

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АНТРОПОЛОГИЯ / BIOLOGICAL ANTHROPOLOGY

Научная статья / Research Article

<https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-25-4-5>

УДК/UDC 572.5

Соотношение длины ноги и длины тела человека как индекс риска увеличения доли жировой массы тела (на примере выборки чувашей Ядринского района Чувашии)

А.А. Васильева ✉

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Российская Федерация

✉ vasileva@mail.bio.msu.ru

РЕЗЮМЕ

Введение. В связи с высокой распространенностью избыточной массы тела представители научного и медицинского сообществ ищут различные маркеры, указывающие на индивидуальный риск набора лишней жировой массы тела. Одним из подобных маркеров предположительно является соотношение длины ноги и длины тела человека (индекс длинноногости). Существуют данные, что длина ноги отражает влияние экологических факторов на развитие индивидов. В связи с противоречивыми данными о наличии связи индекса длинноногости и доли жировой массы тела целью данной работы является изучение ассоциаций длины ноги и показателей жиротложения на примере выборки чувашей из сел Ядринского района республики Чувашии.

Материалы и методы. В работе проанализированы материалы антропометрического обследования 226 чувашей – жителей сел Ядринского района Чувашии (113 мужчин и 113 женщин) в возрасте 21–85 лет. Были измерены стандартные антропометрические показатели, а также рассчитаны длины ноги, бедра и голени, доля жировой массы тела и индекс длинноногости. Были рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона между изученными признаками и индексами.

Результаты и обсуждение. В мужской и женской группах доля жировой массы тела гораздо теснее связана с обхватом талии ($r = 0,80$ для мужчин и $r = 0,90$ для женщин), чем с индексом длинноногости ($r = 0,04$ для мужчин и $r = 0,05$ для женщин). Обнаружен половой диморфизм связи длин сегментов нижних конечностей с долей жировой массы тела. Длина ноги в мужской группе связана с долей жировой массы тела коэффициентом $r = -0,30$ (у женщин – $r = -0,09$). В нашей работе мы исследовали группу индивидов, однородную по этнотерриториальной принадлежности, однако в нашем распоряжении нет данных об экономическом благосостоянии испытуемых и факторах, оказывающих влияние на их пре- и постнатальное развитие.

Заключение. Обнаруженная другими авторами отрицательная связь индекса длинноногости и процентного содержания жировой ткани в организме в нашем исследовании не подтвердилась. Тем не менее, у мужчин была обнаружена средняя по величине отрицательная связь доли жировой массы тела с длиной ноги и длинами ее сегментов.

Ключевые слова: биологическая антропология; жиротложение; антропометрические индексы; нога; голень; бедро; телосложение

Благодарности. Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В.Ломоносова. Материалы «База данных по морфологическим признакам у взрослого чувашского населения Ядринского района Чувашии (группа 102)» переданы автору доктором биологических наук В.А. Бацевичем в 2023 г. для выполнения настоящего исследования. В настоящее время эти материалы являются частью архивного фонда д.б.н. В.А. Бацевича. Автор выражает глубокую благодарность доктору исторических наук, академику РАН А.П. Бужиловой за идею исследования, ценные замечания и редактирование текста рукописи.

Для цитирования: Васильева А.А. Соотношение длины ноги и длины тела человека как индекс риска увеличения доли жировой массы тела (на примере выборки чувашей Ядринского района Чувашии) // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2025. № 4. С. 56–67. <https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-25-4-5>

Leg-to-height ratio as risk index for increasing the proportion of body fat mass (based on anthropometric survey of Chuvash from the Yadrinsky district of Chuvashia)

Aleksandra A. Vasileva ✉

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

✉ vasileva@mail.bio.msu.ru

ABSTRACT

Introduction. Scientific and medical communities are looking for various markers indicating the individual risk of gaining excess body fat due to the high prevalence of excess body weight. One of such markers is presumably the ratio of leg length to body height (leg-to-height ratio). There is evidence that leg length reflects the influence of environmental factors on the development of individuals. Due to conflicting data on the relationship between the leg-to-height ratio and percentage body fat, the aim of this work is to study the associations of leg length and fat deposition indicators using a sample of Chuvash people from the villages of the Yadrinsky District of the Chuvashia Republic as an example.

Materials and methods. The work analyzes the materials of an anthropometric survey of 226 Chuvash people – residents of the villages of the Yadrinsky District of Chuvashia (113 men and 113 women) aged 21-85 years. Standard anthropometric indicators were measured, and lengths of the leg, thigh and shin, percentage body fat and leg-to-height ratio were calculated. Pearson correlation coefficients between the studied features and indices were also calculated.

Results and discussion. In the male and female groups, the proportion of body fat mass is much more closely related to waist circumference ($r = 0.80$ for men and $r = 0.90$ for women) than to leg-to-height ratio ($r = 0.04$ for men and $r = 0.05$ for women). Sexual dimorphism in the relationship between the lengths of lower limb segments and the proportion of body fat mass was found. Leg length in the male group is related to the proportion of body fat mass by the coefficient $r = -0.30$ (in women $r = -0.09$). In our work, we examined a group of individuals homogeneous in ethno-territorial affiliation, but we do not have data on the economic well-being of the subjects and the factors influencing their pre- and postnatal development.

Conclusion. The negative relationship between leg-to-height ratio and percentage body fat found by other authors was not confirmed in our study. However, in men, a moderate negative association was found between the proportion of body fat and leg length and leg segment lengths.

Keywords: biological anthropology; fat deposition; anthropometric indices; leg; tibia; thigh; body type

Acknowledgements. The study was conducted under the state assignment of Lomonosov Moscow State University. The materials "Database on morphological features in the adult Chuvash population of the Yadrinsky district of Chuvashia (group 102)" were transferred to the author by Doctor of Biology V.A. Batsevich in 2023 to carry out this study. Currently, these materials are part of the archival fund of Dr. V.A. Batsevich. The author expresses his deep gratitude to the Doctor of Historical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences A.P. Buzhilova for the idea of the study, valuable comments and editing of the text of the manual.

For citation: Vasileva A.A. Leg-to-height ratio as risk index for increasing the proportion of body fat mass (based on anthropometric survey of Chuvash from the Yadrinsky district of Chuvashia). *Lomonosov Journal of Anthropology*. 2025 (4), pp. 56-67. <https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-25-4-5>

Введение

Избыточная масса тела и ожирение – состояния, характеризующиеся набором лишней жировой массы. Повышенный индекс массы тела (ИМТ) является фактором риска для развития ряда заболеваний сердечно-сосудистой и пищеварительной системы, нарушений обмена веществ и некоторых онкологических заболеваний. На развитие избыточного жираотложения оказывают влияние многие причины такие, как особенности питания, уровень физической активности, экологические факторы, наследственная предрасположенность и другие. Особую роль играют особенности внутриутробного развития, которые во многом определяются образом жизни матери. На постнатальное нарушение метаболизма ребенка и на дальнейший набор жировой массы уже во взрослом возрасте оказывает влияние в том числе питание матери во время беременности. Причем отрицательно сказывается как избыток, так и недостаток питательных веществ, и зависимость эта нелинейная (Дзгоева, 2015).

В связи с высокой распространенностью (39% людей старше 18 лет имеют избыточную массу тела по данным ВОЗ за 2016 год) представители научного и медицинского сообществ ищут различные маркеры, указывающие на индивидуальный риск набора лишней жировой массы тела, чтобы при необходимости предотвратить развитие болезненных состояний (Ожирение и избыточный вес, Электронный ресурс. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>, дата обращения – 22.01.2025). Такие маркеры – признаки, индексы, – должны быть достаточно простыми в измерении и расчете, чтобы при массовом скрининге населения антропологи или медперсонал легко могли получить такие данные. Одним из подобных индексов предположительно является соотношение длины ноги и длины тела человека (индекс длинноногости). Существуют данные, что длина ноги отражает влияние экологических факторов на развитие индивидов: относительно длинные ноги в сравнении с относительно короткими подразумевают более быстрый рост в детском и подростковом периоде под влиянием более благоприятных средовых факторов, таких как сбалансированность питания, уровень доходов семьи (Scammon, 1930; Krogman, 1972; Tanner, 1978). Следовательно, относительную

длину ног можно считать маркером условий развития. Поскольку условия среды (особенно питание матери во время беременности, которое во многом определяют экономические факторы) оказывают влияние на оба признака – длину ноги и жировую массу тела, ряд исследователей задались вопросом, связан ли индекс длинноногости с величиной доли жировой массы тела, и получили противоречивые результаты. Антрополог А.Р. Фрисанчо из Мичиганского университета (США) показал в своей работе, что такая связь есть: у тучных людей ноги относительно короткие в отличие от индивидов, не имеющих избыточной жировой массы тела (Frisancho, 2007). Ученые из университета Лафборо (Великобритания) считают, что величина доли жировой массы в организме тесно связана с объемом бедер, а с длиной ноги имеется лишь слабая отрицательная связь (Bogin, Varela-Silva, 2008). Обе работы основаны на изучении обширного материала, собранного Национальным центром статистики здравоохранения США с целью оценки состояния здоровья и питания американцев, а именно данных, полученных во время третьего этапа (NHANES III) в 1988–1994 годах (более 20 000 участников). В обеих статьях были рассмотрены три группы населения США: неиспаноязычное белое население, неиспаноязычное черное население и американцы мексиканского происхождения. В связи с полученными противоречивыми результатами и необходимостью проанализировать возможные связи индекса длинноногости и доли жировой массы тела на неамериканском населении целью данной работы является изучение ассоциаций длины ноги и показателей жираотложения на примере выборки чувашей из сел Ядринского района республики Чувашии.

Материалы и методы

Антропологическое обследование чувашей – жителей сел Ядринского района Чувашии – было проведено в 2002 г. сотрудниками НИИ и Музея антропологии МГУ под руководством д.б.н. В.А. Бацевича (Бацевич, Ясина, 2015; Бацевич с соавт., 2017). По стандартному бланку НИИ и Музея антропологии МГУ было измерено 226 человек (113 мужчин и 113 женщин) в возрасте 21–85 лет (Смирнова, Шагурина, 1981). У каждого обследованного оба родителя были чувашами по национальности. Из программы обследования для

настоящего исследования были проанализированы: длина и масса тела, обхваты талии и бедер, длина тела в положении сидя, плечевой и тазовый диаметры, жировые складки под лопаткой, на плече, животе и бедре (на их основе рассчитана сумма четырех жировых складок), а также были использованы высоты остистоподвздошной, верхнеберцовой и нижнеберцовой точек над уровнем пола для расчета длин сегментов ноги: бедра и голени (Бунак, 1941). Дополнительно были рассчитаны следующие индексы:

Индекс массы тела (ИМТ) был вычислен по формуле: $ИМТ = МТ / ДТ^2$, где МТ – масса тела в килограммах, ДТ – длина тела в метрах.

Длина ноги и индекс длинноногости были рассчитаны по следующим формулам, использованным в работе А.Р. Фрисанчо (Frisancho, 2007):

Длина ноги (см) = длина тела – длина тела в положении сидя;

Индекс длинноногости (%) = (длина ноги/длина тела) × 100.

Доля жировой массы тела была рассчитана по формулам Peterson et al. для сопоставления с результатами в работе Б. Богина и М.И. Варэля-Силвы (Peterson et al., 2003; Bogin, Varela-Silva, 2008). Для мужчин: доля жировой массы (%) = $20,94878 + (\text{возраст} \times 0,1166) + (\text{длина тела} \times 0,11666) + (\text{сумма}4 \times 0,42696) - ((\text{сумма}4)^2 \times 0,00159)$.

Формула для женщин: доля жировой массы (%) = $22,18945 + (\text{возраст} \times 0,06368) + (\text{ИМТ} \times 0,60404) - (\text{длина тела} \times 0,14520) + ((\text{сумма}4) \times 0,30919) - ((\text{сумма}4)^2 \times 0,00099562)$. В обоих случаях сумма4 – это сумма жировых складок под лопаткой, на плече, животе и бедре.

Статистическая обработка данных была проведена с помощью среды программирования R и программ Microsoft Excel 2010, Statistica 10.0. Нормальность распределения рассматриваемых признаков была определена с помощью критерия Колмогорова-Смирнова, регрессионный анализ и коэффициенты корреляции Пирсона были использованы для определения величины связи между антропометрическими показателями.

Все материалы комплексного обследования, анализируемые в работе, были собраны с соблюдением правил биоэтики, подписанием протоколов информированного согласия и деперсонифицированием данных.

Результаты

Средний возраст мужчин составил $50,39 \pm 1,64$ года, у женщин – $51,17 \pm 1,63$ года. У мужчин длина ноги составила в среднем $80,59 \pm 0,37$ см при длине тела $167,77 \pm 0,64$ см, а средняя сумма четырех жировых складок – $28,45 \pm 1,05$ мм. У женщин аналогичные показатели закономерно ниже: средняя длина ноги $74,00 \pm 0,33$ см при длине тела $155,31 \pm 0,52$ см, в то время как сумма четырех жировых складок в среднем составила $50,22 \pm 1,59$ мм, что заметно выше, чем у мужчин.

Основные антропометрические характеристики выборки, разделенной по группам ИМТ, представлены в таблицах 1 и 2. У мужчин доля индивидов с недостаточной массой тела составила 4,42% (у женщин 2,65%), а с избыточной массой тела или ожирением – 28,32%. У женщин доля индивидов с избыточной массой тела или ожирением заметно выше, чем у мужчин – 46,90%. Стоит обратить внимание, что при этом средние значения индекса длинноногости в обеих выборках колеблются в пределах 47,62–48,68, практически не различаясь в подгруппах ИМТ (табл. 1, 2).

В нашу выборку были включены взрослые индивиды в возрасте 21–85 лет, поэтому для проверки влияния возрастного фактора на величину рассматриваемых корреляций была проведена нормировка данных. Отдельно были нормированы значения морфологических признаков для мужчин в возрасте до 50 лет и начиная с 50 лет и старше, в связи с тем, что именно у лиц старше 50 лет начинается уменьшаться длина тела и увеличивается жировая масса тела (Bogin, Varela-Silva, 2008). Аналогичная нормировка была проведена для женской группы. По результатам сравнительного анализа возрастных групп выборки вашей, действительно оказалось, что длина ноги мужчин в группе 50+ лет меньше (79,1 см), чем у мужчин моложе 50 лет (82,2 см), $p < 0,05$. Однако значения индекса длинноногости значимо не отличаются: 48,2 для мужчин возрастной категории 50+ и 47,8 для мужчин моложе 50 лет. Так же значимо не отличался средний ИМТ для двух групп (23 кг/м²) и сумма четырех жировых складок (28 мм). Для женщин ситуация аналогичная: длина ноги у лиц группы 50+ лет составила 73,4 см, а для женщин моложе 50 лет – 74,8 см, $p < 0,05$; при этом отсутствуют различия по индексу длинноногости (47,8 для женщин 50+ лет и 47,4 для женщин моложе 50 лет) и по сумме жировых складок (50,8 мм

Таблица 1. Морфофункциональные характеристики чувашей Ядринского района Чувашии (мужчины, N=113)
Table 1. Morphofunctional characteristics of the Chuvash people of the Yadrinsky district of Chuvashia (males, N=113)

Признак Measurements	Недостаточная масса тела ИМТ < 18,5 кг/м ² N=5 BMI < 18,5 kg/m ² N=5	Нормальная масса тела 18,5 кг/м ² ≤ ИМТ < 25 кг/м ² N=76 18,5 кг/м ² ≤ BMI < 25 kg/m ² N=76	Избыточная масса тела и ожирение ИМТ ≥ 25 кг/м ² N=32 BMI ≥ 25 kg/m ² N=32
Возраст, лет Age, years	65,60±3,75	47,54±2,02	54,78±2,87
Длина тела, см Height, cm	161,82±2,18	168,59±0,76	166,75±1,25
Масса тела, кг Body mass, kg	45,64±1,76	62,57±0,78	75,96±1,46
Длина тела сидя, см Height (sitting), cm	83,06±1,55	87,55±0,43	86,94±0,60
Длина бедра, см Thigh length, cm	48,20±0,30	50,81±0,29	49,35±0,44
Длина голени, см Tibia length, cm	37,62±0,41	38,71±0,23	38,00±0,41
Длина ноги, см Leg length, cm	78,76±1,03	81,04±0,42	79,81±0,81
Индекс длинноногости, % Leg-to-height ratio, %	48,68±0,44	48,07±0,12	47,84±0,21
Обхват талии, см Waist circumference, cm	70,24±2,29	78,09±0,60	92,07±1,39
Обхват бедер, см Hip circumference, cm	83,52±1,67	88,42±0,42	94,63±0,68
Диаметр плеч, см Biacromial breadth, cm	35,74±0,43	38,61±0,23	39,41±0,34
Диаметр таза, см Biliac breadth, cm	28,58±0,26	28,93±0,17	29,74±0,24
Сумма четырёх жировых складок, мм The sum of four skinfolds, mm	15,20±2,25	24,16±0,80	40,72±1,75
Доля жировой массы тела, % Fat mass, %	15,81±0,79	16,13±0,39	22,48±0,57

Примечания. В таблице приведены значения признаков в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое значение, m – ошибка среднего арифметического значения. ИМТ – индекс массы тела.
 Notes. The Table demonstrates the values in the form $M \pm m$, where M is the arithmetic mean, m is the error of the arithmetic mean. BMI – body mass index.

для 50+ лет и 49,4 мм для лиц моложе 50 лет). Все корреляции между признаками были рассчитаны как для нормированных значений, так и для нормированных, значимой разницы выявлено не было, поэтому далее приводится описание, даны в таблице 3 и на рисунках 1–4 полученные корреляции для ненормированных зна-

чений признаков (отдельно для мужской и женской групп).

Для изучения ассоциаций между длиной ноги и морфологическими характеристиками были рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона r , приведенные в таблице 3. Доля жировой массы тела довольно тесно связана с обхватом

Таблица 2. Морфофункциональные характеристики чувашей Ядринского района Чувашии (женщины, N=113)

Table 2. Morphofunctional characteristics of the Chuvash people of the Yadrinsky district of Chuvashia (females, N=113)

Признак Measurements	Недостаточная масса тела ИМТ < 18,5 кг/м ² N=5 BMI < 18,5 kg/m ² N=5	Нормальная масса тела 18,5 кг/м ² ≤ ИМТ < 25 кг/м ² N=76 18,5 кг/м ² ≤ BMI < 25 kg/m ² N=76	Избыточная масса тела и ожирение ИМТ ≥ 25 кг/м ² N=32 BMI ≥ 25 kg/m ² N=32
Возраст, лет Age, years	35,67±14,17	47,25±2,51	56,28±1,83
Длина тела, см Height, cm	158,13±5,84	155,43±0,75	155,03±0,71
Масса тела, кг Body mass, kg	44,47±3,95	54,12±0,71	69,93±1,22
Длина тела сидя, см Height (sitting), cm	82,13±2,78	81,38±0,51	81,19±0,43
Длина бедра, см Thigh length, cm	46,50±1,33	46,40±0,31	45,46±0,38
Длина голени, см Tibia length, cm	36,43±1,89	35,80±0,22	35,61±0,23
Длина ноги, см Leg length, cm	76,00±3,07	74,05±0,46	73,83±0,47
Индекс длинноногости, % Leg-to-height ratio, %	48,05±0,19	47,65±0,20	47,62±0,18
Обхват талии, см Waist circumference, cm	62,40±3,65	71,65±0,66	88,11±1,19
Обхват бедер, см Hip circumference, cm	84,93±3,43	90,61±0,51	100,42±0,87
Диаметр плеч, см Biacromial breadth, cm	34,17±2,13	34,68±0,23	35,48±0,21
Диаметр таза, см Biiliac breadth, cm	28,30±0,95	28,95±0,21	30,66±0,23
Сумма четырёх жировых складок, мм The sum of four skinfolds, mm	27,00±4,04	39,02±0,13	63,59±1,77
Доля жировой массы тела, % Fat mass, %	19,79±0,93	26,60±0,40	36,28±0,53

Примечания. В таблице приведены значения признаков в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое значение, m – ошибка среднего арифметического значения. ИМТ – индекс массы тела.

Notes. The Table demonstrates the values in the form $M \pm m$, where M is the arithmetic mean, m is the error of the arithmetic mean. BMI – body mass index.

талии ($r = 0,80$ для мужчин и $r = 0,90$ для женщин), с обхватом бедер у женщин $r = 0,81$ (у мужчин $r = 0,40$), суммой жировых складок ($r = 0,80$ для мужчин и $r = 0,91$ для женщин), а также ИМТ ($r = 0,72$ у мужчин и $r = 0,95$ у женщин). Индекс длинноногости в мужской выборке оказался

наиболее тесно связан со следующими признаками: с длиной тела сидя ($r = -0,35$), длиной бедра ($r = 0,25$), длиной голени ($r = 0,39$) и длиной ноги ($r = 0,56$), а в группе женщин самая тесная связь данного индекса оказалась с диаметром таза ($r = 0,23$).

Таблица 3. Коэффициенты корреляций морфологических признаков, над диагональю для женщин, под диагональю для мужчин
Table 3. Correlation coefficients of morphological features, above the diagonal for women, below the diagonal for men

Признак Measurements	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0. Возраст, лет Age, years		-0,49	0,11	0,32	-0,49	-0,27	-0,26	-0,28	0,15	0,44	0,14	-0,21	0,46	0,07	0,41
1. Длина тела, см Height, cm	-0,63		0,36	-0,04	0,79	0,70	0,70	0,79	0,05	-0,02	0,24	0,61	0,22	0,12	-0,17
2. Масса тела, кг Body mass, kg	-0,31	0,52		0,92	0,25	0,13	0,25	0,31	0,06	0,86	0,92	0,54	0,70	0,86	0,92
3. ИМТ кг/м ² BMI kg/m ²	0,03	-0,01	0,85		-0,05	-0,16	-0,02	-0,003	0,03	0,93	0,89	0,32	0,65	0,86	0,95
4. Длина тела сидя, см Height (sitting), cm	-0,67	0,88	0,52	0,07		0,43	0,32	0,24	-0,58	-0,08	0,17	0,54	0,04	0,06	-0,17
5. Длина бедра, см Thigh length, cm	-0,46	0,81	0,28	-0,16	0,64		0,44	0,66	0,22	-0,10	-0,01	0,31	0,06	-0,12	-0,27
6. Длина голени, см Tibia length, cm	-0,51	0,84	0,36	-0,10	0,61	0,64		0,78	0,40	0,04	0,18	0,46	0,26	0,07	-0,11
7. Длина ноги, см Leg length, cm	-0,46	0,89	0,40	-0,08	0,58	0,78	0,88		0,65	0,05	0,20	0,49	0,31	0,12	-0,09
8. Индекс длинноногости, % Leg-to-height ratio, %	0,15	0,13	-0,07	-0,17	-0,35	0,25	0,39	0,56		0,10	0,02	-0,06	0,23	0,05	0,05
9. Обхват талии, см Waist circumference, cm	0,28	-0,02	0,73	0,87	-0,03	-0,09	-0,07	-0,01	0,01		0,81	0,30	0,68	0,77	0,90
10. Обхват бедер, см Hip circumference, cm	-0,26	0,46	0,90	0,77	0,46	0,26	0,33	0,36	-0,05	0,66		0,47	0,72	0,80	0,81
11. Диаметр плеч, см Biacromial breadth, cm	-0,46	0,64	0,60	0,32	0,63	0,45	0,52	0,51	-0,05	0,26	0,52		0,43	0,32	0,20
12. Диаметр таза, см Biliac breadth, cm	0,15	0,35	0,43	0,29	0,21	0,24	0,35	0,41	0,26	0,43	0,46	0,32		0,54	0,62
13. Сумма жировых складок, мм The sum of four skinfolds, mm	0,02	0,11	0,80	0,86	0,09	-0,05	0,07	0,10	0,01	0,83	0,75	0,28	0,33		0,91
14. Доля жировой массы тела, % Fat mass, %	0,59	-0,39	0,42	0,72	-0,39	-0,40	-0,34	-0,30	0,04	0,80	0,40	-0,10	0,26	0,80	

Примечания. Красном цветом выделены статистически значимые коэффициенты корреляций (p<0,05).

Notes. Statistically significant correlation coefficients (p<0.05) are highlighted in red.

Длина ноги в выборке чувашей ожидаемо оказалась наиболее тесно связана с такими признаками, как длина тела, длина бедра и голени: коэффициенты корреляции от 0,66 до 0,89 (табл. 3). Такой уровень связей закономерен, поскольку длины бедра и голени составляют длину ноги, а длина ноги является частью длины тела. В то время как коэффициенты корреляции длины ноги с показателями, характеризующими развитие жировотложения, оказались сравнительно невысокими: с обхватом талии – около нуля для обоих полов, с обхватом бедер $r = 0,36$ для мужчин ($r = 0,20$ для женщин), с суммой жировых скла-

док $r = 0,10$ ($r = 0,12$ для женщин), с долей жировой массы тела $r = -0,30$ для мужчин ($r = -0,09$ для женщин). Длина ноги оказалась связана средней по величине корреляцией с общей массой тела, диаметрами плеч и таза: коэффициенты корреляции от 0,31 до 0,51 (табл. 3). Вышеперечисленные коэффициенты корреляции свидетельствуют, что признак «длина ноги» более тесно связан с габаритными размерами тела: длиной и массой тела, диаметрами плеч и таза, чем с величиной различных показателей развития подкожного жировотложения. У индивидов с более высоким ИМТ возрастают как параметры

развития скелета, так и жировотложения. В мужской и женской группах доля жировой массы тела гораздо теснее связана с обхватом талии ($r = 0,80$ для мужчин и $r = 0,90$ для женщин), чем с индексом длинноногости (табл. 3).

Обсуждение

По морфологическим характеристикам рассматриваемая группа чувашей оказалась ближе к сборной группе индийцев Южной Азии (жителей Индии, Пакистана, Шри-Ланки), чем к европейцам (Rush et al., 2009). Для мужчин этой группы средняя длина ноги составляет 80,7 см при длине тела 169,6 см, а для женщин – 74,6 см при длине тела 156,8 см, что сопоставимо со средними характеристиками чувашской группы (Rush et al., 2009). Согласно данным масштабного исследования жителей разных регионов Индии у индийцев (средний возраст группы $49,1 \pm 18,2$ года) средняя массовая доля жира составляет 25% у мужчин и 30% у женщин, что как отмечают авторы публикации, выше, чем в западных популяциях (Marwaha et al., 2014). В нашей выборке средняя доля жировой массы тела у мужчин – 23,28%, у женщин – 30,96%, что близко к аналогичным значениям в индийской выборке.

Поскольку измерительная методика, как и метод измерения кожно-жировых складок с помощью калиперометрии в американских и российских антропологических пособиях (Негашева, 2017; Cameron, Schell, 2021) не отличаются, мы провели сравнительный анализ выборок. Стоит отметить, что в антропометрических исследованиях, проводимых сотрудниками МГУ имени М.В.Ломоносова, используется калипер GPM (DKSH, Швейцария), в то время как в исследовании NHANES III был использован калипер Holtain (Holtain Ltd, Великобритания). По некоторым данным эти инструменты при непосредственном сравнении могут давать различия в 6–7% для суммарной толщины нескольких жировых складок, однако в нашем исследовании не было возможности учесть этот фактор (Пермякова с соавт., 2021). Полученные нами высокие коэффициенты корреляции доли жировой массы тела и таких признаков как обхваты талии и бедер, ИМТ, согласуются с общеизвестными данными (Bogin, Varela-Silva, 2008; Jeong et al., 2023; Bondareva et al., 2024). Более тесная связь между долей жировой массы тела и ИМТ у жен-

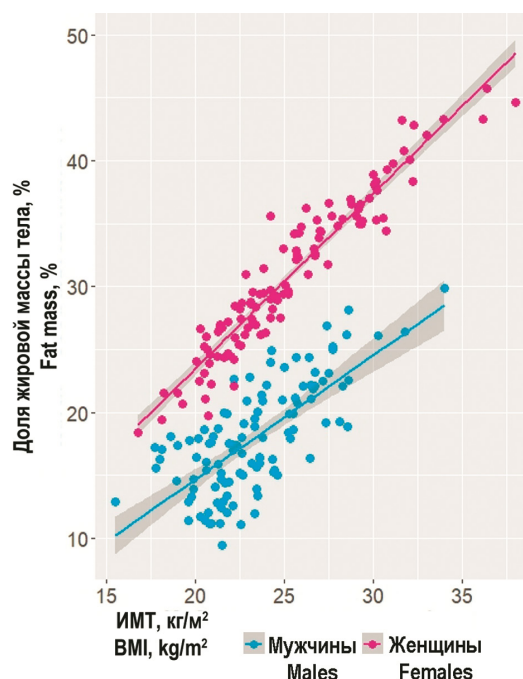


Рисунок 1. Соотношение доли жировой массы тела и индекса массы тела в группе чувашей

Figure 1. The ratio of percentage body fat to body mass index in the Chuvash group

щин ($r=0,95$), чем у мужчин ($r=0,72$) также подтверждается другими исследователями (рис. 1) (Jeong et al., 2023). Однако немногие авторы анализировали связь жировой массы тела и длины ноги, поэтому мы сравнили наши результаты с данными Б. Богина, М.И. Варэлья-Силвы и А.Р. Фрисанчо (Frisancho, 2007; Bogin, Varela-Silva, 2008). По сравнению с американской выборкой NHANES III, чувашаи имеют меньшие значения суммы четырех жировых складок: для взрослых белых американцев этот показатель составляет около 65 мм для мужчин, а для женщин около 90 мм (у чувашей соответственно – в мужской группе 28,5 мм, а в женской – 50,2 мм) (Frisancho, 2007).

Разница в полученных ассоциациях в двух работах, основанных на изучении одних и тех же данных (NHANES III) объясняется тем, что в исследованной выборке высокий процент тучных людей, что способствует накоплению ошибки измерения (Frisancho, 2007; Bogin, Varela-Silva, 2008). Длина ноги довольно часто рассчитывается через разницу длины тела в положении стоя и сидя, поскольку у полных людей бывает затруднительно нащупать лобковую или ости-

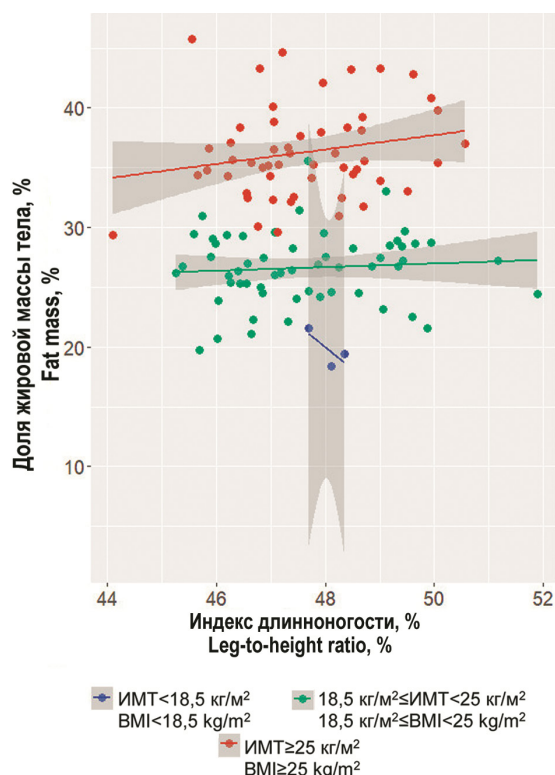


Рисунок 2. Соотношение доли жировой массы тела и индекса длинноногости в группе женщин
Figure 2. The ratio of percentage body fat to leg-to-height ratio (females)

сто-подвздошную точку для непосредственного измерения длины ноги. Однако расчет длины ноги через длину тела сидя не совсем корректен, поскольку у полных людей на эту величину могут влиять большие значения обхвата бедер, искусственно завышая длину корпуса (Bogin, Varela-Silva, 2008). В результате такого предположения, вторая команда ученых провела дополнительный поиск связей напрямую с длиной тела сидя и другими индексами, характеризующими длину ноги, а не с расчетной длиной ноги, и, соответственно, высоких корреляций относительной длинноногости и тучности не получила (Bogin, Varela-Silva, 2008).

Несмотря на то, что в нашей работе коэффициент корреляции расчетной длины ноги с долей жировой массы тела в женской выборке низкий, $r = -0,09$ (рис. 2), в группе мужчин прослеживается некоторая тенденция связи индекса длинноногости и доли жировой массы тела. Коэффициент корреляции индекса длинноногости и доли жировой массы тела в общей группе мужчин низкий (0,04), однако в группе мужчин с

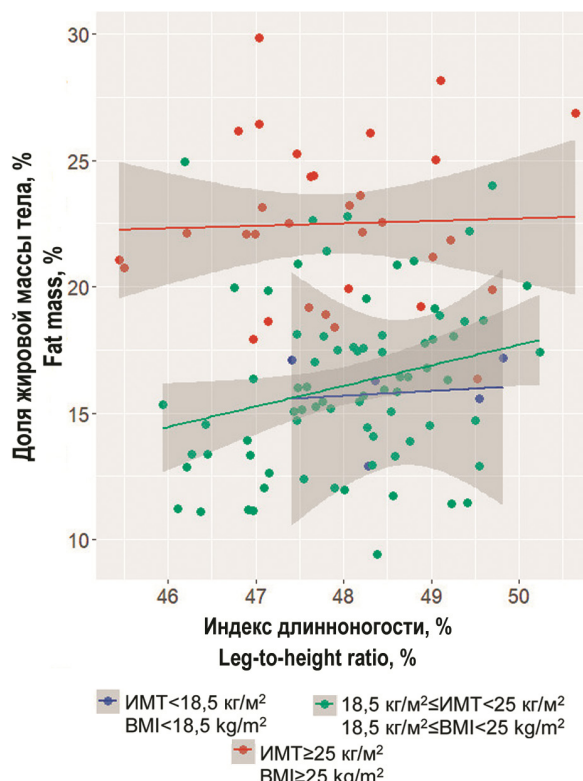


Рисунок 3. Соотношение доли жировой массы тела и индекса длинноногости в группе мужчин
Figure 3. The ratio of percentage body fat to the leg-to-height ratio (males)

нормальным индексом массы тела он достигает 0,24, что объясняется общим увеличением габаритных размеров (рис. 3).

Нами обнаружен половой диморфизм связи длин сегментов конечностей с долей жировой массы тела. Длина ноги в мужской группе связана с долей жировой массы тела коэффициентом $r = -0,30$, в то время как длины голени и бедра у мужчин имеют коэффициенты корреляции с долей жировой массы тела $-0,34$ и $-0,40$, а в группе женщин $-0,11$ и $-0,27$, соответственно (табл. 3, рис. 4). Кости голени, дистального отдела нижней конечности, более чувствительны к воздействию факторов внешней среды: у людей, находившихся в детстве в благоприятной социально-экономической среде более длинные большеберцовые кости, однако в дальнейшем на пропорции скелета могут влиять другие внешние факторы такие, как механическая нагрузка (Hayirseven, Erdal, 2025). В нашей работе мы исследовали группу индивидов, однородную по этнотерриториальной принадлежности, однако в нашем распоряжении нет данных об экономическом благосостоянии испытуемых и факто-

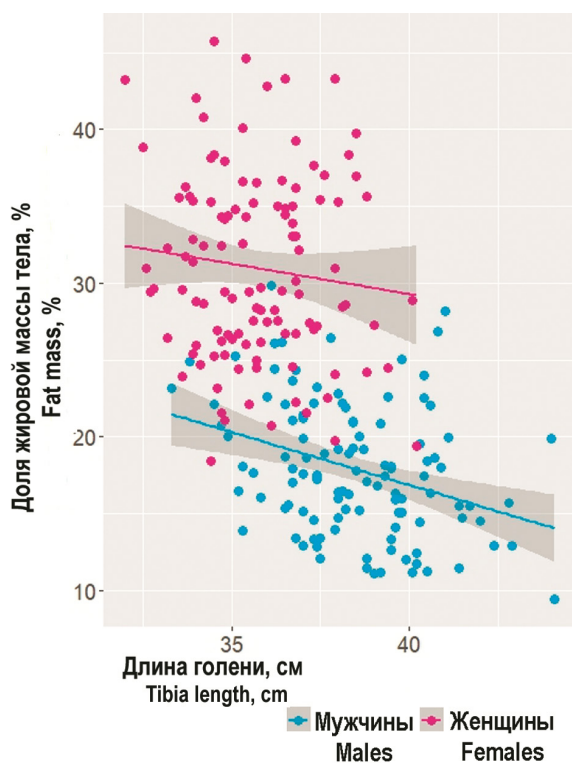


Рисунок 4. Соотношение доли жировой массы тела и длины голени в группе чувашей

Figure 4. The ratio of percentage body fat to tibia length in the Chuvash group

рах, оказывающих влияние на их пре- и постнатальное развитие.

Зарубежные авторы отмечают, что сочетание у индивида таких признаков как относительно короткие ноги и ожирение может развиваться вследствие недостаточного питания в детском возрасте из-за низкого экономического статуса (Bogin, Varela-Silva, 2008). Однако, по всей видимости, нельзя сказать, что относительно небольшая длина ног и избыточное жиросотложение связаны напрямую. На развитие этих признаков в том числе оказывает влияние неблагоприятное состояние окружающей среды, которое может приводить к замедленному росту и снижению способности организма окислять жиры (Березина с соавт., 2010; Василос с соавт., 2016; Frisancho, 2007; Bogin, Varela-Silva, 2008, 2010). Для более детального исследования взаимосвязи индекса длинноногости и жиросотложения требуется изучение групп населения с раз-

ным социально-экономическим статусом и этническим составом.

Заключение

В настоящем исследовании была проведена оценка индекса длинноногости, длины ноги и ее сегментов в группе взрослых чувашей Ядринского района Чувашии в связи с долей жировой массы тела. Обнаруженная другими авторами отрицательная связь индекса длинноногости и процентного содержания жировой ткани в организме в нашем исследовании не подтвердилась. У мужчин была обнаружена средняя по величине отрицательная связь доли жировой массы тела с длиной ноги и длинами ее сегментов (коэффициенты корреляции от $-0,30$ до $-0,40$), в то время как в группе женщин эта связь слабее (коэффициенты корреляции от $-0,09$ до $-0,27$). Индекс относительной длинноногости представляет собой интересный показатель, который можно рассматривать в связи разными морфологическими характеристиками индивида, но для оценки увеличения доли жировой массы тела более эффективен поиск связи напрямую с длиной ноги и длинами сегментов нижней конечности.

Список литературы

- Бацевич В.А., Ясина О.В. Долговременные изменения соматических показателей и возраста менархе у сельского чувашского и башкирского населения в XX веке // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2015. № 4. С. 4–13.
- Бацевич В.А., Ясина О.В., Сухова А.В. Сравнение морфологических характеристик двух групп чувашей, обследованных на территории Чувашии и Башкортостана // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2017. № 4. С. 54–74.
- Березина А.В., Беляева О.Д., Баженова Е.А., Беркович О.А., Баранова Е.И. с соавт. Особенности окисления жиров при физических нагрузках различной интенсивности у больных абдоминальным ожирением // Проблемы эндокринологии, 2010. Т. 56. № 2. С. 20–26.
- Бунак В.В. Антропометрия. М.: Учпедгиз. 1941.
- Василос Л.В., Арамэ М.Г., Кырстя О.Н., Неценко В.А. Экологические предпосылки к развитию избыточного веса и ожирения у детей // Здоровье. Медицинская экология. Наука, 2016. №4 (67). <https://doi.org/10.18411/hmes.d-2016-149>
- Дзгоева Ф.Х. Питание во внутриутробный период жизни: фетальное программирование метаболического синдрома // Ожирение и метаболизм, 2015. Т. 12. № 3. С. 10-17. <https://doi.org/10.14341/omet2015310-17>
- Негашева М.А. Основы антропометрии. Экон-Информ Москва. 2017. 216 с. ISBN: 978-5-9500466-5-0.
- Пермякова Е.Ю., Сипатрова А.Г., Година Е.З., Анисимова А.В., Задорожная Л.В. с соавт. О качестве

измерений кожно-жировых складок калиперами и скользящим циркулем // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2021. №2. С. 5–20. <https://doi.org/10.32521/2074-8132.2021.2.005-020>

Смирнова Н.С., Шагурина Т.П. Методика антропометрических исследований // Методика морфофизиологических исследований в антропологии. М.: Изд-во МГУ, 1981. С. 4–43.

Bogin B., Varela-Silva M.I. Fatness biases the use of estimated leg length as an epidemiological marker for adults in the NHANES III sample. *Int. J. Epidemiol.*, 2008, 37 (1), pp. 201–209. <https://doi.org/10.1093/ije/dym254>.

Bogin B., Varela-Silva M.I. Leg length, body proportion, and health: a review with a note on beauty. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2010, 7 (3), pp. 1047–1075. <https://doi.org/10.3390/ijerph7031047>.

Bondareva E.A., Leonov G.E., Parfenteva O.I., Arutunian A.A., Bevziuk N.A. et al. Association of local bioimpedance analysis of the abdominal region with morphological and biochemical traits. *Bulletin of RSMU*, 2024, 4, pp. 52–59. <https://doi.org/10.24075/brsmu.2024.030>.

Cameron N., Schell L. (ed.). *Human growth and development*. Academic Press, 2021. 561 p. ISBN: 978-0-12-822652-0.

Frisancho A.R. Relative leg length as a biological marker to trace the developmental history of individuals and populations: growth delay and increased body fat. *Am. J. Hum. Biol.*, 2007, 19 (5), pp. 703–710. <https://doi.org/10.1002/ajhb.20676>.

Hayirsever G., Erdal Y.S. The Contribution of the Distal Limbs to Height and Proportions in Different Socioeconomic Groups. *Am. J. Hum. Biol.*, 2025, 37 (6), p. e70078. <https://doi.org/10.1002/ajhb.70078>.

Jeong S.M., Lee D.H., Rezende L.F.M., Giovannucci E.L. Different correlation of body mass index with body fatness and obesity-related biomarker according to age, sex and race-ethnicity. *Sci Rep.*, 2023, 13 (1), p. 3472. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30527-w>.

Krogman W.M. *Child growth*. Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press, 1972. 240 p. ISBN 0472050192.

Marwaha R.K., Tandon N., Garg M.K., Narang A., Mehan N. et al. Normative data of body fat mass and its distribution as assessed by DXA in Indian adult population. *J. Clin. Densitom.*, 2014, 17 (1), pp.136–142. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2013.01.002>.

Peterson M.J., Czerwinski S.A., Siervogel R.M. Development and validation of skinfold-thickness prediction equations with a 4-compartment model. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2003, 77, pp. 1186–1191. <https://doi.org/10.1093/ajcn/77.5.1186>.

Rush E.C., Freitas I., Plank L.D. Body size, body composition and fat distribution: comparative analysis of European, Maori, Pacific Island and Asian Indian adults. *Br. J. Nutr.*, 2009, 102 (4), pp. 632–641. <https://doi.org/10.1017/S0007114508207221>.

Scammon RE. The ponderal growth of the extremities of the human fetus. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1930, 15, pp. 111–121.

Tanner J.M. *Fetus into man. Physical growth from conception to maturity*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978. 288 p. ISBN 9780674306929.

References

Batsevich V.A., Yasina O.V. Long-term changes somatic characteristics and age at menarche of rural Chuvash and Bashkir population in the XX century. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Anthropologiya*, 2015, 4, pp. 4–13. (In Russ.).

Batsevich V.A., Yasina O.V., Sukhova A.V. Comparison of the morphological characteristics of the two groups of Chuvash, examined on the territory of Chuvashia and Bashkortostan. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Anthropologiya*, 2017, 4, pp. 54–74. (In Russ.).

Berezina A.V., Beliaeva O.D., Bazhenova E.A., Berkovich O.A., Baranova E.I. et al. Lipid oxidation during physical exercises of different intensity in patients with abdominal obesity. *Problems of Endocrinology*, 2010, 56 (2), pp. 20–26. (In Russ.).

Bogin B., Varela-Silva M.I. Fatness biases the use of estimated leg length as an epidemiological marker for adults in the NHANES III sample. *Int. J. Epidemiol.*, 2008, 37 (1), pp. 201–209. <https://doi.org/10.1093/ije/dym254>

Bogin B., Varela-Silva M.I. Leg length, body proportion, and health: a review with a note on beauty. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2010, 7 (3), pp. 1047–1075. <https://doi.org/10.3390/ijerph7031047>

Bondareva E.A., Leonov G.E., Parfenteva O.I., Arutunian A.A., Bevziuk N.A. et al. Association of local bioimpedance analysis of the abdominal region with morphological and biochemical traits. *Bulletin of RSMU*, 2024, 4, pp. 52–59. <https://doi.org/10.24075/brsmu.2024.030>

Bunak V.V. *Anthropometry*. Moscow, Uchpedgiz Publ., 1941. 368 p. (In Russ.).

Cameron N., Schell L. (ed.). *Human growth and development*. Academic Press, 2021. 561 p. ISBN: 978-0-12-822652-0.

Dzgoeva F.Kh. Intrauterine nutrition: fetal programming of metabolic syndrome. *Obesity and metabolism*, 2015, 12 (3), pp. 10-17. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/omet2015310-17>

Frisancho A.R. Relative leg length as a biological marker to trace the developmental history of individuals and populations: growth delay and increased body fat. *Am. J. Hum. Biol.*, 2007, 19 (5), pp. 703–710. <https://doi.org/10.1002/ajhb.20676>

Hayirsever G., Erdal Y.S. The Contribution of the Distal Limbs to Height and Proportions in Different Socioeconomic Groups. *Am. J. Hum. Biol.*, 2025, 37 (6), p. e70078. DOI: 10.1002/ajhb.70078.

Jeong S.M., Lee D.H., Rezende L.F.M., Giovannucci E.L. Different correlation of body mass index with body fatness and obesity-related biomarker according to age, sex and race-ethnicity. *Sci Rep.*, 2023, 13 (1), p. 3472. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30527-w>

Krogman W.M. *Child growth*. Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press, 1972. 240 p. ISBN 0472050192.

Marwaha R.K., Tandon N., Garg M.K., Narang A., Mehan N. et al. Normative data of body fat mass and its distribution as assessed by DXA in Indian adult population. *J. Clin. Densitom.*, 2014, 17 (1), pp.136–142. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2013.01.002>

Negasheva M.A. *Basics of anthropometry*. Moscow, Ekong-Inform Publ., 2017. 216 p. (In Russ.). ISBN: 978-5-9500466-5-0.

Permiakova E.Yu., Sipatrova A.G., Godina E.Z., Anisimova A.V., Zadorozhnaya L.V. et al. On the quality of

skinfold measurements using skinfold and sliding calipers. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Anthropologiya*, 2021, 2, pp. 5–20. (In Russ.). <https://doi.org/10.32521/2074-8132.2021.2.005-020>

Peterson M.J., Czerwinski S.A., Siervogel R.M. Development and validation of skinfold-thickness prediction equations with a 4-compartment model. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2003, 77, pp. 1186–1191. <https://doi.org/10.1093/ajcn/77.5.1186>.

Rush E.C., Freitas I., Plank L.D. Body size, body composition and fat distribution: comparative analysis of European, Maori, Pacific Island and Asian Indian adults. *Br. J. Nutr.*, 2009, 102 (4), pp. 632–641. <https://doi.org/10.1017/S0007114508207221>

Scammon RE. The ponderal growth of the extremities of the human fetus. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1930, 15, pp. 111–121.

Smirnova N.S., Shagurina T.P. Methods of anthropometric research. In *The method of morphophysiological studies in anthropology*. Moscow, MSU Publ., 1981, pp. 4–43. (In Russ.)

Tanner J.M. *Fetus into man. Physical growth from conception to maturity*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978. 288 p. ISBN 9780674306929.

Vasilos L.V., Arama M.Gh., Cirstea O.N., Nedenco V.A. Environmental background of overweight and obesity development in children. *Health. Medical ecology*.

Science, 2016, 4 (67), pp. 20–25. (In Russ.). <https://doi.org/10.18411/hmes.d-2016-149>

Информация об авторе/ Information about the author

Васильева Александра Александровна, к.б.н.;
vasileva@mail.bio.msu.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-8025-8444>

Vasileva Aleksandra A., PhD;
vasileva@mail.bio.msu.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-8025-8444>

Поступила в редакцию 22.06.2025.
Получена после доработки 27.08.2025.
Принята к публикации 27.08.2025.

Received 22.06.2025.
Revised 27.08.2025.
Accepted 27.08.2025.