

ИЗМЕНЧИВОСТЬ MORFOMETРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОСТЕЙ ПЕРЕДПЛЕЧЬЯ ВЗРОСЛЫХ МУЖЧИН

Попов А.Н.¹, Анисимова Е.А.¹, Анисимов Д.И.¹, Яковлев Н.М.¹, Журкин К.И.¹, Попрыга Д.В.²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения РФ, Саратов;

²Государственное учреждение здравоохранения «Областная клиническая больница г. Саратова» Министерства здравоохранения РФ, Саратов, e-mail: porov_an68@mail.ru

Проведено морфометрическое исследование комплектов костей предплечья (n=488) от 122 скелетов взрослых мужчин (18–90 лет) с известными возрастом, длиной тела, весом костей, степенью тяжести физического труда, преобладанием правой или левой руки. Выявлено, что для низкорослых мужчин характерны высокие показатели индекса относительной длины локтевой кости от 15,5 до 17,4% (16,2±0,2%) и лучевой – от 14,4 до 15,8% (14,8±0,07%), для высокорослых – низкие от 14,3 до 16,5% (15,1±0,2%) и от 13,7 до 14,3% (14,2±0,05%), для мужчин со средней длиной тела характерны средние показатели индекса — от 14,7 до 16,9% (15,8±0,1%) и от 13,2 до 13,7% (13,5±0,04%) соответственно. Наиболее часто (61%) встретились субъекты со средней длиной тела (161,6–172,0 см), высокорослых мужчин с длиной тела 172,1–185,0 см было 22%, низкорослых (152,0–161,5 см) – 17%. Вес костей ассоциирован с длиной тела (средние корреляции) и длиной кости (тесные корреляции) в отличие от право- и леворуконости, а также степени выраженности физического труда (слабые корреляции). Множественный регрессионный анализ позволил вычислить формулы регрессионных уравнений для определения отдельных параметров костей предплечья.

Ключевые слова: предплечье, локтевая и лучевая кости, морфометрия

VARIABILITY OF MORPHOMETRIC PARAMETERS OF BONES OF THE FOREARM OF ADULT MEN

Popov A.N.¹, Anisimova E.A.¹, Anisimov D.I.¹, Yakovlev N.M.¹, Zhurkin K.I.¹, Popryga D.V.²

¹Saratov of Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Saratov;

Saratov Regional Clinical Hospital, Saratov, e-mail: popov_an68@mail.ru

The morphometric research of sets of bones of a forearm (n=488) from 122 skeletons of adult men (18-90 years) with the known age, body length, weight of bones, severity of physical work, prevalence of the right or left hand is conducted. It is revealed that high rates of an index of relative length of an elbow bone from 15,5 to 17,4% (16,2±0,2%) and beam – from 14,4 to 15,8% (14,8±0,07%), for tall – low from 14,3 to 16,5% (15,1±0,2%) and from 13,7 to 14,3% (14,2±0,05%) are characteristic of undersized men, average values of an index from 14,7 to 16,9% (15,8±0,1%) and from 13,2 to 13,7% (13,5±0,04%) respectively are characteristic of men with an average length of a body. Most often (61%) subjects have met the average length of a body (161,6–172,0 cm), tall men with a length of body of 172,1-185,0 cm there were 22%, undersized (152,0–161,5 cm) – 17%. The weight of bones is associated with the body length (average correlations) and bone length (close correlations) unlike right- and lefthand, and also degrees of expressiveness of physical work (weak correlations). The multiple regression analysis has allowed to calculate of the regression equations for determination of separate parameters of bones of a forearm.

Keywords: forearm, elbow and beam bones, morphometry

Расширение диагностической и хирургической активности по поводу травматических повреждений и врожденных аномалий добавочного скелета придает новый импульс актуальности изучения вопросов морфологии длинных трубчатых костей. Развитие высокотехнологичных хирургических пособий, таких как эндопротезирование суставов, системы трехмерного моделирования, остеосинтеза, малоинвазивных оперативных

вмешательств и пластических операций [4, 6–9], а также возможность объемной печати эргономических прототипов анатомических объектов [2] требуют от фундаментальной науки метрической точности, детализации исследований, выявления закономерностей изменчивости в аспекте территориальных, возрастных, билатеральных особенностей, а также выявления закономерностей сопряженности морфометрических параметров анатомических структур с антропометрическими параметрами, типом телосложения, тотальными размерами тела [1, 3]. Создание в регионах возрастных нормативных баз данных приобретает базисное значение для решения вопросов, касающихся разработки принципиально новых оперативно-технических приемов [5], интерпретации результатов КТ- и МРТ-графии, УЗИ-исследований; для определения возраста в судебно-медицинской экспертизе [10, 7].

Цель. Выявление закономерностей изменчивости морфометрических параметров костей предплечья взрослых мужчин.

Материал и методы. Методом остеометрии определены морфометрические параметры мацерированных препаратов локтевых и лучевых костей от 122 скелетов взрослых мужчин ($n=488$) с известными возрастом (18–90 лет) и длиной тела из остеологической коллекции научного фундаментального музея кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России. Для распределения материала по возрасту применяли возрастную периодизацию, рекомендованную VII научной конференцией по возрастной морфологии, физиологии и биохимии (Москва, 1965).

Полученные количественные данные обрабатывали вариационно-статистическими методами с применением регрессионного и корреляционного анализов с предварительной проверкой на присутствие «выскакивающих вариантов» на IBM PC/AT «Pentium-IV» в среде Windows-XP с использованием пакета прикладных программ «Statistica 6.0» (Statsoft-Russia, 1999) и Microsoft Excel Windows-2000.

Оценку характера взаимосвязи параметров проводили по коэффициенту корреляции (r). При $r < 0,25$ корреляция считалась слабой (низкой); при $r = 0,26–0,50$ — умеренной (средней силы); при $r = 0,51–0,75$ — сильной (значительной); при $r > 0,76$ — тесной.

Для изученных параметров определяли амплитуду (A), минимальное (Min) и максимальное (Max) значения, среднюю арифметическую (M), ошибку средней арифметической (m), стандартное отклонение (σ), медиану (Me), доверительный интервал (ДИ), 25 и 75%-й процентиля. Вариабельность признаков оценивали коэффициентом вариации ($Cv\%$), которую считали слабой, если Cv не превышает 10%, средней, когда Cv составлял 11–25%, и значительной при $Cv > 25\%$.

Показатель наглядности (относительный прирост) определяли по формуле: $D=M_2/M_1 \times 100\% - 100$. Показатель экстенсивности (относительная величина, показывающая, как велика отдельная часть по отношению ко всей изучаемой совокупности) определяли как частоту встречаемости различных групп по отношению к выборке.

Для определения достоверности различия средних величин использовали параметрические и непараметрические статистические критерии. Проверку на нормальность осуществляли с помощью критерия Шапиро–Уилка. Параметрические критерии (t-критерий Стьюдента) применяли для параметров совокупностей, распределяемых по нормальному закону, непараметрические (Манна–Уитни, Вилкоксона и др.) – независимо от формы распределения. Различия средних арифметических величин считали достоверными при 99%-м ($p < 0,01$) и 95%-м ($p < 0,05$) порогах вероятности.

Для определения параметров малодоступных при использовании существующих методов визуализации применяли регрессионный метод, позволяющий составить уравнения регрессии с использованием тесно коррелируемых признаков.

Результаты. Возраст субъектов мужского пола в изучаемой выборке в среднем составил $51,0 \pm 1,9$ года ($A=18,0-90,0$ лет; $\sigma=20,8$). Гистограмма, симметричность доверительного интервала, незначительные различия средней арифметической и медианы указывают на нормальное распределение признака. Возраст юношей в среднем составил $19,1 \pm 0,2$ года ($A=18,0-21,0$ лет; $\sigma=1,0$); в первом периоде зрелого возраста – $29,5 \pm 0,5$ года ($A=22,0-35,0$ лет; $\sigma=3,4$); во втором – $47,1 \pm 1,1$ года ($A=36,0-60,0$ лет; $\sigma=7,1$); в пожилом возрасте – $66,6 \pm 0,6$ года ($A=61,0-75,0$ лет; $\sigma=4,0$); в старческом – $81,6 \pm 0,8$ года ($A=76,0-90,0$ лет; $\sigma=5,2$). Изменчивость признака средняя и низкая в отдельных возрастных группах ($Cv=5,3-15,1\%$) во всей выборке – высокая ($Cv=40,76\%$).

Длина тела субъектов варьирует от 152,0 до 185,0 см, в среднем составляя $167,7 \pm 0,6$ см ($\sigma=6,3$). Вариабельность длины тела во всей выборке и в отдельных возрастных группах низкая ($Cv=3,1-4,1\%$), что говорит об однородности выборки по данному признаку (табл. 1).

Таблица 1

Морфологическая характеристика субъектов изучаемой выборки

Параметр	Min	Max	M	m	σ	ДИ -95	ДИ +95	Me	25%	75%	$Cv\%$
Возраст (лет)	18,00	90,00	51,04	1,88	20,80	47,31	54,77	50,00	33,00	69,00	40,76
Длина тела (см)	152,00	185,00	167,73	0,57	6,29	166,60	168,86	167,00	163,00	172,00	3,75

С возрастом длина тела субъектов от юношества до второго периода зрелого возраста изменяется незначительно и находится в пределах от 167,9 до 168,6 см; статистически значимых различий не выявлено ($p > 0,05$). В пожилом возрасте длина тела уменьшается до

167,6±0,9 см и продолжает уменьшаться в старческом возрасте до 165,4±0,8 см. Статистически значимые различия отмечены между вторым зрелым и старческим возрастом ($p=0,02$) (рис. 1, 2).

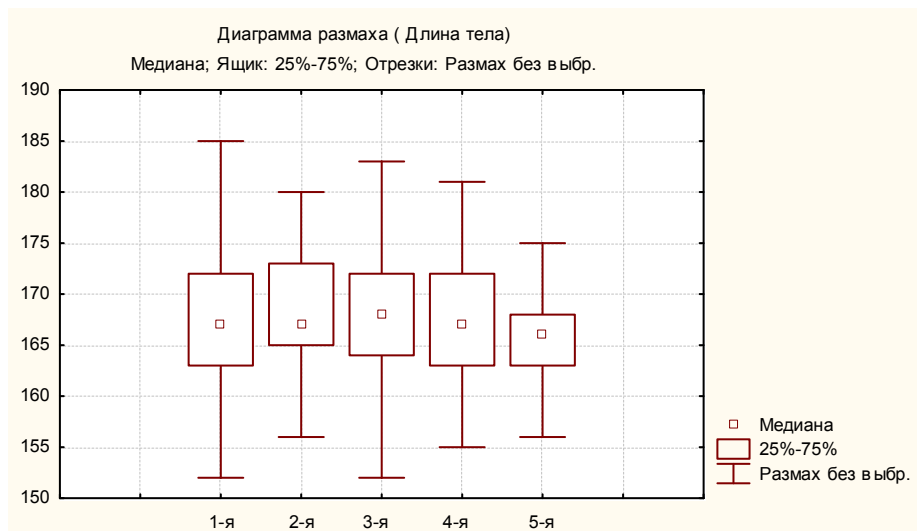


Рис. 1. Диаграмма размаха длины тела в возрастных группах (см)

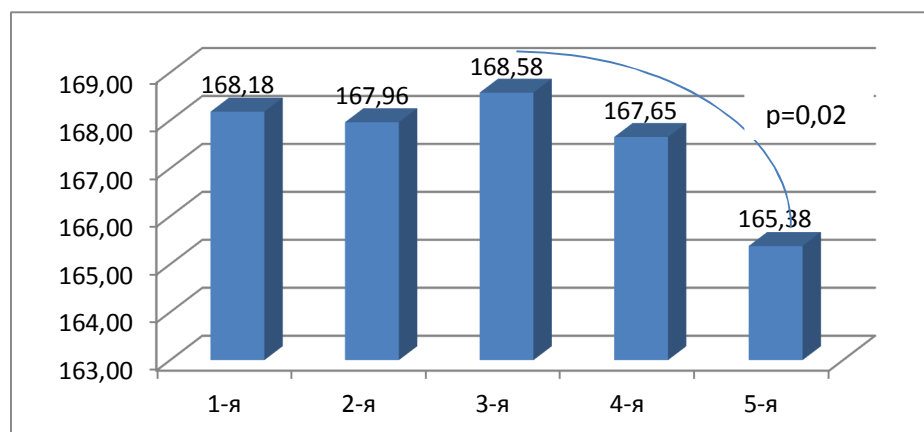


Рис. 2. Возрастная изменчивость длины тела мужчин (см)

Таким образом, возрастные различия длины тела статистически значимы между вторым периодом зрелого возраста и старческим периодом. Экстенсивность распределения по признаку «длина тела» указывает на его нормальность.

Между возрастом и длиной тела существуют слабые отрицательные корреляции ($r=-0,14$) (рис. 3).

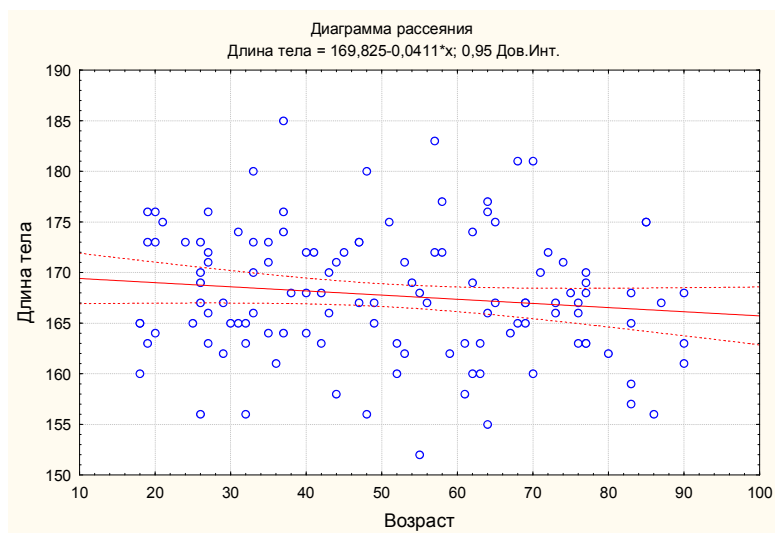


Рис. 3. Зависимость длины тела от возраста

По длине тела субъекты в выборке распределились следующим образом: низкорослых ($<M-\sigma$; 152,0–161,5 см) было 17%, высокорослых ($>M+\sigma$; 172,1–185,0 см) субъектов было 22%; мужчин со средним ростом ($M\pm\sigma$; 161,6–172,0 см) был 61%.

Указатель относительной длины костей предплечья вычисляется как процентное отношение длины костей предплечья к длине тела, для локтевой кости он в среднем составляет $15,6\pm 0,1\%$. Связь длины тела с данным указателем обратная средняя ($r=-0,27$) (табл. 2).

Таблица 2

Показатели длины тела и относительной длины костей предплечья

Параметр	Min	Max	M	m	σ	ДИ -95	ДИ +95	Me	25%	75%	Cv %
Длина тела (см)	1520,0	1850,0	1676,9	5,7	63,0	1670,0	1665,5	1688,2	1630,0	1720,0	3,8
Ind локтевой кости (пр)	14,4	17,4	15,6	0,1	0,6	15,5	15,5	15,7	15,2	15,9	3,6
Ind локтевой кости (лев)	14,3	17,4	15,5	0,1	0,6	15,4	15,4	15,6	15,1	15,8	3,7
Ind лучевой кости (пр)	13,2	15,9	14,3	0,0	0,5	14,2	14,2	14,4	14,0	14,6	3,5
Ind лучевой кости (лев)	13,3	15,9	14,4	0,0	0,5	14,3	14,3	14,5	14,0	14,7	3,3

Для низкорослых мужчин характерны высокие показатели индекса относительной длины локтевой кости от 15,5 до 17,4% ($16,2\pm 0,2\%$) и лучевой – от 14,4 до 15,8% ($14,8\pm 0,07\%$), для высокорослых – низкие от 14,3 до 16,5% ($15,1\pm 0,2\%$) и от 13,7 до 14,3% ($14,2\pm 0,05\%$), для мужчин со средней длиной тела характерны средние показатели индекса от 14,7 до 16,9% ($15,8\pm 0,1\%$) и от 13,2 до 13,7% ($13,5\pm 0,04\%$) соответственно.

Из всей выборки у 57% субъектов известно преобладание правой или левой руки, из них леворукость отмечена в 10% наблюдений.

Из всей выборки у 63% субъектов известна степень тяжести физического труда, из них 27% имели тяжелый труд, 21% — легкий, 20% — средний, 22% — среднетяжелый и 10% — среднелегкий.

Из всей выборки у 73% субъектов известен вес правых локтевой и лучевой костей (табл. 3).

Таблица 3

Вес правых костей предплечья (мг)

Кость	Min	Max	M	m	σ	ДИ -95	ДИ +95	Me	25%	75%	Cv %	p
Локтевая	63400,0	144700,0	93910,2	1420,4	13400,3	91087,4	96733,0	93300,0	85150,0	101250,0	14,3	0,0000
Лучевая	61300,0	110950,0	79280,8	2005,4	11225,7	75150,5	83411,0	78400,0	71850,0	83050,0	14,2	

Примечание: p – различия веса локтевой и лучевой костей.

Средний вес правой локтевой кости на 16% больше по сравнению с весом лучевой кости ($p < 0,001$), соответственно они составляют $93910,2 \pm 1420,4$ и $79280,8 \pm 2005,4$ мг. Изменчивость признака средняя ($Cv = 14,2\%$).

Вес костей предплечья слабо ассоциирован со степенью тяжести физического труда (коэффициент корреляции Спирмена = 0,055) и возрастом ($r = -0,15$).

С длиной тела вес костей имеет средние прямые связи ($r = 0,49$), с длиной кости связи тесные прямые ($r = 0,81$) (рис. 4).

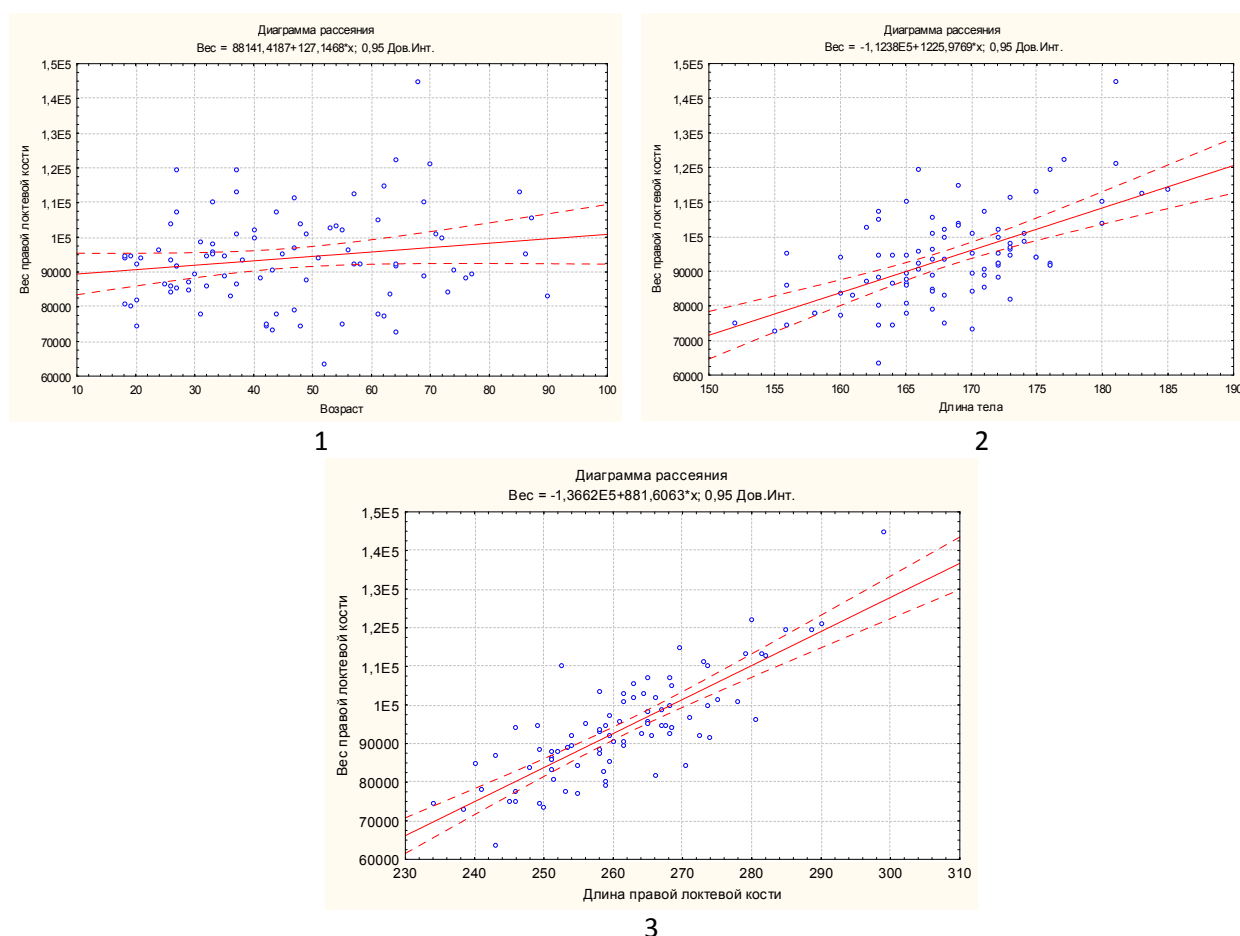


Рис. 4. Зависимость веса правой локтевой кости от возраста (1), длины тела (2) и длины кости (3)

Таким образом, степень тяжести физического труда не влияет на вес и размеры костей предплечья, вес кости зависит от длины тела и длины кости.

Корреляционный анализ позволил выявить коэффициенты корреляции между изучаемыми параметрами: X_1 – возраст, X_2 – длина тела, X_3 – вес локтевой кости, X_4 – длина локтевой кости, X_5 – наименьшая окружность диафиза локтевой кости, X_6 – ширина головки локтевой кости, X_7 – сагиттальный диаметр головки локтевой кости, X_8 – окружность середины диафиза локтевой кости, X_9 – ширина локтевого отростка, X_{10} – высота локтевого отростка. Возраст проявляет средние прямые связи с размерами головки локтевой кости ($r=0,34-0,38$). Длина тела имеет значительные прямые связи с весом и длиной кости ($r=0,53-0,62$) и средние с наименьшей окружностью диафиза, шириной и сагиттальным диаметром головки ($r=0,28-0,45$). Вес кости значительно и тесно сопряжен с размерами локтевой кости: наименьшей окружностью диафиза, шириной и сагиттальным диаметром головки, окружностью середины диафиза ($r=0,57-0,82$). Размеры головки, локтевого отростка и диафиза также значительно и тесно коррелируют между собой (табл. 4).

Таблица 4

Матрица корреляций параметров локтевой кости

Отмеченные корреляции значимы на уровне p										
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
X_1	1,00	0,07	0,15	0,21	0,15	0,38	0,34	0,10	0,26	0,09
X_2	0,07	1,00	0,53	0,62	0,45	0,28	0,43	0,31	0,44	0,26
X_3	0,15	0,53	1,00	0,79	0,82	0,57	0,59	0,73	0,76	0,67
X_4	0,21	0,62	0,79	1,00	0,58	0,53	0,48	0,48	0,60	0,54
X_5	0,15	0,45	0,82	0,58	1,00	0,44	0,61	0,61	0,64	0,53
X_6	0,38	0,28	0,57	0,53	0,44	1,00	0,64	0,35	0,57	0,53
X_7	0,34	0,43	0,59	0,48	0,61	0,64	1,00	0,49	0,57	0,57
X_8	0,10	0,31	0,73	0,48	0,61	0,35	0,49	1,00	0,48	0,52
X_9	0,26	0,44	0,76	0,60	0,64	0,57	0,57	0,48	1,00	0,59
X_{10}	0,09	0,26	0,67	0,54	0,53	0,53	0,57	0,52	0,59	1,00

Примечание: полужирным шрифтом отмечены значимые на 95%-м уровне корреляции.

X_1 – возраст, X_2 – длина тела, X_{11} – вес лучевой кости, X_{12} – длина лучевой кости, X_{13} – наименьшая окружность диафиза лучевой кости, X_{14} – ширина головки лучевой кости, X_{15} – окружность головки лучевой кости, X_{16} – окружность середины диафиза лучевой кости, X_{17} – ширина шейки лучевой кости, X_{18} – окружность шейки лучевой кости (табл. 5).

Таблица 5

Матрица корреляций параметров лучевой кости

Отмеченные корреляции значимы на уровне p										
	X ₁	X ₂	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₈	X ₁₉
X ₁	1,00	0,04	0,13	0,21	-0,06	0,23	0,24	-0,01	0,05	-0,07
X ₂	0,04	1,00	0,74	0,83	0,65	0,64	0,63	0,59	0,51	0,53
X ₁₁	0,13	0,74	1,00	0,85	0,81	0,59	0,59	0,75	0,71	0,71
X ₁₂	0,21	0,83	0,85	1,00	0,59	0,72	0,62	0,60	0,69	0,60
X ₁₃	-0,06	0,65	0,81	0,59	1,00	0,52	0,55	0,87	0,75	0,86
X ₁₄	0,23	0,64	0,59	0,72	0,52	1,00	0,63	0,53	0,69	0,49
X ₁₅	0,24	0,63	0,49	0,62	0,55	0,63	1,00	0,49	0,51	0,50
X ₁₆	-0,01	0,59	0,75	0,60	0,87	0,53	0,49	1,00	0,79	0,83
X ₁₇	0,05	0,51	0,71	0,69	0,75	0,69	0,51	0,79	1,00	0,88
X ₁₈	-0,07	0,53	0,71	0,60	0,86	0,49	0,50	0,83	0,88	1,00

Примечание: полужирным шрифтом отмечены значимые на 95%-м уровне корреляции.

Возраст проявляет слабые связи с размерами головки лучевой кости ($r=0,2-0,24$). Длина тела имеет значительные и тесные связи с размерами лучевой кости, и такие же корреляции имеются между размерами лучевой кости ($r>0,5$).

Множественный регрессионный анализ позволил вычислить формулы регрессионных уравнений для определения отдельных параметров костей предплечья.

Для локтевой кости:

$$X_2 = 140,41 + X_6 \times 0,19 + X_9 \times 0,22 + X_{10} \times 0,18;$$

$$X_6 = 7,58 + X_5 \times 0,26 + X_9 \times 0,34;$$

$$X_9 = 13,96 + X_6 \times 0,35 + X_7 \times 0,17.$$

Для лучевой кости:

$$X_2 = 72,34 + X_{11} \times 0,59 + X_{18} \times -0,27;$$

$$X_{17} = 2,89 + X_{13} \times 0,79 + X_{14} \times -0,23;$$

$$X_{14} = 8,39 + X_{13} \times 0,50 + X_{18} \times 0,30 + X_{17} \times -0,29;$$

$$X_{13} = 1,34 + X_{14} \times 0,17 + X_{16} \times 0,54 + X_{18} \times 0,18 + X_{17} \times 0,19.$$

Таким образом, во всей выборке мужчин в возрасте 18–90 лет наиболее часто (61%) встретились субъекты со средней длиной тела (161,6–172,0 см), высокорослых мужчин с длиной тела 172,1–185,0 см было 22%, низкорослых (152,0–161,5 см) – 17%.

Для низкорослых мужчин характерны высокие показатели индекса относительной длины локтевой кости от 15,5 до 17,4% ($16,2 \pm 0,2\%$) и лучевой – от 14,4 до 15,8% ($14,8 \pm 0,07\%$), для высокорослых – низкие от 14,3 до 16,5% ($15,1 \pm 0,2\%$) и от 13,7 до 14,3% ($14,2 \pm 0,05\%$), для мужчин со средней длиной тела характерны средние показатели индекса от 14,7 до 16,9% ($15,8 \pm 0,1\%$) и от 13,2 до 13,7% ($13,5 \pm 0,04\%$) соответственно.

Вес костей ассоциирован с длиной тела (средние корреляции) и длиной кости (тесные корреляции) в отличие от право- и леворукости, а также степени выраженности физического труда (слабые корреляции).

Список литературы

1. Анисимова Е.А. Морфотопометрическое обоснование выбора методов хирургической коррекции деформаций позвоночного столба: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Саратов, 2009. 44 с.
2. Виленский В.А., Усов С.Ю., Соломин Л.Н. Планирование и коррекция деформаций длинных костей на основе использования моделей трехмерной печати (предварительное сообщение) // Гений Ортопедии. – 2015. – № 1. – С. 34–39.
3. Возрастная и билатеральная изменчивость веса костей предплечья детей, подростков и юношей / А.Н. Попов, Е.А. Анисимова, Н.О. Челнокова, Д.И. Анисимов, Д.В. Попрыга // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2015. – № 3 (35). – С. 23–33.
4. Клинико-анатомическое обоснование оптимальных артроскопических доступов к локтевому суставу // С.А. Банцер, И.А. Кузнецов, Н.Ф. Фомин, М.Р. Салихов, Г.И. Жабин, Д.А. Шулепов // Травматология и ортопедия России. – 2015. – № 1 (75). – С. 32–41.
5. Пашкова И.Г. Морфофункциональные корреляции физического развития и минеральной плотности костной ткани у взрослого населения республики Карелия: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. СПб., 2015. – 41 с.
6. Прохоренко В.М., Слободской А.Б. Эндопротезирование локтевого сустава. Новосибирск: Наука, 2010. – 79 с.
7. Пусева М.Э. Совершенствование методики чрескостного остеосинтеза при лечении повреждений локтевой кости // Гений Ортопедии. – 2009. – № 2. — С. 77–81.
8. Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Лушникова С.П. Новый способ одномоментной несвободной пластики двумя кровоснабжаемыми костными аутотрансплантатами при ложных суставах костей предплечья // Травматология и ортопедия России. – 2010. – № 1. – С. 9–93.
9. Victor J., Premanathan A. Virtual 3D planning and patient specific surgical guides for osteotomies around the knee: a feasibility and proof-of-concept study // Bone Joint J. 2013. Vol. 95–B, 11 Suppl. A. P. 153–158.
10. Starch D.W., Dabezies E.J. Magnetic resonance imaging of the interosseous membrane of the forearm // J Bone Joint Surg Amer. 2011. Vol. 83 (2). P. 235–238.