Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2026. № 4. С. 73–84
Lomonosov Journal of Anthropology. 2026. No 4, pp. 73–84

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АНТРОПОЛОГИЯ / BIOLOGICAL ANTHROPOLOGY
Научная статья / Research Article
https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-26-4-6
УДК/UDC 572.5; 7

Возрастная изменчивость окружности диафиза бедренной кости детей и подростков (на материалах эпохи поздней бронзы Волго-Уральского региона)

М.К. Карапетян[1] ✉, В.В. Куфтерин[2]

[1] Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

[2] Институт этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая РАН, г. Москва, Российская Федерация

✉marishkakar@hotmail.com

РЕЗЮМЕ

Введение. Анализируется возрастная изменчивость окружности середины диафиза бедренной кости детей и подростков, а также предлагаются регрессионные уравнения для определения возраста детских скелетов и реконструкции длины диафиза на основе этого признака.

Материалы и методы. Материал представлен выборкой скелетов детей 0–16 лет из семи могильников срубной культуры и срубно-алакульского культурного типа эпохи поздней бронзы Волго-Уральского региона. У индивидов с точечной оценкой зубного возраста (n = 81) рассмотрена изменчивость окружности середины диафиза бедренной кости, а также отношение этого размера к длине диафиза и ширине дистального метафиза. Взаимосвязь между зубным возрастом и окружностью середины диафиза, а также между этим признаком и длиной диафиза исследовалась с применением регрессионного анализа методом обычных наименьших квадратов с использованием обратной и классической калибровки. Значимость и информативность регрессионных моделей оценивалась по коэффициенту детерминации и F-критерию. Анализ изменчивости нормализованных отношений окружности диафиза в возрастных группах проводился с использованием критерия Краскела–Уоллиса с последующими апостериорными сравнениями. Для внешней валидации регрессионных моделей привлечены данные по детско-подростковой выборке неолитической серии Сахтыш IIа.

Результаты и обсуждение. Окружность середины диафиза бедренной кости тесно и статистически значимо связана с зубным возрастом и длиной диафиза. Вариабельность этого признака повышена у детей > 10 лет, что, вероятно, связано с формирующимся половым диморфизмом. Увеличение ширины дистального метафиза относительно окружности диафиза у детей 3–10 лет обусловлено преобладанием медиолатеральных нагрузок в процессе формирования зрелой походки. Обратная и классическая калибровочная модели определения возраста по окружности середины диафиза бедренной кости демонстрируют идентичные результаты, в том числе при внешней валидации.

Заключение. Абсолютная величина окружности диафиза бедренной кости закономерно увеличивается в постнатальном онтогенезе, обнаруживая наибольшую вариабельность у индивидов пубертатного возраста. Массивность диафиза при этом постепенно уменьшается. Наибольший рост дистального метафиза в широтном направлении относительно окружности диафиза бедренной кости приходится на период до полового созревания. Предложенные обратная и классическая калибровочная модели могут применяться для определения биологического возраста индивидов из схожих археологических контекстов.

Ключевые слова: палеоауксология; рост скелета; определение возраста; регрессионный анализ; срубная культура; срубно-алакульский культурный тип; Среднее Поволжье; Южный Урал

Благодарности. Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В.Ломоносова (М.К. Карапетян) и в соответствии с планами НИР Института этнологии и антропологии РАН «Тема 5. Ультрасоциальность человека: биосоциальные и кросскультурные аспекты» – Рег. № НИОКТР 124112200079-1 (В.В. Куфтерин).

Для цитирования: *Карапетян М.К., Куфтерин В.В.* Возрастная изменчивость окружности диафиза бедренной кости детей и подростков (на материалах эпохи поздней бронзы Волго-Уральского региона) // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2026. № 4. С. 73–84. https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-26-4-6

© Карапетян, М.К., Куфтерин, В.В., 2026
© Karapetian, M.K., Kufterin, V.V., 2026

Evaluating subadult femoral shaft circumference variability: Data from the Late Bronze Age Volga-Ural region

Marina K. Karapetian[1] ✉, Vladimir V. Kufterin[2]

[1] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

[2] N.N. Miklukho-Maklai Institute of Ethnology and Anthropology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

✉marishkakar@hotmail.com

ABSTRACT

Introduction. This study examines age-related variation in the midshaft circumference of the femoral diaphysis in children and adolescents and proposes regression equations for estimating the age-at-death of subadult skeletal remains and reconstructing diaphyseal length from this measurement.

Materials and methods. We analyzed the skeletal remains of subadults aged 0–16 years from seven burial grounds associated with the Srubnaya culture and the Srubnaya-Alakul cultural type of the Late Bronze Age in the Volga–Ural region. We examined femoral midshaft circumference and its relation to diaphyseal length and distal metaphyseal width in 81 individuals with point dental age estimates. The relationships between dental age and midshaft circumference, as well as between midshaft circumference and diaphyseal length, were investigated using ordinary least squares regression analysis with inverse and classical calibration. The statistical significance and the goodness of fit of the regression models were assessed using the coefficient of determination and the F-test. Variation in normalized diaphyseal circumference ratios across age groups was analyzed using the Kruskal – Wallis ANOVA followed by post hoc comparisons. The regression models were validated using data from the Neolithic Sakhtysh IIa subadult sample.

Results and discussion. Femoral midshaft circumference is strongly and significantly correlated with dental age and diaphyseal length. Subadults over 10 years of age show greater variation in midshaft circumference, which may reflect developing sexual dimorphism. The increase in distal metaphyseal width relative to diaphyseal circumference in children aged 3–10 years is likely related to mediolateral loadings during the development of mature gait. The inverse and classical calibration models for age estimation from femoral midshaft circumference produced similar results, including the results of the external validation.

Conclusion. The absolute value of the femoral midshaft circumference increases predictably during postnatal ontogeny, with the greatest variability observed in puberty. At the same time, relative diaphyseal robusticity gradually decreases. The greatest increase in distal metaphyseal width relative to femoral diaphyseal circumference occurs during the prepubertal period. The proposed inverse and classical calibration models can be applied to estimate the biological age of individuals from comparable archaeological contexts.

Keywords: paleoauxology; skeletal growth; aging; regression; Srubnaya culture; Srubnaya-Alakul culture; Middle Volga region; Southern Ural

Acknowledgements. The study was conducted under the state assignment of Lomonosov Moscow State University (M.K. Karapetian) and in accordance with the research plans of the N.N. Miklukho-Maklai Institute of Ethnology and Anthropology RAS (Theme No. 5. Human ultrasociality: Biosocial and cross-cultural aspects – R & D No. 124112200079-1) (V.V. Kufterin).

For citation: Karapetian M.K., Kufterin V.V. Evaluating subadult femoral shaft circumference variability: Data from the Late Bronze Age Volga-Ural region. *Lomonosov Journal of Anthropology.* 2026 (4), pp. 73–84. https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-26-4-6

© Карапетян, М.К., Куфтерин, В.В., 2026
© Karapetian, M.K., Kufterin, V.V., 2026

Введение

Поводом для подготовки данной статьи послужила нередкая в палеоантропологической практике ситуация – необходимость определения биологического возраста и невозможность сделать это с опорой на уже разработанные критерии. Эта проблема особенно актуальна для скелетных останков детей, поскольку более хрупкие кости наиболее подвержены действию тафономических факторов. Имеющиеся модели определения возраста по длинным костям скелета, в частности бедренной, опираются либо на продольные размеры диафиза (Rissech et al., 2008; Cardoso et al., 2014), либо на размеры метафизов и эпифизов (Cardoso et al., 2017). Последние могут быть использованы и для восстановления длины диафиза в случае невозможности его прямого измерения (Hoppa, Gruspier, 1996).

На протяжении постнатального онтогенеза бедренная кость претерпевает существенные морфологические изменения. Так, диафиз в поперечном сечении постепенно видоизменяется от округлой формы к слегка удлиненной в переднезаднем направлении и более овальной (Cowgill et al., 2010; Mizushima et al., 2016; Swan et al., 2020; Bertocci et al., 2022). Параллельно с этим процессом происходят увеличение линейных размеров и минеральной плотности, а также существенные изменения гистоархитектоники кости (Штефко, 1947, с. 90–121; Шевцов с соавт., 2005; Frisancho et al., 1970; Bertocci et al., 2022). Вместе с тем отсутствуют данные по возрастной изменчивости окружности середины диафиза бедренной кости (Март. 8) как интегративного показателя ее толщины, массивности и степени развития костного вещества в центральной части. Это неудивительно, поскольку до недавнего времени палеоауксологические исследования были сфокусированы на изучении процессов преимущественно эндохондрального, а не аппозиционного роста костей (Mays, 2018), а обхват середины диафиза бедренной кости рассматривался лишь в контексте определения половой принадлежности (Black, 1978; Safont et al., 2000) и реконструкции длины кости (Nath, Badkur, 1999; Attia et al., 2021) у взрослых индивидов. Вместе с тем, есть основания предполагать возможность использования значений окружности середины диафиза бедренной кости для определения возраста и реконструкции ее длины на детских скелетах.

Цель исследования – анализ возрастной изменчивости абсолютных и относительных размеров окружности середины диафиза бедренной кости детей и подростков на материалах археологических выборок, а также разработка регрессионных уравнений для определения возраста детских скелетов и реконструкции длины диафиза на основе этого признака. В статье, таким образом, рассматривается изменчивость окружности середины и длины диафиза, а также ширины дистального метафиза бедренной кости с акцентом на использование первого из перечисленных признаков для определения возраста смерти и длины диафиза в случае невозможности его прямого измерения.

Материалы и методы

Общую выборку, послужившую основой работы, составляют скелетные останки 90 индивидов в возрасте 0–16 лет из памятников эпохи поздней бронзы Среднего Поволжья и Южного Урала, исследованных по авторскому палеоауксологическому протоколу (Карапетян, Куфтерин, 2020). Материалы происходят из семи могильников с территории Самарской (1), Оренбургской (1) и Челябинской (1) областей, а также Республики Башкортостан (4): Богородское I (14 индивидов), Боголюбовский (25), Неплюевский (7), Каранаевский (18), Николаевский (1), Чумарово-1 (16) и Юлалы-8 (9). Пять могильников отнесены к срубной культуре, а два зауральских (Неплюевский и Юлалы-8) – к памятникам срубно-алакульского типа. Анализируемая выборка, таким образом, в основном та же, что ранее использовалась для исследования стертости молочных и постоянных зубов (Карапетян, 2025) за исключением могильника Бариновка I и добавлением Неплюевского.

Для 81 индивида с сохраненной зубной системой, составляющих 90% общей выборки, была рассчитана средняя точечная оценка зубного возраста (AlQahtani et al., 2010), использованная во всех последующих возрастных анализах. Остеометрические данные по еще девяти индивидам, для которых зубной возраст не был определен, учитывались при анализе направленной асимметрии в размерах бедренной кости. Наибольшая длина диафиза измерялась с помощью скользящего циркуля (точность 0,5 мм) или измерительного штатива (точность до 1 мм),

© Карапетян, М.К., Куфтерин, В.В., 2026
© Karapetian, M.K., Kufterin, V.V., 2026

ширина дистального метафиза – с помощью штангенциркуля (точность 0,1 мм) или скользящего циркуля (Buikstra, Ubelaker, 1994, p. 44–46). Окружность середины диафиза бедренной кости измерена с помощью ленты из миллиметровой бумаги (точность 0,5 мм). Кости со следами явных патологических изменений в выборку не включались.

Опасения относительно того, что измерения поперечных размеров диафиза для реконструкции его полной длины или определения возраста менее надежны, чем измерения эпифизов и метафизов (Hoppa, Gruspier, 1996) представляются преувеличением. Во-первых, даже при различных паттернах фрагментации середина диафиза довольно легко определяется визуально, особенно при сохранности хотя бы одного метафиза. Во-вторых, у взрослых при определении этого размера допускается смещение уровня измерения на 10 мм в случае сильного развития шероховатой линии – указание на этот нюанс почему-то опущено В.П. Алексеевым в «Остеометрии» (Алексеев, 1966, с. 152; Martin, Saller, 1957, p. 564; Buikstra, Ubelaker, 1994, p. 83).

Использовались данные по левым костям, при отсутствии восполнявшиеся данными по правым без поправок. Это не является проблемой в случае измерения длины диафиза (t = –1,30; df = 32; p = 0,202) и ширины дистального метафиза (t = –1,08; df = 22; p = 0,292) – признаков, по которым направленная асимметрия не зафиксирована.[1] Однако для окружности середины диафиза выявлено статистически достоверное (T = 212,00; Z = 2,10; p = 0,035) правостороннее доминирование: для n = 58 медиана показателя направленной асимметрии составляет 0,00, средняя величина 0,59. Однако, его значение все равно близко к нулю, а к восполнению недостающих данных пришлось прибегнуть всего в 16 случаях (19,8%). Несмотря на наличие билатеральной изменчивости в размерах костей, особенно верхней конечности (Pfeiffer, 1980), восполнение отсутствующих значений часто проводится без учета поправки на асимметрию (Nath, Badkur, 1999; Rissech et al., 2008). В связи с этим представляется, что выявленная асимметрия не является препятствием для решения задач исследования и этим фактором можно пренебречь.

Помимо рассмотрения возрастной изменчивости абсолютных размеров окружности середины диафиза, анализировались нормализованные отношения этого признака к длине диафиза без эпифизов – аналог указателя массивности диафиза бедренной кости I у взрослых (Алексеев, 1966, с. 158). Для более детальной характеристики возрастной изменчивости формы кости предложен новый расчетный признак – метафизарно-диафизарный указатель массивности, представляющий собой отношение ширины дистального метафиза бедренной кости к окружности середины ее диафиза. В этом анализе весь набор данных был разделен на три условные возрастные группы (≤ 2 лет, 3–10 лет и > 10 лет) в связи с морфологическими фазами развития бедренной кости в постнатальном онтогенезе, обусловленными изменениями режимов биомеханической нагрузки (Cowgill et al., 2010; Mizushima et al., 2016; Swan et al., 2020).[2]

Взаимосвязь между зубным возрастом и окружностью середины диафиза бедренной кости исследовалась с применением регрессионного анализа методом обычных наименьших квадратов с использованием как обратной (Rissech et al., 2008), так и классической калибровки. В первом случае возраст регрессировался на размер кости, во втором – наоборот (Куфтерин, 2024; Cardoso et al., 2014, 2017). Значимость и информативность всех регрессионных моделей оценивалась по коэффициенту детерминации R^2 и F-критерию Фишера. Для обратных моделей получены оценки ошибки прогнозирования зависимого признака (SE_e). В случае классической

1 Стандартизованная направленная асимметрия (DA) вычислялась по формуле:

$$\%DA = ((R - L) / 0{,}5(R + L)) \times 100,$$

где R – размер правой стороны, L – размер левой. Отличия показателя от нуля проверялись с помощью одновыборочного t-критерия в случае нормального распределения и критерия Вилкоксона в случае распределения, достоверно отклоняющегося от нормального.

2 От рождения до начала самостоятельного передвижения с использованием незрелой походки, от процесса формирования зрелой походки до начала пубертатного периода и, наконец, период полового созревания и подросткового возраста. Отметим, что здесь возможны и другие варианты выделения возрастных групп, но для целей настоящего исследования предложенная группировка представляется оптимальной.

© Карапетян, М.К., Куфтерин, В.В., 2026
© Karapetian, M.K., Kufterin, V.V., 2026

модели этот показатель аппроксимирован в качестве средней квадратичной ошибки (MSE) – усредненных значений стандартных ошибок для каждого наблюдения (Куфтерин, 2024; Cardoso et al., 2014, 2017). Допущения моделей проверялись путем анализа регрессионных остатков на нормальность распределения, гомоскедастичность (критерий Бройша – Пагана), автокорреляцию (критерий Дарбина – Уотсона) и соответствие нулевому математическому ожиданию.[3] Средняя величина абсолютных значений (MAR) и средняя величина (MR) остатков использовались в качестве показателей точности и смещения регрессионных оценок соответственно.

Для внешней валидации моделей привлечены данные по детско-подростковой выборке неолитической серии Сахтыш IIa (Федосова, 1997). Использовались измерения окружности середины диафиза бедренной кости индивидов, у которых определения возраста проведены по срокам прорезывания зубов и дополнены сведениями по порядку срастания эпифизов. В качестве точечной оценки возраста использована середина определенного возрастного интервала (Федосова, 1997, с. 70). Анализ изменчивости нормализованных отношений окружности диафиза к его длине и ширины дистального метафиза к окружности диафиза в возрастных группах проводился с использованием критерия Краскела – Уоллиса с последующими апостериорными сравнениями тестом Манна – Уитни. В этом случае критическим признавался уровень значимости 0,017 (три попарных сравнения), во всех остальных расчетах принят уровень значимости 0,05.

Результаты

Данные по возрастной изменчивости окружности середины диафиза бедренной кости представлены в таблице 1. Величина признака закономерно и в целом постепенно увеличивается с возрастом, что подтверждается величиной коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r_s = 0,95; p = 0,00). Примечательно, что величины стандартных отклонений заметно повышены у 13–14-летних индивидов по сравнению с представителями младших возрастных категорий. Применение критерия Левена дает возможность констатировать, что дисперсии в подгруппах детей ≤ 2 (*SD* = 5,80), 3–10 (*SD* = 6,76) и > 10 лет (*SD* = 8,62) достоверно различаются ($F_{2,78}$ = 3,49; p = 0,035). Вариабельность признака, таким образом, увеличивается с возрастом и достигает максимума у индивидов старшей возрастной группы.

Таблица 1. Основные статистические характеристики возрастных изменений окружности середины диафиза бедренной кости (мм)
Table 1. Basic statistics for femur midshaft circumference (mm) in each age group. Statistics include mean (M), standard deviation (SD) and range

Возраст (лет) Age (yrs)	N	M	SD	Min	Max
0 (0,00–0,49)	7	26,0	5,00	17,9	33,0
1 (0,50–1,49)	8	31,5	2,52	27,0	35,0
2 (1,50–2,49)	4	38,1	3,07	35,0	41,0
3 (2,50–3,49)	5	41,3	3,82	37,0	45,5
4 (3,50–4,49)	8	43,5	4,63	37,0	49,0
5 (4,50–5,49)	4	43,1	5,45	39,0	51,0
6 (5,50–6,49)	7	49,8	4,06	43,0	55,0
7 (6,50–7,49)	6	48,0	2,30	45,0	51,0
8 (7,50–8,49)	5	51,1	3,79	47,0	57,0
9 (8,50–9,49)	5	55,4	4,77	50,2	63,0
10 (9,50–10,49)	4	59,8	2,87	58,0	64,0
11 (10,50–11,49)	3	59,0	1,73	57,0	60,0
12 (11,50–12,49)	3	60,0	3,46	58,0	64,0
13 (12,50–13,49)	3	62,2	7,22	58,0	70,5
14 (13,50–14,49)	3	69,3	9,07	59,0	76,0
15 (14,50–15,49)	4	74,9	4,13	69,5	79,0
16 (15,50–16,49)	2	74,0	12,02	65,5	82,5

Кривая локальной регрессии с параметром сглаживания 0,7 (учетом 70% точек при расчете тренда) дана на рисунке 1. Она довольно монотонно идет вверх с наиболее резким подъемом в интервале x = 0–2 и наибольшим разбросом точек в интервале x = 13–14. Регрессионные модели для определения возраста по окружности

3 Подробнее о специальных терминах регрессионного анализа см.: (Куфтерин, 2024).

© Карапетян, М.К., Куфтерин, В.В., 2026
© Karapetian, M.K., Kufterin, V.V., 2026

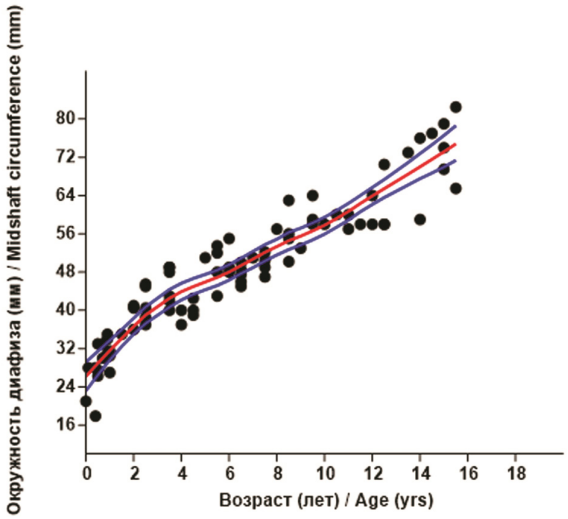


Рисунок 1. Скаттерограмма взаимосвязи зубного возраста и окружности середины диафиза бедренной кости, аппроксимированная кривой локальной регрессии с параметром сглаживания 0,7 и отображением 95%-го доверительного интервала
Figure 1. Scattergram of dental age vs. femur midshaft circumference fit with a LOESS regression line using a smoothing parameter of 0.7 and display a 95% confidence interval

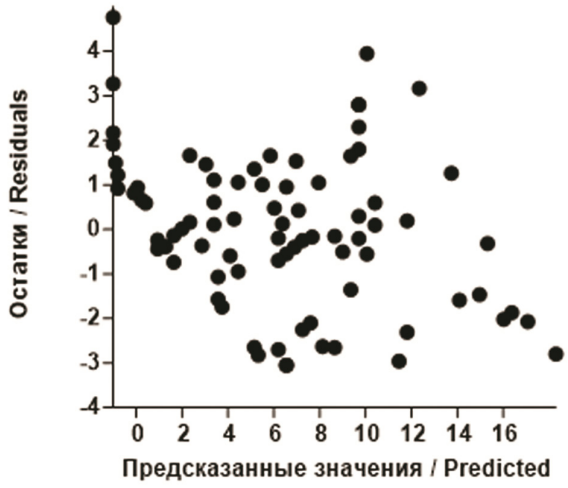


Рисунок 2. Скаттерограмма регрессионных остатков в линейной модели взаимосвязи окружности середины диафиза с предсказанными значениями зубного возраста. График показывает относительно случайное распределение остатков, за исключением очень маленьких костей, возрастные оценки по которым стабильно занижены
Figure 2. Residual plot for the linear regression equation for femur midshaft circumference and dental age. The plot shows a relatively random distribution of error with the exception of the very small bones, which tend to consistently underestimate dental age by the linear equation

середины диафиза бедренной кости приведены в таблицах 2 и 3. Судя по коэффициенту детерминации, они объясняют дисперсию зависимой переменной на 87,7%, то есть являются высокоинформативными и значимыми по величине *F*-критерия. Скаттерограмма регрессионных остатков, представленная на рисунке 2, демонстрирует отсутствие систематической структуры их распределения, за исключением очень маленьких костей, возрастные оценки по которым стабильно занижены (положительные остатки). Независимость случайных ошибок при этом подтверждается результатами теста Дарбина – Уотсона как для обратной (*DW* = 1,91; *p* = 0,349), так и для классической калибровочной моделей (*DW* = 1,87; *p* = 0,296). Дисперсия остатков, в соответствии с результатами теста Бройша – Пагана, постоянна как в обратной (*BP* = 1,18; *p* = 0,276), так и в классической калибровочной моделях (*BP* = 0,81; *p* = 0,369). Остатки имеют нормальное и соответствующее нулевому математическому ожиданию распределение (MR = 0,00), практически одинаковый разброс на всем протяжении предсказанных значений и независимы от наблюдений. Судя по величинам стандартной ошибки (SE_e) в случае обратной модели и средней абсолютных значений остатков (MAR) в случае классической калибровочной, обе модели демонстрируют практически одинаковую точность прогнозирования. Три аномальных значения (аутлаера) – индивиды Боголюбовка 3/1 (15,5 лет), Чумарово 13/10 (0,4 лет) и Каранаево 8/7 (14,0 лет) существенно не изменяют параметров моделей. Их непопадание в 95%-й доверительный интервал обусловлено очень малыми для данных возрастов величинами окружности середины диафиза бедренной кости – 65,5 мм, 17,9 мм и 59,0 мм соответственно. Применение предложенных регрессионных формул для определения возраста проиллюстрировано на рисунке 3.

Уравнение линейной регрессии для определения длины бедренной кости по величине окружности середины диафиза приведено в таблице 2, график линии регрессии дан на рисунке 4, а скаттерограмма регрессионных остатков – на рисунке 5. Условие гомоскедастичности последних соблюдается (*BP* = 0,11; *p* = 0,744), однако величина критерия Дарбина – Уотсона (*DW* = 1,56; *p* = 0,049) указывает на наличие положительной автокорреляции на границе статистической значимости. Последнее может свидетельствовать о занижении стандартных ошибок коэффициентов регрессии. Модель, тем не менее, нужно признать информативной и

© Карапетян, М.К., Куфтерин, В.В., 2026
© Karapetian, M.K., Kufterin, V.V., 2026

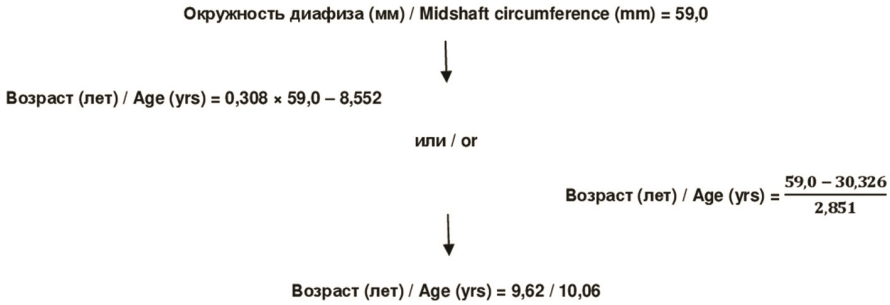


Рисунок 3. Пример использования предложенных формул для определения возраста смерти детей и подростков по окружности середины диафиза бедренной кости
Figure 3. An example on how to apply the proposed equations to obtain subadult age-at-death estimation based on femur midshaft circumference

Таблица 2. Уравнения и статистические характеристики моделей линейной регрессии для определения зубного возраста и длины диафиза бедренной кости
Table 2. Inverse functions for dental age and femur diaphyseal length prediction and statistics of the linear regression models

Формула / Inverse functions*	N	R^2	SE_e	F	*p*
Возраст (Age) = (0,308 × FMC) – 8,552	81	0,877	± 1,62 лет (yrs)	564,58	0,000
Длина диафиза (Diaphyseal length) = (5,991 × FMC) – 63,001	56	0,947	± 19,17 мм (mm)	965,62	0,000
Возраст (Age) = (0,055 × FDL) – (0,015 × FMC) – 5,442	56	0,928	± 1,24 лет (yrs)	339,06	0,000

Примечания. * FMC = окружность середины диафиза бедренной кости (мм), FDL = длина диафиза бедренной кости (мм).
Notes. * FMC = femur midshaft circumference (mm) and FDL = femur diaphyseal length (mm).

значимой как по величине коэффициента детерминации (94,7%), так и *F*-критерия.

Наконец, уравнение множественной линейной регрессии для определения возраста по длине и окружности середины диафиза бедренной кости также приведено в таблице 2. Модель обладает высокой информационной способностью, объясняя 92,8% дисперсии зависимой переменной, и является статистически значимой по величине *F*-критерия. Стандартная ошибка определения прогнозируемой величины (SE_e), то есть возраста, здесь ожидаемо меньше, чем при использовании данных только по окружности диафиза. Однако последний фактор в этой модели статистически незначим (p = 0,786) и уравнение необходимо привести к следующему виду: Y (возраст) = (0,055 × длина диафиза без эпифизов в мм) – 5,442. Такая трансформация обусловлена наличием критической мультиколлинеарности, которая обнаруживается не только при расчете парной корреляции между длиной и окружностью диафиза (r_p = 0,97; p = 0,00), но и коэффициента VIF (Variance Infiltration Factor). Значение последнего оказывается очень высоким (VIF = 16,9) и требует удаления одного из параметров для повышения устойчивости оценок модели.

Таблица 3. Уравнение классической калибровочной модели для окружности середины диафиза бедренной кости (FMC) со средней квадратичной ошибкой прогнозирования (MSE), процентом индивидов, попадающих в 95%-й доверительный интервал определенного зубного возраста, средней абсолютных значений (MAR) и средней величиной (MR) остатков
Table 3. Classical calibration model with mean standard error of prediction (MSE), percentage of individuals who fall within the 95% confidence interval (% Range), mean absolute residuals (MAR), and mean residuals (MR), for femur midshaft circumference (FMC)

N	81
Формула / Equation	(FMC – 30,326) / 2,851
MSE	0,24
R^2	0,877
M	48,4
SD	13,98
Min – Max	17,9 – 82,5
Доля совпадений (%) / % Range	96,3
MAR	1,38
MR	0,00

© Карапетян, М.К., Куфтерин, В.В., 2026
© Karapetian, M.K., Kufterin, V.V., 2026

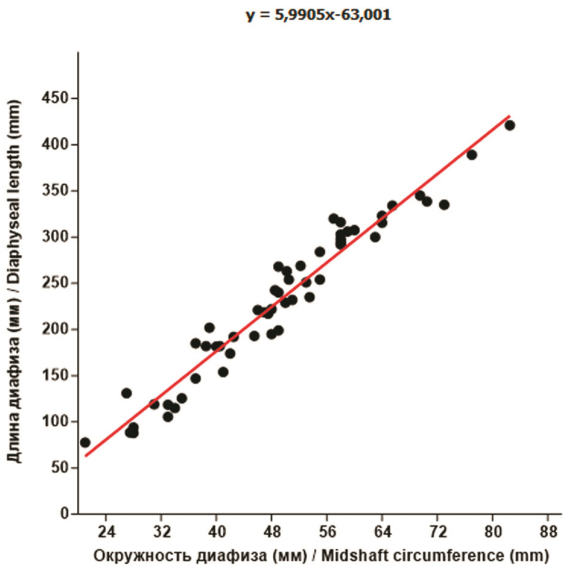


Рисунок 4. Скаттерограмма взаимосвязи окружности середины и длины диафиза бедренной кости с регрессионной прямой, построенной по уравнению $Y = \beta_0 + \beta_1 X$

Figure 4. Scattergram of femur midshaft circumference vs. diaphyseal length with overlaid linear regression line of the form $Y = \beta_0 + \beta_1 X$

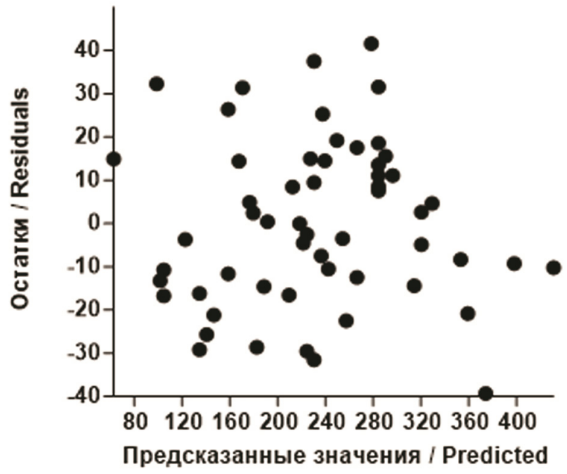


Рисунок 5. Скаттерограмма регрессионных остатков в линейной модели взаимосвязи окружности середины с предсказанными значениями длины диафиза бедренной кости

Figure 5. Residual plot for the linear regression equation for femur midshaft circumference and diaphyseal length

Результаты внешней валидации обратной и классической калибровочной моделей определения возраста по окружности диафиза бедренной кости на данных по детско-подростковой выборке неолитической стоянки Сахтыш IIa (Федосова, 1997) приведены в таблице 4. Значения одновыборочного *t*-критерия свидетельствуют, что средние регрессионных остатков достоверно не отличаются от нуля при использовании как обратной (t = 0,89; df = 4; p = 0,421), так и классической калибровочной моделей (t = –1,10; df = 4; p = 0,333). При этом сумма регрессионных остатков обратной модели составляет величину 1,38, что говорит о некотором занижении предсказанного возраста, по сравнению с определенным. Для классической калибровочной модели соответствующая величина отрицательная (–1,60), что показывает противоположную тенденцию – некоторое завышение оценок по сравнению с серединами интервалов определенного возраста детей неолитической серии.

Рассмотрение таблицы 5 свидетельствует, что возрастные группы достоверно различаются как по отношению окружности середины диафиза к его длине без эпифизов, так и по отношению окружности к ширине дистального метафиза бедренной кости. Апостериорные сравнения критерием Манна – Уитни с поправкой на множественные сравнения позволяют отметить, что дети ≤ 2 лет характеризуются достоверно более массивным диафизом по сравнению с детьми 3–10 (U = 23,00; Z = 4,36; p = 0,000) и старше 10 лет (U = 2,00; Z = 4,11; p = 0,000), которые также значимо различаются между собой (U = 96,00; Z = 2,61; p = 0,009). С возрастом, таким образом, происходит постепенное уменьшение величины окружности кости относительно ее длины. Данные по метафизарно-диафизарному указателю демонстрируют, что дети 3–10 лет характеризуются расширением дистального отдела бедренной кости относительно ее окружности. Величины этого индекса в младшей и старшей группах близки и свидетельствуют об отсутствии заметного расширения метафиза. Достоверные различия по этому признаку имеются, однако, только между детьми 3–10 и > 10 лет (U = 59,00; Z = 2,58; p = 0,010). Таким образом, ширина метафиза относительно окружности диафиза бедренной кости заметно меняется с возрастом, характеризуясь преобладанием активного роста в широтном направлении в препубертатный период.

Обсуждение

Рассчитанные коэффициенты корреляции между окружностью середины диафиза бедренной кости и зубным возрастом, а также между этим признаком и длиной диафиза высоки и статистически значимы. Величина R^2 (0,88) для опреде-

© Карапетян, М.К., Куфтерин, В.В., 2026
© Karapetian, M.K., Kufterin, V.V., 2026

Таблица 4. Сравнение оценок определенного возраста и возраста, предсказанного по уравнениям линейной регрессии для окружности середины диафиза бедренной кости с использованием обратной (1) и классической калибровочной (2) моделей в выборке детей и подростков неолитической стоянки Сахтыш IIa

Table 4. Comparison of estimated age and age predicted using inverse (1) and classical calibration (2) models for femur midshaft circumference in the subadult sample from Sakhtysh IIa Neolithic site

Погребение / Burial No.	43	50	63	67	24
Возраст (лет) / Age (yrs)*	5–6	4–5	11–13	17–19	14–16
Окружность диафиза (мм) / Midshaft circumference (mm)*	47,0	42,0	65,0	82,0	77,0
Предсказанное значение возраста / Predicted age (1)	5,924	4,384	11,468	16,704	15,164
Регрессионные остатки / Error in predicting age (1)	–0,424	0,116	0,523	1,296	–0,164
Предсказанное значение возраста / Predicted age (2)	5,848	4,095	12,162	18,125	16,371
Регрессионные остатки / Error in predicting age (2)	–0,348	0,405	–0,162	–0,125	–1,371
Округленное предсказанное значение возраста / Rounded predicted age (yrs)	6 (6)	4 (4)	11 (12)	17 (18)	15 (16)
Округленная ошибка оценки возраста / Rounded error in predicting age (yrs)	0 (0)	0 (0)	–0,5 (0)	–1 (0)	0 (1)

Примечания. * Данные В.Н. Федосовой и М.В. Козловской (Добровольской) (Федосова, 1997, табл. 20–22).

Notes. * Age estimations and femur midshaft circumference measurements following Fedosova and Dobrovolskaya (Fedosova, 1997, Table 20–22).

Таблица 5. Значения нормированных отношений признаков массивности в возрастных группах и результаты теста Краскела – Уоллиса

Table 5. Results of Kruskal – Wallis ANOVA of the two normalized ratios of morphological measures against relative age

Возрастная группа Age group	N	M	SD	Min	Max	Тест Краскела – Уоллиса Kruskal –Wallis ANOVA
Указатель массивности диафиза / Midshaft circumference to diaphyseal length ratio						
≤ 2 лет (yrs)	12	27,8	3,45	20,6	31,8	$H = 27{,}26$; df = 2; $p = 0{,}000$
3–10 лет (yrs)	30	21,2	1,82	18,3	25,2	
> 10 лет (yrs)	13	19,7	0,98	17,8	21,8	
Метафизарно-диафизарный указатель массивности / Max metaphyseal width to midshaft circumference ratio						
≤ 2 лет (yrs)	7	95,0	6,30	85,7	103,3	$H = 8{,}51$; df = 2; $p = 0{,}014$
3–10 лет (yrs)	24	101,3	7,99	89,3	120,3	
> 10 лет (yrs)	11	94,1	4,70	87,3	101,6	

ления возраста по окружности диафиза ожидаемо ниже коэффициентов детерминации, полученных на документированных сериях для длин диафизов, но выше чем для ширины метафизов и практически такая же, как для эпифизов бедренной кости (Rissech et al., 2008; Cardoso et al., 2014, 2017). Этот результат соотносится с мнением о том, что «…любое из измерений бедренной кости, по-видимому, может служить полезным источником для оценки возраста невзрослых индивидов как из археологических, так и судебно-медицинских выборок» (Rissech et al., 2008, p. 1). Величина R^2 (0,95) для определения длины диафиза по размерам окружности чуть ниже коэффициентов, полученных для реконструкции этого признака по размерам головки и шейки кости, но выше, чем для ширины дистального метафиза (Hoppa, Gruspier, 1996). Рассчитанная на изученном материале величина коэффициента корреляции Пирсона между окружностью середины диафиза и его длиной (0,97) заметно выше, чем корреляции между этим измерением и длиной бедренной кости у взрослых – по-видимому, в пределах 0,6–0,7 (Nath, Badkur, 1999; Attia et al., 2021). Снижение коэффициентов корреляции между поперечными (окружностью) и продольными (длиной) размерами с возрастом, по всей видимости, обусловлено вариабельностью в размерах эпифизов.

Повышенная изменчивость в размерах окружности середины диафиза бедренной кости у детей > 10 лет, очевидно, связана с тем, что этот признак приобретает выраженный половой диморфизм (Black, 1978; Nath, Badkur, 1999; Safont et al., 2000). Окружность и диаметры середины диафиза, абсолютно увеличиваясь в размерах параллельно с увеличением массы тела у детей (Visser, 1998; Bertocci et al., 2022) и далее на протяжении постнатального онтогенеза

© Карапетян, М.К., Куфтерин, В.В., 2026
© Karapetian, M.K., Kufterin, V.V., 2026

(Black, 1978; Pfeiffer, 1980), с возрастом уменьшаются относительно длины кости, что приводит к меньшей массивности диафиза у детей старших возрастов по сравнению с младшими и обусловлено гетерохронией процессов аппозиционного и эндохондрального роста (Mays, 2018). Наибольшую ширину дистального метафиза относительно окружности диафиза бедренной кости у детей 3–10 лет, по-видимому, следует рассматривать не как проявление филогенетического закона (Штефко, 1947, с. 77–78), а как проявление адаптации к преобладающим медиолатеральным нагрузкам во время ходьбы и формирования зрелой походки, которое завершается не ранее 4–5 лет (Cowgill et al., 2010; Swan et al., 2020). Сходное соотношение ширины метафиза к окружности середины диафиза у маленьких детей и представителей старшей возрастной группы, вероятно, следует объяснять биомеханической адаптацией к более разнообразным режимам нагрузки в периоды до начала самостоятельного передвижения в первом случае и к преобладающим нагрузкам в переднезаднем направлении – во втором (Cowgill et al., 2010; Swan et al., 2020).

Относительно практического использования предложенных регрессионных формул определения возраста по окружности середины диафиза бедренной кости отметим, что обратная и классическая калибровочная модели демонстрируют практически идентичные результаты, в том числе при внешней валидации на неолитическом материале. При схожей точности и сопоставимой величине ошибок оценки возраста можно, тем не менее, предположить большую устойчивость классической калибровочной модели. Полученный результат согласуется с положением, что при работе в пределах референсных данных существенных отличий при использовании обратной и классической калибровочной регрессии не наблюдается (Куфтерин, 2024; Bartholdy, Waters-Rist, 2019). С этим замечанием связано ключевое ограничение настоящего исследование – предложенные регрессионные модели разработаны на материалах археологической, а не документированной коллекции. Наилучшую работоспособность они теоретически должны демонстрировать на выборках конкретной территориально-хронологической приуроченности (поздняя бронза Волго-Уральского региона). В идеале, для каждой новой серии требуется разработка собственных уравнений регрессии для определения возраста в случае невозможности его установления традиционным способом с использованием зубных критериев. В любом случае необходимой следует признать более широкую внешнюю валидацию предложенных моделей.

Заключение

1. Окружность середины диафиза бедренной кости детей и подростков обнаруживает очень тесную положительную корреляционную связь с зубным возрастом и длиной диафиза без эпифизов. Предложенные регрессионные формулы могут применяться для определения биологического возраста индивидов из схожих археологических контекстов в случае невозможности использования зубных критериев, а также для реконструкции длины диафиза бедренной кости. Требуется более широкая внешняя валидация полученных регрессионных моделей.

2. Абсолютная величина окружности середины диафиза бедренной кости закономерно увеличивается в постнатальном онтогенезе, обнаруживая наибольшую вариабельность у индивидов пубертатного возраста по сравнению с представителями младших возрастных групп. Этот факт, очевидно, связан с половым диморфизмом по данному признаку.

3. С возрастом происходит линейное уменьшение массивности бедренной кости, проявляющееся в понижении указателя, выражающего отношение величины окружности середины диафиза к его длине без эпифизов. Метафизарно-диафизарный указатель демонстрирует наибольшую величину в группе детей 3–10 лет и достоверно не различается у индивидов в возрасте ≤ 2 и > 10 лет. Наибольший рост дистального метафиза в широтном направлении относительно окружности диафиза бедренной кости приходится на период до полового созревания.

Список литературы

Алексеев В.П. Остеометрия: Методика антропологических исследований. М.: Наука. 1966. 252 с.

Карапетян М.К. Стертость зубов у детей и подростков скотоводов эпохи поздней бронзы Среднего Поволжья и Приуралья // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2025. № 1 (68). С. 138–150. https://doi.org/10.20874/2071-0437-2025-68-1-11

Карапетян М.К., Куфтерин В.В. К разработке программы палеоауксологического исследования // Вестник Московского университета. Серия XXIII.

© Карапетян, М.К., Куфтерин, В.В., 2026
© Karapetian, M.K., Kufterin, V.V., 2026

Антропология. 2020. № 1. С. 72–86. https://doi.org/10.32521/2074-8132.2020.1.072-086

Куфтерин В.В. Определение возраста по диафизарным длинам костей конечностей детей 0–12 лет из Гонур-депе, Туркменистан // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2024. № 2. С. 93–104. https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-24-2-8

Федосова В.Н. Некоторые аспекты исследования процессов роста и развития в палеопопуляциях (на примере неолитической стоянки Сахтыш IIа) // Неолит лесной полосы Восточной Европы (антропология Сахтышских стоянок) / Отв. ред. Т.И. Алексеева. М.: Научный мир. 1997. С. 69–74.

Шевцов В.И., Свешников А.А., Репина И.В., Ральникова С.В., Обанина Н.Ф. Возрастные изменения минеральной плотности костей скелета детей и подростков // Гений ортопедии. 2005. № 4. С. 146–154.

Штефко В.Г. Возрастная остеология: Учение об анатомических и гистоструктурных особенностях скелета ребенка. М.; Л., 1947. 196 с.

AlQahtani S.J., Hector M.P., Liversidge H.M. Brief communication: The London Atlas of human tooth development and eruption. *American Journal of Physical Anthropology*, 2010, 142, pp. 481–490. https://doi.org/10.1002/ajpa.21258

Attia M.H., Badr El-Dine F.M.M., Aly El-Sekily N.M. Reconstruction of femur length using the epiphysial and diaphysial diameters in contemporary Egyptian sample, with application to ancient Egyptians. *Human Biology*, 2021, 92 (4), pp. 229–245. https://doi.org/10.13110/humanbiology.92.4.03

Bartholdy B.P., Waters-Rist A. A question of calibration: Comparing the effect of inverse and classical calibration regression on age-at-death estimates. *21st Annual Meeting of the British Association for Biological Anthropology and Osteoarchaeology*. Poster presentation. London, Natural History Museum, 2019. Available at: https://www.researchgate.net/publication/335839849_A_Question_of_Calibration_Comparing_the_effects_of_inverse_and_classical_calibration_regression_on_age-at-death_estimates (accessed: 17.08.2026).

Bertocci G., Brown N.P., Thompson A., Bertocci K., Adolphi N.A. et al. Femur morphology in healthy infants and young children. *Clinical Anatomy*, 2022, 35, pp. 305–315. https://doi.org/10.1002/ca.23825

Black T.K. A new method for assessing the sex of fragmentary skeletal remains: Femoral shaft circumference. *American Journal of Physical Anthropology*, 1978, 48, pp. 227–232.

Buikstra J.E., Ubelaker D.H. (Eds.). *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*. Fayetteville, Arkansas Archaeological Survey, 1994. VI, 266 p.

Cardoso H.F.V., Abrantes J., Humphrey L.T. Age estimation of immature human skeletal remains from the diaphyseal length of the long bones in the postnatal period. *International Journal of Legal Medicine*, 2014, 128, pp. 809–824. https://doi.org/10.1007/s00414-013-0925-5

Cardoso H.F.V., Vandergugten J.M., Humphrey L.T. Age estimation of immature human skeletal remains from the metaphyseal and epiphyseal widths of the long bones in the post-natal period. *American Journal of Physical Anthropology*, 2017, 162, pp. 19–35. https://doi.org/10.1002/ajpa.23081

Cowgill L.W., Warrener A., Pontzer H., Ocobock C. Waddling and toddling: The biomechanical effects of an immature gait. *American Journal of Physical Anthropology*, 2010, 143, pp. 52–61. https://doi.org/10.1002/ajpa.21289

Frisancho A.R., Garn S.M., Ascoli W. Subperiosteal and endosteal bone apposition during adolescence. *Human Biology*, 1970, 42 (4), pp. 639–664.

Hoppa R.D., Gruspier K.L. Estimating diaphyseal length from fragmentary subadult skeletal remains: Implications for palaeodemographic reconstructions of a southern Ontario ossuary. *American Journal of Physical Anthropology*, 1996, 100, pp. 341–354.

Martin R., Saller K. *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung: Mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden*. 3 Aufl. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1957. 670 p.

Mays S. The Study of Growth in Skeletal Populations. In: *The Oxford Handbook of the Archaeology of Childhood*. Ed. by S. Crawford, D.M. Hadley, and G. Shepherd. Oxford, Oxford University Press, 2018, pp. 71–90.

Mizushima S., Suwa G., Hirata K. A comparative analysis of fetal to subadult femoral midshaft bone distribution of prehistoric Jomon hunter-gatherers and modern Japanese. *Anthropological Science*, 2016, 124 (1), pp. 1–15. https://doi.org/10.1537/ase.151104

Nath S., Badkur P. Estimation of femoral length through fragmentary bone dimensions. *Journal of Human Ecology*, 1999, 10 (2), pp. 137–142.

Pfeiffer S. Age changes in the external dimensions of adult bone. *American Journal of Physical Anthropology*, 1980, 52, pp. 529–532.

Rissech C., Schaefer M., Malgosa A. Development of the femur – Implications for age and sex determination. *Forensic Science International*, 2008, 180, pp. 1–9. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.06.006

Safont S., Malgosa A., Subirà M.E. Sex assessment on the basis of long bone circumference. *American Journal of Physical Anthropology*, 2000, 113, pp. 317–328.

Swan K.R., Ives R., Wilson L.A.B., Humphrey L.T. Ontogenetic changes in femoral cross-sectional geometry during childhood locomotor development. *American Journal of Physical Anthropology*, 2020, 173, pp. 80–95. https://doi.org/10.1002/ajpa.24080

Visser E.P. Little waifs: Estimating child body size from historic skeletal material. *International Journal of Osteoarchaeology*, 1998, 8, pp. 413–423.

References

AlQahtani S.J., Hector M.P., Liversidge H.M. Brief communication: The London Atlas of human tooth development and eruption. *American Journal of Physical Anthropology*, 2010, 142, pp. 481–490. https://doi.org/10.1002/ajpa.21258

Attia M.H., Badr El-Dine F.M.M., Aly El-Sekily N.M. Reconstruction of femur length using the epiphysial and diaphysial diameters in contemporary Egyptian sample, with application to ancient Egyptians. *Human Biology*, 2021, 92 (4), pp. 229–245. https://doi.org/10.13110/humanbiology.92.4.03

Bartholdy B.P., Waters-Rist A. A question of calibration: Comparing the effect of inverse and classical calibration regression on age-at-death estimates. *21st Annual Meeting of the British Association for Biological Anthropology and Osteoarchaeology*. Poster presentation. London, Natural History Museum, 2019. Available at: https://www.researchgate.net/publication/335839849_A_Question_of_Calibration_Comparing_the_effects_of_inverse_and_classical_calibration_regression_on_age-at-death_estimates (accessed: 17.08.2026).

Bertocci G., Brown N.P., Thompson A., Bertocci K., Adolphi N.A. et al. Femur morphology in healthy infants and young children. *Clinical Anatomy*, 2022, 35, pp. 305–315. https://doi.org/10.1002/ca.23825

Black T.K. A new method for assessing the sex of fragmentary skeletal remains: Femoral shaft circumfer-

© Карапетян, М.К., Куфтерин, В.В., 2026
© Karapetian, M.K., Kufterin, V.V., 2026

ence. *American Journal of Physical Anthropology*, 1978, 48, pp. 227–232.

Buikstra J.E., Ubelaker D.H. (Eds.). *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*. Fayetteville, Arkansas Archaeological Survey, 1994. vi, 266 p.

Cardoso H.F.V., Abrantes J., Humphrey L.T. Age estimation of immature human skeletal remains from the diaphyseal length of the long bones in the postnatal period. *International Journal of Legal Medicine*, 2014, 128, pp. 809–824. https://doi.org/10.1007/s00414-013-0925-5

Cardoso H.F.V., Vandergugten J.M., Humphrey L.T. Age estimation of immature human skeletal remains from the metaphyseal and epiphyseal widths of the long bones in the post-natal period. *American Journal of Physical Anthropology*, 2017, 162, pp. 19–35. https://doi.org/10.1002/ajpa.23081

Cowgill L.W., Warrener A., Pontzer H., Ocobock C. Waddling and toddling: The biomechanical effects of an immature gait. *American Journal of Physical Anthropology*, 2010, 143, pp. 52–61. https://doi.org/10.1002/ajpa.21289

Fedosova V.N. Some aspects of studying the processes of growth and development in palaeopopulations (based on materials of Sakhtysh IIa Neolithic site). In: *Neolithic of the Forest Zone of Eastern Europe (Anthropology of the Sakhtysh Sites)*. Ed. by T.I. Alekseeva. Moscow, Nauchniy mir Publ., 1997, pp. 69–74. (In Russ.).

Frisancho A.R., Garn S.M., Ascoli W. Subperiosteal and endosteal bone apposition during adolescence. *Human Biology*, 1970, 42 (4), pp. 639–664.

Hoppa R.D., Gruspier K.L. Estimating diaphyseal length from fragmentary subadult skeletal remains: Implications for palaeodemographic reconstructions of a southern Ontario ossuary. *American Journal of Physical Anthropology*, 1996, 100, pp. 341–354.

Karapetian M.K. Dental wear in non-adults of Late Bronze Age pastoralists from Middle Volga and Southern Ural regions. *Vestnik Arheologii, Antropologii i Etnografii*, 2025, 1 (68), pp. 138–150. (In Russ.). https://doi.org/10.20874/2071-0437-2025-68-1-11

Karapetian M.K., Kufterin V.V. Developing the protocol for paleoauxological study. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Anthropologiya*, 2020, 1, pp. 72–86. (In Russ). https://doi.org/10.32521/2074-8132.2020.1.072-086

Kufterin V.V. Age estimation using diaphyseal long bone lengths in a non-adult skeletal sample from Gonur Depe, Turkmenistan. *Lomonosov Journal of Anthropology*, 2024, 2, pp. 93–104. (In Russ). https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-24-2-8

Martin R., Saller K. *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung: Mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden*. 3 Aufl. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1957. 670 p.

Mays S. The Study of Growth in Skeletal Populations. In: *The Oxford Handbook of the Archaeology of Childhood*. Ed. by S. Crawford, D.M. Hadley, and G. Shepherd. Oxford, Oxford University Press, 2018, pp. 71–90.

Mizushima S., Suwa G., Hirata K. A comparative analysis of fetal to subadult femoral midshaft bone distribution of prehistoric Jomon hunter-gatherers and modern Japanese. *Anthropological Science*, 2016, 124 (1), pp. 1–15. https://doi.org/10.1537/ase.151104

Nath S., Badkur P. Estimation of femoral length through fragmentary bone dimensions. *Journal of Human Ecology*, 1999, 10 (2), pp. 137–142.

Pfeiffer S. Age changes in the external dimensions of adult bone. *American Journal of Physical Anthropology*, 1980, 52, pp. 529–532.

Rissech C., Schaefer M., Malgosa A. Development of the femur – Implications for age and sex determination. *Forensic Science International*, 2008, 180, pp. 1–9. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.06.006

Safont S., Malgosa A., Subirà M.E. Sex assessment on the basis of long bone circumference. *American Journal of Physical Anthropology*, 2000, 113, pp. 317–328.

Shevtsov V.I., Sveshnikov A.A., Repina I.V., Ralinikova S.V., Obanina N.F. Age-related changes of skeletal bone mineral density in children and adolescents. Orthopaedic Genius, 2005, 4, pp. 146–154. (In Russ.). Alekseev V.P. *Osteometry: Methodology of Anthropological Research.* Moscow, Nauka Publ., 1966. 252 p. (In Russ.).

Shtefko V.G. *Developmental Osteology: The Doctrine of the Anatomical and Histostructural Features of the Child Skeleton*. Moscow, Leningrad, Academy of Pedagogical Sciences of the RSFSR Publ., 1947. 196 p. (In Russ.).

Swan K.R., Ives R., Wilson L.A.B., Humphrey L.T. Ontogenetic changes in femoral cross-sectional geometry during childhood locomotor development. *American Journal of Physical Anthropology*, 2020, 173, pp. 80–95. https://doi.org/10.1002/ajpa.24080

Visser E.P. Little waifs: Estimating child body size from historic skeletal material. *International Journal of Osteoarchaeology*, 1998, 8, pp. 413–423.

Информация об авторах / Information about the authors

Карапетян Марина Кареновна, к.б.н., НИИ и Музей антропологии, Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация
marishkakar@hotmail.com
https://orcid.org/0000-0003-1886-8943

Куфтерин Владимир Владимирович, д.б.н., Институт этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация
vladimirkufterin@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-7171-8998

Karapetian Marina Karenovna, Ph.D., Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation
marishkakar@hotmail.com
https://orcid.org/0000-0003-1886-8943

Kufterin Vladimir Vladimirovich, D. Sci., N.N. Miklukho-Maklai Institute of Ethnology and Anthropology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
vladimirkufterin@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-7171-8998

Поступила в редакцию 02.09.2026.
Получена после доработки 30.09.2026.
Принята к публикации 30.09.2026.

Received 02.09.2026.
Revised 30.09.2026.
Accepted 30.09.2026.

© Карапетян, М.К., Куфтерин, В.В., 2026
© Karapetian, M.K., Kufterin, V.V., 2026