного параметра составляет 10,97%, что относится к категории высоких значений и указывает на существенную индивидуальную изменчивость переднего отдела таранной кости. Для костей левой стороны доверительный интервал рентгенологической длины шейки и головки находится в пределах от 22,94 до 25,28 мм. Среднее значение данного параметра составляет $24,11 \pm 2,27$ мм с коэффициентом вариации 9,41%, что подтверждает выраженную вариабельность анатомии переднего отдела таранной кости для обеих сторон исследованной выборки.

Коэффициент вариации параметра длины головки таранных костей достигает 16,27% для костей правой стороны и 15,04% для костей левой стороны. Это отражает значительные индивидуальные различия в анатомии головки женской таранной кости. Доверительный интервал рентгенологической длины головки составляет от 13,32 до 14,71 мм. Среднее значение равно $14,02 \pm 2,28$ мм, минимальное значение 9,79 мм, максимальное – 19,69 мм. Для костей левой стороны среднее значение – $14,28 \pm 2,15$ мм с минимальным значением 12,06 мм и максимальным значением 21,31 мм.

Таранные кости правой стороны имеют рентгенологическую ширину – $38,86 \pm 1,18$ мм с доверительным интервалом от 38,50 до 39,22 мм. среднее значение для левой стороны – $37,56 \pm 1,21$ мм с доверительным интервалом от 36,94 до 38,19 мм. Данный параметр характеризуется минимальной вариабельностью среди всех изученных показателей для обеих стороны. Исключительную стабильность ширины таранной кости и ее функциональную значимость в обеспечении конгруэнтности суставных поверхностей голеностопного сустава подчеркивает коэффициент вариации значений параметра, который составляет 3,03% для костей правой стороны и 3,22% для левой соответственно (рис. 21).

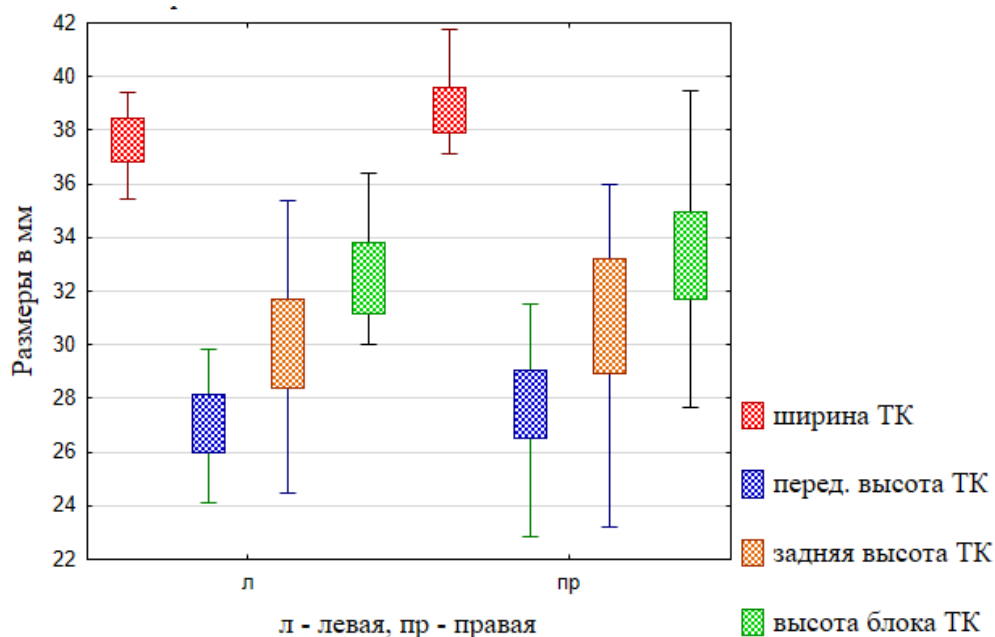


Рисунок 22 – Диаграмма широтных и высотных параметров, характеризующие рентгеноостеометрические показатели женских таранных костей

Рентгенологическая передняя высота таранных костей правой стороны имеет доверительный интервал – от 26,98 до 28,39 мм. Среднее значение параметра равно $27,69 \pm 2,32$ мм, минимальное значение – 22,85 мм и максимальное – 34,89 мм. Такого рода вариабельность указывает на умеренную степень индивидуальной изменчивости передней высоты женской таранной кости при рентгенологическом исследовании. Рентгенологическая передняя высота для костей левой стороны представлено средним значением – $27,30 \pm 2,07$ мм с диапазоном индивидуальных значений от 24,11 до 32,04 мм. Коэффициент вариации относится к категории умеренных значений, подтверждает относительную стабильность передней высоты таранной кости в женской группе и равен 7,58%.

Среднее значение рентгенологической задней высоты таранных костей правой стороны равно $30,79 \pm 3,01$ мм с пределами колебаний от 23,20 до 35,99 мм. Коэффициент вариации для данного параметра составляет 9,79%, что указывает на умеренную степень индивидуальной изменчивости задней высоты таранной кости. Для костей левой стороны коэффициент вариации рентгенологической задней высоты равен 8,76%, среднее значение составляет $30,41 \pm 2,66$ мм с доверительным интервалом от 29,04 до 31,78 мм. Сопоставление показателей между сторонами выявляет высокую степень соответствия средних значений, что свидетельствует о

выраженной билатеральной симметрии задней высоты таранной кости в женской группе.

Среднее значение рентгенологической высоты блока таранных костей правой стороны составляет $33,13 \pm 2,63$ мм с диапазоном индивидуальных значений от 27,67 до 39,48 мм. Коэффициент вариации для данного параметра равен 7,95%, что относится к категории умеренных значений. Для костей левой стороны среднее значение рентгенологической высоты блока равно $32,91 \pm 2,42$ мм с доверительным интервалом от 31,66 до 34,15 мм. Коэффициент вариации составляет 7,35%, подтверждая относительную стабильность высоты блока таранной кости для обеих сторон исследованной выборки (рис. 22).

Таким образом, наиболее вариабельным рентгеноостеометрическим параметром таранной кости у женщин является рентгенологическая длина головки с коэффициентом вариации 16,27% для костей правой стороны и 15,04% для костей левой стороны. Такая выраженная вариабельность отражает значительные индивидуальные различия в анатомии переднего отдела таранной кости. Наименьшей вариабельностью характеризуется рентгенологическая ширина таранной кости с коэффициентом вариации 3,03% для костей правой стороны и 3,22% для костей левой стороны, что подчеркивает ее функциональную консервативность и ключевую роль в обеспечении конгруэнтности суставных поверхностей голеностопного сустава.

При проведении статистического анализа билатеральной изменчивости рентгенограмм женской таранной кости достоверные различия были получены для параметров рентгенологической длины с уровнем значимости меньше 0,01 и рентгенологической ширины с уровнем значимости меньше 0,001. Такие показатели статистической значимости указывают на наличие незначительной, но статистически достоверной направленной асимметрии по данным размерным характеристикам у женщин, что отличается от полной симметрии прямых остеометрических параметров.

Анализ полученных данных показал, что среди прямых остеометрических параметров для женских таранных костей правой стороны наиболее переменным является длина шейки и головки, для костей левой стороны – передняя ширина блока и ширина головки. Наименее переменными как для костей правой, так и для костей левой стороны являются передняя и задняя высота таранной кости с коэффициентами вариации от 3,80% до 5,74%. Билатеральные различия для прямых остеометрических параметров не достигают уровня статистической достоверности при уровне значимости больше 0,05.

Среди рентгенологических остеометрических параметров женской таранной кости наиболее переменным как для костей правой, так и для костей левой стороны является рентгенологическая длина головки с коэффициентами вариации превышающими 15%. Наименее переменным параметром является рентгенологическая ширина таранной кости с коэффициентами вариации около 3%. Билатеральные различия для рентгеноостеометрических параметров таранной кости оказались статистически достоверными для показателей рентгенологической длины и рентгенологической ширины таранной кости, что указывает на наличие определенной направленной асимметрии при рентгенологическом исследовании.

3.6 Изменчивость остеометрических указателей прямой и рентгеновской остеометрии женских таранных костей

В таблице 15 представлены значения индексов остеометрических параметров таранных костей женщин без учета стороны тела. Комплексный анализ пропорциональных характеристик таранных костей женской выборки выявил определенные закономерности распределения индексных показателей. Доверительный интервал указателя длины блока кости колеблется от 0,62 до 0,65. Среднее значение составляет $0,64 \pm 0,05$. Данный параметр имеет коэффициент вариации равный 7,07%.

Таблица 15 – Значения индексов остеометрических параметров женских таранных костей независимо от их билатеральной принадлежности

	Valid N	Mean $\pm\sigma$	Stand ard Error	Довер. интервал (ДИ) -95% ÷ +95%	Median	Min	Max	CV%
ДБ/ДТК (УДБ)	26	0,64 $\pm$ 0,05	0,009	0,62 $\div$ 0,65	0,63	0,54	0,72	7,07
ДШиГ/ДТК (УДШиГ)	26	0,41 $\pm$ 0,04	0,008	0,39 $\div$ 0,43	0,42	0,32	0,48	9,95
ДГ/ДТК (УДГ)	26	0,60 $\pm$ 0,04	0,007	0,58 $\div$ 0,61	0,60	0,50	0,65	5,90
ЗШБ/ДБ (ШПУ)	26	0,77 $\pm$ 0,09	0,02	0,74 $\div$ 0,81	0,77	0,58	0,97	11,02
ШБ/ШТК (УШБ)	26	1,21 $\pm$ 0,16	0,03	1,14 $\div$ 1,27	1,25	0,92	1,50	13,54
ПШБ/ДБ (УПШБ)	26	1,00 $\pm$ 0,11	0,02	0,95 $\div$ 1,04	1,02	0,83	1,26	10,56
ЗШБ/ПШБ (УСБ)	26	0,78 $\pm$ 0,11	0,02	0,74 $\div$ 0,82	0,75	0,63	0,96	13,55
ПШБ/ШТК (УОШВСП)	26	0,82 $\pm$ 0,06	0,01	0,80 $\div$ 0,85	0,82	0,72	0,95	7,45
ШГ/ДГ (УШГ)	26	0,75 $\pm$ 0,12	0,02	0,71 $\div$ 0,80	0,71	0,62	1,05	15,28
ПВТК/ДТК (ВДУ)	26	0,97 $\pm$ 0,04	0,007	0,96 $\div$ 0,99	0,97	0,91	1,04	3,77
ЛВБ/ДБ (ВПУБ)	26	0,91 $\pm$ 0,06	0,01	0,89 $\div$ 0,94	0,91	0,80	1,06	6,69
Шнсп/Днсп (УШнсп)	26	0,69 $\pm$ 0,05	0,009	0,67 $\div$ 0,71	0,69	0,61	0,80	6,84

Максимальное значение указателя длины шейки и головки таранной кости лиц женского пола составило 0,48, минимальное – 0,32. Среднее значение данного параметра равно 0,41 $\pm$ 0,04. Такая вариабельность указывает на умеренную степень индивидуальной изменчивости пропорций переднего отдела таранной кости в исследованной женской группе.

Среднее значение указателя длины головки женской таранной равно 0,60 $\pm$ 0,04. Максимальное значение составляет 0,65, минимальное – 0,50. Данный параметр имеет самый низкий коэффициент вариации среди всех изученных индексных показателей, равный 5,90%. Такая исключительная стабильность указывает на функциональную консервативность пропорций головки таранной кости в женской группе.

Среднее значение широтно-продольного указателя таранной кости составляет $0,77 \pm 0,09$, варьируя от 0,58 до 0,97. Данный показатель отражает пропорциональное соотношение ширины к длине таранной кости и демонстрирует умеренную степень индивидуальной изменчивости в исследованной женской выборке.

Средние значения указателя ширины блока и указателя передней ширины блока таранной кости равны соответственно $1,21 \pm 0,16$ и $1,00 \pm 0,11$. Доверительный интервал указателя ширины блока колеблется от 1,14 до 1,27. Коэффициент вариации данного параметра относительно высок и составляет 13,54%, что указывает на выраженную индивидуальную изменчивость пропорций ширины блока. Вариативность значений указателя передней ширины блока имеет размах от 0,83 до 1,26 при коэффициенте вариации 10,56% подтверждает умеренную степень вариабельности данного пропорционального показателя.

Указатель сужения блока таранной кости равен $0,78 \pm 0,11$, доверительный интервал в пределах от 0,74 до 0,82 – данные значения характеризуют степень сужения блока таранной кости и демонстрируют умеренную стабильность в исследованной женской группе.

Среднее значение указателя общей ширины верхней суставной поверхности таранной кости составляет $0,82 \pm 0,06$ с диапазоном индивидуальных значений от 0,72 до 0,95 и совпадает с медианой. Нормальное распределение показателя в выборке подтверждает статистическую надежность полученных данных.

Указатель ширины головки таранной кости имеет следующие значения: среднее – $0,75 \pm 0,12$, минимальное – 0,62, максимальное 1,05, коэффициент вариации – 15,28%, что является наибольшим среди всех изученных индексных показателей. Вариабельность явно выражена и отражает значительные индивидуальные различия в пропорциях головки таранной кости.

Параметр высотно-длиннотного указателя таранной кости демонстрирует самый низкий коэффициент вариации среди всех изученных индексных показателей – 3,77%, среднее значение – $0,97 \pm 0,04$, диапазон индивидуальных значений – от 0,91 до 1,04.

Относительная стабильность высотно-продольного указателя блока таранной кости в женской группе обусловлена умеренным значением коэффициента, составляющим 6,69%. Среднее значение показателя равно $0,91 \pm 0,06$ и варьирует от 0,80 до 1,06.

Умеренную степень индивидуальной изменчивости пропорционального показателя ширины задней суставной поверхности таранной кости подтверждает значение в 6,84% коэффициента вариации. Значение параметра – $0,69 \pm 0,05$ с диапазоном индивидуальных значений от 0,61 до 0,80.

Исходя из этого, наиболее вариабельным индексом остеометрических параметров таранных костей женской группы является указатель ширины головки, коэффициент вариации равен 15,28% и отражает значительные индивидуальные различия в пропорциях головки кости. Вероятно, закономерность обуславливается адаптацией данной анатомической области к индивидуальным особенностям биомеханики стопы и характеру двигательной активности. Наименьшая вариабельность присуща высотно-длиннотному указателю, коэффициент его вариации – 3,77%, этим значением подчеркивается функциональная стабильность соотношения высоты к длине таранной кости в женской группе.

Индексные показатели широты представляют умеренную степень вариабельности с коэффициентами от 6,84% до 13,54%, занимающие промежуточное положение между наиболее стабильными высотно-длиннотными и наиболее вариабельными показателями ширины головки. Указатель длины шейки и головки показывает умеренную вариабельность, указатель длины головки демонстрирует высокую стабильность с коэффициентом вариации 5,90%: пропорциональные характеристики переднего отдела таранной кости выявляют различную степень стабильности.

На основании проведенного сравнительного анализа была составлена диаграмма индексных показателей длиннотных параметров таранных костей женской выборки с разделением по сторонам тела (рис. 23).

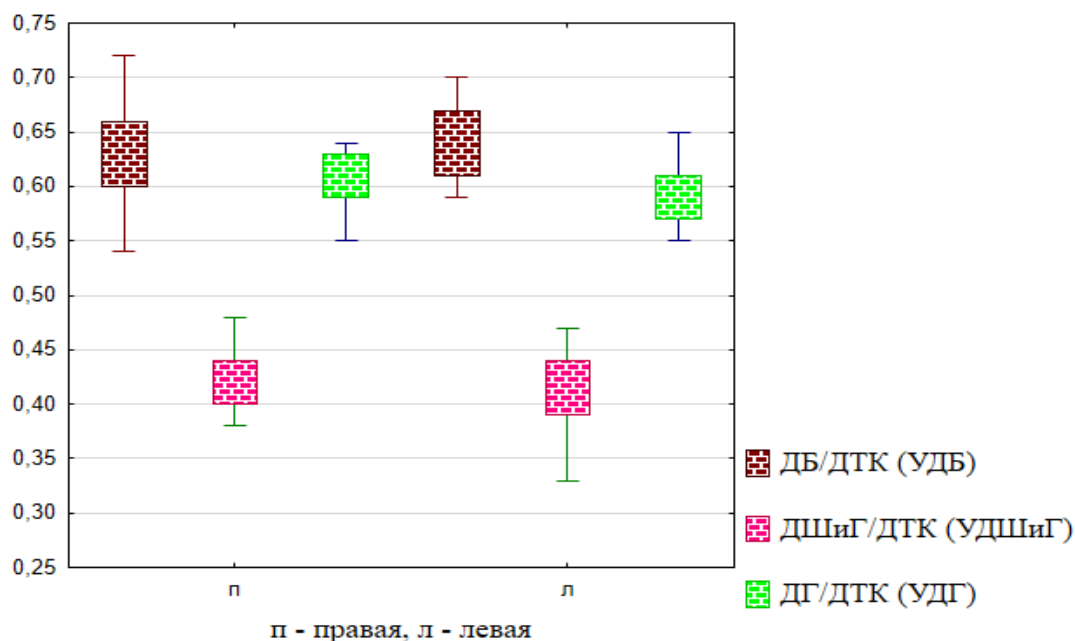


Рисунок 23 – Диаграмма различий индексов длиннотных параметров женских таранных костей

Соответствие среднего значения и медианы свидетельствует о нормальном распределении указателя длины блока женской группы. Среднее значение этого параметра для правой стороны составляет $0,63 \pm 0,05$ и практически совпадает с медианным значением. Для таранных костей левой стороны среднее значение указателя длины блока составляет $0,64 \pm 0,04$, также совпадая с медианным значением данного параметра. Доверительный интервал для костей правой стороны колеблется от 0,60 до 0,66, для костей левой стороны – от 0,62 до 0,66. Данный параметр характеризуется самым низким коэффициентом вариации среди всех изученных индексных показателей длиннотных параметров: 8,17% для костей правой стороны и 6,03% для костей левой стороны. Такая исключительная стабильность указывает на функциональную консервативность пропорций блока таранной кости в женской группе.

Среднее значение указателя длины шейки и головки таранных костей правой и левой сторон у лиц женского пола одинаково и составляет $0,41 \pm 0,04$. Такое полное совпадение средних значений между сторонами свидетельствует о высокой степени билатеральной симметрии данного пропорционального показателя в исследованной женской выборке. Максимальное значение указателя длины головки таранных костей правой стороны равно 0,64, минимальное – 0,50. Среднее

значение данного параметра составляет $0,60 \pm 0,04$. Для костей левой стороны среднее значение указателя длины головки равно $0,60 \pm 0,03$. Сопоставление показателей между сторонами выявляет полное соответствие средних значений и минимальные расхождения в стандартных отклонениях, что подтверждает высокую степень симметрии пропорций головки таранной кости (рис. 23).

На рисунках 24 и 25 представлена диаграмма широтных индексов правых и левых женских таранных костей. Среднее значение указателя ширины блока таранных костей правой стороны составляет $1,24 \pm 0,15$. Для костей левой стороны среднее значение данного индексного показателя составляет $1,17 \pm 0,18$. Сопоставление показателей между сторонами выявляет незначительные расхождения средних значений, что свидетельствует о высокой степени билатеральной симметрии данного пропорционального показателя в исследованной женской группе.

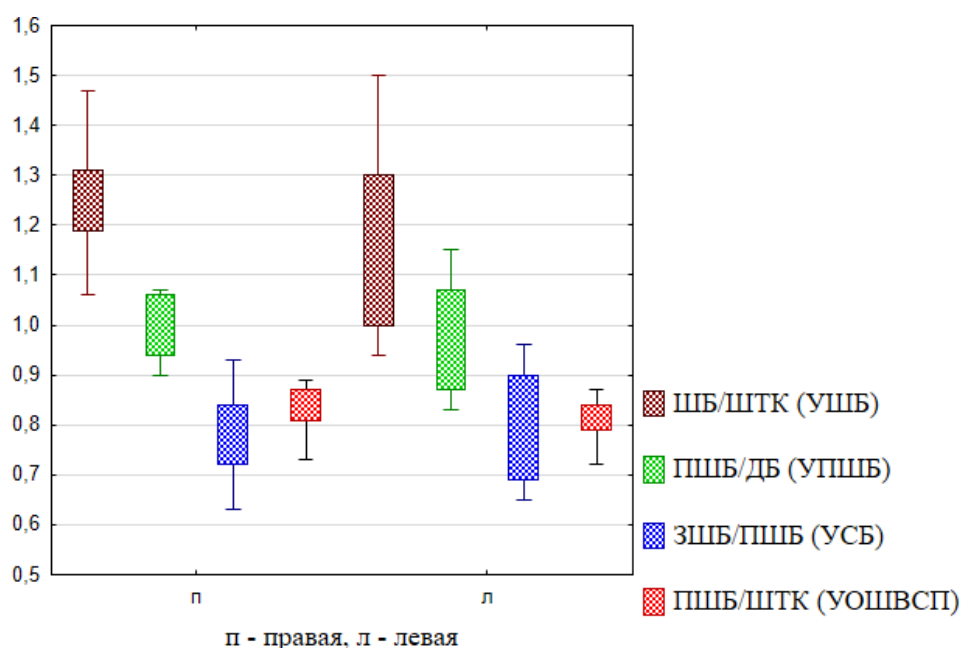


Рисунок 24 – Диаграмма различий широтных индексов блока правых и левых женских таранных костей

Среднее значение указателя передней ширины блока таранной кости, рассчитанного как отношение передней ширины блока к его длине, для костей правой стороны равно $1,02 \pm 0,10$. Для костей левой стороны среднее значение данного параметра составляет $0,98 \pm 0,11$. Такие близкие значения указывают на

относительную стабильность пропорций передней ширины блока таранной кости для обеих сторон исследованной выборки.

Среднее значение указателя сужения блока таранных костей правой стороны составляет $0,77 \pm 0,10$. Для костей левой стороны среднее значение данного индексного показателя равно $0,80 \pm 0,11$. Наблюдаемая разница между сторонами находится в пределах статистической погрешности и подтверждает общую тенденцию к симметрии пропорциональных характеристик сужения блока таранной кости в женской группе.

Среднее значение указателя общей ширины верхней суставной поверхности таранных костей правой стороны равно $0,82 \pm 0,06$. Для костей левой стороны среднее значение данного параметра составляет $0,82 \pm 0,07$. Полное совпадение средних значений между сторонами свидетельствует об исключительной стабильности данного пропорционального показателя и высокой степени билатеральной симметрии в исследованной женской выборке (рис. 24).

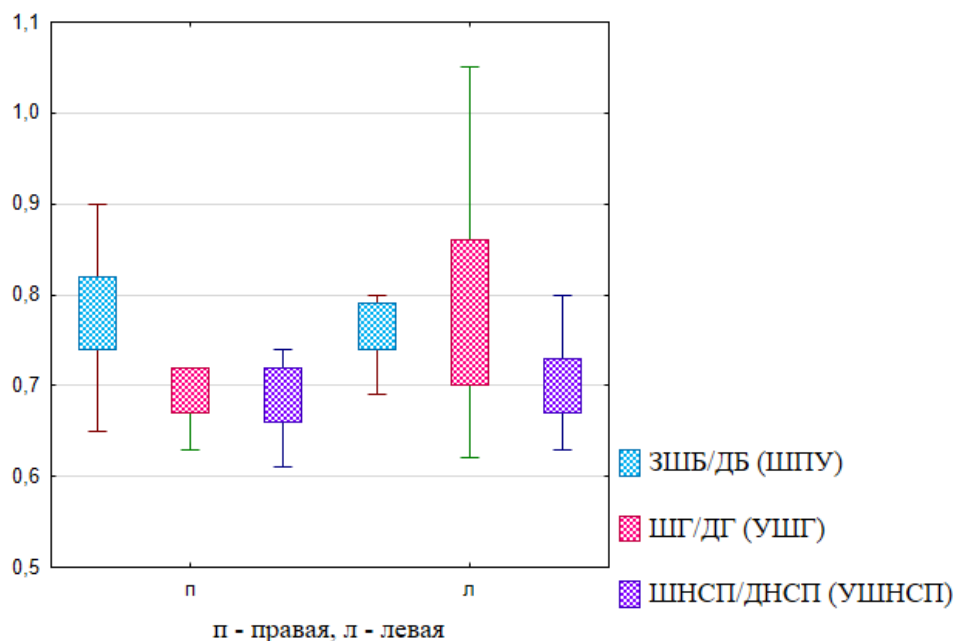


Рисунок 25 – Диаграмма различий широтных индексов женских таранных костей

Среднее значение широтно-продольного указателя таранных костей правой стороны составляет $0,78 \pm 0,09$. Для костей левой стороны среднее значение данного индексного показателя равно $0,77 \pm 0,08$. Такие близкие значения подтверждают

относительную стабильность пропорционального соотношения ширины к длине таранной кости для обеих сторон исследованной выборки.

Среднее значение указателя ширины головки таранных костей правой стороны равно $0,71 \pm 0,08$. Для костей левой стороны среднее значение данного параметра составляет $0,79 \pm 0,13$. Наблюдаемая разница между сторонами отражает индивидуальную изменчивость данного морфометрического признака в женской группе, однако остается в пределах допустимых значений.

Среднее значение указателя ширины задней суставной поверхности таранных костей левой стороны составляет $0,70 \pm 0,05$. Для костей правой стороны среднее значение данного индексного показателя равно $0,69 \pm 0,04$. Минимальные расхождения между сторонами подтверждают высокую степень симметрии пропорций задней суставной поверхности таранной кости в исследованной женской выборке (рис. 25).

Таким образом, показатели широтных индексных соотношений таранных костей правой и левой сторон у лиц женского пола демонстрируют высокую степень симметрии. Различия между соответствующими значениями для правой и левой сторон не превышают $0,07$, что находится в пределах статистической погрешности. Индексы, характеризующие пропорции суставных поверхностей, а именно указатель общей ширины верхней суставной поверхности и указатель ширины задней суставной поверхности, оказываются практически идентичными для обеих сторон с максимальной разницей в $0,01$.

На рисунке 24 представлена диаграмма сравнительного анализа высотных индексных показателей правых и левых таранных костей женской выборки.

Среднее значение высотно-длиннотного указателя таранных костей левой стороны у лиц женского пола составляет $0,98 \pm 0,04$. Для костей правой стороны среднее значение данного индексного показателя составляет $0,97 \pm 0,04$.

Среднее значение высотно-продольного указателя блока таранных костей левой стороны равно $0,90 \pm 0,06$. Для костей правой стороны среднее значение данного параметра составляет $0,93 \pm 0,06$ (рис. 26).

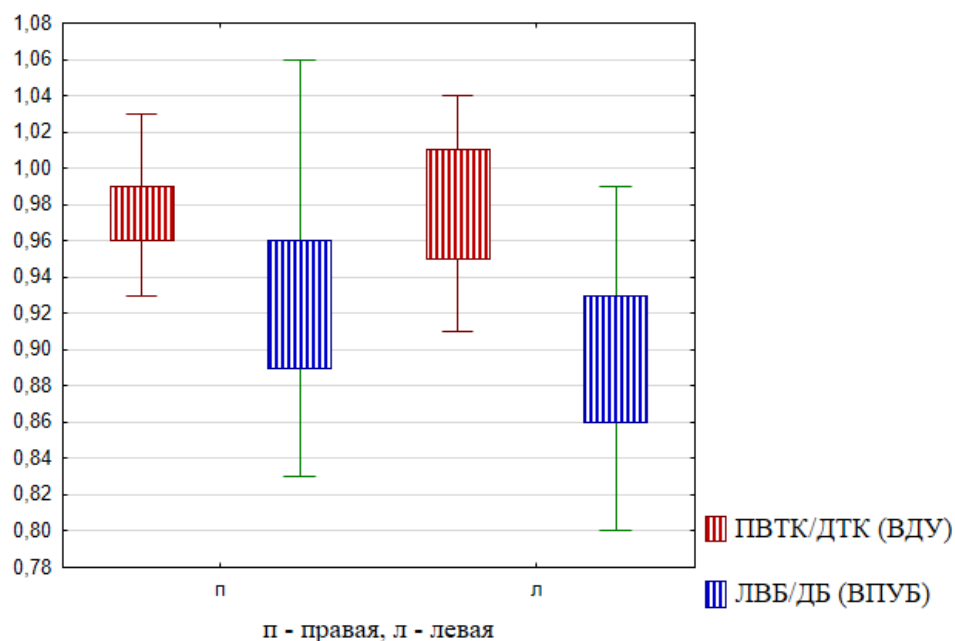


Рисунок 26 – Диаграмма различий высотных индексов правых и левых женских таранных костей

Таким образом, показатели индексных соотношений высотных параметров таранных костей правой и левой сторон у лиц женского пола отличаются не более чем на 0,03. Такая минимальная разница между соответствующими значениями для правой и левой сторон находится в пределах статистической погрешности и свидетельствует о высокой степени билатеральной симметрии пропорционального строения таранной кости у женщин. Все изученные высотные индексные характеристики демонстрируют высокую степень соответствия между сторонами с незначительными расхождениями средних значений.

При проведении статистического анализа билатеральной изменчивости индексных соотношений высотных параметров не было выявлено достоверных различий между таранными костями правой и левой сторон при уровне значимости больше 0,05. Такие показатели статистической значимости подтверждают отсутствие направленной асимметрии в пропорциональных высотных характеристиках таранной кости в исследованной женской группе.

В таблице 16 представлены значения индексов остеометрических параметров рентгенограмм таранных костей женщин без учета стороны тела.

Таблица 16 – Значения индексов остеометрических параметров рентгенограмм таранных костей лиц женского пола независимо от билатеральной принадлежности

	Valid N	Mean $\pm\sigma$	Standard Error	Довер интервал (ДИ) 95%÷+95%	Median	Min	Max	CV%
РгШПУ	61	0,70 $\pm$ 0,04	0,005	0,69÷0,71	0,69	0,63	0,81	5,78
РгВДУ	61	0,50 $\pm$ 0,04	0,006	0,49÷0,51	0,5	0,41	0,61	8,64
РгУДШиг	61	0,43 $\pm$ 0,04	0,006	0,42÷0,44	0,43	0,36	0,59	9,93
РгУДГ	61	0,26 $\pm$ 0,04	0,005	0,25÷0,27	0,26	0,18	0,41	15,31

Среднее значение рентгенологического широтно-продольного указателя женских таранных костей составило 0,70 $\pm$ 0,04. Среднее значение рентгенологического высотно-длиннотного указателя таранных костей равно 0,50 $\pm$ 0,04. Среднее значение рентгенологического указателя длины шейки и головки таранной кости, рассчитанного как отношение длины шейки и головки к общей длине таранной кости, составляет 0,43 $\pm$ 0,04. Данный индексный показатель отражает пропорциональное соотношение переднего отдела таранной кости к ее общей длине и демонстрирует умеренную степень стабильности в исследованной группе. Среднее значение рентгенологического указателя длины головки таранной кости, определенного путем деления длины головки на длину таранной кости, равно 0,26 $\pm$ 0,04. Данный параметр характеризует пропорциональные размеры головки таранной кости относительно ее общей длины при рентгенологическом исследовании.

На рисунке 27 представлена диаграмма значений индексов рентгеноостеометрических параметров женских таранных костей с учетом стороны тела. Среднее значение рентгенологического широтно-продольного указателя таранных костей левой стороны составляет 0,71 $\pm$ 0,05. Для костей правой стороны среднее значение данного индексного показателя составляет 0,70 $\pm$ 0,04. Среднее значение рентгенологического высотно-длиннотного указателя таранных костей левой стороны равно 0,51 $\pm$ 0,04. Для костей правой стороны среднее значение данного параметра составляет 0,50 $\pm$ 0,04. Среднее значение рентгенологического

указателя длины шейки и головки таранных костей левой стороны составляет $0,45 \pm 0,04$. Для костей правой стороны среднее значение данного индексного показателя равно $0,43 \pm 0,04$. Наблюдаемая разница между сторонами отражает индивидуальную изменчивость данного морфометрического признака в женской группе, однако остается в пределах допустимых значений. Среднее значение рентгенологического указателя длины головки таранных костей правой стороны равно $0,25 \pm 0,04$. Для костей левой стороны среднее значение данного параметра составляет $0,27 \pm 0,04$. Таким образом, показатели индексных соотношений рентгеноостеометрических параметров таранных костей правой и левой сторон у лиц женского пола оказываются практически идентичными по своим средним значениям. Максимальная разница между соответствующими значениями для правой и левой сторон не превышает 0,02, что находится в пределах статистической погрешности. Все изученные индексные характеристики демонстрируют высокую степень соответствия между сторонами с минимальными расхождениями средних значений.

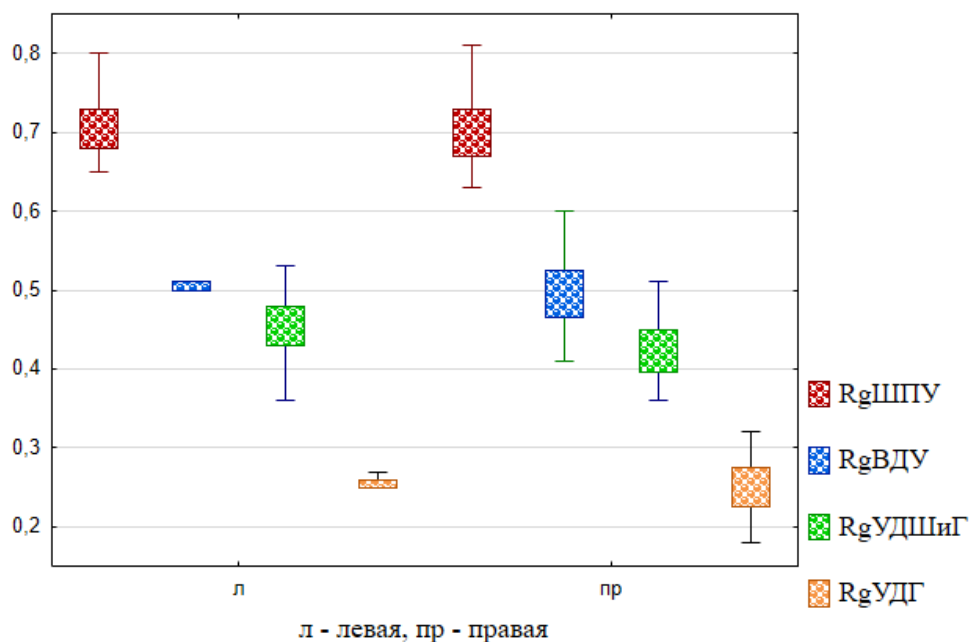


Рисунок 27 – Диаграмма значений индексов остеометрических параметров рентгенограмм правых и левых женских таранных костей

При проведении статистического анализа билатеральной изменчивости индексных соотношений рентгенограмм таранных костей женской группы

достоверные различия выявлены только для рентгенологического указателя длины шейки и головки с уровнем значимости меньше 0,01.

Анализ полученных данных показал, что среди индексных соотношений остеометрических параметров таранных костей женской группы наименьшей вариабельностью характеризуются высотно-длиннотный указатель с коэффициентом вариации 3,77% и указатель длины блока с коэффициентом вариации от 6,03% до 8,17%. Такие низкие показатели коэффициентов вариации указывают на исключительную стабильность данных пропорциональных характеристик в женской группе.

К наиболее вариабельным индексным соотношениям были отнесены указатель ширины блока с коэффициентом вариации 13,54% и указатель ширины головки с коэффициентом вариации 15,28%. Коэффициенты вариации данных параметров находятся в диапазоне от 11,54% до 16,64%, что указывает на выраженную индивидуальную изменчивость широтных пропорциональных характеристик таранной кости в женской группе.

При сравнении прямых остеометрических параметров и соответствующих индексных соотношений правой и левой сторон таранных костей женщин с использованием t-критерия Стьюдента и U-критерия Манна-Уитни статистически достоверных различий выявлено не было при уровне значимости больше 0,05. Такая закономерность подтверждает общую тенденцию к симметрии морфометрических характеристик таранной кости в женской группе (рис. 25).

Среди рентгеноостеометрических индексных соотношений наибольшую вариабельность продемонстрировал рентгенологический указатель длины головки с коэффициентом вариации 15,42%. Наименьшую вариабельность выявил рентгенологический широтно-продольный указатель с коэффициентом вариации 5,71%. Такие показатели отражают различную степень стабильности пропорциональных характеристик таранной кости при рентгенологическом исследовании.

При анализе билатеральной изменчивости рентгеноостеометрических индексных соотношений достоверные различия между таранными костями правой

и левой стороны были получены только для рентгенологического указателя длины шейки и головки с уровнем значимости меньше 0,01. Такие данные указывают на высокую степень общей симметрии пропорционального строения таранной кости у женщин при наличии локальной асимметрии относительных размеров переднего отдела кости.

3.7 Физические параметры женских таранных костей

В таблице 17 представлены физические параметры, характеризующие результаты измерений женских таранных костей независимо от стороны тела. Анализ данных показывает очень высокую вариабельность исследованных параметров, коэффициент вариации колеблется от 26,68% до 33,37%.

Таблица 17 – Физические параметры, характеризующие результаты измерений таранных костей лиц женского пола независимо от их билатеральной принадлежности

	Valid N	Mean $\pm\sigma$	Standard Error	Доверительный интервал (ДИ) -95% ÷ +95%	Median	Min	Max	CV%
Вес	26	19,18 $\pm$ 6,40	1,26	16,60÷21,77	17,82	10,00	33,00	33,37
Объем	26	21,50 $\pm$ 5,74	1,13	19,18÷23,82	20,00	13,00	32,00	26,68
Плотность	26	0,93 $\pm$ 0,31	0,06	0,81÷1,06	0,93	0,41	1,74	33,19

Среднее значение массы таранной кости лиц женского пола составляет 19,18 $\pm$ 6,40 г с доверительным интервалом, колеблющимся от 16,60 до 21,77 г. Данный параметр характеризуется наибольшим коэффициентом вариации среди всех исследованных физических характеристик женских таранных костей, который составляет 33,37%. Среднее значение объема таранной кости лиц женского пола равно 21,50 $\pm$ 5,74 см³ с диапазоном индивидуальных значений от 13,00 до 32,00 см³. Данный параметр демонстрирует наименьшую вариабельность среди всех физических характеристик таранной кости в женской выборке. Средняя плотность таранной кости лиц женского пола равна 0,93 $\pm$ 0,31 г/см³ с доверительным

интервалом, находящимся в пределах от 0,81 до 1,06 г/см³. Данный показатель характеризует минеральную насыщенность и структурную организацию костной ткани таранной кости в исследованной женской группе.

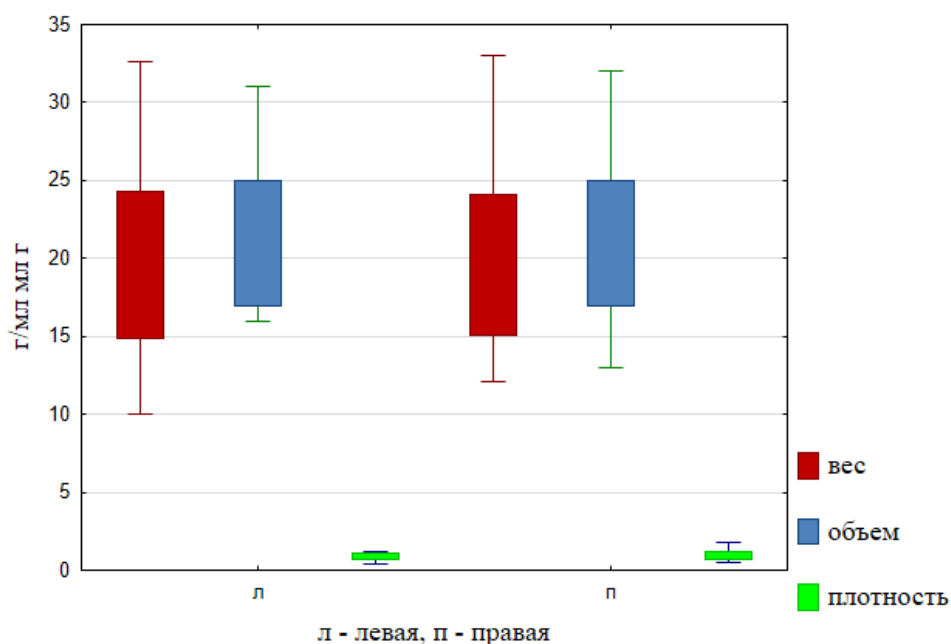


Рисунок 28 – Диаграмма различий физических параметров, характеризующая результаты измерений правых и левых женских таранных костей

На рисунке 28 представлена диаграмма физических параметров, характеризующих результаты измерений правых и левых женских таранных костей. Доверительный интервал массы правых таранных костей составляет 15,78–23,06 г, среднее значение равно $19,42 \pm 6,02$ г; данный параметр характеризуется высоким коэффициентом вариации – 31,01%. Средняя масса левых костей равна $18,95 \pm 7,00$ г, минимальное и максимальное значения составляют соответственно 10,00 г и 32,60 г; коэффициент вариации достигает максимального значения среди всех физических параметров – 36,94%.

Среднее значение объема правых женских костей составляет $21,39 \pm 6,54$ см³, доверительный интервал колеблется от 17,43 до 25,34 см³; коэффициент вариации относительно высок и равен 30,58%. Средний объем левых костей равен $21,62 \pm 5,08$ см³; данный параметр демонстрирует наименьшую вариабельность среди всех исследованных физических характеристик – коэффициент вариации составляет 23,48% (рис. 28).

Средняя плотность правых таранных костей равна $0,97 \pm 0,35$ г/см³, коэффициент вариации – 35,94%. Средняя плотность левых костей составляет $0,89 \pm 0,27$ г/см³, доверительный интервал колеблется от 0,73 до 1,06 г/см³, коэффициент вариации – 30,57%. Статистический анализ сравнительной характеристики физических параметров правых и левых женских таранных костей не выявил достоверных различий ($p > 0,05$).

Таким образом, анализ полученных данных показал, что физические параметры женских таранных костей характеризуются высокой вариабельностью по сравнению с остеометрическими показателями. Наиболее вариабельным физическим параметром является масса (коэффициент вариации до 36,94%), наименее вариабельным – объем (23,48%).

3.8 Сравнительная изменчивость остеометрических, рентгеноостеометрических и физических параметров мужских и женских таранных костей

В таблице 18 представлено сравнение прямых остеометрических показателей таранных костей с анализом половых различий между мужской и женской выборками.

При статистическом анализе морфометрических данных критерии сравнения (t-критерий Стьюдента и U-критерий Манна-Уитни) подтвердили достоверность половых различий по всем исследованным параметрам ($p < 0,05$). Наиболее выраженные различия выявлены среди длиннотных параметров: длина (мужчины $56,0 \pm 3,10$ мм, женщины $52,0 \pm 3,32$ мм), наибольшая длина ($60,4 \pm 3,54$ мм против $55,6 \pm 4,16$ мм) и медиальная длина ($56,1 \pm 3,06$ мм против $52,0 \pm 3,12$ мм), а также медиальная высота блока ($27,0 \pm 2,15$ мм против $24,4 \pm 2,10$ мм) – все с высокой степенью достоверности ($p < 0,000005$). К группе параметров со статистически значимыми различиями высокой степени надежности также отнесены ширина ($43,0 \pm 2,86$ мм у мужчин против $39,8 \pm 3,37$ мм у женщин), передняя высота

(53,3±2,41 мм против 50,5±2,15 мм), длина блока (35,9±2,85 мм против 32,9±2,69 мм) и латеральная высота блока (33,0±2,80 мм против 30,0±2,65 мм) при $p<0,00008$.

Таблица 18 – Сравнительная характеристика прямых остеометрических параметров мужских и женских таранных костей по 2-м критериям

	Мужские Mean±σ	Женские Mean±σ	T-test (p=0,05)	M-W (p=0,05)
Д	55,93±3,10	51,98±3,32	0,000002	0,000001
НД	60,41±3,54	55,64±4,16	0,000002	0,000002
МД	56,10±3,06	52,01±3,12	0,000001	0,000001
Ш	42,96±2,86	39,81±3,37	0,000006	0,000009
ЗШ	29,22±3,50	27,33±2,99	0,02	0,02
ПВ	53,25±2,42	50,50±2,15	0,000006	0,000003
ЗВ	47,89±2,26	45,65±2,34	0,0001	0,0002
Дб	35,95±2,85	32,93±2,69	0,00003	0,00008
ЗШб	27,68±2,95	25,36±2,81	0,002	0,004
ПШб	35,19±3,41	32,68±3,27	0,003	0,001
ЛВб	33,03±2,80	29,99±2,65	0,00002	0,00002
МВб	26,97±2,15	24,40±2,10	0,000004	0,000005
ДШиГ	22,94±2,94	21,32±2,71	0,02	0,03
Дг	34,06±3,16	30,99±2,53	0,00006	0,00004
Шг	24,60±2,56	23,12±2,88	0,03	0,01
Днсп	33,11±2,67	31,03±2,38	0,001	0,0002
Шнсп	22,97±2,41	21,47±1,89	0,008	0,006

В таблице 19 представлена сравнительная характеристика рентгеноостеометрических параметров мужских и женских костей, выполненная с использованием двух критериев. Статистический анализ половой изменчивости выявил достоверные различия по всем исследованным рентгенологическим параметрам ($p<0,05$), что подтверждает выраженный половой диморфизм таранной кости в рентгеновском изображении. Наиболее высокая степень достоверности различий отмечена для таких параметров, как ширина ($p<0,00001$), передняя высота ($p<0,00002$) и наибольшая длина ($p<0,00003$). Наименьшая, хотя и статистически достоверная, разница выявлена для параметра длины головки ($p<0,0007$), что может свидетельствовать о сравнительно большей вариабельности данного показателя внутри каждой половой группы и, как следствие, о меньшей выраженности межгрупповых различий при сохранении их достоверности.

Таблица 19 – Сравнительная характеристика рентгеноостеометрических параметров мужских и женских таранных костей по 2-м критериям

	Мужские Mean±σ	Женские Mean±σ	T-test (p=0,05)	M-W (p=0,05)
РгД	61,04±4,21	54,95±3,19	0,000001	0,000001
РгНД	65,30±4,75	58,20±3,25	0,000001	0,000001
РгШ	41,78±1,78	38,50±1,31	0,000001	0,000001
РгПВ	30,34±2,83	27,58±2,25	0,000001	0,000001
РгЗВ	35,13±4,01	30,68±2,90	0,000001	0,000001
РгВб	37,32±2,93	33,07±2,56	0,000001	0,000001
РгДШиГ	26,03±3,07	23,80±2,50	0,000027	0,000030
РгДГ	15,58±2,43	14,09±2,23	0,000714	0,000892

Таблица 20 – Сравнительная характеристика индексов остеометрических параметров мужских и женских таранных костей

	Мужские Mean±σ	Женские Mean±σ	T-test (p<0,05)	M-W (p<0,05)
ДБ/ДТК (УДБ)	0,64±0,03	0,64±0,05	0,42	0,43
ДШиГ/ДТК (УДШиГ)	0,41±0,05	0,41±0,04	0,96	0,98
ДГ/ДТК (УДГ)	0,61±0,05	0,60±0,04	0,25	0,23
ЗШБ/ДБ (ШПУ)	0,77±0,09	0,77±0,09	0,97	0,87
ШБ/ШТК (УШБ)	1,22±0,18	1,21±0,16	0,78	0,99
ПШБ/ДБ (УПШБ)	0,98±0,10	1,00±0,11	0,61	0,78
ЗШБ/ПШБ (УСБ)	0,79±0,09	0,78±0,11	0,67	0,55
ПШБ/ШТК (УОШВСП)	0,82±0,07	0,82±0,06	0,93	0,99
ШГ/ДГ (УШГ)	0,73±0,10	0,75±0,12	0,34	0,33
ПВТК/ДТК (ВДУ)	0,95±0,04	0,97±0,04	0,03	0,02
ЛВБ/ДБ (ВПУБ)	0,92±0,07	0,91±0,06	0,61	0,64
Шнсп/Днсп (УШнсп)	0,70±0,13	0,69±0,05	0,80	0,32

В таблице 20 представлена сравнительная характеристика индексов прямых остеометрических параметров мужских и женских костей. Статистический анализ половой изменчивости пропорциональных характеристик выявил принципиально иную картину по сравнению с абсолютными размерами: достоверные различия между костями мужской и женской выборками были получены лишь для одного индекса – высотно-длиннотного указателя ($p<0,03$; U-критерий Манна-Уитни,

$p < 0,02$). По всем остальным индексам статистически значимых различий выявлено не было ($p > 0,05$).

В таблице 21 представлена сравнительная характеристика индексов рентгеноостеометрических параметров мужских и женских таранных костей. Статистический анализ половой изменчивости пропорциональных характеристик, рассчитанных по рентгенограммам, не выявил достоверных различий ни по одному из исследованных индексов ($p > 0,05$).

Таблица 21 – Сравнительная характеристика индексов рентгеноостеометрических параметров мужских и женских таранных костей

	Мужские Mean $\pm\sigma$	Женские Mean $\pm\sigma$	T-test ($p < 0,05$)	M-W ($p < 0,05$)
РгШПУ	0,69 $\pm$ 0,05	0,70 $\pm$ 0,04	0,08	0,08
РгВДУ	0,50 $\pm$ 0,04	0,50 $\pm$ 0,04	0,52	0,82
РгУДШиГ	0,43 $\pm$ 0,04	0,43 $\pm$ 0,04	0,69	0,37
РгУДГ	0,26 $\pm$ 0,03	0,26 $\pm$ 0,04	0,15	0,83

В таблице 22 представлена сравнительная характеристика физических параметров мужских и женских костей, выполненная с использованием двух статистических критериев – t-критерия Стьюдента и U-критерия Манна-Уитни. Анализ половой изменчивости физических характеристик выявил достоверные различия по двум из трех исследованных параметров: масса (мужских 24,56 $\pm$ 8,78 г против женских 19,18 $\pm$ 6,40 г, $p < 0,02$) и объем (мужских 26,06 $\pm$ 8,51 см³ против женских 21,50 $\pm$ 5,74 см³, $p < 0,02$). По показателю плотности костной ткани достоверных различий между полами выявлено не было ($p > 0,05$).

Таблица 22 – Сравнительная характеристика физических параметров 49 мужских и 26 женских таранных костей по 2-м критериям

	Мужские Mean $\pm\sigma$	Женские Mean $\pm\sigma$	T-test ($p < 0,05$)	M-W ($p < 0,05$)
Вес	24,56 $\pm$ 8,78	19,18 $\pm$ 6,40	0,007	0,003
Объем	26,06 $\pm$ 8,51	21,50 $\pm$ 5,74	0,02	0,02
Плотность	0,98 $\pm$ 0,27	0,93 $\pm$ 0,31	0,47	0,58

Таким образом, проведенный комплексный анализ морфометрии таранной кости выявил четкую дифференциацию половых различий в зависимости от типа измеряемых характеристик. Для прямых остеометрических параметров наибольшая степень достоверности половых различий отмечена у длиннотных размеров: длина и медиальная длина ($p < 0,000001$), наибольшая латеральная длина ($p < 0,000002$), а также у высотных параметров – передняя высота ($p < 0,000003$) и медиальная высота блока ($p < 0,000005$). Аналогичная закономерность сохраняется для рентгеноостеометрических параметров: достоверные различия выявлены по длине, наибольшей длине, ширине, передней и задней высоте, высоте блока (все $p < 0,001$), что подтверждает выраженный половой диморфизм абсолютных размеров таранной кости независимо от метода исследования.

Принципиально иная картина наблюдается при анализе пропорциональных характеристик. Среди индексов прямых остеометрических параметров достоверные половые различия выявлены лишь для высотно-длиннотного указателя ($p < 0,03$, U-критерий $p < 0,02$), тогда как все остальные индексы статистически не различаются ($p > 0,05$). Между полами не были выявлены достоверные различия для индексов рентгеноостеометрических параметров. На основании этого факта можно сделать вывод об увеличении абсолютных размеров костей у мужчин без существенного изменения пропорций кости.

Стоит отметить, что на основании анализа физических параметров подтверждаются половые различия по массе (мужчины – $24,56 \pm 8,78$ г, женщины – $19,18 \pm 6,40$ г) и объему ($26,06 \pm 8,51$ см³ и $21,50 \pm 5,74$ см³ соответственно) при высокой степени достоверности ($p < 0,02$), при этом, если говорить о плотности костной ткани, то достоверно данные не различались ($0,98 \pm 0,27$ г/см³ у мужчин, $0,93 \pm 0,31$ г/см³ у женщин, $p > 0,05$). Это указывает на сходство тканевого состава кости у мужчин и женщин.

Следует учитывать, что несмотря на высокую вариабельность отдельных параметров, размах коэффициента вариации которых колеблется от 3,80% до 36,94%, и наличие билатеральной симметрии прямых остеометрических показателей не имеющих достоверных различий ($p > 0,05$), все абсолютные

размерные характеристики демонстрируют статистически достоверные половые различия высокой степени надежности.

ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение анатомической изменчивости таранной кости человека представляет собой актуальную научную задачу, имеющую важное значение в биомедицинских науках и смежных дисциплинах [1, 12, 46, 62, 79, 83, 84]. В первую очередь, необходимо отметить, что таранная кость является одной из ключевых анатомических структур предплюсны человеческой стопы, играющей решающую роль в обеспечении двигательной функции, а также в равновесии и распределении нагрузки на нижние конечности в процессе ходьбы, бега и статической опоры [20, 21, 32, 52, 53]. Таранная кость образует голеностопный, подтаранный и таранно-пяточно-ладьевидный суставы, обеспечивая тем самым сложную биомеханику сводов стопы и передачу осевых нагрузок от голени к стопе [32, 52, 60, 63]. Понимание анатомических вариаций этой кости имеет существенное значение не только для теоретической медицины и нормальной анатомии, но и для прикладных дисциплин, таких как физическая антропология, судебно-медицинская экспертиза, ортопедическая хирургия, травматология и криминалистика [6, 12, 38]. Современные исследования подтверждают, что морфометрические характеристики таранной кости могут служить надежными маркерами половой идентификации, особенно в случаях, когда другие методы идентификации личности оказываются недоступными или неприменимыми [4, 27, 51, 97].

Изучение анатомической изменчивости таранной кости, с точки зрения физической антропологии, предоставляет возможность для осмысления эволюционных и адаптационных процессов, происходящих в скелете нижних конечностей человека [2, 70, 87]. Рассматриваемая область исследований дает возможность выявлять межпопуляционные различия в строении костей между различными этническими и географическими группами. Полученные результаты могут быть полезны как для изучения миграционных процессов, так и для оценки возрастных и половых характеристик современного и древнего населения, помогая реконструировать образ жизни предков, их двигательные навыки, особенности

передвижения и адаптации к условиям окружающей среды и типы выполняемой ими физической деятельности [2, 12, 19, 20, 132]. Как известно, таранная кость не имеет мышечных прикрепления, именно поэтому является особенно ценным объектом для антропологических исследований и сравнительного анализа популяции, так как, отражает преимущественно генетически обусловленные особенности строения скелета [1, 2, 83].

Цель настоящего исследования – комплексное изучение закономерностей анатомической изменчивости таранной кости человека и ее суставных поверхностей на основе прямой и рентгеновской остеометрии с последующим анализом половой и билатеральной изменчивости морфометрических параметров. В обеспечении нормального функционирования нижних конечностей и стабильности голеностопного сустава немаловажную роль играют суставные поверхности таранной кости. Верхняя суставная поверхность – контактирует с большеберцовой и малоберцовой костями, образуя голеностопный сустав, тогда как нижняя поверхность взаимодействует с пяточной костью, формируя подтаранный сустав. Существенно влияет на биомеханику стопы, амплитуду движений в суставах и предрасположенность к развитию дегенеративных изменений вариативность строения суставных поверхностей в популяции. За каждой суставной поверхностью таранной кости закреплены определенные функции и заложена адаптируется к нагрузкам, возникающим в процессе движения. Так, верхняя поверхность обеспечивает сагиттальную подвижность, то есть тыльное и подошвенное сгибание, а нижняя – участвует в формировании супинации и пронации стопы [32, 76, 170]. Вариабельность формы и размеров суставных поверхностей таранной кости имеет непосредственное клиническое значение, так как аномалии строения могут приводить к нарушению конгруэнтности суставных поверхностей, неравномерному распределению нагрузки и, как следствие, к преждевременному развитию остеоартроза [33, 77, 184].

В настоящем исследовании нами впервые проведено сопоставление частот встречаемости определенного анатомического признака, а именно форм суставной

пяточной поверхности таранной кости человека, на основе использования приема изучения подобия множеств, а не обнаружения и демонстрации различий частот, как это традиционно предпринимается практически во всех биомедицинских исследованиях [1, 2, 83, 84, 85]. Исследованная выборка таранных костей рассматривалась нами с точки зрения фундаментального понятия «антропологическая совокупность», введенного выдающимся отечественным антропологом В.П. Алексеевым и рассматриваемая как одномерная совокупность, математическим выражением которой является множество [1, 2, 83, 84]. Нами неоднократно указывалось на научную недостаточность в плане наличия четких, ясных и однозначных выводов весьма многочисленных, произведенных за последние годы и некорректных в плане адекватной статистической обработки, антропологических исследований медицинских анатомов подобного рода, как правило, произвольно сформированных таких совокупностей преимущественно студенческой молодежи [82, 83, 84, 85]. В значительной части такая недостаточность есть следствие неадекватных статистических приемов и существенных методологических погрешностей с точки зрения их оценки в концептуальном поле достижений отечественной школы физической антропологии [1, 2, 83, 84]. Сама по себе проверка только исследовательской и, соответственно, статистической альтернативной гипотезы о наличии различий, безусловно, способна дать значимую информацию [7, 34, 69, 85]. Однако установление сходства или доказательства нулевой статистической гипотезы несет не менее, а в некоторых случаях и более значительную информацию, когда речь идет именно об антропологических совокупностях [1, 62, 83, 84].

Главный интерес полученные результаты представляют в плане сравнения их с данными других авторов [4, 51, 78, 138]. Эффективность результатов сравнения с помощью критериев, основанных на статистической гипотезе 1-го рода о наличии различий, с использованием критериев анализа качественных признаков, безусловно, в подавляющем большинстве случаев дает искомые результаты [7, 83]. Однако мы считаем, что при сравнительном анализе частот распространения отдельных форм анатомических структур как в анатомии человека, так и в

физической антропологии, и в целом в биологической морфологии, не менее ценную и значимую информацию можно получить на основе анализа не только различий частот, но и их сходства [2, 83]. Такого рода инструменты позволяют оценить сходство и различие разных этнических групп в целом [2, 12, 46, 57, 62, 86, 87].

В настоящем исследовании для анализа сходства распределения частот таранных костей с разными формами суставных фасеток в разных этнических группах нами был использован прием, рекомендованный Василием Петровичем Алексеевым [1, 2, 83, 84]. Для анализа сходства были использованы формулы анализа подобия абсолютных и относительных частот таранных костей с разными типами пяточных суставных фасеток [1, 2, 83, 85]. В целом по нашим результатам можно сделать заключение о том, что реальные различия разных групп по частоте таранных костей с разными анатомическими формами суставных фасеток на нижней поверхности не превышают 30%, напротив, степень их сходства составляет 70% [98, 105, 138, 156]. При этом в подавляющем большинстве исследований 1-е место по частоте встречаемости занимают таранные кости с суставными пяточными фасетками 2-го типа, то есть с 2 фасетками на подошвенной поверхности, разделенных гребнем [4, 51, 156]. Таким образом, подводя итоги анализа частоты распространения в разных группах людей таранных костей с разными типами пяточных суставных фасеток, следует сделать общее заключение о том, что практически в любой однородной по максимально возможному числу анатомо-антропологических критериев их совокупности наибольшая часть будет представлена костями с 2 пяточными суставными фасетками, разделенных гребнем, или костями 2-го типа [4, 51, 138]. Иные типы таранных костей будут встречаться с разной, но статистически значимо меньшей частотой [4, 72, 115].

В данном исследовании, несмотря на небольшую численность выборки, были выявлены различия остеометрических параметров таранных костей с разным типом суставных фасеток [4, 51, 73, 115]. Формулы этих различий оказались специфичными по полу [14, 45, 131, 134, 171]. Возможно, что при соответствующем увеличении числа наблюдений указанные формулы могут быть

уточнены в плане различий между таранными костями 1-го и 2-го типов и 3-го и 4-го типов, но общая тенденция снижения остеометрических показателей от костей 1-го типа к костям 5-го типа, очевидно, будет сохраняться. Это вполне объяснимо, поскольку использованная классификация А.К. Arora с соавторами построена на принципе увеличения числа и размеров суставных поверхностей в порядковой нумерации, а увеличение общих размеров таранной кости потенциально может способствовать увеличению размеров площади и числа суставных фасеток [4, 51, 105, 115, 138, 183].

Несмотря на то, что в настоящем исследовании статистически значимые различия в остеометрических параметрах таранных костей 3-го и 4-го типов получены не были, тем не менее, по всем исследованным параметрам соответствующее значение средних величин остеометрических параметров костей 3-го типа от 0,3 до 2,8 мм, в среднем $1,5 \pm 0,85$ мм, среднее значение превышало значения остеометрических параметров костей 4-го типа. Минимальные различия показателей длины головки между костями 3-го и 4-го типов может указывать на то, что только удлинение головки таранной кости вызывает глубокое разделение бороздой и расхождение в пространстве 2 формирующихся суставных фасеток. На это также указывает факт обнаружения даже на столь немногочисленной выборке статистически высоко значимых различий по параметру длины головки между таранными костями 1-го и 2-го типов, $31,5 \pm 1,30$ мм и $35,2 \pm 0,59$ мм, соответственно, уровень значимости равен 0,008, которые на наш взгляд являются индикатором удлинения головки, принципиально характеризующим различия таранных костей с наличием одной или нескольких пяточных суставных фасеток [4, 14, 51, 105, 115].

Не только формулы, но и спектр различий остеометрических параметров оказался также специфичным по полу [4, 51, 131, 134]. Один из статистически значимых параметров общей длины показал его превалирование в костях 2-го типа [4, 45, 51]. Учитывая статистическую незначимость различий по этому параметру между таранными костями 1-го и 2-го типов, можно предположить, что указанная выше общая направленность увеличения в векторе удлинения вызывает одновременно как расширение площади пяточных суставных фасеток, так и

увеличение их числа [4, 51, 115, 183]. Рассмотрение различий остальных остеометрических параметров таранных костей с разными типами пяточных суставных фасеток по данным настоящего исследования приводит к выводу о том, что в мужской выборке они сосредоточены на увеличенных показателях передней высоты, высоты блока и ширины задней суставной поверхности костей 1-го и 2-го типов [4, 14, 45, 51]. В женской же выборке аналогичные различия сосредоточены на увеличении показателя задней высоты и передней ширины блока костей с 3-м типом пяточных суставных фасеток, частично разделенными бороздкой и частично гребнем [4, 14, 45, 51, 74]. В целом специфичность различий таранных костей по полу направлена в сторону увеличения размеров костей 1-го и 2-го типов и их уменьшения с увеличением размеров площади и числа пяточных суставных фасеток [4, 51, 131, 134]. В женской выборке аналогичная специфичность проявляется в превалировании размеров таранных костей с суставными фасетками 3-го типа и уменьшении размеров костей других типов [4, 14, 45, 51]. В связи с тем, что в вводимой нами в научный оборот костной коллекции костей женской группы оказалось недостаточно для получения статистических показателей на стандартном уровне достоверности различий, мы считаем наши данные по различиям остеометрических параметров женских таранных костей с разными типами суставных фасеток предварительными и необходимо в дальнейшем продолжить исследования в этом направлении.

Таким образом, результаты показали высокую степень универсальности форм таранной кости между группами, где степень сходства составляет 70%, а доминирующим вариантом является 2-й тип строения [4, 51, 138, 156]. Кроме того, были установлены половые специфики взаимосвязи остеометрических параметров с типом суставных фасеток, что важно для понимания морфологической изменчивости [4, 27, 51, 183]. Эти результаты восполняют методологический дефицит в современной анатомии и физической антропологии, предлагая более корректные инструменты для статистической обработки биомедицинских данных [1, 2, 7, 83, 84].

В процессе выполнения исследования для изучения анатомической изменчивости таранной кости человека нами апробировано 2 инструментальных метода: прямая и рентгеновская остеометрия [1, 8, 22, 40, 59, 64]. Каждый из этих методов обладает своими преимуществами и ограничениями, что обуславливает необходимость их комплексного применения для получения наиболее полной и объективной картины морфологической изменчивости данной анатомической структуры [22, 31, 39, 64, 82]. Прямая остеометрия представляет собой классический метод исследования костных структур, основанный на непосредственном измерении морфометрических параметров с использованием стандартных антропометрических инструментов, таких как штангенциркуль с точностью до 0,01 мм, антропометрическая линейка и угломер [1, 8, 40, 43]. Данный метод применялся к анатомическим препаратам таранной кости, полученным от трупов лиц обоего пола в возрасте от 20 до 90 лет без признаков патологических изменений костной ткани [4, 12, 44, 51]. Прямые измерения позволяют исследователю получать максимально точные данные о линейных размерах и пропорциях кости, включая параметры суставных поверхностей, которые недоступны для оценки на рентгенограммах [1, 8, 22, 40, 59]. К числу неоспоримых преимуществ метода можно отнести высокую точность измерений, возможность оценки трехмерной архитектуры кости и выполнения сравнительного анализа с использованием стандартных антропологических протоколов [1, 8, 40, 43, 62]. Однако прямые измерения имеют существенные ограничения, связанные с инвазивностью метода, сложностью доступа к исследуемым объектам в клинической практике и невозможностью применения без хирургического вмешательства [22, 30, 31, 39, 56, 59, 70].

Анализ полученных прямых остеометрических данных показал, что наибольшая вариабельность среди параметров мужских таранных костей характерна для длины шейки и головки, коэффициент вариации 11,1% для правых и 14,1% для левых таранных костей, задней ширины, 11,99% и 13,0% соответственно, задней ширины блока, 9,63% и 10,1%, и ширины задней суставной поверхности, 12,2%. В женской выборке наиболее вариабельными оказались

параметры длины шейки и головки, 13,2% для правых и 12,6% для левых таранных костей, задней ширины блока, 12,4% и 11,0%, и задней ширины таранной кости, 10,9% и 11,0%. Высокая вариабельность присуща также физическим характеристикам костей, массе, коэффициент вариации 35,74% у мужчин и 33,37% у женщин, объему, 32,67% и 26,68%, и физической плотности костной ткани, 27,06% и 33,33%, независимо от пола [4, 14, 45, 51]. К маловариабельным параметрам как для мужских, так и для женских таранных костей следует отнести переднюю высоту, 4,42% и 4,77% у мужчин, 3,80% и 4,80% у женщин, и заднюю высоту таранной кости, 4,66% и 4,69% у мужчин, 4,64% и 5,74% у женщин, что свидетельствует об их функциональной консервативности в биомеханике голеностопного сустава. При анализе данных критерии сравнения для всех параметров показали, что билатеральные различия статистически незначимы, уровень значимости больше 0,5, что подтверждает высокую степень симметрии строения таранной кости [7, 34, 69, 83, 85].

Рентгеновская остеометрия, в свою очередь, представляет собой неинвазивный метод, позволяющий исследовать костные структуры с использованием рентгеновского излучения в стандартных проекциях, дорсоплантарной и латеральной [22, 30, 59, 64]. Данный метод широко применяется в клинической ортопедии, травматологии и судебной медицине благодаря своей доступности и возможности исследования живых пациентов [30, 31, 39, 71]. При помощи рентгенографии получают изображения внутренних структур с высокой степенью детализации и предоставляется возможность проведения последующего цифрового анализа с применением специализированного программного обеспечения [30, 31, 39, 56, 59]. Способность визуализировать практически недоступные для прямого измерения анатомические области в условиях клинической практики подтверждает актуальность рентгеновской остеометрии [22]. Применение этого метода требует соответствующих технических условий, таких как наличие современного рентгеновского оборудования с цифровой детекторной системой, наличие квалифицированного медицинского персонала и стандартизированных протоколов проведения исследований [30, 39]. Нельзя не

упомянуть о важном ограничении рентгеновской остеометрии – невозможности выявления тонких анатомических особенностей суставных поверхностей и искажении размеров из-за проекционных эффектов и индивидуальных особенностей положения конечности во время исследования. С учетом этого при интерпретации результатов необходимо применять корректирующие коэффициенты [22, 82, 86].

При анализе данных среди рентгеноостеометрических параметров мужских и женских таранных костей наиболее вариабельными оказались показатели длины головки, 15,60% в среднем для общей выборки, 15,64% для правых и 16,27% для левых мужских таранных костей, 15,82% в среднем для женщин, 16,27% для правых и 15,04% для левых женских таранных костей, длины шейки и головки, 11,78% в среднем, 11,87% и 11,52% для мужских правых и левых соответственно, 10,50% в среднем, 10,97% и 9,41% для женских, и задней высоты, 11,42% для мужских правых, 16,24% для мужских левых, 9,46% для женских правых, 8,76% для женских левых. Наименьшей вариабельностью характеризовалась ширина таранной кости, 4,26% в среднем для мужчин, 3,86% для правых и 5,97% для левых, 3,41% в среднем для женщин, 3,03% для правых и 3,22% для левых, что подчеркивает ее функциональную стабильность как ключевого параметра, обеспечивающего конгруэнтность суставных поверхностей голеностопного сустава [14, 22]. При анализе данных критерии сравнения параметров показали, что достоверные билатеральные различия у мужских таранных костей присущи рентгеноостеометрическим параметрам длины, уровень значимости меньше 0,005, и наибольшей длины, уровень значимости меньше 0,03 [7, 83]. У женских таранных костей критерии сравнения выявили значимые билатеральные различия для показателей длины, уровень значимости меньше 0,01, и ширины, уровень значимости меньше 0,001, что указывает на наличие незначительной, но статистически достоверной направленной асимметрии по данным размерным характеристикам у женщин, в отличие от полной симметрии прямых остеометрических параметров [4, 14].

В методологической литературе мы обнаружили следующее объяснение различий по билатеральным размерам таранных костей, полученных при прямой остеометрии и при аналогичных измерениях на рентгеновских снимках. Рентгеновские снимки, как правило, менее точны, чем измерения штангенциркулем на одной и той же сухой кости, и они добавляют несколько систематических, специфичных для каждой стороны компоненты ошибки, которые могут сделать двусторонние различия более заметными и предсказуемыми, чем прямые остеометрические измерения даже на той же самой выборке, не говоря уже о различиях, получаемых на разных выборках.

Это могут быть, во-первых, ошибки проекции: таранная кость – это косая неплоская кость, поэтому ее двумерная тень зависит от ориентации. Блоковая поверхность асимметрична и наклонена, поэтому любая небольшая разница между левой и правой стороной стопы относительно луча проецируется на пленку как реальная разница в измерениях. С использованием смоделированных рентгеновских снимков, полученных с помощью КТ, H-L. Lu с соавт. [125] было показано, что несколько параметров таранной кости, в частности ширина блока таранной кости и угол наклона между вершинами блока, имели лишь умеренную или низкую надежность на плоских 2D-изображениях, именно потому, что внутренняя суставная поверхность «несимметрична и наклонна» и не может быть описана одним рентгеновским снимком. Ch-Ch. Kuo и др. [124] провели аналогичное моделирование и обнаружили, что ширина блока таранной кости на фронтальных рентгеновских снимках «недооценивает» эталонное 3D-изображение до 31,2%, и что эта ошибка, обусловленная проекцией, чувствительна к положению голеностопного сустава во время съемки. Две контралатеральные таранные кости практически никогда не располагаются как точные зеркальные изображения, поэтому эта ошибка проекции асимметрично распределяется между левой и правой сторонами.

Во-вторых, увеличение на рентгеновских снимках никогда не бывает одинаковым даже для двух сторон (т.е. для обеих ног на одном и том же снимке). Исследование Р.М. Stevens [173] с использованием маркеров показало, что

общепринятое предположение о фиксированном 15% увеличении рентгеновского изображения неверно, а измеренное увеличение костной ткани варьировалось от 6% до 36% при экспозиции на расстоянии 40 дюймов и от 3% до 17,5% на расстоянии 72 дюймов в зависимости от расстояния от пациента до кассеты. R.M. Carew с соавт. [93] измерили это непосредственно на мацерированной кости задних конечностей свиней. Цифровая рентгенография давала средние абсолютные ошибки $11,1 \pm 7,4$ мм (переднезадняя проекция) и $18,3 \pm 14,5$ мм (боковая проекция), по сравнению с 2,4–3,3 мм для посмертной КТ, и ошибка рентгеновского изображения была обусловлена увеличением, которое менялось в зависимости от положения стопы. Поскольку стопы визуализируются последовательно с немного разными расстояниями от кости до пленки, увеличение различается между сторонами даже у одного и того же пациента, создавая стабильную разницу, наложенную на истинную морфологическую.

В-третьих, рентгенографические и остеометрические точки-ориентиры – это не одни и те же точки отсчета линейных размеров. Например, штангенциркуль касается точки отсчета на кости как на наиболее выступающей точке блокового сустава или верхушки латерального отростка. Рентгенографические же измерения используют точки, определяемые проекцией, или точки на касательной к силуэту кости на самом внешнем кортикальном крае, которые перемещаются при вращении кости. Прямое сравнение, проведенное D. Agoada [94, 95] на 54 ампутированных стопах, показало, что линейные рентгенографические измерения таранной кости умеренно коррелируют лишь с теми же измерениями на скелетированной кости, особенно в поперечной плоскости ($r^2=0,20-0,63$), в то время как измерения в сагиттальной плоскости коррелируют лучше ($r^2=0,61-0,88$). Показана та же зависимость от плоскости измерения, измерения таранной кости в поперечной плоскости коррелируют с $r^2=0,67-0,75$. Таким образом, даже на одной и той же выборке рентгенограмма и измерения штангенциркулем один и тот же размер одинаково не измеряют и часть расхождения, зависящая от ориентации, будет создавать различия между левой и правой сторонами.

В-четвертых, истинная двусторонняя асимметрия таранной кости невелика, поэтому измерения штангенциркулем имеют низкое отношение сигнал/шум. Ch. Angthong и др. [147] измерили 11 парных таранных костей трупов с помощью штангенциркуля и 3D-лазерного сканера. Они обнаружили статистически значимую флуктуирующую асимметрию только в высоте блока таранной кости, ширине средней и задней частей блокового сустава, но не обнаружили существенных различий в площади поверхности или объеме. Когда истинная разница сторон находится на уровне точности штангенциркуля, парные t-тесты легко оказываются незначимыми при прямой остеометрии. Рентгенограмма же, которая добавляет воспроизводимые компоненты проекции и соответствующее увеличение к этим небольшим различиям, может сделать те же самые различия статистически значимыми.

В-пятых, достоверность обнаруженных нами рентгенографических билатеральных различий имеет собственную специфику и уровень. Рентгенографические измерения часто обладают так называемой «внутри-наблюдательной» или «intra-observer» воспроизводимостью, даже если их точность низкая [179]. Зачастую радиограмметрия или линейные измерения на стандартных рентгеновских снимках значительно переоценивают истинные значения и имеют стабильное смещение, а не обусловлены случайностями. По данным R. Lazenby [142] стабильно наблюдаемые смещения измерений, различающиеся по сторонам и обусловленные наблюдателем, дают двусторонние различия, которые в результате повторных измерений могут повторяться. Следовательно, они более надежны в смысле их постоянного присутствия, но в истинном смысле являются субъективными, а не действительно существующими.

Наконец, расхождения между прямыми и непрямыми измерениями не являются уникальными только для таранной кости. S. Arsić с соавт. [118] сравнили измерения штангенциркулем 12 сухих человеческих нижних челюстей с 2D-измерениями на реконструкциях мультиспиральной КТ тех же костей и обнаружили большие, статистически значимые различия для межзубного расстояния (на 21,6% больше при измерении штангенциркулем, $p=0,004$) и

двустороннего расстояния между мышелками (на 11,9–14,1% больше при измерении штангенциркулем, $p \leq 0,009$), и даже рекомендовали поправочный коэффициент для непрямого метода. Обобщая приведенные выше данные исследований других авторов можно отметить, что значительное число систематических ошибок практически всех лучевых методов получения изображений костно-суставных структур и производство измерений на этих изображениях порождают статистически значимые билатеральные различия, на самом деле несуществующие или значительно менее проявляющиеся при непосредственных измерениях. Прямые же методы измерений анатомических структур лишены этих недостатков.

Таким образом, прямая остеометрия таранной кости исключает из измерения влияние ее пространственной ориентации, мягких тканей и проекции, оставляя только небольшую истинную двустороннюю флуктуирующую асимметрию плюс неточность штангенциркуля, поэтому исследования с использованием штангенциркуля на небольших выборках часто не достигают статистической значимости. Рентгенографическая же остеометрия сохраняет кость в некотором сочлененном положении и добавляет к измерению ошибку проекции, ошибку увеличения специфичную для стороны, зависимость ориентиров от проекции, которые смещаются и любую позиционную асимметрию самой стопы. Эти «добавленные» спецификой метода компоненты в значительной степени систематичны, а не случайны, поэтому они воспроизводятся при повторных измерениях, и они увеличивают различия между левой и правой сторонами, тем самым усиливая кажущуюся двустороннюю разницу.

Мы можем также в качестве рабочей гипотезы предложить и более обоснованное объяснение биомеханической целесообразности реальной билатеральной анатомической эквивалентности размеров и физических параметров таранной кости человека. Таранная кость – ключевой центральный элемент голеностопного сустава, обеспечивающий равновесие тела как в статическом, так и динамическом состоянии. Любое отклонение симметричности ее параметров логично приведут к нарушению баланса костно-суставных и нервно-

мышечных механизмов, обеспечивающих равновесное положение тела как в статике, так и динамике. С другой стороны, в случае односторонних нарушений морфогенеза кости в процессе ее развития и функционирования те же самые механизмы будут стремиться нивелировать существующие структурные различия билатерально симметричных костей для обеспечения состояния равновесия. Поэтому флуктуирующая асимметрия, являющаяся основным количественным критерием внутри-индивидуальной изменчивости билатерально организованных структур, основная функция которых сводится к обеспечению стабильности и равновесия тела в пространстве, должна сводиться в этом случае к минимуму или отсутствовать. В этом смысле прямые инструментальные количественные измерения таких структур (прямая остеометрия) должны давать явное отсутствие различий, а в случае их обнаружения, следует задуматься об источнике. Он может быть как методического происхождения (рентгеновская остеометрия), так и реального, требующего поиска причин таких различий, которые могут быть оценены как нарушения.

Прямые и рентгеновские методы остеометрии подтвердили свою взаимодополняемость и эффективность в изучении анатомических особенностей таранной кости [22, 30, 31, 39]. Применение различных методик позволило не только получить высокоточные измерения линейных параметров, но и визуализировать анатомические структуры в различных проекциях, что значительно увеличило уровень информативности полученных результатов и позволило провести комплексный анализ как абсолютных размеров, так и пропорциональных соотношений элементов кости [31, 39, 64]. Классификация анатомической изменчивости, проведенная на основе полученных данных, служит надежной основой для последующего рассмотрения как фундаментальных анатомических, так и прикладных клинических аспектов, что позволит усовершенствовать методы диагностики, планирования оперативных вмешательств и разработки имплантатов для реконструктивной хирургии голеностопного сустава [32, 33, 136].

В криминалистике и судебно-медицинской практике активно используются данные остеологических и остеометрических исследований для решения идентификационных задач [3, 6, 12, 38, 97, 102, 151]. Таранная кость, как часть скелетной системы нижних конечностей, может быть использована для идентификации человека в тех случаях, когда другие методы, например, дактилоскопия и анализ дезоксирибонуклеиновой кислоты, не дают результатов или невозможны к применению [80, 97, 141, 157]. Анатомические вариации таранной кости могут помочь в установлении индивидуальных особенностей строения скелета, что имеет решающее значение в случаях судебно-медицинской экспертизы и криминалистического анализа [6, 12, 38, 95]. Важность таких данных заключается в их способности подтвердить или опровергнуть факты, имеющие отношение к расследованию уголовных дел, установлению обстоятельств смерти или причинения телесных повреждений. Например, в ряде исследований установлено, что изменение размеров и форм таранной кости может указывать на определенные патологии опорно-двигательного аппарата, перенесенные травмы или профессиональные нагрузки, которые в свою очередь могут помочь в понимании причин и обстоятельств произошедшего, а также в установлении давности повреждений. Современные методы мультиспиральной компьютерной томографии позволяют получать трехмерные реконструкции таранной кости даже при фрагментарном состоянии костных остатков, что значительно расширяет возможности судебно-медицинской идентификации [31, 39, 56, 170, 175, 187].

По данным существующих исследований таранная и пяточная кости характеризуются высоким уровнем полового диморфизма, что делает их надежным инструментом для определения половой принадлежности скелетных останков [4, 27, 51]. Наиболее информативными остеометрическими показателями являются высота, длина и ширина таранной кости, причем комбинирование различных измерений позволяет достичь максимальной точности диагностики [4, 27, 51, 75, 97, 179]. Хорошая сохранность данных элементов даже в условиях частичного повреждения костного материала существенно расширяет возможности проведения судебно-медицинских и антропологических экспертиз. При

интерпретации полученных данных необходимо принимать во внимание потенциальные морфологические различия, обусловленные принадлежностью останков к разным популяционным группам.

В нашем исследовании анализ данных и критерии сравнения для всех прямых и рентгеновских остеометрических параметров продемонстрировали, что половые различия являются статистически значимыми, уровень значимости меньше 0,5. Статистическая значимость половых различий для прямых остеометрических параметров убывает в следующем порядке: длина = медиальная длина > наибольшая латеральная длина > передняя высота > медиальная высота блока > ширина > латеральная высота блока > длина головки > длина блока > задняя высота = длина задней суставной поверхности > передняя ширина блока > задняя ширина блока > ширина задней суставной поверхности > ширина головки > задняя ширина > длина шейки и головки. Наиболее достоверные различия, уровень значимости меньше 0,000001, получены для длины и медиальной длины, что отражает общую тенденцию к увеличению продольных размеров скелета у мужчин. Статистическая значимость половых различий для рентгенологических параметров убывает в следующем порядке: рентгенологическая длина = рентгенологическая наибольшая длина = рентгенологическая ширина = рентгенологическая передняя высота = рентгенологическая задняя высота = рентгенологическая высота блока > рентгенологическая длина шейки и головки > рентгенологическая длина головки. Наиболее высокая степень достоверности различий, уровень значимости меньше 0,00001, отмечена для ширины, передней высоты и наибольшей длины, тогда как наименее выраженные, хотя и достоверные, различия выявлены для длины головки, уровень значимости меньше 0,0007, что может свидетельствовать о сравнительно большей вариабельности данного показателя внутри каждой половой группы.

Высокие статистически значимые половые различия получены для физических параметров массы и объема таранной кости, уровень значимости меньше 0,2. Масса таранной кости лиц мужского пола, $24,56 \pm 8,78$ г, на 5,38 г превышает массу женских таранных костей, $19,18 \pm 6,40$ г. Объем мужских костей,

26,06±8,51 см³, на 4,56 см³ больше объема женских таранных костей, 21,50±5,74 см³. При этом плотность костной ткани достоверно не различалась между полами, мужчины 0,98±0,27 г/см³, женщины 0,93±0,31 г/см³, уровень значимости больше 0,5, что указывает на сходство минерального состава и структурной организации костной ткани таранной кости у представителей обоих полов при различиях в абсолютных размерах.

Это имеет значение в судебно-медицинской практике, где вероятностный анализ половой принадлежности может помочь установить личность и обстоятельства гибели человека в случаях фрагментарных находок скелетных остатков [6, 12, 27, 38, 96, 175]. Так, в ситуациях, когда половой признак не может быть установлен на основе генетического анализа из-за деградации дезоксирибонуклеиновой кислоты или отсутствия биологического материала, анатомическая изменчивость таранной кости предоставляет дополнительную ценную информацию для идентификации личности и реконструкции биологического профиля неизвестных останков [6, 12, 38].

Следует отметить, что половые различия в морфологии таранной кости подчеркивают важность индивидуального подхода к оценке анатомии человека в клинической практике [117, 142, 170]. Знание о половой изменчивости необходимо учитывать при планировании хирургических вмешательств на голеностопном суставе, при разработке оптимальных методов диагностики и лечения патологий опорно-двигательного аппарата и при подборе имплантатов для артродеза или эндопротезирования [114, 141, 179]. Понимание этих аспектов будет полезным для врачей-ортопедов, травматологов и иных медицинских специалистов, это поможет осуществлять более точное и эффективное лечение различных заболеваний и повреждений стопы и голеностопного сустава [91, 170]. В процессе подбора имплантатов для реконструкции суставных поверхностей таранной кости необходимо учитывать как абсолютные размеры, так и пропорциональные соотношения, за исключением высотно-длиннотного указателя, которые, как показало наше исследование, сохраняются у представителей разного пола, это, в

свою очередь, позволяет использовать унифицированные пропорциональные стандарты при разработке пол-специфичных имплантатов [92, 116, 170].

Половая изменчивость таранной – предмет углубленного и всестороннего изучения. Объясняется это тем, что она представляет собой важный элемент морфологической характеристики скелета человека, который способствует теоретическому пониманию анатомии опорно-двигательного аппарата и практическому применению в медицине, антропологии и криминалистике [96, 109, 141]. Всесторонний анализ морфологических вариаций таранной кости подтвердил гипотезу о существовании значительных половых различий в абсолютных размерах кости при сохранении пропорциональной консервативности ее архитектуры [14, 131, 134, 171]. Были выявлены новые закономерности варибельности параметров: отражающая адаптацию к индивидуальным особенностям походки высокая варибельность передне-задних размеров головки и шейки таранной кости при низкой варибельности обеспечивающих стабильность голеностопного сустава высотных параметров, а также полная билатеральная симметрия прямых остеометрических параметров при наличии незначительной направленной асимметрии по некоторым рентгенологическим показателям [14, 111, 173]. Полученные результаты значимы для дальнейших фундаментальных исследований в области анатомии и антропологии и для практического применения в ортопедии, травматологии и судебной медицине [97, 141, 157, 159, 170].

Проведенный детальный анализ морфологических вариаций, позволивший выделить несколько ключевых признаков и провести их систематическую классификацию по степени варибельности, полового диморфизма и функциональной значимости, явился результатом исследования анатомической изменчивости таранной кости [14, 83, 84, 115]. Полученные данные были сопоставлены с существующими литературными источниками по европейским, азиатским и другим этническим группам, давая возможность выявить подобие российской выборки, преобладание 2-го типа строения пяточной суставной поверхности при промежуточной частоте других типов [115, 138, 156, 160, 168,

182]. Особое внимание было уделено анализу пропорциональных индексов, указателей, который выявил принципиально важный факт: если абсолютные размеры таранной кости достоверно различаются между полами, то их пропорциональные соотношения остаются практически идентичными [14, 83, 84]. Среди индексов прямых остеометрических параметров достоверные половые различия выявлены лишь для высотно-длиннотного указателя, мужчины $0,95 \pm 0,04$, женщины $0,97 \pm 0,04$, уровень значимости меньше 0,03, критерий Манна-Уитни уровень значимости меньше 0,2, тогда как все остальные индексы, указатель длины блока, указатель длины шейки и головки, указатель длины головки, широтно-продольный указатель, указатель ширины блока, указатель передней ширины блока, указатель сужения блока, указатель общей ширины внешней суставной поверхности, указатель ширины головки, указатель ширины задней суставной поверхности, высотно-продольный указатель блока, статистически не различаются, уровень значимости больше 0,5 [14, 83, 85]. Для индексов рентгеноостеометрических параметров достоверных различий между полами не выявлено вовсе, уровень значимости больше 0,5 [14, 31].

Таким образом, значимость классификаций и методов исследования таранной кости не может быть переоценена. Они не только помогают определить индивидуальные анатомические особенности строения скелета стопы, но также служат важными инструментами для оценки функциональности суставов, прогнозирования биомеханических нарушений и предрасположенности к различным патологиям опорно-двигательного аппарата. Результаты исследования подчеркивают, что знание о вариативности таранной кости необходимо не только для научных исследований в области морфологии и антропологии, но и для практического применения в травматологии, ортопедии, спортивной медицине и судебной экспертизе. При восприятии таранной кости как объекта, подверженного вариативности, медицинские специалисты могут более точно интерпретировать диагностические данные, разрабатывать индивидуализированные программы лечения и реабилитации, а также осуществлять профилактику травматических повреждений с учетом анатомических особенностей конкретного пациента. В

частности, знание о высокой вариабельности размеров головки и шейки таранной кости должно учитываться при планировании операций на переднем отделе голеностопного сустава, тогда как стабильность высотных параметров позволяет использовать их в качестве надежных анатомических ориентиров при хирургических вмешательствах.

ВЫВОДЫ

1. Таранные кости человека характеризуются разной частотой типов пяточных суставных поверхностей. Наиболее распространенным является II тип их анатомической формы (56,0% случаев), тогда как I тип встречается значительно реже (13,3%), а III и IV типы выявляются с умеренной частотой (14,7% и 16,0% соответственно), что отражает выраженное морфологическое разнообразие задней суставной поверхности таранной кости. Остеометрические параметры таранных костей с разными типами суставных пяточных поверхностей различаются, специфичность различий определяется параметром и половой принадлежностью.
2. По данным прямой остеометрии наименьшей вариабельностью характеризуются высотные показатели таранной кости – передняя и задняя высота ($CV=3,80-5,74\%$), что может указывать на их функциональную стабильность в обеспечении биомеханики голеностопного сустава. Наибольшая вариабельность выявлена для размеров переднего отдела кости – длины шейки и головки (11,1–14,1% у мужчин и 12,6–13,2% у женщин), ширины головки и задней ширины блока (до 12,4%). Прямые инструментальные остеометрические параметры таранной кости характеризуются относительной билатеральной симметрией.
3. По данным рентгеновской остеометрии таранной кости человека, наименьшей вариабельностью отличается ширина таранной кости ($CV=3,03-3,86\%$), а наибольшей – длина головки ($CV=15,04-16,27\%$), что отражает различную степень стабильности отдельных морфометрических параметров. Рентгеновские параметры проявляют незначительную, но статистически достоверную направленную билатеральную асимметрию: у мужчин – по длине и наибольшей длине кости, у женщин – по длине и ширине таранной кости.
4. Выявлены приоритетные данные по физическим параметрам таранной кости человека. Вес и габаритный объем мужской таранной кости составляют $24,56 \pm 8,78$ г и $26,6 \pm 8,51$ см³, а у женщин $19,18 \pm 6,4$ г и $21,5 \pm 5,74$ см³,

соответственно ($M \pm \sigma$). Относительная плотность мужских таранных костей составляет $0,98 \pm 0,27$ г/см³, женских таранных костей $0,93 \pm 0,31$ г/см³, соответственно ($M \pm \sigma$).

5. Абсолютным размерам таранной кости присущи статистически значимые половые различия. По данным прямой остеометрии наибольшим уровнем статистической значимости различий характеризуются длина, медиальная длина ($p < 0,000001$), наибольшая длина ($p < 0,000002$), а по данным рентгеновской остеометрии наибольшая длина ($p < 0,00003$), ширина ($p < 0,00001$) и передняя высота ($p < 0,000002$). Масса и объем мужских таранных костей достоверно превышают показатели женских ($p < 0,05$), относительная плотность и остеометрические указатели половых различий не имеют.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В области клинической анатомии и оперативной хирургии целесообразно использовать высотные параметры таранной кости в качестве приоритетных анатомических ориентиров при планировании реконструктивных вмешательств и эндопротезирования, что обусловлено их функциональной консервативностью и минимальной морфологической вариабельностью. При оценке анатомической нормы следует учитывать доминирование второго типа формы задней суставной поверхности.

2. В судебно-медицинской экспертизе и физической антропологии для определения половой принадлежности скелетированных останков приоритет следует отдавать линейным продольным размерам, демонстрирующим наиболее выраженный половой диморфизм, а также физическим характеристикам, таким как масса и объем кости, на основе которых могут быть рассчитаны соответствующие диагностические формулы.

3. При проектировании эндопротезов и хирургического инструментария рекомендуется учитывать соотношения размеров таранной кости как для лиц мужского, так и женского пола, поскольку морфометрические индексы характеризуются высокой степенью сходства. Модификация размеров имплантатов может осуществляться преимущественно за счет масштабирования абсолютных линейных параметров и учета достоверно больших физических характеристик костной структуры у мужчин.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В заключение следует отметить, что дальнейшие исследования в этой области имеют большой научный и практический потенциал. Анатомическая изменчивость таранной кости может быть исследована с использованием современных технологий и методов, таких как трехмерное лазерное сканирование, мультиспиральная компьютерная томография с последующей трехмерной реконструкцией и морфометрическим анализом, а также методы геометрической морфометрии на основе анализа контрольных точек. Эти подходы позволят перейти от традиционных линейных измерений к анализу формы кости в целом, выявить тонкие особенности ее архитектуры и установить корреляции между морфологией таранной кости и функциональными характеристиками походки, что откроет новые горизонты для понимания структуры и функции этой ключевой кости опорно-двигательного аппарата. Кроме того, перспективным направлением является изучение онтогенетических аспектов изменчивости таранной кости, анализ морфометрических параметров в различных возрастных группах для выявления закономерностей роста и развития кости, а также возрастных изменений ее структуры. Исследования следует продолжать, поскольку они могут привести к важным открытиям в области адаптивной морфологии, функциональной анатомии и клинической практики, которые в конечном итоге окажут существенное влияние как на теоретическую медицину, так и на практическое здравоохранение, способствуя разработке персонализированных подходов к диагностике и лечению патологий голеностопного сустава.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ФГБОУ ВПО – Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования

ТК – таранная кость

Д – длина таранной кости

НД – наибольшая латеральная длина таранной кости

МД – медиальная длина таранной кости

Ш – ширина таранной кости

ЗШ – задняя ширина таранной кости

ПВ – передняя высота таранной кости

ЗВ – задняя высота таранной кости

Дб – длина блока таранной кости

ЗШб – задняя ширина блока таранной кости

ПШб – передняя ширина блока таранной кости

ЛВб – латеральная высота блока таранной кости

МВб – медиальная высота блока таранной кости

ДШиГ – длина шейки и головки таранной кости

Дг – длина головки таранной кости

Шг – ширина головки таранной кости

Днсп – длина задней суставной поверхности таранной кости

Шнсп – ширина задней суставной поверхности таранной кости

РгД – длина рентгеновского снимка таранной кости

РгНД – наибольшая длина рентгеновского снимка таранной кости

РгШ – ширина рентгеновского снимка таранной кости

РгПВ – передняя высота рентгеновского снимка таранной кости

РгЗВ – задняя высота рентгеновского снимка таранной кости

РгВб – высота блока рентгеновского снимка таранной кости

РгДШиГ – длина шейки и головки рентгеновского снимка таранной кости

РгДГ – длина головки рентгеновского снимка таранной кости
 УДБ – указатель длины блока таранной кости
 УДШиГ – указатель длины шейки и головки таранной кости
 УДГ – указатель длины головки
 ШПУ – широтно-продольный указатель таранной кости
 УШБ – указатель ширины блока
 ШПУБ – широтно-продольный указатель блока таранной кости
 УПШБ – указатель передней ширины блока
 УСБ – указатель сужения блока
 УОШВСП – указатель общей ширины внешней суставной поверхности
 УШГ – указатель ширины головки таранной кости
 ВДУ – высотно-длиннотный указатель
 ВПУБ – высотно-продольный указатель блока
 УШнсп – указатель ширины задней суставной поверхности
 РАМН – Российская Академия медицинских наук
 ВК – вес таранной кости
 ОК – объем таранной кости
 CIOMS – Совет международных организаций медицинских наук
 CV – коэффициент вариации
 Median – медиана
 σ – среднее квадратичное отклонение
 M-W – U-критерий Манна–Уитни
 Valid N – количество наблюдений
 Standart error – стандартная ошибка среднего
 Min – минимальное значение
 Max – максимальное значение
 CV% – коэффициент вариации

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, В.П. Остеометрия / В.П. Алексеев. – М.: Наука, 1966. – 256 с.
2. Алексеев, В.П. Человек: эволюция и таксономия: (Некоторые теоретические вопросы). Часть II. Антропологические совокупности / В.П. Алексеев. – Москва, 1985. – С. 122–137.
3. Анатомия домашних животных / А.И. Акаевский, Ю.Ф. Юдичев, Н.В. Михайлов [и др.]. – Москва: Колос, 1984. – 543 с.
4. Байрошевская, М.В. Частота типов пяточной кости по модифицированной классификации форм таранных суставных поверхностей / М.В. Байрошевская, А.Ф. Сафиуллина, Р.М. Хайруллин // Морфологические ведомости. – 2014. – № 1. – С. 26–32.
5. Белозерова, Л.М. Методология изучения возрастных изменений / Л.М. Белозерова // Клиническая геронтология. – 2002. – Т. 12. – С. 3–7.
6. Березовский, В.А. Судебно-медицинская антропология / В.А. Березовский. – Новосибирск: Наука, 1985. – 176 с.
7. Боровиков, В.П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере / В.П. Боровиков. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 688 с.
8. Бунак, В.В. Антропометрия / В.В. Бунак. – Москва: Издательство МГУ, 1941. – 208 с.
9. Влияние пола и конституции на развитие патологии стопы у студентов медицинского университета / В.Б. Мандриков, К.В. Гавриков, С.В. Клаучек [и др.] // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2009. – № 2 (30). – С. 45–48.
10. Возможности использования морфологических методов при установлении общих и специфических признаков в судебно-медицинской идентификации личности (обзор) / Ю.И. Пиголкин, В.Н. Николенко, Г.В. Золотенкова, В.Ф.

- Даллакян // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2012. – Т. 8, № 4. – С. 900–905.
11. Вырский, С.В. К вопросу о происхождении австралопитеков методом сравнительного анализа признаков / С.В. Вырский. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1989. – 20 с.
 12. Гайворонский, И.В. Вариантная анатомия артерий тыла стопы и их топографо-анатомические отношения с костями и суставами / И.В. Гайворонский, А.А. Родионов, Д.Ю. Анохин, А.В. Янишевский // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2017. – № 2 (58). – С. 109–114.
 13. Гинзбург, Г.Г. Судебно-медицинская остеология / Г.Г. Гинзбург. – Ленинград: Медицина, 1967. – 256 с.
 14. Григорьева, М.А. Диагностика пола человека по соматометрическим признакам кисти при массовой катастрофе / М.А. Григорьева, Е.С. Анушкина // Судебно-медицинская экспертиза. – 2015. – Т. 58, № 3. – С. 36–39.
 15. Гримм, Г. Основы конституциональной биологии и антропометрии / Г. Гримм. – Москва, 1966. – 136 с.
 16. Гублер, Е.В. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов / Е.В. Гублер. – Ленинград: Ленинградское отд-е изд-ва «Медицина», 1978. – 296 с.
 17. Гудкова, Л.К. Корреляционный анализ и его значение в экологической антропологии. Часть I / Л.К. Гудкова // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. – 2017. – № 3. – С. 27–35.
 18. Гудкова, Л.К. Корреляционный анализ и его значение в экологической антропологии. Часть II / Л.К. Гудкова // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. – 2017. – № 4. – С. 4–16.
 19. Данилова, Е.И. Элементы гоминизации и дегоминизации в конечностях ископаемых и современных высших приматов / Е.И. Данилова. – Москва: МГУ, 1989. – С. 104–124.

20. Дробышевский, С.В. Антропология стопы человека / С.В. Дробышевский. – Москва: Изд-во МГУ, 1974. – 184 с.
21. Дробышевский, С.В. Эволюция стопы приматов и человека / С.В. Дробышевский. – Москва: Наука, 1977. – 216 с.
22. Ермоленко, А.С. Билатеральная изменчивость рентгеноостеометрических показателей пястных костей кисти человека / А.С. Ермоленко, М.А. Ряховский, Р.М. Хайруллин // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2009. – Т. 5, № 3. – С. 313–315.
23. Жданова, С.А. О судебно-медицинском определении возраста путем рентгенографического исследования костей стопы человека / С.А. Жданова. – Москва, 1953. – 14 с.
24. Жданова, С.А. О применении рентгенографии костей стопы человека при определении возраста / С.А. Жданова // Вопросы судебно-медицинской экспертизы : сб. ст. / под ред. М.И. Авдеева. – Москва: Госюриздат, 1955. – Вып. 2. – С. 155–162.
25. Звягин, В.Н. Оптимизация диагностики пола человека по предварительно изученным остеометрическим признакам / В.Н. Звягин // Актуальные вопросы судебно-медицинской экспертизы трупа. – Москва, 1977. – С. 76–79.
26. Звягин, В.Н. Диагностика массивности скелета и соматотипа человека по костям стопы / В.Н. Звягин, Е.А. Еременко // Судебно-медицинская экспертиза. – 2003. – № 3. – С. 17–23.
27. Звягин, В.Н. Текущие проблемы медико-криминалистической идентификации личности / В.Н. Звягин // Проблемы экспертизы в медицине. – 2012. – № 3–4 (47–48). – С. 39–43.
28. Звягин, В.Н. Диагностика возраста человека по макро- и микрометрии проксимальной фаланги V пальца кисти / В.Н. Звягин, О.И. Галицкая, Е.С. Анушкина // Судебно-медицинская экспертиза. – 2019. – Т. 62, № 6. – С. 47–52.

29. Исследование упругих свойств стопы человека / А.И. Перепелкин, С.И. Калужский, В.Б. Мандриков [и др.] // Российский журнал биомеханики. – 2014. – Т. 18, № 3. – С. 381–388.
30. Кишковский, А.Н. Атлас укладок при рентгенологических исследованиях / А.Н. Кишковский, Л.А. Тютин, Г.Н. Есинковская. – Ленинград: Медицина, 1987. – С. 402–407.
31. Классификация локализации остеохондральных повреждений таларного купола на основе данных компьютерной томографии / Е.П. Сорокин, Е.А. Пашкова, Н.С. Коновалчук [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 1. – URL: (дата обращения: 03.08.2025).
32. Козлов, В.И. Клиническая анатомия опорно-двигательного аппарата / В.И. Козлов. – Москва: Медицина, 1999. – 288 с.
33. Корнилов, Н.В. Травматология и ортопедия: учебник / Н.В. Корнилов. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 592 с.
34. Леонов, В.П. Применение статистики в статьях и диссертациях по медицине и биологии. Часть I. Описание методов статистического анализа в статьях и диссертациях / В.П. Леонов, П.В. Ижевский // Международный журнал медицинской практики. – 1998. – № 4. – С. 7–12. – URL: (дата обращения: 15.08.2026).
35. Леончук, С.С. Современные референтные линии и углы в диагностике и лечении патологии стопы и голеностопного сустава / С.С. Леончук, Ю.В. Евреинова, Н.В. Сазонова // Russian Electronic Journal of Radiology. – 2018. – Т. 8, № 4. – С. 143–154.
36. Маркс, В.В. Судебно-медицинская экспертиза костей / В.В. Маркс. – Москва: Медицина, 1988. – 208 с.
37. Матюшечкин, С.В. Рентгеноостеометрическое исследование линейных параметров средних фаланг кисти у детей и подростков в возрастном и

- этническом аспектах / С.В. Матюшечкин, Н.Н. Микрюкова // Морфологические ведомости. – 2021. – Т. 29, № 1. – С. 34–42.
38. Медико-криминалистическая идентификация: Настольная книга судебно-медицинского эксперта / С.С. Абрамов, И.А. Гедыгушев, В.Н. Звягин [и др.]. – Москва: Норма-Инфра М, 2000. – 465 с.
 39. Методика функциональной множественной компьютерной томографии в диагностике уплощенной стельки у взрослых / С.К. Тервоной, Н.С. Серова, А.С. Беляев [и др.] // Russian Electronic Journal of Radiology. – 2017. – Т. 7, № 1. – С. 94–100.
 40. Михайлов, С.С. Методика измерения костей стопы / С.С. Михайлов // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1985. – Т. 89, № 8. – С. 85–89.
 41. Некоторые особенности механических свойств стопы человека / А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин, Е.С. Атрощенко // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2016. – № 3 (59). – С. 22–24.
 42. Неструх, М.Ф. Происхождение человека / М.Ф. Неструх. – Москва: Наука, 1970. – 439 с.
 43. Никитюк, Б.А. Антропометрия в клинической практике / Б.А. Никитюк. – Москва: Медицина, 1984. – 176 с.
 44. Осипенкова-Вичтомова, Т.К. Судебно-медицинская экспертиза костей: руководство / Т.К. Осипенкова-Вичтомова. – Москва: БИНОМ, 2023. – 288 с.
 45. Остеометрические параметры средних фаланг стопы человека и их половые различия / А.А. Мельников, Р.В. Никифоров, Р.М. Хайруллин, Ф.Р. Хайруллин // Морфологические ведомости. – 2014. – № 1. – С. 70–78.
 46. Павловский, А.А. Анатомическая изменчивость костей предплюсны у человека / А.А. Павловский. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГМУ, 2005. – 156 с.
 47. Патент № 2711146 Российская Федерация, МПК А61В 17/56 (2006.01). Способ лечения паралитической эквино-варусной деформации стопы у детей : №

2019106457 : заявл. 06.03.2019 : опубликовано 15.01.2020 / Шведовченко И.В., Джомардлы Э.И., Кольцов А.А.

48. Пашкова, В.И. Очерки судебно-медицинской остеологии. Определение пола, возраста и роста по костям скелета человека / В.И. Пашкова. – Москва: Гос. изд-во мед. лит., 1963. – 156 с.
49. Перепелкин, А.И. Соматотипологические закономерности формирования стопы человека в постнатальном онтогенезе: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.02 / Перепелкин Андрей Иванович. – Волгоград, 2009. – 53 с.
50. Перепелкин, А.И. Влияние дозированной нагрузки на изменение структуры и функции стопы человека / А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков, А.И. Краюшкин. – Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2012. – 184 с.
51. Половые различия пяточных костей стопы человека по данным прямой остеометрии / М.В. Байрошевская, А.Ф. Сафиуллина, Р.М. Хайруллин, Р.В. Никифоров // Морфологические ведомости. – 2014. – № 3. – С. 31–36.
52. Попов, В.П. Клиническая анатомия стопы / В.П. Попов. – Москва: Медицина, 1993. – 240 с.
53. Привес, М.Г. Анатомия человека / М.Г. Привес, Н.К. Лысенков, В.И. Бушкович. – Москва: Медицина, 1985. – 672 с.
54. Рентгенографические особенности стопы у пациентов с врожденной фибулярной гемимелией / С.С. Леончук, А.С. Неретин, С.О. Мурадисинов [и др.] // Russian Electronic Journal of Radiology. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 219–226.
55. Рогинский, Я.Я. Основы антропологии / Я.Я. Рогинский, М.Г. Левин. – Москва: МГУ, 1955. – 502 с.
56. Роль функциональной МСКТ в диагностике эластической плоскостопия / Н.С. Серова, А.С. Беляев, Д.С. Бобров [и др.] // Russian Electronic Journal of Radiology. – 2019. – Т. 9, № 2. – С. 301–314.
57. Романова, Г.Н. Морфометрия костей стопы в популяциях Восточной Европы / Г.Н. Романова. – Москва: Наука, 2002. – 184 с.

58. Ромер, А. Анатомия позвоночных. Т. 1 / А. Ромер, Т. Парсонс. – Москва: Мир, 1992. – 357 с.
59. Рохлин, Д.Г. Рентгеноостеология и рентгеноантропология. Ч. 1 / Д.Г. Рохлин. – Ленинград-Москва: Огиз-Биомедгиз, 1936. – 335 с.
60. Сапин, М.Р. Анатомия человека / М.Р. Сапин. – Москва: Медицина, 1993. – 542 с.
61. Семенова, Л.К. «Круглый стол» по вопросам возрастной периодизации / Л.К. Семенова, Е.Л. Корнева // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1989. – Т. 97, № 12. – С. 90–92.
62. Синева, И.М. Информационная значимость остеометрических исследований в современной антропологии / И.М. Синева // Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология. – 2010. – № 4. – С. 57–64.
63. Синельников, Р.Д. Атлас анатомии человека / Р.Д. Синельников, Я.Р. Синельников. – Москва: Медицина, 1996. – Т. 1. – 344 с.
64. Соловьев, Я.И. Рентгенологическая анатомия костей и суставов человека / Я.И. Соловьев. – Москва: Медицина, 1975. – 320 с.
65. Сравнительный анализ угловых и линейных параметров стоп женщин первого и второго триместра беременности при выполнении компьютерной подографии / Е.В. Власова, А.И. Перепелкин, В.Б. Мандриков [и др.] // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2019. – Т. 14, № 4. – С. 690–692.
66. Струков, А.И. Анатомия человека / А.И. Струков, В.Г. Шапошников. – Москва: Медицина, 1982. – 424 с.
67. Струков, А.И. Практикум по анатомии человека / А.И. Струков. – Москва: Медицина, 1985. – 352 с.
68. Ткачук, И.И. Судебно-медицинская характеристика костей стопы / И.И. Ткачук // Судебно-медицинская экспертиза. – 1998. – № 4. – С. 23–27.

69. Тюрин, Ю.Н. Статистический анализ данных на компьютере / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров. – Москва: ИНФРА-М, 1998. – 528 с.
70. Улитко, Т.В. Относительная частота типов таранной кости с различными формами суставных поверхностей / Т.В. Улитко // Forcipe. – 2023. – Т. 6, № S3. – С. 80–81.
71. Улитко, Т.В. Некоторые остеометрические параметры плюсневых костей женской стопы по данным рентгенографии / Т.В. Улитко, Я.И. Зеркалова // Анатомия в XXI веке – традиция и современность : материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 120-летию профессора М.Г. Привеса и 125-летию кафедры клинической анатомии и оперативной хирургии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова. – Воронеж, 2024. – С. 88–90.
72. Улитко, Т.В. Относительная частота встречаемости видов таранной кости с различными типами пяточных суставных поверхностей / Т.В. Улитко // Анатомия в XXI веке – традиция и современность : материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 120-летию профессора М.Г. Привеса и 125-летию кафедры клинической анатомии и оперативной хирургии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова. – Воронеж, 2024. – С. 252–254.
73. Улитко, Т.В. Относительная частота встречаемости типов таранной кости с различными формами пяточных суставных поверхностей / Т.В. Улитко, Я.И. Зеркалова // Актуальные проблемы биомедицины – 2024 : материалы XXX Всероссийской конференции молодых ученых с международным участием. – Санкт-Петербург, 2024. – С. 212–213.
74. Улитко, Т.В. Современные представления об анатомической изменчивости таранной кости человека / Т.В. Улитко // Морфологические ведомости. – 2024. – Т. 32, № 3. – С. id-897.
75. Улитко, Т.В. Частота встречаемости типов таранной кости по классификации форм пяточных суставных поверхностей / Т.В. Улитко // Проблемы

- современной морфологии человека : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 95-летию кафедры анатомии ГЦОЛИФК и 90-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РАМН, профессора Б.А. Никитюка. – Москва, 2024. – С. 48–52.
76. Улитко, Т.В. Частота встречаемости форм верхней суставной поверхности таранной кости человека / Т.В. Улитко // Санкт-Петербургские научные чтения – 2024 : сборник тезисов X Международного молодежного медицинского конгресса. – Санкт-Петербург, 2024. – С. 28–29.
77. Улитко, Т.В. Изменчивость таранной кости российской популяции по данным прямой остеометрии / Т.В. Улитко // Морфологические ведомости. – 2025. – Т. 33, № 3. – С. id-972.
78. Улитко, Т.В. Половая изменчивость таранной кости в российской популяции по данным прямой остеометрии / Т.В. Улитко // Современные аспекты макро- и микроморфологии : сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения выдающегося анатома, педагога, заслуженного деятеля науки РФ, профессора Валентина Сергеевича Сперанского. – Саратов, 2025. – С. 115–118.
79. Улитко, Т.В. Частота встречаемости анатомических вариаций блоковой поверхности таранной кости / Т.В. Улитко // Оренбургский медицинский вестник. – 2025. – Т. 13, № S2 (50). – С. 309–310.
80. Уманская, Н.М. Идентификация личности по костям скелета / Н.М. Уманская. – Москва: Медицина, 1985. – 224 с.
81. Уотсон-Джонс, Р. Переломы костей и повреждения суставов / Р. Уотсон-Джонс. – Москва: Медицина, 1972. – 672 с.
82. Феоктистов, В.И. Рентгеновское изображение, его метрические свойства и их применение в клинике / В.И. Феоктистов. – Москва: Медицина, 1966. – 275 с.

83. Хайруллин, Р.М. Эффективность индексов флуктуирующей асимметрии для оценки морфологических признаков человека / Р.М. Хайруллин // Морфологические ведомости. – 2002. – № 1–2. – С. 52–54.
84. Хайруллин, Р.М. О теоретических концептах современной анатомии человека / Р.М. Хайруллин. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2024. – 204 с.
85. Хайруллин, Р.М. О состоянии и перспективах антропометрических исследований в медицинской анатомии / Р.М. Хайруллин // Морфологические ведомости. – 2025. – Т. 33, № 1. – С. 7–18.
86. Хрисанфова, Е.Н. Основы антропологии / Е.Н. Хрисанфова, И.В. Перевозчиков. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 2005. – 400 с.
87. Хрисанфова, Е.Н. Антропология человека / Е.Н. Хрисанфова. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 2007. – 384 с.
88. Шкловский, А.М. К вопросу о проекционном увеличении рентгенографических изображений некоторых скелетированных костей человека / А.М. Шкловский // Материалы 21-й научной сессии, посвященной 45-летию Института. – Саратов, 1955. – С. 361.
89. Штефко, В.Г. Возрастная остеология / В.Г. Штефко. – Москва: Изд-во АПН РСФСР, 1947. – 370 с.
90. Ярославцев, Б.М. Анатомическая техника / Б.М. Ярославцев. – Фрунзе, 1961. – 443 с.
91. Hallux valgus: лижет голеностопные суставы и кусает тазобедренные? / Л.А. Удочкина, Ю.В. Хлебников, О.И. Воронцова, М.Ю. Капитонова // Вестник Авиценны. – 2023. – Т. 25, № 4. – С. 553–561.
92. Accuracy and direction of error in the sexing of the skeleton: implications for paleodemography / R.S. Meindl, C.O. Lovejoy, R.P. Mensforth, L. Don Carlos // American Journal of Physical Anthropology. – 1985. – Vol. 68. – P. 79–86.
93. Accuracy of computed radiography in osteometry: A comparison of digital imaging techniques and the effect of magnification / R.M. Carew, M.D. Viner, G. Conlogue

- [et al.] // *Journal of Forensic Radiology and Imaging*. – 2019. – Vol. 19(6). – P. 100348.
94. Agoada, D. The Relationship Between Linear Osteological and Radiographic Measurements of the Human Calcaneus and Talus / D. Agoada // *The Anatomical Record*. – 2018. – Vol. 301(1). – P. 21–33.
 95. Agoada, D. The Relationship Between Angular Osteologic and Radiographic Measurements of the Human Talus and Calcaneus / D. Agoada, P.A. Kramer // *Journal of the American Podiatric Medical Association*. – 2019. – Vol. 109(5). – P. 327–344.
 96. Aitken, D.M. A note on the variations of the tibia and astragalus / D.M. Aitken // *Journal of Anatomy and Physiology*. – 1905. – Vol. 39. – P. 489–491.
 97. Albanese, J. A method for estimating sex using the clavicle, humerus, radius, and ulna / J. Albanese // *Journal of Forensic Sciences*. – 2013. – Vol. 58, No. 6. – P. 1413–1419.
 98. Angelova, M. Anatomical variations in facies articularis calcanea on the talus in the Bulgarian population / M. Angelova, D. Marinova // *Varnenski Meditsinski Forum*. – 2024. – Vol. 13, No. 1. – P. 7–10.
 99. Barbaix, E. Variations of anatomical elements contributing to subtalar joint stability: intrinsic risk factors for post-traumatic lateral instability of the ankle? / E. Barbaix, P. Van Roy, J.P. Clarys // *Ergonomics*. – 2000. – Vol. 43, No. 10. – P. 1718–1725.
 100. Barnett, C.H. Squatting facets on the European talus / C.H. Barnett // *Journal of Anatomy*. – 1954. – Vol. 88. – P. 509–513.
 101. Barrett, C. Estimation of sex from the talus in prehistoric Native Americans / C. Barrett, W. Cavallari, P.W. Sciulli // *Collegium Antropologicum*. – 2001. – Vol. 25. – P. 13–19.
 102. Bidmos, M.A. Sex determination from the talus of South African whites by discriminant function analysis / M.A. Bidmos, M.R. Dayal // *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*. – 2003. – Vol. 24. – P. 322–328.

103. Bidmos, M.A. Further evidence to show population specificity of discriminant function equations for sex determination using the talus of South African blacks / M.A. Bidmos, M.R. Dayal // *Journal of Forensic Sciences*. – 2004. – Vol. 49. – P. 1165–1170.
104. Bidmos, M.A. Sexual dimorphism of the calcaneus of South African blacks / M.A. Bidmos, S.A. Asala // *Journal of Forensic Sciences*. – 2004. – Vol. 49. – P. 446–450.
105. Bilodi, A.K. Study of calcaneal articular facets in human tali / A.K. Bilodi // *Kathmandu University Medical Journal*. – 2006. – Vol. 4, No. 1. – P. 75–77.
106. Breathnach, A.S. The skeleton of the foot / A.S. Breathnach // *Frazer's Anatomy of the Human Skeleton*. – London: Churchill Ltd, 1965. – P. 141–145.
107. Bruckner, J. Variations in the human subtalar joint / J. Bruckner // *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. – 1987. – Vol. 8. – P. 489–494.
108. Bruns, J. Etiopathogenetic aspects of medial osteochondrosis dissecans tali / J. Bruns, B. Rosenbach, J. Kahrs // *Sportverletzung Sportschaden*. – 1992. – Vol. 6. – P. 43–49.
109. Cattaneo, C. Forensic anthropology: developments of a classical discipline in the new millennium / C. Cattaneo // *Forensic Science International*. – 2007. – Vol. 165, No. 2–3. – P. 185–193.
110. Cavagna, G.A. The sources of external work in level walking and running / G.A. Cavagna, H. Thys, A. Zamboni // *Journal of Physiology*. – 1976. – Vol. 262. – P. 639–657.
111. Cavagna, G.A. Mechanical work in terrestrial locomotion: two basic mechanisms for minimizing energy expenditure / G.A. Cavagna, N.C. Heglund, C.R. Taylor // *American Journal of Physiology*. – 1977. – Vol. 233. – P. 243–261.
112. Cavagna, G.A. The mechanics of walking in children / G.A. Cavagna, P. Franzetti, T. Fuchimoto // *Journal of Physiology*. – 1983. – Vol. 343. – P. 323–339.

113. Charles, R.H. The influence of function, as exemplified in the morphology of the lower extremity of the Panjabi / R.H. Charles // *Journal of Anatomy*. – 1893. – Vol. 28. – P. 1–18.
114. Charles, R.H. Morphological peculiarities in the Panjabi, and their bearing on the question of the transmission of acquired characters / R.H. Charles // *Journal of Anatomy and Physiology*. – 1894. – Vol. 28. – P. 271–280.
115. Cockerill, S.J. An Atlas of Anatomical Variants of the Human Talus / S.J. Cockerill, M. Arnay-de-la-Rosa, E. González-Reimers // *Journal of Morphology*. – 2025. – Vol. 286, No. 1. – P. e70023.
116. Colman, K.L. Virtual forensic anthropology: The accuracy of osteometric analysis of 3D bone models derived from clinical computed tomography (CT) scans / K.L. Colman, H.H. de Boer, J.G.G. Dobbe [et al.] // *Forensic Science International*. – 2019. – Vol. 304. – P. 109963.
117. Coltart, W.D. Aviator's astragalus / W.D. Coltart // *The Journal of Bone and Joint Surgery, British Volume*. – 1952. – Vol. 34B. – P. 545–566.
118. Comparative analysis of linear morphometric parameters of the humane mandibula obtained by direct and indirect measurement / S. Arsić, P. Perić, M. Stojković [et al.] // *Vojnosanitetski preglad*. – 2010. – Vol. 67(10). – P. 839–846.
119. Cotta, H. Orthopaedics / H. Cotta. – Stuttgart: Georg Thieme, 1980. – P. 302–309.
120. Cunha, E. Recent advances in forensic anthropological methods and research / E. Cunha, A.H. Ross // *Biology*. – 2022. – Vol. 11, No. 6. – P. 908.
121. Das, A.C. Squatting facets of the talus in U.P. subjects / A.C. Das // *Journal of the Anatomical Society of India*. – 1959. – Vol. 8. – P. 90–92.
122. Dixit, S.G. Racial variation on articular surface of talus (Astragalus) in North Indian population / S.G. Dixit, J. Kaur, S. Kakar // *Journal of Forensic and Legal Medicine*. – 2012. – Vol. 19. – P. 152–157.
123. Drake, R.L. Chapter 6: Lower Limb / R.L. Drake, A.W. Vogl, A.W.M. Mitchell // *Gray's Anatomy for Students*. – Philadelphia: Elsevier, 2009. – P. 602.

124. Effects of positioning on radiographic measurements of ankle morphology: a computerized tomography-based simulation study / Ch-Ch. Kuo, H-L. Lu, T-W. Lu [et al.] // BioMedical Engineering OnLine. – 2013. – Vol. 12. – P. 131.
125. Effects of projection errors on ankle morphological measurements using CT-based simulated radiographs / H-L. Lu, Ch-Ch. Kuo, Ch-Ch. Lin, T-W. Lu // Bone & Joint Journal. – 2014. – Vol. 96(Suppl 11). – P. 231.
126. Ferrell, M.J. Sex estimation research trends in forensic anthropology between 2000 and 2022 in five prominent journals / M.J. Ferrell, J.J. Schultz, D.M. Adams // Journal of Forensic Sciences. – 2024. – Vol. 69, No. 4. – P. 1138–1154.
127. Foot bone structure and plantar soft tissue deformation behavior in different functional positions / Y. Deng, J. Chen, S. Ma [et al.] // Quantitative Imaging in Medicine and Surgery. – 2026. – Vol. 16, No. 2. – Art. 127.
128. Ghalawat, N. Clinical Implications of Calcaneal Facet Morphology in the North Indian Population: A Study on Subtalar Joint Stability and Risk of Arthritis / N. Ghalawat, V.S. Malik, J. Sharma // European Journal of Cardiovascular Medicine. – 2025. – Vol. 15, No. 8. – P. 345–349.
129. Griffin, T.M. Biomechanics–Penguin waddling is not wasteful / T.M. Griffin, R. Kram // Nature. – 2000. – Vol. 408. – P. 929.
130. Griffin, T.M. Biomechanics of quadrupedal walking: how do four-legged animals achieve inverted pendulum-like movements? / T.M. Griffin, R.P. Main, C.T. Farley // Journal of Experimental Biology. – 2004. – Vol. 207. – P. 3545–3558.
131. Gualdi-Russo, E. Sex determination from the talus and calcaneus measurements / E. Gualdi-Russo // Forensic Science International. – 2007. – Vol. 171. – P. 151–156.
132. Harcourt-Smith, W.E.H. Fossils, feet and the evolution of human bipedal locomotion / W.E.H. Harcourt-Smith, L.C. Aiello // Journal of Anatomy. – 2004. – Vol. 204, No. 5. – P. 403–416.
133. Harris, R.I. Etiology of peroneal spastic flatfoot / R.I. Harris, T. Beath // Journal of Bone and Joint Surgery. – 1948. – Vol. 30B. – P. 624–633.

134. Harris, S.M. Sexual Dimorphism in the Tarsal Bones: Implications for Sex Determination / S.M. Harris, D.T. Case // *Journal of Forensic Sciences*. – 2012. – Vol. 57. – P. 295–305.
135. Ikeda, J. The Skeletal Remains. The Second and Third Excavation Report of Ikaruga Fujinoki Kofun / J. Ikeda, K. Katayama. – Archaeological Institute of Kashihara, Nara Prefecture, 1993.
136. Jiang, H. Understanding foot conditions, morphologies and functions in children: a current review / H. Jiang, Q. Mei, Y. Wang, J. He, E. Shao, J. Fernandez, Y. Gu // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. – 2023. – Vol. 11. – P. 1192524.
137. Jones, F.W. Structure and Function as seen in the Foot / F.W. Jones. – London: Baillière, Tindall and Cox, 1949. – 329 p.
138. Kaur, M. Morphological classification of tali on the basis of calcanean articular facets / M. Kaur, G. Kalsey, V. Laxmi // *PB Journal of Orthopedics*. – 2011. – Vol. 12, No. 1. – P. 57–60.
139. Kleiger, B. Fractures of the talus / B. Kleiger // *Journal of Bone and Joint Surgery*. – 1948. – Vol. 30A. – P. 735–743.
140. Knecht, S. Case-specific accuracy in sex estimation from long bones in forensic anthropology: An «accuracy x-factors» approach / S. Knecht, G. Krüger, L. Liebenberg [et al.] // *Forensic Science International*. – 2026. – Vol. 380. – P. 112820.
141. Krogman, W.M. The Human Skeleton in Forensic Medicine / W.M. Krogman, M.Y. Iscan. – Springfield: Charles C. Thomas, 1986.
142. Lazenby, R. Bias and Agreement for Radiogrammetric Estimates of Cortical Bone Geometry / R. Lazenby // *Investigative Radiology*. – 1997. – Vol. 32(1). – P. 12–18.
143. Massie, G. Accessory bones of the foot / G. Massie // *Surgical Anatomy*. – London: J & A Churchill Ltd, 1944. – P. 379.
144. Modifications on dorsum of neck of talus (squatting facets and trochlear extensions) in Indians / R. Garg, S. Shekhawat, K. Mogra, S. Kumar // *Acta Medica International*. – 2015. – Vol. 2, No. 1. – P. 100–104.

145. Morphological variation of the hemophilic talus / H.G. Talbott, R.A. Wilkins, A.C. Redmond [et al.] // *Clinical Anatomy*. – 2021. – Vol. 34, No. 6. – P. 941–947.
146. Morphometric analysis and typing of talus and calcaneus bones from the Eastern Anatolian population / A.B. Karakas, Y. Akbulut, B. Yazar, M. Sunar // *Folia Morphologica*. – 2026. – Vol. 85.
147. Morphometric geometric differences between right and left human tali: A cadaveric study of fluctuating asymmetry via systematic measurement and three-dimensional scanning / Ch. Angthong, P. Rajbhandari, A. Veljkovic [et al.] // *PLoS ONE*. – Vol. 15(4). – P. e0232012.
148. Morphometric Measurement and Types of Articular Facets on the Talus and Calcaneus in an Anatolian Population / N. Boyan, E. Ozsahin, E. Kızıllkanat [et al.] // *International Journal of Morphology*. – 2016. – Vol. 34, No. 4. – P. 1378–1385.
149. Muir, G.D. Ontogeny of bipedal locomotion: Walking and running in the chick / G.D. Muir, J.M. Gosline, J.D. Steeves // *Journal of Physiology*. – 1996. – Vol. 493. – P. 589–601.
150. Muller, G. *Anthropologischer Anzeiger* / G. Muller. – 1935. – Bd. 12.
151. Murphy, A.M.C. The calcaneus: sex assessment of prehistoric New Zealand Polynesian skeletal remains / A.M.C. Murphy // *Forensic Science International*. – 2002. – Vol. 129. – P. 205–208.
152. Murphy, A.M.C. The talus: sex assessment of prehistoric New Zealand Polynesian skeletal remains / A.M.C. Murphy // *Forensic Science International*. – 2002. – Vol. 128. – P. 155–158.
153. New anatomical reference systems for the bones of the foot and ankle complex: definitions and exploitation on clinical conditions / M. Conconi, A. Pompili, N. Sancisi [et al.] // *Journal of Foot and Ankle Research*. – 2021. – Vol. 14, No. 1. – P. 66.

154. Ogihara, N. Reconstructing Bipedal Locomotion of Fossil Hominids Using Biomechanics: Current State and Challenges / N. Ogihara // *Anthropological Science (Japanese Series)*. – 2008. – Vol. 116, No. 2. – P. 99–113.
155. Phenice, T.W. A newly developed visual method of sexing the os pubis / T.W. Phenice // *American Journal of Physical Anthropology*. – 1969. – Vol. 30. – P. 297–302.
156. Prasad, S.A. Morphometric analysis of talus and calcaneus / S.A. Prasad, S.S.S.N. Rajasekhar // *Surgical and Radiologic Anatomy*. – 2019. – Vol. 41, No. 1. – P. 9–24.
157. Ralston, H.J. Energy-speed relation and optimal speed during level walking / H.J. Ralston // *Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie*. – 1958. – Vol. 17. – P. 277–283.
158. Rao, P.D. Prasada. Squatting facets on the talus and tibia in Australian Aborigines / P.D. Prasada Rao // *Archaeology and Physical Anthropology in Oceania*. – 1966. – Vol. 1, No. 1. – P. 51–56.
159. Richardson, G.E. *Pes Planus* / G.E. Richardson // *Campbell's Operative Orthopaedics*. – St. Louis: Mosby, 1998. – Vol. II. – P. 1720–1725.
160. Sakaue, K. Sex Assessment from the Talus and Calcaneus of Japanese / K. Sakaue // *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series D*. – 2011. – Vol. 37. – P. 35–48.
161. Satinoff, M.I. Study of the squatting facets of the talus and tibia in ancient Egyptians / M.I. Satinoff // *Journal of Human Evolution*. – 1972. – Vol. 1. – P. 209–212.
162. Scheuer, L. Application of osteology to forensic medicine / L. Scheuer // *Clinical Anatomy*. – 2002. – Vol. 15, No. 4. – P. 297–312.
163. Sewell, R.B.S. A study of the astragalus, part III. The collum tali / R.B.S. Sewell // *Journal of Anatomy and Physiology*. – 1904. – Vol. 39. – P. 74–88.

164. Sex determination by discriminant analysis of calcanei measurements / F. Introna, G. DiVella, C. Campobasso, M. Dragone // *Journal of Forensic Sciences*. – 1997. – Vol. 42. – P. 725–728.
165. Silva, A.M. Sex assessment using the calcaneus and the talus / A.M. Silva // *Anthropologia Portuguesa*. – 1995. – Vol. 13. – P. 107–119.
166. Singh, I. Squatting facets on the talus and tibia in Indians / I. Singh // *Journal of Anatomy*. – 1959. – Vol. 93. – P. 540–550.
167. Squatting Facet: A Case Study Dilkaya and Van-Kalesi Populations in Eastern Turkey / I. Baykara, H. Yılmaz, T. Gültekin, E. Güleç // *Collegium Antropologicum*. – 2010. – Vol. 34, No. 4. – P. 1257–1262.
168. Squatting Facets and Trochlear Extensions of Talus Bone in Indian Population / R. Biswas, A.K. Pankaj, A. Anand [et al.] // *Acta Medica International*. – 2023. – Vol. 10, No. 1. – P. 71–75.
169. Squatting facets on the neck of the talus and extensions of the trochlear surface of the talus in Late Byzantine males / I.H. Oygucu, M.A. Kurt, I. Ikiz [et al.] // *Journal of Anatomy*. – 1998. – Vol. 192. – P. 287–291.
170. Statistical shape model of the talus bone morphology: A comparison between impinged and nonimpinged ankles / S. Arbabi, P. Seevinck, H. Weinans [et al.] // *Journal of Orthopaedic Research*. – 2023. – Vol. 41, No. 1. – P. 183–195.
171. Steele, D.G. The estimation of sex on the basis of the talus and calcaneus / D.G. Steele // *American Journal of Physical Anthropology*. – 1976. – Vol. 45. – P. 581–588.
172. Steinhagen, J. Ätiologie und Pathogenese der Osteochondrosis dissecans tali / J. Steinhagen, O. Niggemeyer, J. Bruns // *Orthopäde*. – 2001. – Vol. 30, No. 1. – P. 20–27.
173. Stevens, P.M. Radiographic Distortion of Bones: A Marker Study / P.M. Stevens // *Orthopedics*. – 1989. – Vol. 12(11). – P. 1457–1463.

174. Stull, K.E. Subadult sex estimation from diaphyseal dimensions / K.E. Stull, E.N. L'Abbé, S.D. Ousley // *American Journal of Physical Anthropology*. – 2017. – Vol. 163, No. 1. – P. 64–74.
175. Sutherland, L.D. Use of the ventral arc in pelvic sex determination / L.D. Sutherland, J.M. Suchey // *Journal of Forensic Sciences*. – 1991. – Vol. 36, No. 2. – P. 501–511.
176. The relationship between mechanical work and energy expenditure of locomotion in horses / A.E. Minetti, L.P. Ardigo, E. Reinach, F. Saibene // *Journal of Experimental Biology*. – 1999. – Vol. 202. – P. 2329–2338.
177. Thomson, A. The influence of posture on the form of the articular surfaces of the tibia and astragalus in the different races of man and the higher apes / A. Thomson // *Journal of Anatomy and Physiology*. – 1889. – Vol. 23. – P. 616–639.
178. Thomson, A. Additional note on the influence of posture on the form of the articular surfaces of the tibia and astragalus in the different races of man and the higher apes / A. Thomson // *Journal of Anatomy and Physiology*. – 1890. – Vol. 24. – P. 210–217.
179. Translation of 3D Anatomy to 2D Radiographic Angle Measurements in the Ankle Joint: Validity and Reliability / G. Vuurberg, N. Tümer, I. Sierevelt [et al.] // *Foot & Ankle Orthopaedics*. – 2022. – Vol. 7(3). – P. 32022.
180. Trinkaus, E. Squatting among Neandertals: a problem in the behavioral interpretation of skeletal morphology / E. Trinkaus // *Journal of Archaeological Science*. – 1975. – Vol. 2. – P. 327–351.
181. Tuller, H. Keeping the pieces together: comparison of mass grave excavation methodology / H. Tuller, M. Durić // *Forensic Science International*. – 2006. – Vol. 156, No. 2–3. – P. 192–200.
182. Types of calcaneal articular facets of the talus in Korean / J.Y. Lee, M.H. Jung, J.S. Lee [et al.] // *Korean Journal of Physical Anthropology*. – 2012. – Vol. 25, No. 4. – P. 185–192.

183. Variations in calcaneal articular facets in Indian tali / A.K. Arora, S.C. Gupta, C.D. Gupta, P. Jeyasingh // *Anatomischer Anzeiger*. – 1979. – Vol. 146. – P. 377–380.
184. Verhagen, F.D. Arthritis of the subtalar joint associated with sustentaculum tali facet configuration / F.D. Verhagen // *Journal of Anatomy*. – 1993. – Vol. 183. – P. 631–634.
185. Waldron, T. The relative survival of the human skeleton: implications for palaeopathology / T. Waldron // *Death Decay and Reconstruction: Approaches to Archaeology and Forensic Science*. – Manchester: Manchester University Press, 1987.
186. Weinstein, S.L. Unusual accessory (bipartite) talus simulating fracture. A case report / S.L. Weinstein, M. Bonfiglio // *Journal of Bone and Joint Surgery*. – 1975. – Vol. 57, No. 8. – P. 1161–1163.
187. Williams, D.S. Arch structure and injury patterns in runners / D.S. Williams, I.S. McClay, J. Hamill // *Clinical Biomechanics*. – 2001. – Vol. 16, No. 4. – P. 341–347.
188. Wood, W.Q. The tibia of the Australian aborigine / W.Q. Wood // *Journal of Anatomy*. – 1920. – Vol. 54. – P. 232–257.
189. Zarrugh, M.Y. Optimization of energy expenditure during level walking / M.Y. Zarrugh, F.N. Todd, H.J. Ralston // *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. – 1974. – Vol. 33. – P. 293–306.