

ОСТЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СРЕДНИХ ФАЛАНГ СТОПЫ ЧЕЛОВЕКА И ИХ ПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ

Мельников А.А., Никифоров Р.В., Хайруллин Р.М., Хайруллин Ф.Р.

OSTEOMETRIC PARAMETERS OF THE MIDDLE PHALANGES OF THE HUMAN FOOT AND THEIR SEXUAL DIFFERENCES

MELNIKOV A.A., NIKIFOROV R.V., KHAYRULLIN R.M., KHAYRULLIN F.R.

Кафедра анатомии человека (зав. кафедрой – профессор Р.М. Хайруллин) ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет».

Скелетная диагностика пола является актуальной задачей современной антропологии и судебно-медицинской остеологии. Определение ряда остеометрических параметров стопы может дать ценный материал для решения этой задачи. Целью настоящего исследования было установление изменчивости количественных показателей средних фаланг стопы у взрослых. Материалом для исследования послужил 51 случай наблюдения (19 женщин и 32 мужчин). Прямые остеометрические измерения произведены на паспортизированной коллекции костей стопы с помощью электронного штангенциркуля с точность до 0,01 мм. Установлена статистическая вариабельность 17 остеометрических параметров. Авторами подтверждена собственная гипотеза о том, что половые различия сосредоточены на фалангах второго и четвёртого лучей стопы, играющих ключевую роль в детерминации морфогенеза и архитектуры аутоподия. Обнаруженные авторами статистически значимые существенные половые различия средних фаланг стопы присущи параметрам, характеризующим исключительно размеры их эпифизов (ширина и высота головки и основания, ширина и высота суставных фасеток головки и основания, дистальная, срединная и проксимальная ширина диафиза кости). Обсуждается возможность использования обнаруженного явления для скелетной диагностики пола.

Ключевые слова: кости стопы, средняя фаланга, остеометрия.

Diagnosis of sex is an important task of modern anthropology and forensic osteology. Identification of a number of osteometric parameters of human foot can give valuable information to solve this task. The purpose of this study was to detection the variability of quantitative indicators of middle phalanges of the toes of adult's subjects. The material for analysis was 51 cases of observation (19 women and 32 men). Osteometric direct measurements were made

on the bones of the foot certified collection using electronic calipers with accuracy up to 0,01 mm. A statistical variability of 17 osteometric parameters was obtained. The authors confirmed the own hypothesis that sex differences are focused on the phalanges of the second and fourth rays of the foot, which play a key role in determining the morphogenesis and architecture of the autopodium. The authors found that statistically significant sexual differences inherent to middle phalanges of the foot are parameters characterizing the size of their epiphyses exclusively (width and height of the head and the base of the phalanx, width and height of the articular facets of the head and the base of the phalanx, distal, middle and proximal diaphyseal bone width). The possibility of using of the observed phenomenon for skeletal diagnostics of sex is discussed.

Key words: foot bones, middle phalanx, osteometry.

Введение. Как следует из последних рекомендаций по современным критериям диагностики пола, несмотря на то, что человек, как биологический вид, имеет только два пола, судебно-медицинская диагностика пола по скелету, исходя только из его морфологических особенностей, представляет собой очень сложную задачу [13]. Это, по мнению авторов, обусловлено, во-первых, тем, что половые различия в скелете являются третичными и, во-вторых, тем, что существует большой перекрёст статистического распределения многих остеометрических показателей между мужчинами и женщинами, так что в середине общего диапазона их изменчивости не могут быть чётко выделены критерии половых различий. Тем не менее, при оценке относительной важности и значимости морфологических различий мужского и женского скелета, можно сделать вполне обоснованное заключение о том, что остеометрические параметры таза гораздо важнее, чем краниометрические [7], а генетически детерминированные морфологические особенности скелета намного значимее, чем функционально обусловленные [14]. В этой связи представляет существенный научно-практический

интерес поиск новых критериев диагностики пола, основанных на остеографических и остеометрических признаках полового диморфизма человека [13]. Примечательно то, что морфогенез скелетных признаков полового диморфизма происходит в онтогенезе очень рано, и они формируются едва ли не параллельно с развитием вторичных половых признаков ещё внутриутробно, то есть в период, когда функциональная специфичность анатомической формы и строения костей слабо различима [3, 7].

Это не удивительно, поскольку морфогенез отдельных элементов скелета, и, в частности, скелета конечностей строго детерминирован жёсткими и эволюционно консервативными генетическими механизмами, в том числе и гомеостатическими генами, однотипно определяющими последовательность развития и сегментацию конечностей в филогенетическом ряду от членистоногих до человека [6, 15]. На основе морфометрических исследований анатомических и функциональных сгибательных сегментов пальцев кисти, а также кожных узоров, как маркеров их функциональной активности, было доказано, что главными центрами организации количественных закономерностей как билатеральной (в пределах одного организма) так и радиальной (в пределах одной кисти) изменчивости являются её второй и четвёртый лучи [5]. Впоследствии некоторыми исследованиями было показано, что уровень стероидных половых гормонов, большей частью тестостерона, в пренатальном периоде онтогенеза позвоночных животных модулирует генетически детерминированный рост второго и четвёртого лучей аутоподия кисти, определяя тем самым их постнатальную соотносительную длину и анатомическую форму кисти в целом [12, 15]. Исходя из общих генетических и гормональных механизмов, детерминирующих развитие дистальных элементов скелета конечностей можно предполагать, что если и существуют признаки полового диморфизма костных элементов аутоподия, то они должны быть сосредоточены на двух морфогенетически значимых лучах – втором и четвёртом, рост и развитие которых определяет его дефинитивную архитектуру. Средние фаланги стопы представляют собой наиболее удобный для исследований в этом отношении функционально нейтральный элемент скелета аутоподия. Во-первых, в отличие от кисти, аутоподий отдельных лучей стопы функционально менее дифференцирован и менее активен, то есть воздействие функциональных факторов даже у взрослого человека, существенно не сказывается на его костных элементах. Во-вторых, в составе одного костного луча аутоподия действие возрастных и функциональных факторов более всего проявляется на его дистальных и проксимальных

фалангах, как показано рядом исследований [2, 4, 11].

Цель исследования - установить изменчивость количественных показателей средних фаланг пальцев стопы человека и их половых различий.

Материал и методы исследования. Настоящее исследование выполнено на паспортизированной коллекции костей стоп, хранящейся на кафедре анатомии человека медицинского факультета Ульяновского госуниверситета с соблюдением требований действующего законодательства РФ, этических норм и принципов Декларации Хельсинки (1964) со всеми последующими дополнениями и изменениями, регламентирующими научные исследования на биоматериалах, полученных от людей. Из 120 случаев коллекции (возраста 20-70 лет) были отобраны кости стоп 51-го случая наблюдения, имевших, по меньшей мере, все необходимые костные элементы хотя бы на одной стопе (средние фаланги всех пальцев). Из них 19 стоп были женскими, 32 – мужскими. Прямая остеометрия была произведена с помощью электронного штангенциркуля типа ШЦЦ-1-150-0,01. Для остеометрического анализа были использованы параметры, предложенные В.П. Алексеевым [1] в собственной модификации. На рис. 1 изображены использованные в работе остеометрические параметры в виде проекций на микрофотографии средней фаланги II пальца стопы. Все произведённые остеометрические измерения можно сгруппировать следующим образом: первую группы параметров составили показатели, характеризующие фалангу в целом, вторую группы параметров – показатели, характеризующие её основание, третью группу – головку фаланги, четвёртую группу – физические параметры фаланговых костей.

В первую группу были включены 6 остеометрических параметров, характеризующие общую длину и диафиз кости. Это костная длина средней фаланги (далее - КД) – как расстояние между серединой верхнего края суставной поверхности с основными фалангами и срединной точкой головки; суставная длина средней фаланги (далее СД) – как расстояние между срединной точкой суставной площадки основания, плоскость которой на рис. 1-А изображена пунктирной линией и срединной точкой суставной площадки основания (на рис. 1-А отмечена крестом); ширина тела (диафиза) средней фаланги (далее ШД) – как наименьшая ширина тела (диафиза), измеряемая точно на середине кости, отмеченной на рис. 1-Б крестом, в горизонтальной плоскости, перпендикулярно проксимально-дистальной оси; высота тела (диафиза) средней фаланги (далее ВД) – как расстояние между верхней и нижней

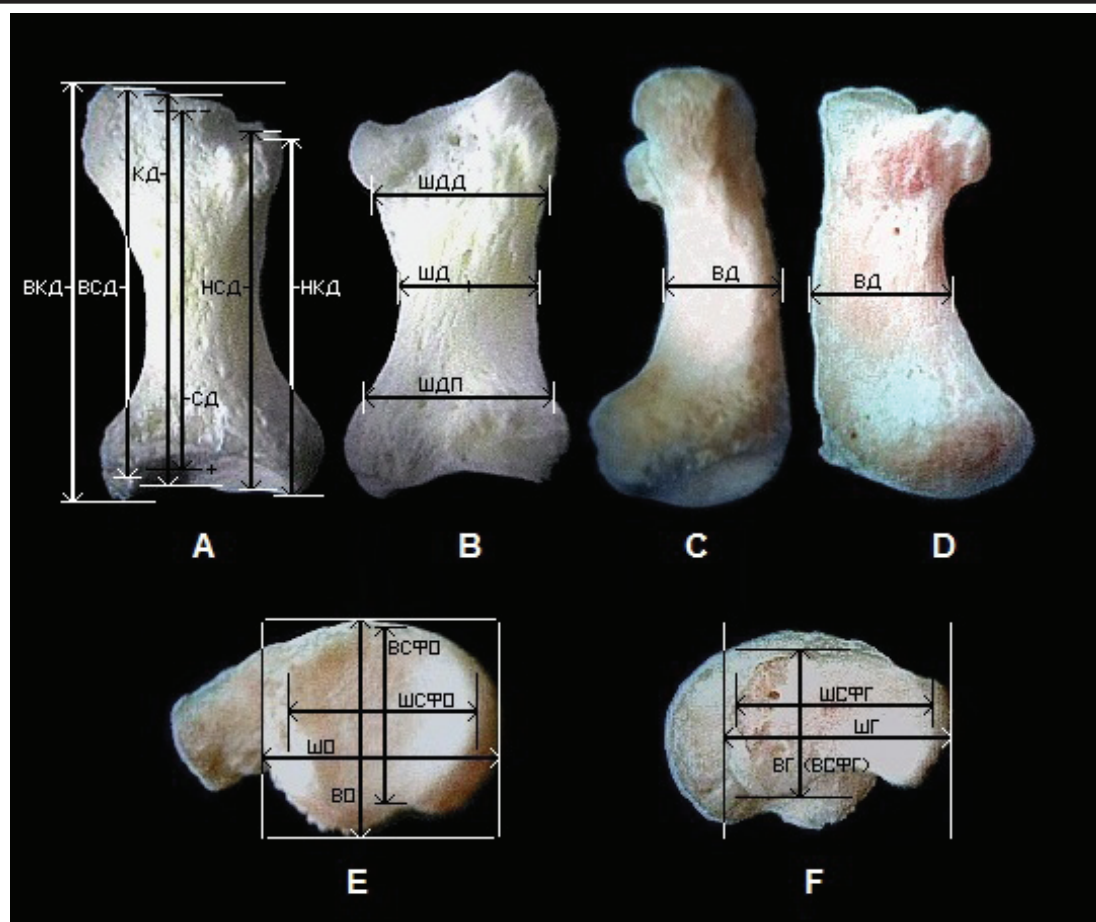


Рис. 1. Проекция измерительных параметров на фото средней фаланги II пальца правой стопы. А – вид сверху (крестом обозначена середина кости), В – вид снизу; С – вид сбоку, с внутренней (тибиальной) стороны; D – вид сбоку с наружной (фибулярной) стороны; Е – вид сзади; F – вид спереди.

поверхностями тела фаланги, измеряется точно посередине кости в вертикальной плоскости, перпендикулярно проксимально-дистальной оси; ширина тела (диафиза) средней фаланги проксимальная (далее ШДП) – как ширина тела (диафиза), измеряемая на границе между телом и основанием в горизонтальной плоскости, перпендикулярно проксимально-дистальной оси и ширина тела (диафиза) средней фаланги дистальная (далее ШДД) – как ширина тела (диафиза), измеряемая на границе между телом и головкой в горизонтальной плоскости, перпендикулярно проксимально-дистальной оси.

Во вторую группу измерений, характеризующих проксимальный эпифиз средней фаланги включены 4 остеометрических параметра (рис. 1-Е). Это ширина основания средней фаланги (далее ШО) – как проекционное расстояние между наиболее удалёнными в плоскости, параллельной плоскости основания, внутренней (тибиальной) и наружной (фибулярной) точками основания;

высота основания средней фаланги (далее ВО) – как проекционное расстояние между наиболее удалёнными в плоскости, параллельной плоскости основания, верхней и нижней точками основания; ширина суставной фасетки основания средней фаланги (ШСФО) – как проекционное расстояние между наиболее удалёнными в плоскости, параллельной плоскости основания, внутренней (тибиальной) и наружной (фибулярной) точками суставной площадки основания и высота суставной фасетки основания средней фаланги (ВСФО) – как проекционное расстояние между наиболее удалёнными в плоскости, параллельной плоскости основания, верхней и нижней точками суставной площадки основания.

В третью группу измерений, характеризующих дистальный эпифиз средней фаланги включены 4 остеометрических параметра (рис. 1-Ф). Это ширина головки средней фаланги (далее ШГ) – как проекционное расстояние между наиболее удалёнными в плоскости, параллельной плоско-

сти головки, внутренней (тибиальной) и наружной (фибулярной) точками головки; высота головки средней фаланги (далее ВГ) – как проекционное расстояние между наиболее удалёнными в плоскости, параллельной плоскости головки, верхней и нижней точками головки; ширина суставной фасетки головки средней фаланги (ШСФГ) – как проекционное расстояние между наиболее удалёнными в плоскости, параллельной плоскости головки, внутренней (тибиальной) и наружной (фибулярной) точками суставной площадки головки и высота суставной фасетки головки средней фаланги (ВСФГ) – как проекционное расстояние между наиболее удалёнными в плоскости, параллельной плоскости головки, верхней и нижней точками суставной площадки головки.

В четвёртую группу параметров вошли показатели веса фаланговых костей в граммах (ВК), объёма в ml (ОК) и их физической плотности (ПК) в g/ml. Вес фаланг измеряли на электронных весах типа «BS-100 Touchscreen Pocket Scale» фирмы «American Weigh Scales, Inc.» (США) с точностью 0,01 g, объём фаланг измеряли физическим методом погружения и вытеснения дистиллированной воды при температуре 20°C с расчётной плотностью 0,998 g/l в стеклянной градуированной цилиндрической пробирке по нижнему уровню мениска с точностью до 0,05 ml, плотность костной ткани определяли путём деления веса кости в граммах (g) на вытесняемый объём в миллилитрах (ml).

Статистическую обработку данных проводили с использованием лицензионной программы «Statistica 8.0» StatSoft Inc. (США) по правилам параметрической и непараметрической статистики, рекомендованным международным комитетом редакторов биомедицинских журналов (ICMJE). Нами использовались критерии на нормальность, Стьюдента (tst) и Фишера (F) для зависимых и независимых выборок, коэффициент вариации (CV). Для выявления различий между группами использован дисперсионный однофакторный анализ с проверкой статистической значимости влияния (one-way ANOVA), в качестве критерия различий между группами при этом использовали критерий Бонферрони. Различия или соответствующая статистическая гипотеза считались значимой при уровне $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные в ходе настоящего исследования результаты после их статистической обработки сведены в две таблицы. В первой таблице (см. табл. 1) представлены значения средней арифметической и её ошибки всех исследованных остеометрических параметров, разделённые по полу. Анализ полученных данных показал, что наибольшая вариабельность значений присуща параме-

трам, характеризующим длину средней фаланги и высоту её диафиза, а также показателям веса, объёма и физической плотности. Из остеометрических параметров, характеризующих размеры средних фаланг, наибольшее значение коэффициента вариации CV как для мужских, так и женских было установлено для параметра суставной длины третьего пальца (31,9% и 27,7%, соответственно). Наименьшее значение коэффициента вариации (11,9%) для мужских фаланг наблюдалось у значений ШО, для женских фаланг у значений ВГ (4,1%). При анализе вариабельности остеометрических показателей достаточно чётко определились группы мало вариабельных и вариабельных параметров. К мало вариабельным параметрам следует отнести группу, характеризующую размеры эпифизов, за исключением высоты головки кости, это ШО, ВО и ШГ, CV которых находится в пределах 6,03-12,7% для мужских и 4,1-12,8% для женских фаланг. Аналогичный относительно низкий уровень вариабельности присущ также группе параметров, характеризующих ширину диафиза кости и размеры её суставных фасеток (ШД, ШДД, ШДП, ВСФО, ШСФО, ВСФГ, ШСФГ), CV которых находится в пределах 6,09-18,6% для мужских и 4,11-17,7% для женских фаланг. К наиболее вариабельным остеометрическим параметрам относятся параметры диафиза средних фаланг – КД, СД и ВД, CV которых находится в пределах 11,9-31,9% для мужских и 7,5-27,7% для женских фаланг. Максимальной вариабельностью характеризовались физические характеристики костной ткани средних фаланг отдельных лучей, CV был равен 29-67% для показателя веса, 18-94% для показателя физической плотности, 25-40% для показателя объёма. В целом наиболее вариабельными оказались физические показатели мужских фаланг пятого пальца. На наш взгляд это явление можно связать с тем, что, несмотря на относительно стабильные условия хранения костей, мелкие кости быстрее подвергаются деструкции и деформациям, в том числе и недостаточно выявляемым визуально.

При анализе изменчивости остеометрических параметров фаланг в зависимости от их порядкового номера общей закономерностью было снижение их средних значений от второго луча стопы к пятому (табл. 1). По числу статистически значимо различающихся показателей в зависимости от порядкового номера фаланги мужская и женская выборки были однотипными. Наибольшие различия, как в мужских фалангах, так и в женских фалангах были присущи второй средней фаланге, остеометрические параметры которой статистически значимо превышали аналогичные параметры фаланг III, IV и V лучей аутоподия стопы (табл. 1). Наименее отличались друг от друга по исследо-

Таблица 1.

Остеометрические показатели мужских (М) и женских (Ж) средних фаланг стопы человека (М±m)

Наименование параметра	ед. изм.	Порядковый номер фаланги							
		II		III		IV		V	
		М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж
КД	mm	14,89± 0,46	13,97± 0,52	11,41± 0,49	10,83± 0,54	9,51± 0,37	8,53± 0,36	8,24± 0,20	7,87± 0,21
СД	mm	12,45± 0,47	11,68± 0,54	9,39± 0,53	9,04± 0,57	7,81± 0,35	7,03± 0,36	7,12± 0,15	6,93± 0,14
ВД	mm	5,48± 0,19	4,95± 0,15	4,62± 0,11	4,43± 0,12	4,90± 0,15*	4,38± 0,21*	5,03± 0,15	4,91± 0,08
ШД	mm	8,13± 0,09*	7,47± 0,14*	7,27± 0,10	7,01± 0,14	7,15± 0,13*	6,60± 0,16*	6,59± 0,09	6,40± 0,08
ШДП	mm	8,22± 0,09*	7,49± 0,16*	7,49± 0,09	7,15± 0,16	7,57± 0,23	6,87± 0,24	6,63± 0,08	6,43± 0,08
ШДД	mm	8,03± 0,13*	7,45± 0,15*	7,05± 0,13	6,86± 0,16	6,73± 0,09*	6,33± 0,12*	6,56± 0,12	6,38± 0,08
ШО	mm	10,68± 0,16	10,31± 0,18	9,96± 0,15	9,58± 0,22	9,39± 0,17*	8,79± 0,23*	9,25± 0,10	9,03± 0,12
ВО	mm	8,91± 0,11*	8,29± 0,14*	8,16± 0,12	7,84± 0,15	7,53± 0,10*	7,09± 0,13*	7,39± 0,09	7,16± 0,09
ВСФО	mm	5,94± 0,19*	5,26± 0,11*	5,21± 0,08	5,12± 0,12	5,00± 0,09	4,78± 0,12	4,76± 0,06	4,67± 0,04
ШСФО	mm	9,57± 0,14	9,24± 0,17	8,73± 0,10	8,39± 0,19	7,93± 0,13	7,66± 0,22	7,91± 0,06	7,72± 0,09
ШГ	mm	9,38± 0,16*	8,79± 0,26*	8,51± 0,12	8,21± 0,24	8,42± 0,10*	7,91± 0,19*	8,38± 0,09	8,14± 0,11
ВГ	mm	5,97± 0,20*	5,14± 0,37*	5,48± 0,19	5,12± 0,18	5,22± 0,09	4,97± 0,13	5,54± 0,12	5,43± 0,05
ВСФГ	mm	4,97± 0,09*	4,59± 0,11*	4,69± 0,09	4,66± 0,19	4,64± 0,10	4,50± 0,17	4,50± 0,08	4,35± 0,12
ШСФГ	mm	7,90± 0,16*	7,18± 0,24*	7,44± 0,12	7,11± 0,22	6,90± 0,11	6,49± 0,26	6,05± 0,13	6,05± 0,14
ВК	mg	359± 21,6	299± 25,2	246± 14,9	212± 15,4	173± 12,5	139± 9,81	226± 26,9	175± 11,6
ОК	μl	416± 25,8	367± 29,9	316± 18,1	264± 20,2	204± 14,6*	153± 13,5*	211± 9,44	193± 11,0
ПК	mg/ml	918± 55,1	866± 67,3	782± 24,4	838± 63,2	878± 37,5	971± 71,9	1174± 195	927± 57,5

Примечание: * - половые статистически значимые различия по критерию Фишера, уровень значимости различий см. в табл. 2

ванным показателям IV и V средние фаланги. Интересно отметить также, что ряд средних значений остеометрических параметров V средней фаланги был несколько выше соответствующих значений IV фаланги. Это относится к показателям ВД и ВГ мужских фаланг, а также ВД, ШО, ВГ, ШГ и других для женских фаланг. Полученные результаты характеризуют универсальную для костей аутоподия дистальных отделов конечностей позвоночных за-

кономерность унилатеральной изменчивости, что отмечается в большинстве исследований кисти и стопы [2, 4, 5, 11].

Таким образом, общей закономерностью изменчивости остеометрических параметров средних фаланг стопы человека является убывание их значений с увеличением порядкового номера, т.е. от тибиального края стопы к фибулярному, общую формулу изменчивости их размеров можно отра-

Таблица 2.

Статистическая значимость половых различий остеометрических показателей средних фаланг стопы человека по данным параметрического анализа

Наименование параметра	Порядковый номер фаланги различий	Значения критерия Фишера (F)	Уровень значимости различий (p)
ШО	IV	4,45	<0,040
ШГ	II (IV)	4,12 (6,78)	<0,048 (<0,012)
ВГ	II	4,48	<0,039
ВО	II (IV)	12,3 (7,20)	<0,001 (<0,01)
ВД	IV	4,52	<0,038
ШД	II (IV)	16,0 (6,85)	<0,0002 (<0,012)
ШДП	II	18,9	<0,00007
ШДД	II (IV)	8,11 (6,52)	<0,006 (<0,014)
ВСФО	II	6,36	<0,015
ВСФГ	II	6,58	<0,013
ШСФГ	II	6,60	<0,013
ОК	IV	5,49	<0,023

зить следующим образом: II>III>IV=V. Наименьшие различия характеризуют средние фаланги лучей фибулярного края стопы - IV и V. Наибольшая вариабельность из остеометрических параметров, характеризующих средние фаланги пальцев стопы присуща размерам их диафиза (костной и суставной длины фаланги и высоты её диафиза), а также физическим показателям веса, объёма и плотности костной ткани.

В табл. 1 отмечены статистически значимые половые различия по исследованным параметрам. Во второй таблице представлены уровни значимости, выявленные между отмеченными этим знаком половыми различиями по статистическому критерию Фишера (табл. 2). Из данных табл. 1 и табл. 2 видно, что все половые статистически значимые различия, были сосредоточены на второй и четвёртой фалангах стопы. Полученные в отношении лучей результаты были ожидаемыми и подтвердили концепцию о том, что эти два луча дистальных отделов пятипалых конечностей ряда позвоночных являются генетически детерминированными центрами организации их морфофункциональной изменчивости, гормонально обусловливаемой на определённых этапах онтогенеза и определяющей архитектуру мужского или женского анатомического типа аутоподия в целом [5, 6, 15]. Ни для одного из исследованных параметров не были обнаружены соответствующие половые различия на остальных двух лучах (т.е. третьем и пятом, табл. 1). В то же время, вопреки ожидаемым результатам, различия касались остеометрических параметров, характеризующих не линейную длину фаланг (т.е. их диафиз и детерминированный гормонально-генетиче-

скими механизмами рост в онтогенезе в проксимо-дистальной оси в целом), а исключительно параметров, характеризующих анатомическую форму их эпифизов (табл. 2). Это были показатели ширины и высоты основания и головки фаланг, размеров их суставных фасеток, широтных размеров диафиза фаланг и его высоты. Очевидно с этим явлением, то есть преимущественным различиями в показателях, характеризующими широтные размеры кости, но не её общую длину, взаимосвязано статистически значимое половое различие объёма четвёртой фаланги, большее у мужчин ($204 \pm 14,6$ ml), чем у женщин ($153 \pm 13,5$ ml). Из анализа полученных статистически значимых половых различий остеометрических показателей следует также, что большая их часть сосредоточена на тибиальном крае, т.е. на втором луче и меньшая на фибулярном крае стопы, т.е. на четвёртом луче. Статистическая значимость этих различий убывает в следующем порядке: ШДП>ШД>ВО>ШДД>ШГ>ВСФГ=ФСФГ>ВСФО>ВД>ВГ>ШО>ШГ (табл. 2). Наибольшие статистически значимые половые различия получены для параметра проксимальной ширины диафиза кости, у мужчин ($8,22 \pm 0,09$) она высоко достоверно ($p < 0,00007$) на 0,73 мм больше, чем у женщин ($7,49 \pm 0,16$). Обнаруженные данные могут быть объяснены исходя из специфики локализации средних фаланг в проксимально-дистальной оси костных лучей, механизмами роста и морфогенеза которых определяются половые различия в форме аутоподия конечностей позвоночных и человека. Для верхней конечности кисти они выражаются в преобладании длины II луча над IV у особей женского пола и четвёртого луча над вторым - у мужского [5, 6, 15].

Средние фаланги, находясь между дистальными и проксимальными фалангами, очевидно, испытывают специфические морфогенетические влияния в силу промежуточного положения. Известно, что у человека длина и рост дистальных сегментов указанных лучей предопределяют преимущественно мужской тип кисти ($II < IV$), а проксимальных – женский ($II > IV$) [11]. Не однотипность морфогенеза соседних фаланг, расположенных в одной оси, приводит к половым различиям в размерах эпифизов средних фаланг, граничащих с ними, и менее всего отражается на их росте в длину и размерах диафиза. В любом случае эти факты на анатомическом уровне доказывают единство и однотипность генетических и гормональных механизмов детерминирующих дефинитивную форму аутоподия конечностей позвоночных и человека.

В настоящем исследовании мы охарактеризовали не только размерные или собственно остеометрические параметры, но и некоторые их физические характеристики. В мировой литературе имеется всего две работы пакистанских авторов, посвящённых изучению веса костей стопы, и они выполнены исключительно для крупных костей стопы, таких как пяточная и таранная кости [8, 9]. В этом смысле наши результаты по физическим характеристикам можно расценивать приоритетные, как в плане объекта исследования (вес фаланг стопы), так и в плане показателей (объём, плотность костей стопы). Указанная выше высокая вариабельность значений физических характеристик фаланг отдельных лучей не позволила выявить их половые различия, за исключением показателя объёма, который, как указывалось выше на четвёртой. Однако при объединении значений переменных в группы по полу и дальнейшем дисперсионном анализе выявились статистически высоко значимые различия. Для показателя веса фаланг они составили $206,2 \pm 10,6$ g ($M \pm m$, $n=76$) у женщин против $251,1 \pm 11,5$ g ($n=128$) у мужчин ($F=6,98$; $p<0,0089$) и объёма фаланг $244,3 \pm 13,6$ ml у женщин против $286,8 \pm 11,8$ ml у мужчин ($F=5,26$; $p<0,023$). В то же время физическая плотность костной ткани фаланг не зависела от пола ($F=0,26$; $p<0,61$) и составила в среднем $0,924 \pm 0,035$ g/ml. Последний показатель был практически идентичен значению средней плотности костной ткани средних фаланг кисти, полученной Ю.А. Неклюдовым ($0,921 \pm 0,018$ г/см³) [2; с. 45]. Это подтверждает заключение автора о том, что первоначальное состояние костей скелета, способ освобождения их от мягких тканей, включая процедуру обезжиривания, и условия хранения не оказывают влияния на показатель их физической плотности. В отличие от показателей веса и объёма, плотность фаланг стопы, также как и фаланг кисти, по-видимому, не может служить значимым

критерием половых различий, несмотря на то, что плотность женских фаланг ($0,901 \pm 0,032$ g/ml) была существенно ниже мужских ($0,938 \pm 0,053$ g/ml). Половые различия в плотности фаланг, как было показано Ю.А. Неклюдовым, выражаются только в разной зависимости её от возраста – у мужчин корреляция этого параметра с возрастом меньше, чем у женщин [2]. Таким образом, согласно полученным результатам, значения веса и объёма могут служить в качестве экспертных критериев для предварительной скелетной диагностики пола по фалангам стопы.

Заключение. Благодаря использованию результатов исследований скелетной биологии достоверность сведений в определении пола, расы, возраста и роста в области судебно-медицинской и физической антропологии существенно возросла. Для получения достоверной информации такие экспертные базы данных должны быть основаны, во-первых, на остеометрических измерениях паспортизированных костных коллекций, во-вторых, на известных и доказанных общебиологических закономерностях морфогенеза скелета. Они необходимы, в первую очередь, в качестве критериев объективных биометрических оценок археологических оссуариев, костных останков и материалов, обнаруженных в техногенных катастрофах и чрезвычайных ситуациях. Из костей стопы для судебно-медицинской диагностики в настоящее время используются лишь таранная и пяточная кости [10]. Проведённое нами исследование продемонстрировало принципиальную возможность использования мелких костей стопы, в частности, средних фаланг и половой изменчивости их остеометрических параметров и физических показателей для определения пола. Оно также дополняет теоретические представления о половых различиях морфологических и морфометрических параметров стопы человека, биологических факторах, обуславливающих качественную и количественную анатомическую изменчивость костных структур дистальных отделов конечностей позвоночных в целом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алексеев В.П. Остеометрия. Методика антропологических исследований. - М.: Наука, 1966. - 252с.
2. Неклюдов Ю.А. Экспертная оценка возрастных изменений скелета верхних конечностей. Под ред. докт. мед. наук С.А. Степанова. - Саратов, 1992. - 124с.
3. Пашкова В.И. Очерки судебно-медицинской остеологии. Определение пола, возраста и роста по костям скелета человека. - М.: Гос. изд-во мед. лит., 1963. - 156с.
4. Ряховский М.А., Хайруллин Р.М., Ермоленко А.С., Митченко И.В. Возрастная динамика морфо-

метрических показателей костей стопы человека по данным рентгеноостеометрии// *Росс. мед.-биол. вестн. им. акад. И.П. Павлова.* - 2009. - № 2. - С. 8–15.

5. Хайруллин Р.М. Анатомо-морфометрические закономерности изменчивости формы пальцев кисти человека и её взаимосвязи с дерматоглифическим узором. - Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. докт. мед. наук. - М., 2003. - 42с.

6. Хайруллин Р.М., Фомина А.В., Айнуллова Н.К. Вариабельность 2D:4D пальцевого индекса у диких и лабораторных животных// *Фундаментальные исследования.* - 2013. - № 6. - Часть 3. - С. 611–615.

7. Adalian P., Boutin-Forzano S., Piercecchi-Marti M.-D et al. Estimation du sexe foetal à partir de l'ilium// *Bull. et Mém. de la Société d'Anthropologie de Paris n.s.* - 2001. - Vol. 13, Nom. 1-2. - P. 61-73.

8. Ahmed R., Rizvi S. & Rehman A. Weight of calcaneum in adult Pakistani Population// *The Professional.* - 1997. - Vol. 4. - Issue 4. - P. 353-355.

9. Ahmad R., Ahmad I., Kaukab N. Weight of calcaneum and talus for determination of sex// *Professional Med. J.* - 2006. - Vol. 13. - Issue 1. - P. 17-22.

10. Gualdi-Russo E. Sex determination from the talus and calcaneus measurements// *Forensic Sci. Int.* - 2007. - Vol. 171. - Issue 2-3. - P. 151-156.

11. Khayrullin R. Segmental 2:4 digit ratio. Unilateral, bilateral and hand-type differences in men// *HOMO — Journal of Comparative Human Biology.* - 2011. - Vol. 62. - Issue 6. - P. 478–486.

12. Khayrullin R.M., Fomina A.V., Sulaymanova R.T., Aynullova N.K. Effect of prenatal androgenization at the finger length and 2D:4D digit ratio of laboratory mice// *Revista Argentina De Anatomía Clínica.* - 2013. - Vol. 5. - Núm. 2. - P. 124.

13. Rösing F.W., Graw M., Marré B. et al. Recommendations for the forensic diagnosis of sex and age from skeletons// *HOMO — Journal of Comparative Human Biology.* - 2007. - Vol. 58. - Issue 1. - P. 75–89.

14. Van Vark G.M., Schaafsma W. Advances in the quantitative analysis of skeletal morphology// In book: Saunders, S.R., Katzenberg, M.A. (Eds.). - *Skeletal Biology of Past Peoples. Research Methods.* - Wiley-Liss: New York, 1992. - P. 225–257.

15. Zheng Z. and Cohn M.J. Developmental basis of sexually dimorphic digit ratios// *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* - 2011. - Vol. 27. - Issue 108(39). - P. 16289-16294.

REFERENCES:

16. Alekseev V.P. Osteometriya. Metodika antropologicheskikh issledovanij. - М.: Nauka, 1966. - 252s.

17. Neklyudov Yu.A. Ehkspertnaya otsenka vozrastnykh izmenenij skeleta verkhnikh konechnostej. Pod red. dokt. med. nauk S.A. Stepanova. - Saratov, 1992. -

124s.

18. Pashkova V.I. Ocherki sudebno-meditsinskoj osteologii. Opredelenie pola, vozrasta i rosta po kostyam skeleta cheloveka. - М.: Gos. izd-vo med lit-ry, 1963. - 156s.

19. Ryakhovskij M.A., Khajrullin R.M., Ermolenko A.S., Mitchenko I.V. Vozrastnaya dinamika morfometricheskikh pokazatelej kostej stopy cheloveka po dannym rentgenoosteometrii// *Ross. med.-biol. vestn. im. akad. I.P. Pavlova.* - 2009. - № 2. - S. 8–15.

20. Khayrullin R.M. Anatomo-morfometricheskie zakonomernosti izmenchivosti formy pal'tsev kisti cheloveka i eyo vzaimosvyazi s dermatoglificheskim uzorom. - Avtoref. diss. na soisk. uch. st. dokt. med. nauk. - М., 2003. - 42s.

21. Khayrullin R.M., Fomina A.V., Ajnullova N.K. Variabel'nost' 2D:4D pal'tseвого индекса u dikikh i laboratornykh zhivotnykh// *Fundamental'nye issledovaniya.* - 2013. - № 6. - Chast' 3. - S. 611–615.

22. Adalian P., Boutin-Forzano S., Piercecchi-Marti M.-D. et al. Estimation du sexe foetal à partir de l'ilium// *Bull. et Mém. de la Société d'Anthropologie de Paris n.s.* - 2001. - Vol. 13, Nom. 1-2. - P. 61-73.

23. Ahmed R., Rizvi S. & Rehman A. Weight of calcaneum in adult Pakistani Population// *The Professional.* - 1997. - Vol. 4. - Issue 4. - P. 353-355.

24. Ahmad R., Ahmad I., Kaukab N. Weight of calcaneum and talus for determination of sex// *Professional Med. J.* - 2006. - Vol. 13. - Issue 1. - P. 17-22.

25. Gualdi-Russo E. Sex determination from the talus and calcaneus measurements// *Forensic Sci. Int.* - 2007. - Vol. 171. - Issue 2-3. - P. 151-156.

26. Khayrullin R. Segmental 2:4 digit ratio. Unilateral, bilateral and hand-type differences in men// *HOMO — Journal of Comparative Human Biology.* - 2011. - Vol. 62. - Issue 6. - P. 478–486.

27. Khayrullin R.M., Fomina A.V., Sulaymanova R.T., Aynullova N.K. Effect of prenatal androgenization at the finger length and 2D:4D digit ratio of laboratory mice// *Revista Argentina De Anatomía Clínica.* - 2013. - Vol. 5. - Núm. 2. - P. 124.

28. Rösing F.W., Graw M., Marré B. et al. Recommendations for the forensic diagnosis of sex and age from skeletons// *HOMO — Journal of Comparative Human Biology.* - 2007. - Vol. 58. - Issue 1. - P. 75–89.

29. Van Vark G.M., Schaafsma W. Advances in the quantitative analysis of skeletal morphology// In book: Saunders, S.R., Katzenberg, M.A. (Eds.). - *Skeletal Biology of Past Peoples. Research Methods.* - Wiley-Liss: New York, 1992. - P. 225–257.

30. Zheng Z. and Cohn M.J. Developmental basis of sexually dimorphic digit ratios// *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* - 2011. - Vol. 27. - Issue 108(39). - P. 16289-16294.

Авторская справка

1. Мельников Алексей Анатольевич – аспирант кафедры анатомии человека ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет» Минобрнауки РФ, 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, 42, тел. +7 842 232-65-65, e-mail: aleks.melnikov@rambler.ru

2. Никифоров Руслан Владимирович – студент медицинского факультета ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет» Минобрнауки РФ, 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, 42, тел. +7 842 232-65-65, e-mail: nikiforovr@list.ru

3. Хайруллин Радик Магзинурович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии человека ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет» Минобрнауки РФ, 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, 42, тел. +7 842 232-65-65, E-mail: prof.khayrullin@gmail.com

4. Хайруллин Фархад Радикович – старший преподаватель кафедры анатомии человека ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет» Минобрнауки РФ, 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, 42, тел. +7 842 232-65-65, E-mail: far_1_2_3_4@mail.ru