

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ АНАТОМИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТАРАННОЙ КОСТИ ЧЕЛОВЕКА

^{1,2}Улитко Т.В.

¹Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова,
г. Санкт-Петербург; ²Медицинский университет РЕАВИЗ, г. Самара, Россия, e-mail: ulitko-ta@yandex.ru

Для цитирования:

Улитко Т.В. Современные представления об анатомической изменчивости таранной кости человека. Морфологические ведомости. 2024;32(3):897. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2024.32\(3\).897](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2024.32(3).897)

Резюме. Разработка современных эндопротезирующих конструкций для структурно-функционального восстановления при повреждениях голеностопного сустава требует в условиях персонализированного подхода к пациентам максимального соответствия всех суставных поверхностей и размеров костных элементов анатомически исходным. Существует актуальная потребность выяснения соответствия конкретных линейных анатомо-морфометрических паттернов костей конфигурациям их суставных поверхностей с тем, чтобы соотнести достаточно легко получаемые средствами визуализации их линейные размеры у пациента с трудно определяемыми этими средствами конкретными паттернами конфигураций суставных поверхностей. Цель исследования: обобщить имеющиеся данные научной литературы по анатомической изменчивости суставных фасеток таранной кости человека, их прикладному значению в различных областях биомедицинских знаний. Материалом для исследования послужили источники отечественной и зарубежной литературы с 1889 по 2023 годы за период 135 лет. Проведенный анализ научной литературы позволяет сделать заключение, во-первых, о том, что классические стандартные описания об особенностях ее формы и строения, отражающие, прежде всего и в большей степени ее части и апофизы не позволяют судить и не дают соответствующих представлений об иных, несущих большую функциональную и диагностическую значимость структурных элементах. Такими элементами следует считать ее суставные поверхности. Во-вторых, разнообразие их числа, топографии, общей конфигурации, размеров их площадей, их сочетания и билатеральные различия у каждого человека представляют собой уникальные анатомические паттерны, характеризующие структурную индивидуальную основу его локомоторной активности. В-третьих, анализ суставных фасеток таранной кости позволяет не зависимо от периода времени, в котором жил человек, при условии достаточной анатомической сохранности, получать данные не только об индивидуальных особенностях его двигательной активности и передвижений, но и характере среды обитания, рельефа местности, особенностях поведения и двигательных ритуалах, предрасположенности к определенным видам травматических повреждений стопы и голеностопного сустава.

Ключевые слова: таранная кость, суставные фасетки, анатомическая изменчивость, половой диморфизм, голеностопный сустав

Статья поступила в редакцию 04 октября 2024

Статья принята к публикации 22 ноября 2024

MODERN CONCEPTS ABOUT OF THE HUMAN TALUS ANATOMICAL VARIABILITY

^{1,2}Ulitko TV

¹Academician Ivan Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, Saint-Petersburg;

²REAVIZ Private Medical University, Samara, Russia, e-mail: ulitko-ta@yandex.ru

For the citation:

Ulitko TV. Modern concepts about of the human talus anatomical variability. Morfologicheskie Vedomosti – Morphological newsletter. 2024;32(3):897. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2024.32\(3\).897](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2024.32(3).897)

Summary. The development of modern endoprosthesis constructions for structural and functional prosthesis of ankle joint injuries requires, in the context of a personalized approach to patients, maximum compliance of all articular surfaces and sizes of bone elements with the anatomically original ones. There is an urgent need to clarify the correspondence of specific linear anatomical and morphometric patterns of bones to the configurations of their articular surfaces in order to correlate their linear dimensions in a patient, which are fairly easily obtained by visualization means, with specific patterns of articular surface configurations that are difficult to determine by these means. The purpose of the study: to summarize the available data in the scientific literature on the anatomical variability of the articular facets of the human talus, their applied significance in various fields of biomedical knowledge. The material for the study was the sources of scientific literature from 1889 to 2023 for a period of 135 years. The conducted analysis of scientific literature allows us to conclude, firstly, that classical standard descriptions of the features of its shape and structure, reflecting, first of all and to a greater extent, its parts and apophyses, do not allow us to form the opinion and do not give appropriate ideas about other structural elements that carry greater functional and diagnostic significance. Such elements should be considered its articular surfaces (facets). Secondly, the diversity of their number, topography, general configuration, size of their areas, their combinations and bilateral differences in each person represent unique anatomical patterns characterizing the structural individual basis of his locomotor activity. Thirdly, the analysis of the articular facets of the talus allows, regardless of the period of time in which a person lived, provided that the anatomical integrity is sufficient, to obtain data not only on the individual characteristics of his motor activity and movements, but also on the nature of the habitat, terrain, behavioral features and motor rituals, predisposition to certain types of traumatic injuries of the foot and ankle joint.

Key words: talus, articular facets, anatomical variability, sexual dimorphism, ankle joint

Article received 04 October 2024

Article accepted 22 November 2024

Введение. Таранная кость (talus) играет ключевую роль в прямохождении и функционировании стопы человека, а формы суставных поверхностей пяточной и таранной костей определяют 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 его ископаемых предков [1].

Разработка современных эндопротезирующих конструкций для максимально возможного структурно-функционального восстановления при повреждениях голеностопного сустава требует в условиях реализации персонализированного подхода к пациентам максимального соответствия всех его суставных поверхностей и размеров костных элементов анатомически исходным. Несмотря на превосходные возможности, предоставляемые современными диагностическими технологиями визуализации, не часто можно получить максимально приближенную к реальности общую форму и конфигурацию суставных поверхностей не только голеностопного, но и других суставов, определенную лепту в искажения вносят компьютерные программы и методологические информационные приемы оцифровки реальных анатомических объектов.

Исходя из этого существует актуальная потребность выяснения соответствия конкретных морфометрических параметров наиболее часто повреждаемых костных элементов различных суставов (их линейных анатомо-морфометрических паттернов) с конфигурациями их суставных поверхностей с тем, чтобы соотносить достаточно легко получаемые средствами визуализации их линейные размеры у пациента с трудно определяемыми этими средствами конкретными паттернами конфигураций суставных поверхностей.

Для этого требуются прежде всего данные исследований на стандартных анатомических костных объектах. Настоящий обзор является едва ли не первой в этом смысле попыткой показать, что такого рода задачи наиболее сложно будет решить в отношении суставов, образованных костями с множеством суставных поверхностей разной конфигурации и разных размеров площади. Вполне может быть, что они окажутся исключительно индивидуальными, как в плане общих аспектов анатомических изменчивости, так и билатеральной изменчивости у одного и того же человека. Одним из таких суставных костных элементов в теле человека является таранная кость.

Цель исследования: обобщить имеющиеся данные отечественной и зарубежной научной литературы по анатомической изменчивости суставных фасеток таранной кости человека, их прикладному значению в различных областях биомедицинских знаний.

Материалы и методы исследования. Материалом для исследования послужили источники отечественной и зарубежной литературы с 1889 по 2023 годы за период 135 лет в связи с отсутствием каких-либо обзоров-аналогов на русском языке для получения исходных данных. Были проанализированы источники медицинских, биомедицинских, археологических и антропологических данных, статей, монографий, описаний документальных источников, информационных баз данных на английском, немецком и других языках, в том числе имеющих англоязычные варианты перевода. Всего было отобрано 63 источника. Использован описательный метод анализа.

Результаты и обсуждение. Таранная кость человека занимает среднюю и верхнюю часть предплюсны. Примерно 60% поверхности таранной кости покрыта суставным хрящом, и она является единственной костью, не имеющей мышечно-сухожильного прикрепления [2]. Всю совокупность суставного хряща talus образуют суставные поверхности ее разного числа, размеров и анатомической формы так называемых суставных фасеток. 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 [3]. Следовательно, формы суставных поверхностей таранных костей должны обладать индивидуальной изменчивостью и зависеть от телосложения, походки, вида носимой обуви, рельефа местности проживания каждого человека, иначе говоря, исключительно индивидуальны. При детальном изучении анатомии и сравнении таранных костей в разных частях света было обнаружено, что существуют значительные различия в ориентации и форме суставных фасеток на подошвенной поверхности головки и тела таранной кости. Несмотря на хорошо изученное анатомическое строение, размеры и формы таранной кости, необходимость в изучении изменений ее пяточной и верхней суставной поверхностей с точки зрения анатомо-функциональных механизмов адаптации остается актуальной [4-5].

Первая значительная работа по анатомической изменчивости пяточных суставных поверхностей таранной кости была опубликована в 1979 году. Arora et al. провели подробное исследование 500 таранных костей индийцев [6]. Были изучены все пяточные суставные фасетки на подошвенных поверхностях таранных костей. Авторы установили, что суставные фасетки на подошвенной поверхности головы и тела таранной кости имеют существенные различия. Они разделили таранные кости на 5 типов в зависимости от вариаций их пяточных суставных поверхностей: тип 1 - с одиночной суставной пяточной фасеткой на подошвенной поверхности головки таранной кости, он был обнаружен в 16% случаев; тип 2 - с двумя фасетками на подошвенной поверхности, разделенной гребнем, наблюдался в 78% случаев; тип 3 - с двумя фасетками, частично разделенными бороздой и частично гребнем составил 1% наблюдений; тип 4 - с двумя суставными фасетками, разделенными внесуставной бороздкой, наблюдался в 3%, а 5-й тип с фасетками на подошвенной поверхности головки, про-

должавшимися на тело кости, был обнаружен в 2% случаев [6]. Эта классификация легла в основу многих последующих исследований, пополнялась и стандартизировалась.

В 2003 году в Непале Bilodi et Agrawal провели аналогичное исследование на 50 костях [7]. Их исследование показало наличие лишь четырех типов пятчатных суставных фасеток на подошвенных поверхностях головки таранной кости. Тип 5 в их работе не был обнаружен. В 2006 Bilodi проделал более масштабное исследование 240 костей человека, взятых из остеологической коллекции Медицинского колледжа Шри Деварадж Урс (Тумкур) и обнаружил уже пять типов. Наибольшая частота встречаемости была присуща типу 2 (50%) [8], аналогично исследованиям Arora et al. (78%) [6]. Наименее часто встречались таранные кости 4 типа (5%), тогда как в исследовании Arora et al. были более редкими кости типа 3 (1%) [8].

Kaur et al. в 2011 году изучили 100 сухих взрослых таранных костей неизвестного возраста и пола [9]. В этой серии чаще всего встречались таранные кости типа 1 (45%), что не согласовывалось с предыдущими работами. Частота таранных костей типа 2 составила 24% и эта цифра сопоставима с работой Bilodi et Agrawal (2004). Таранные кости типа 3 наблюдались в 9% случаев. Это меньше по сравнению с частотой, сообщенной Bilodi et Agrawal (20%) [7] и Bilodi (16%) [8] соответственно, но больше, чем в исследовании Arora et al. (1%) [6]. Наименее распространенным оказался тип 4 (5%), что согласуется с работой Bilodi (5%) [8]. Частота встречаемости костей типа 5 составила 17% и это значительно выше по сравнению с результатами Arora et al. (2%) [6]. Кроме того, тип 5 авторы 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 [9].

Garg et al. изучили 300 таранных костей взрослых и также распределили их по классификации Arora et al. Самая высокая частота наблюдалась у таранных костей типа 2 и она составила 43,7%, а тип 4

имел самую низкую частоту - 5,3% [10]. В работах, проведенных в Бельгии Barbaix et al. и в Корее Lee et al., авторы не обнаружили в своих исследованиях таранных костей типа 5. В корейской популяции чаще всего встречался тип 3 по сравнению с другими исследованиями [11-12].

В 2014 году Chandra and Prabavathy, исследуя 200 человеческих таранных костей индийской популяции открыли новый подтип в типе 5 - 5C, который ранее не был описан в литературе [13]. В этом подтипе передняя фасетка отделена гребнем от комбинированных средней и задней фасетки. Кроме того, частота встречаемости типа 1 была выше, чем типа 2, тогда как, в остальных исследованиях таранных костей индийской популяции распространенность типа 2 была выше, чем типа 1 [13]. Такие же результаты были получены при изучении таранных костей из региона Андхра и Северной Карнатаки в 2017 и 2020 году, соответственно, а также 372 костей из Таиланда в 2018 году [14-16].

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 Бояна. Согласно этой классификации, выделяется несколько типов вариаций - тип А, В и С [17]. Когда визуализируются три отдельные, полностью разграниченные суставные поверхности, кость обозначается как тип А, который затем разделяется 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 в подтипе В3 средняя поверхность сращена с задней. В случаях наличия только одной суставной поверхности на нижней стороне таранной кости ее относят к типу С. При сравнении этой классификации и трансформации ее критериев на классификацию Arora et al. [6], тип 1 по классификации Arora et al. в ней не выделяется.

Вариации суставных поверхностей таранной кости изучены у разных народностей и этнических групп. При сравне-

нии исследований наблюдается широкий диапазон встречаемости таранных костей с различными типами суставных фасеток. Известно, что частота типа 2 колеблется от 60% до 98% остальные типы встречаются реже. Многие исследователи предполагали, что эти вариации могут быть связаны с разным типом походки и телосложением человека или местом проживания, которое могло быть равнинной или холмистой местностью. Эти вариации анатомии таранной кости влияют на движения подтаранного сустава, а также на его стабильность. В связи с этим необходимо дальнейшее изучение анатомических особенностей пяточных суставных поверхностей таранной кости, так как это дает важную информацию для понимания биомеханики стопы в целом [18].

Очевидно, что суставная морфология скелета человека может подвергаться изменениям под влиянием воздействующих на него факторов. Известно, что привычное приседание («на корточки» или всей площадью подошвы) изменяет строение скелета нижних конечностей [19-20]. При изучении скелета стопы исследователи выявили изменения шейки таранной кости и дистальной части большеберцовой кости, указывающие на их привычный контакт, что было принято за свидетельство крайнего тыльного сгибания голеностопного сустава, возникающего при приседании «на корточки» [21-26]. Приседание - это постуральный комплекс в состоянии покоя, включающий гиперсгибание в тазобедренных и коленных суставах и гипердorsiфлексию в голеностопных и подтаранных суставах. Во время передвижения стопа редко сгибается в достаточной степени, чтобы привести дистальный передний край большеберцовой кости в контакт с тыльной поверхностью шейки таранной кости.

На шейке таранной кости можно обнаружить несколько типов фасеток приседания [27-28]. Кроме того, могут присутствовать передние продолжения блоковой и лодыжковой суставных поверхностей таранной кости. Учитывая тот факт, что эти признаки не связаны с модификациями переднего края дистального отдела большеберцовой кости, они мо-

гут появиться в результате тыльного сгибания в голеностопном суставе, отличного от приседания.

Впервые наличие фасеток приседания на переднем крае дистального конца большеберцовой кости и верхней поверхности шейки таранной кости описал Thomson в 1889 году [19]. 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 сочленялся полностью дорсофлексированно. Thomson объяснил свое исследование с филогенетической точки зрения. Он заметил, что у шимпанзе отсутствуют черты фасеток приседания, которые ярко выражены у орангутангов, бабуинов и некоторых горилл.

Высказано предположение, что наличие фасеток приседания на дорсальной поверхности шейки таранной кости у плода, а также у взрослых восточных рас свидетельствует о наследовании приобретенных признаков [5, 29]. Однако, фасетки приседания присутствуют и у европейских плодов, и эти фасетки более распространены у плодов, чем у взрослых [23, 27]. Singh предположил, что наличие у плода таких фасеток, по-видимому, является результатом значительного сгибания стопы с тыльной стороны, которое происходит во время внутриутробного развития [30]. Таким образом, развитие фасеток приседания у взрослых является результатом приспособления из-за давлений, оказываемых на кость в процессе жизнедеятельности и их посмертное изучение может дать объективную информацию о предыдущем образе жизни. В ранних исследованиях таранных костей популяций австралийцев, некоторых индийцев и византийского населения фасетки приседания и блоковые расширения были широко распространены. Они соответствовали сельскохозяйственному образу жизни населения разных племен. По словам 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 утренние ритуалы в позе приседания [31]. Сообщается, что модификации таранной кости, свидетельствующие о привычке приседания, имеются у гоминид, по крайней мере, с эпохи плейстоцена [32]. Лишь немногие предыдущие исследования предоставили достаточно подробные данные, чтобы можно было провести точное сравнение различных популяций.

Singh в 1959 году провел исследование фасеток приседания таранной и большеберцовой костей у индийцев. Автор упомянул, что из 292 исследованных большеберцовых костей 231 из них имела фасетки приседания, на что указывает их частота в 79%. Из 300 исследованных таранных костей 86 имели фасетки приседания, что составило 29% [30]. По данным Charles (1894), при исследовании влияния функций на морфологию нижних конечностей пенджабцев в 34 из 53 таранных костей были обнаружены фасетки приседания, что составило 63% [33]. Наблюдения в исследованиях костей индийцев юго-западного побережья не согласуются с другими исследованиями. Возможно, это связано с разницей в популяции, выбранной для исследования. Также наблюдается снижение встречаемости фасеток приседания по сравнению с другими исследованиями индийцев, что свидетельствует о явном изменении их образа жизни [34].

Baykara et al. (2010) изучили повседневную деятельность средневековых обществ в регионе Ван на основе определения частот фасеток приседания таранной кости [35]. Были исследованы скелеты взрослых из обществ Дилкая и Ван Калеси-Эски-Ванехри, относящиеся к средневековому периоду (65 голени и 82 таранных костей из Дилкая, 61 голень и 52 таранные кости из Ван Калеси-Эски-Ванехри). Частота наличия фасеток приседания имела высокие показатели в обеих популяциях. Частота фасеток приседания таранной кости 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 [35]. Разница в частоте встречаемости фасеток приседания между внешне схожими популяциями Индии может отражать разницу в соотношении

половой принадлежности исследованных костей, поскольку Pandey и Singh (1990) сообщили, что распространенность фасеток приседания значительно выше у женщин, чем у мужчин [28]. Такие различия по признаку пола в частоте наличия фасеток может существенно влиять на результаты сравнения данных между различными популяциями. Но при этом следует отметить, что зарегистрированное увеличение частоты у женщин варьировало только от примерно 9 до 16%, в зависимости от типа фасеток приседания [28].

Встречаемость фасеток приседания у поздневизантийских мужчин выше, чем у современных европейцев, что аналогично данным по некоторым популяциям современных индийцев, но значительно меньше, чем по другим [34, 36-40]. Распределение трех типов расширения блока таранной кости у поздневизантийских мужчин было более сбалансированным, чем распределение фасеток приседания. Латеральные расширения суставных поверхностей таранных костей присутствовали в 8%, медиальные расширения в 11% и непрерывные (латеральные, центральные, медиальные) расширения в 4,6%. Частота встречаемости блоковых расширений у поздневизантийских мужчин была существенно меньше, чем у современных индийских популяций, но сравнима с современными европейцами [5, 29, 32]. Различия в появлении фасеток приседания и расширений блока таранной кости 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 популяции 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 [41]. При этом происходит соприкосновение латеральной поверхности шейки таранной кости с переднелатеральным краем большеберцо-

вой кости. Таким образом, чрезмерное тыльное сгибание может быть не единственной причиной модификации верхней поверхности и шейки таранной кости.

Точное определение пола часто является первой аналитической задачей физических антропологов и судебно-медицинских экспертов при изучении останков человеческого скелета. На возможность достичь этой цели влияют степень сохранности исследуемых останков и выраженность полового диморфизма тех участков скелета, которые сохранились не измененными. Кости стопы демонстрируют достаточно большой потенциал для использования в морфологических методах определения пола, поскольку они хорошо сохраняются. Это подтверждено целым рядом диссертационных исследований, выполненных в нашей стране под руководством профессора Р.М. Хайруллина [42-45]. Кости предплюсны обычно имеют плотную, компактную структуру, что помогает им противостоять тафономическим процессам, связанным с захоронением, лучше, чем многим другим костям скелета. Они также являются информативными маркерами для определения пола морфометрическим методом, поскольку представляют собой кости, несущие на себе нагрузку основной массы тела. Если большая масса тела мужчин оказывает существенное влияние на размер предплюсны в целом, то предполагается, что несущие вес кости, участвующие в образовании лодыжек будут лучше различаться между мужчинами и женщинами, чем большинство остальных костей предплюсны, не участвующих в такой 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 [46-49].

Steele (1976) был первым, кто рассмотрел диагностический потенциал костей предплюсны в качестве индикатора пола. Он оценил степень полового диморфизма пяточной и таранной костей у 60 мужчин и 60 женщин из анатомической коллекции Роберта Дж. Терри [48]. Вы-

борка 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 размером пяточной кости в этих функциях была высота ее тела, и она вошла в лучшие диагностические признаки наряду с длиной и шириной таранной кости. Никакая подобная работа не проводилась на отдельных выборках американцев европейского или африканского происхождения, а исследования популяций современных американцев отсутствуют. Работа Steele предполагает, что таранная кость наиболее диморфна по половому признаку, чем пяточная, и длина таранной кости является наиболее значимой и наиболее объективной мерой диморфизма [48].

В последние годы несколько авторов продолжили исследования в этом направлении, оценивая половой диморфизм костей предплюсны как в современных популяциях, так и в доисторических популяциях в разных частях мира. Некоторые исследования были сосредоточены исключительно на показателях пяточной кости или исключительно на таранной кости [49-53]. Несколько исследований включали показатели обеих костей, дополнительные исследования включали одну или обе кости вместе с ладьевидной, кубовидной или второй клиновидной.

Silva в 1995 году провел исследование на большой выборке костей, а именно скелетах 80-ти португальских мужчин и 85-ти португальских женщин известного возраста [54]. Эти образцы были получены из опознанной коллекции скелетов Музея

антропологии, хранящейся в Университете Коимбры (Португалия). В этом исследовании было установлено двадцать дискриминантных функций с точностью определения пола от 82% до 93% с использованием 13 измерений таранной и пяточной костей [54].

В 1997 году Introna с 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% [55]. В другой работе были рассчитаны дискриминантные функции на основе семи измерений таранной и пяточной костей, использованных в работе Steele [48] на образцах скелетов доисторических коренных американцев. Хотя средняя диагностическая точность измерений таранной и пяточной костей в трех группах коренных американцев составляла всего 72%, коэффициент точности при измерениях только таранной кости составлял от 82% до 87%, а при измерениях только пяточной кости - от 83 до 86% [55].

Barrett 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 [49]. Они рассчитали дискриминантные функции с коэффициентом точности от 76% до 97%. Murphy в 2002 году исследовал образцы доисторических полинезийских скелетов (24 мужских и 27 женских для таранной кости, 26 мужских и 22 женских для пяточной кости), раскопанных в Новой Зеландии, и обнаружил, что коэффициенты точности дискриминантных функций составляли от 88% до 93% для таранной кости и от 85% до 93% - для пяточной кости [50-51]. В исследовании Bidmos и Asala использовались 9 измерений пяточной кости у 53 мужчин и 60 женщин евро-африканцев, 58 мужчин и 58 женщин - коренных африканцев. В этом исследовании коэффициенты точности дискриминантных функций составляли от 69% до 92% [46]. В другом исследовании Bidmos и Dayal использовали 9 измерений таранных костей у 60 мужских образцов и

60 женских (евро-африканцев), 60 мужских образцов и 60 женских (коренных африканцев). Эти образцы были получены из коллекции Рэймонда А. Дарта, хранящейся в Университете Витватерсранда (ЮАР) с известным полом и возрастом на момент смерти. Установленные ими дискриминантные функции показали точность от 73% до 89% [52-53]. Gualdi-Russo в 2007 году изучила 12 параметров таранной и пяточной костей из скелетов 62 мужчин и 56 женщин Северной Италии с известным полом и возрастом, которые были получены из коллекции скелетов Фрасчетто, хранящейся в Музее эволюции университета города Болонья. Коэффициенты точности дискриминантных функций находились в пределах 88%–96% [56]. Кроме того, имеется информация об останках скелетов из Фудзиноки Кофун, знаменитого японского кургана в префектуре Нара, датированного примерно шестым веком н.э. [57]. В этом исследовании были представлены дискриминантные функции с 6-ю измерениями таранной кости или 5-ю измерениями пяточной кости, которые были рассчитаны исследователем-археологом Акира Тагая на основе данных 29 мужских и 20 женских скелетов из японской коллекции, хранящейся в Киотском университете и их точность достигала 86%. Это единственное сообщение о дискриминантных функциях для оценки пола костей предплюсны жителей восточной Азии. К сожалению, подробной информации о расчете и официального отчета о формулах и цифрах этих функций автор не приводит [57].

Все вышеуказанные исследования подтверждают высокую степень полового диморфизма таранной и пяточной костей. Также, по представленным автором таблицам, можно сделать и вывод о том, что по меньшей мере три измерения таранной кости являются наилучшими маркерами для определения пола по одной кости [57]. Высота таранной кости является наиболее диморфным показателем из трех (в среднем 14% различия), за ним следуют длина и ширина таранной кости. Ширина таранной кости является наименее диморфным из трех размеров (в среднем 12,8% различия), единственным другим показателем различия с наиболее высоким про-

центом диморфизма является ширина кубовидной кости (12,9%). Эта тенденция к большому половому диморфизму у высоты таранной кости в целом подтверждается при логистическом анализе левой таранной кости, хотя на правой стороне длина, а не высота, явно дает хорошее определение пола, а также лучший результат для одного измерения на любой из двух сторон. Высокие показатели коэффициента точности длины таранной кости с правой стороны могут быть результатом высокой двусторонней асимметрии ее значения [57].

Точность определения пола при измерении таких показателей, как длина, ширина и высота таранной кости находится в пределах 0,7% различий с обеих сторон, а точность распределения показателей между двумя сторонами тела различается в среднем на 80% с обеих сторон. При анализе нескольких костей предплюсны выявлены дополнительные комбинации показателей с точностью распределения выше 88% [57]. С левой стороны ни одна из этих комбинаций не обеспечила лучшую точность распределения, чем 92,4% комбинаций полученных только на основе двух измерений таранной кости. Однако с правой стороны имеются четыре комбинации, которые показали точность распределения 90% или выше. Лучшая из этих комбинаций включала высоту таранной кости и длину 3-й клиновидной кости и позволяла правильно определить пол в 93,6% случаев [57]. Если эти размеры недоступны, точность от 88 до 92% можно получить, используя таранную, кубовидную или первую клиновидную с правой стороны или таранную кость с левой стороны. Кроме того, можно использовать любую цельную кость, с любой стороны, с точностью распределения не менее 82%. Даже в случаях, когда большая часть костей предплюсны повреждена, каждая кость, за исключением 2-й клиновидной на левой стороне, имеет по крайней мере одно измерение, которое позволяет определить правильный пол более чем в 80% случаев [57]. Эти обобщенные результаты нескольких исследований, продемонстрированные в работе Sakaue (2011), доказывают, что оценка пола с измерением таранной и

пяточной костей была очень эффективной среди многих популяций населения разных частей света.

Кроме того, сохранность таранной кости и пяточной кости обычно значительна даже у древних скелетных останков. Процент их сохранности достигает по отдельным данным 44%–51% [58]. Это означает, что их анализ может расширить возможности оценки пола по скелетным останкам. Несмотря на то, что Steele в своей работе [48] заявил, что дискриминантные функции могут быть применены к останкам любого неизвестного этнического происхождения, другие исследователи пришли к выводу, что между разными группами населения все-таки существуют некоторые остеометрические различия, и у жителей восточной Азии, например, кости предплюсны могут быть меньше, чем у людей европейского или африканского происхождения, что может повлиять на результаты дискриминантных функций [59].

Завершая обзор следует отметить, что информация об анатомических особенностях суставных фасеток таранной кости и ее строении, морфометрических параметрах в целом, важна не только для физических антропологов, судебно-медицинских экспертов, анатомов, но и для хирургов-ортопедов, поскольку переломы таранной кости довольно распространены. Различают переломы шейки, тела и заднего отростка таранной кости. К перелому в области ее шейки приводит чрезмерное форсированное разгибание стопы. Переломы этой локализации являются самыми частыми и составляют около половины всех переломов таранной кости. Травма тела чаще наступает при падении с высоты на прямые ноги, что нередко приводит к компрессионным или оскольчатым переломам.

В исследовании Bruckner (1987) было заявлено, что значительная вариабельность в стабильности и подвижности подтаранного сустава зависит от количества суставных фасеток таранной и пяточной костей, которые соприкасаются друг с другом. В случае трехгранного типа расположения фасеток таранная кость находится на архитектурно стабильной по-

верхности и контактирует с пяточной костью в трех различных точках. При этом подвижность суставов и площади суставных поверхностей ограничены. Двухгранная конфигурация является более подвижной. А если, две передние фасетки объединяются в одну, это обеспечивают еще большее скольжение суставных поверхностей. Таким образом, однофасеточная конфигурация является самой мобильной, так как все грани сливаются в одну [60]. Verhagen в своей работе [61] поддержал изложенную выше гипотезу и обнаружил, что артритическая хромота была значительно менее распространена в конфигурации с тремя отдельными суставными фасетками, чем в других случаях. Кроме того, люди с одной непрерывной фасеткой или только медиальной фасеткой имеют больший риск нестабильности подтаранного сустава, чем люди с трехгранной ее конфигурацией [61]. Конфигурация суставных фасеток крайне важна для безопасного обнажения поверхности подтаранного сустава и всех суставных хрящей в процедуре «тройного артродеза» для того, чтобы исправить деформации, являющихся следствием плоскостопия [61]. Harris et Beath (1948) в свое время утверждали, что причиной малоберцового типа спастического плоскостопия является сращение таранной и пяточной костей [62]. Donoghue et Sell (1951) в своем исследовании отметили, что таранно-ладьевидный синостоз на самом деле представляет собой врожденное отсутствие ладьевидной кости, сопровождающееся компенсаторной гипертрофией таранной кости [63]. Все перечисленные вариации нормальных и патологических конфигураций суставных фасеток таранной кости лишней раз подтверждают их значение в развитии костно-суставной патологии не только голеностопного сустава, но и стопы в целом.

Заключение. Таким образом, анализ научной литературы, посвященной анатомической изменчивости таранной кости человека позволяет сделать заключение, во-первых, о том, что классические стандартные описания об особенностях ее формы и строения, отражающие, прежде всего и в большей степени ее части и апо-

физы не позволяют судить и не дают соответствующих представлений об иных, несущих большую функциональную и диагностическую значимость структурных элементах. Такими элементами следует считать ее суставные поверхности. Во-вторых, разнообразие их числа, топографии, общей конфигурации, размеров их площадей, их сочетания и билатеральные различия у каждого человека представляют собой уникальные анатомические паттерны, характеризующие структурную индивидуальную основу его локомотор-

ной активности. В-третьих, их анализ позволяет не зависимо от периода времени, в котором жил человек, при условии достаточной анатомической сохранности, получать данные не только об индивидуальных особенностях его двигательной активности и передвижений, но и характере среды обитания, рельефа местности, особенностях поведения и двигательных ритуалах, предрасположенности к определенным видам травматических повреждений стопы и голеностопного сустава.

Литература: References:

1. Harcourt-Smith WEH, Aiello LC. Fossils, feet and the evolution of human bipedal locomotion. *J of Anat.* - 2004;204(5):403–416
2. Bruns J, Rosenbach B, Kahrs J. Etiopathogenetic aspects of medial osteochondrosis dissecans tali. *Sportverletz Sportschaden.* 1992;6:43–49. In Germany
3. Drake RL, Vogl AW and Mitchell AWM. Chapter 6: Lower Limb' in Gray's anatomy for Students. (2nd ed.). Philadelphia: Elsevier, 2009. - P. 602
4. Breathnach A.S. The skeleton of the foot, in Frazer's Anatomy of the human skeleton. 2nd Edition. London: Churchill Ltd, 1965. - P. 141–145
5. Jones FW. Structures and Function as seen in Foot. 2nd Edition. London: Baillire Tindall and Cox, 1949. - 329pp
6. Arora AK, Gupta SC, Gupta CD, Jeyasing P. Variations in calcaneal articular facets in Indian tali. *Anat Anz.* 1979;46:377–380
7. Bilodi A K-S, Agrawal B-K. Study of fifty human tali for calcaneal articular facets. *Medical Journal of Kathmandu University.* 2004;2(3):213–215
8. Bilodi A.K. Study of calcaneal articular facets in human tali. *Medical J Kathmandu Univ.* 2006;4(1):75–77
9. Kaur M, Kalsey G, Laxmi V. Morphological classification of tali on the basis of calcaneal articular facets. *PB Journal of Orthopedics.* 2011;12(1):57–60
10. Garg R, Babuta S, Mogra K et. al. Study on variation in pattern of calcaneal articular facet in human tali. *People's J of scientific Research.* 2013;6(2):19–23
11. Barbaix E, Van Roy P, Clarys JP. Variations of anatomical elements contributing to subtalar joint stability: intrinsic risk factors for post-traumatic lateral instability of the ankle? *Ergonomics.* 2000;43(10):1718–1725
12. Lee JY, Jung MH, Lee JS, et al. Types of calcaneal articular facets of the talus in Korean. *Korean Journal of Physiology Anthropology.* 2012;25(4):185–192
13. Chandra PX, Prabavathy G. Study of Anatomical Variations of Human Tali Based on Their Calcaneal Articular Facets. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2014;5(5):1484–1490
14. Namburu BSP, H Kaavya H, Reddy SM. A study of morphology of talus and its calcaneal facets. *Int J Anat Res.* 2017;5(4.2):4570–4574
15. Patil SS, Kotli AN. Variations of calcaneal facets on talus in north karnataka region. *Int J Anat Res.* 2020;8(2.1):7450–7453
16. Phunchago N, Uabundit N, Chaisiwamongkol K et al. Types and morphometric study of calcaneal articular facets on human tali of Thai population. *Int J Morphol.* 2018;36(3):975–978
17. Prasad SA, Rajasekhar SSSN. Morphometric analysis of talus and calcaneus. *Surgical and Radiologic Anatomy.* 2019;41(1):9–24
18. Angelova M, Marinova D. Anatomical variations in facies articularis calcanea on the talus in the Bulgarian population. *Варненски медицински форум.* 2024;13(1):7–10. In Bulgarian
19. 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. *Journal of Anatomy and Physiology.* 1889;23:616–639
20. 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. *Journal of Anatomy and Physiology.* 1890;24:210–217
21. Garg R, Shekhawat S, Mogra K, Kumar S. Modifications on Dorsum of Neck of Talus (Squatting Facets and Trochlear Extensions) in Indians. *Acta Medica International.* 2015;2(1):100–104
22. Aitken DM. A note on the variation of the tibia and astragalus. *Journal of Anatomy and Physiology.* 1905;39:489–491
23. Sewell RBS. A study of the astragalus, part III. The collum tali. *Journal of Anatomy and Physiology.* 1905;39:74–88
24. Wood WQ. The tibia of the Australian aborigine. *J of Anat.* 1920;54:232–257
25. Rao PDP. Squatting facets on the talus and tibia in Australian aborigines. *Archeology and Physical Anthropology in Oceania.* 1966;1:51–56
26. Satinoff MI. Study of the squatting facets of the talus and tibia in ancient Egyptians. *Journal of Human Evolution.* 1972;1:209–212
27. Barnett CH. Squatting facets on the european talus. *J of Anat.* 1954;88:509–513
28. Pandey SK, Singh S. Study of squatting facet extension of talus in both sexes. *Medical Science and the Law.* 1990;30.:159–164
29. Charles RH. Morphological peculiarities in the Panjabi, and their bearing on the question of the transmission of acquired characters. *Journal of Anatomy and Physiology.* 1894;28:271–280
30. Singh I. Squatting facets on the talus and tibia in Indians. *J of Anat.* 1959;93:540–550
31. Das AC. Squatting facets of the talus in U.P. Subjects *J Anat Soc India.* 1959;8:90–92
32. Trinkaus E. Squatting among Neandertals: a problem in the behavioral interpretation of skeletal morphology. *Journal of Archaeological Science.* 1975;2:327–351
33. Charles RH. The influence of function, as exemplified in the morphology of the lower extremity of the Panjabi. *J. Anat Lond.* 1893;28:1–18
34. Oygucu IH, Kurt MA, Ikiz I et al. Squatting facets on the neck of the talus and extensions of the trochlear surface of the talus in late Byzantine males. *J of Anat.* 1998;192:287–291

35. Baykara I, Yılmaz H, Gültekin T and Güleç E. Squatting Facet: A Case Study Dilkaya and Van-Kalesi Populations in Eastern Turkey. *Coll. Antropol.* 2010;34(4):1257–1262
36. Dixit SG, Kaur J, Kakar S. Racial variation on articular surface of talus (Astragalus) in North Indian population. *J Forensic Leg Med.* 2012;19:152–157
37. Javia M, Changani M, Chudasama J et al. Morphological study of squatting facets on the neck of the talus in Indian population. *J Res Med Dent Sci.* 2014;2:38–41
38. Garg R, Shekhawat S, Mogra K, Kumar S. Modifications on dorsum of neck of talus (squatting facets and trochlear extensions) in Indians. *Acta Med Int.* 2015;2:640–648
39. Naqshi BF, Shah AB, Gupta S. Morphometry of articular facets of talus and anatomical variations of the trochlear surface in North Indian population. *Int J Sci Res.* 2018;7:39–40
40. Biswas R, Kumar PA, Akriti A et al. Squatting Facets and Trochlear Extensions of Talus Bone in Indian Population. *Acta Medica International.* 2023;10(1):71–75
41. Scheuer L. Application of osteology to forensic medicine. *Clin Anat.* 2002;15(4):297–312
42. Ryakhovsky MA, Khayrullin RM, Ermolenko AS, Mitchenko IV. Vozrastnaya dinamika morfometricheskikh pokazateley kostey stopy cheloveka po dannym rentgenoosteometrii. *Rossiyskiy mediko-biologicheskiy vestnik imeni akademika I.P. Pavlova.* 2009;17(2):8–15. In Russian
43. Mel'nikov AA, Khayrullin RM, Safiullina AF, Khayrullin FR. Diskriminantnyy analiz pal'tsevoy i polovoy izmenchivosti osteometricheskikh pokazateley srednikh falang stopy cheloveka. *Fundamental'nye issledovaniya.* 2014;10(4):693–699. In Russian
44. Mel'nikov AA, Nikiforov RV, Khayrullin RM, Khayrullin FR. Osteometricheskie parametry srednikh falang stopy cheloveka i ikh polovye razlichiya. *Morfologicheskie vedomosti.* 2014;1:70–78. In Russian
45. Khayrullin RM, Mel'nikov AA, Khayrullin FR, Nikiforov RV. Osteometricheskie indeksy srednikh falang stopy cheloveka i ikh polovye razlichiya. *Morfologicheskie vedomosti.* 2014;3:66–73. In Russian
46. Bidmos MA, Asala SA. Sexual dimorphism of the calcaneus of South African blacks. *J Forensic Sci.* 2004;49:446–450
47. Lundeen S, Lundquist K, Cornwall MW, McPoil TG, Lundeen S. Plantar pressures during level walking compared with other ambulatory activities. *Foot Ankle Int.* 1984;15:324–328
48. Steele DG. The estimation of sex on the basis of the talus and calcaneus. *Am J Phys Anthropol.* 1976;45:581–588
49. Barrett C, Cavallari W, Sciulli PW. Estimation of sex from the talus in prehistoric Native Americans. *Coll Antropol.* 2001;1:13–19
50. Murphy AMC. The talus: sex assessment of prehistoric New Zealand Polynesian skeletal remains. *Forensic Sci Int.* 2002;128:155–158
51. Murphy AMC. The calcaneus: sex assessment of prehistoric New Zealand Polynesian skeletal remains. *Forensic Sci Int.* - 2002;129:205–208
52. Bidmos MA, Dayal MR. Sex determination from the talus of South African whites by discriminant function analysis. *Am J Forensic Med Pathol.* 2003;24:322–328
53. Bidmos MA, Dayal MR. Further evidence to show population specificity of discriminant function equations for sex determination using the talus of South African blacks. *J Forensic Sci.* 2004;49:1165–1170
54. Silva AM. Sex assessment using the calcaneus and the talus. *Anthropologia Portuguesa.* 1995;13:107–119
55. Introna F, DiVella G, Campobasso C and Dragone M. Sex determination by discriminant analysis of Calcanei measurements. *J Forensic Sci.* 1997;42:725–728
56. Gualdi-Russo E. Sex determination from the talus and calcaneus measurements. *Forensic Sci Int.* 2007;171:151–156
57. Sakaue K. Sex Assessment from the Talus and Calcaneus of Japanese. *Bull Natl Mus Nat Sci, Ser. D.* 2011;37:35–48
58. Waldron T. The relative survival of the human skeleton: implications for palaeopathology. In book: «Death Decay and Reconstruction: Approaches to Archaeology and Forensic Science». Boddington A., Garland A. N., and Janaway R.C. (eds.). - Manchester: Manchester University Press, 1987. - P. 55–64
59. Harris SM, Case DT. Sexual Dimorphism in the Tarsal Bones: Implications for Sex Determination. *J Forensic Sci.* 2012;57:295–305
60. Bruckner J. Variations in the human subtalar joint. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy.* 1987;8:489–494
61. Verhagen FD. Arthritis of the subtalar joint associated with sustentaculum tali facet configuration. *J of Anat.* 1993;183:631–634
62. Harris RI, Beath T. Etiology of peroneal spastic flatfoot. *J Bone Joint Surg.* 1948;30(B):624–633
63. Webster FS, Roberst WM. Tarsal Anomalies and peroneal spastic flatfoot. *J Am Med Assoc.* 1951;146(12):1099–1104

Автор заявляет об отсутствии каких-либо конфликтов интересов при планировании, выполнении, финансировании и использовании результатов настоящего исследования

The author declares that she have no conflicts of interest in the planning, implementation, financing and use of the results of this study

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Улитко Татьяна Владимировна, ассистент кафедры клинической анатомии и оперативной хирургии имени профессора М.Г. Привеса Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова; аспирант кафедры морфологии и патологии Медицинского университета РЕАВИЗ, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: ulitko-ta@yandex.ru

INFORMATION ABOUT AUTHOR

Tat'yana V. Ulitko, Assistant of the Professor Mikhail Preves Clinical Anatomy and Operative Surgery Department of the Academician Ivan Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University; Aspirantin of the Morphology and Pathology Department of the REAVIZ Private Medical University, Saint-Petersburg, Russia; e-mail: ulitko-ta@yandex.ru