

Д. А. Александров<sup>1</sup>, О. А. Горбич<sup>2</sup>, В. А. Переверзев<sup>1</sup>

## ВАРИАТИВНОСТЬ РОСТА БЕЛОРУССКОЙ ПОПУЛЯЦИИ И ПОЛИМОРФИЗМ АССОЦИАТИВНЫХ ФАКТОРОВ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»<sup>1</sup>,  
УЗ «1-я городская клиническая больница» г. Минска<sup>2</sup>

В статье представлены данные о величине конечного роста молодых мужчин и женщин в белорусской популяции в 2021–2023 гг., а также их родителей, что позволило количественно охарактеризовать процессы акселерации в белорусской популяции на современном этапе. На протяжении одного поколения максимальный тотальный размер тела мужчин в Беларуси увеличился в среднем на 2,7 см (со 178,7 до 181,4 см, темп прироста +1,51 %), женщин – на 1,4 см (со 165,7 до 167,1 см, темп прироста +0,84 %). При этом между величиной конечного роста молодых женщин, и, в большей степени, молодых мужчин и максимальными показателями роста их родителей существует сложная нелинейная связь. Результаты корреляционного анализа указывают на несколько большую силу этой связи между показателями конечного роста мужчин и их матерей, тогда как у женщин – с ростом их отцов. В целом величина рангового коэффициента корреляции во всех группах составила 0,411–0,469. Не смотря на выявленные различия в характере указанных связей, вероятность формирования роста ребенка ниже среднего в популяции при росте родителя того же пола ниже среднего уровня была практически одинаковой и составила для мужчин 3,67, для женщин – 3,68.

**Ключевые слова:** соматометрия, антропометрия, конечный рост человека, акселерация, фенотипическая дисперсия.

D. A. Alexandrov, O. A. Gorbich, V. A. Pereverzev

## HEIGHT VARIABILITY OF THE BELARUSIAN POPULATION AND POLYMORPHISM OF ASSOCIATIVE FACTORS

The characteristics of the indicators of the final body height of young men and women in 2021–2023, as well as their parents, in the Belarusian population are presented. This allowed us to quantitatively characterize the processes of acceleration in the Belarussian population at the present stage. During one generation, the maximum total body size of men in Belarus increased on average by 2.7 cm (from 178.7 to 181.4 cm, growth rate +1.51 %), and of women by 1.4 cm (from 165.7 to 167.1 cm, growth rate +0.84 %). At the same time, there is a complex non-linear relationship between the value of the final height of young women, and young men, and the maximum height indices of their parents. The results of the correlation analysis indicate that this relationship is a slightly stronger between the final height of men and their mothers, while for women it is stronger with the height of their fathers. In general, the value of the rank correlation coefficient in all groups was 0.411–0.469. In spite of the revealed differences in the nature of these relationships, the probability of formation of a child's height below the average in the population at the height of a parent of the same sex below the average level was practically the same and amounted to 3.67 for men and 3.68 for women.

**Key words:** somatometry, anthropometry, final human height, acceleration, phenotypic dispersion.

В последние годы происходит интенсивное накопление знаний о степени вклада генетических факторов, образа жизни, рациона и доступности ресурсов, состояния окружающей среды и даже климата на величину конечных тотальных размеров тела человека [1–3]. Первые научные публикации о связи конечной величины роста человека с ростом его родителей появились еще в конце XIX столетия в публикациях F. Galton [4, 5] и на протяжении всего XX и начала XXI столетий продолжались попытки выявления факторов, определяющих индивидуальные характеристики роста тела человека в различных популяциях, в том числе установления степени вклада наследственности и факторов окружающей среды [7, 9, 10]. Так, в исследовании K. Silventoinen и соавт., 2003, на основании данных анализа длины тела 30 111 пар близнецов из восьми европейских стран были выявлены значимые различия в средней величине конечных тотальных размеров тела между странами как у мужчин, так и у женщин. При этом оценка степени вклада наследственных факторов в данном исследовании составила у мужчин от 0,87 до 0,93 без значимых различий между популяциями в рамках используемой модели, в то время как среди женщин этот вклад был в целом ниже, с большими различиями между странами, и составил от 0,68 до 0,84. На основании полученных данных K. Silventoinen и соавт. был сделан вывод о большей значимости влияния среды обитания на дисперсию величины конечного роста женщин, чем мужчин, в исследуемых европейских популяциях [7].

Одновременно проводился поиск генов, мутация которых могла обусловить неожиданно низкие или высокие значения конечных тотальных размеров тела человека. Однако в последние десятилетия речь идет уже не просто о выявлении локусов хромосом или конкретных генов, влияющих на формирование тотальных размеров тела человека, как это было в конце XX-начале XXI ст. [9, 10], но о полигеномном поиске ассоциаций (genome-wide association studies, GWAS) между геномными вариантами и фенотипическими признаками, в частности, величиной конечного роста человека, на основе анализа однонуклеотидных полиморфизмов (single nucleotide polymorphism, SNP). И если в 2007–2008 гг. в отдельных исследованиях GWAS были выявлены лишь 10–20 локусов, раз-

личные комбинации SNP которых определяли около 2–3 % вариаций роста человека [6, 8], то в опубликованном в октябре 2022 г. мета-анализе на основании данных, полученных при исследовании материала, собранного с участием 5 380 080 человек, приводятся сведения о 12 111 независимых SNP, тесно связанных с ростом человека, кластеризованных в 7209 непересекающихся геномных сегментах и покрывающих около 21 % генома. Авторы исследования полагают, что выявленные SNP позволяют сформировать насыщенную карту общих генетических вариантов, связанных с ростом человека, при этом они обеспечивают только 40 % (45 %) фенотипической дисперсии роста человека в популяциях европейского происхождения, а в популяциях других предков и вовсе лишь 10–20 % (14–24 %) [3]. Как видно, не смотря на то, что величина конечных тотальных размеров тела человека обеспечивается большим количеством общих генетических ассоциаций, чем любой другой фенотип человека, конечные значения роста человека более чем на 55 % зависят от изменчивых социальных, экологических и иных факторов, что обуславливает необходимость периодического проведения популяционных исследований в различных этнических группах.

Цель настоящего исследования – охарактеризовать показатели величины конечного роста молодых людей и их родителей в белорусской популяции в 2021–2023 гг.

### Материал и методы

Исследование проводилось на базе кафедры нормальной физиологии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет». Рост испытуемых, обучающихся в различных учреждениях высшего и среднего специального образования г. Минска, измерялся по общепринятой методике в положении стоя с использованием ростомера медицинского с точностью измерения 0,5 см в октябре 2021, 2022 и 2023 гг. Дополнительно методом анкетирования собиралась информация о наибольшей величине роста родителей испытуемых, месте их рождения, постоянного (преимущественного) проживания и др. Информация предоставлялась респондентами на условиях анонимности. Все испытуемые были информированы о добровольном принципе участия в исследовании и возможности удаления любой

полученной от них информации по их запросу незамедлительно и без каких-либо дополнительных условий.

Все данные проверялись на соответствие вида распределения признака закону нормального распределения с использованием критериев Колмогорова-Смирнова (при числе наблюдений более 50) или Шапиро-Уилка (при числе наблюдений менее 50). Для сравнения средних значений двух независимых групп при условии нормального распределения данных в каждой из них использовался *t*-критерий Стьюдента для независимых выборок, в более чем двух независимых группах при условии нормального распределения данных в каждой из них и однородности дисперсий зависимых переменных (оценивалась с использованием критерия Левена при уровне значимости  $p > 0,05$ ) выполнялся однофакторный дисперсионный анализ (ДА) ANOVA с последующим апостериорным анализом с использованием критерия Ньюмена-Кейлса. В ином случае использовался *U*-критерий Манна-Уитни для двух независимых групп или *H*-критерий Краскела-Уоллиса для выборок, состоящих из более чем двух групп, с *post hoc* анализом с использованием сравнения средних рангов для всех групп с поправкой на множественные сравнения. Различия считались статистически значимыми при вероятности ошибки I рода  $< 5\%$  ( $p < 0,05$ ). Корреляционный анализ выполнялся с использованием рангового коэффициента корреляции Спирмена. Для количественной оценки зависимости вероятности исхода от наличия фактора рассчитывался показатель отношения шансов с 95 % доверительным интервалом (ДИ). Статистическая обработка полученных данных проводилась в пакете прикладных программ Statistica 10.0 (StatSoftInc., США). Данные представлены, если не указано иное, в виде среднего значения (*M*) и границ его 95 % ДИ, при необходимости с указанием стандартного отклонения ( $\sigma$ ). В отдельных случаях представлены показатели медианы (*Me*), минимального (*min*) и максимального (*max*) значения признака, нижнего (*Q25*) и верхнего (*Q75*) квартилей.

### Результаты и обсуждение

В 2021–2023 годах было обследовано 819 человек обоего пола, родившихся в Республике Беларусь, в возрасте от 17 до 34 лет ( $M = 19,1$  года,  $Me = 19$  лет,  $10\% = 18$  лет,  $25\% = 18$  лет,  $75\% = 19$  лет,  $90\% = 21$  год). Из них до дости-

жения возраста 18 лет на территории Республики Беларусь постоянно или преимущественно проживало 815 человек, в том числе 566 женщин (69,4 %) и 249 мужчин (30,6 %). 4 человека, постоянно или преимущественно проживавших до достижения возраста 18 лет на территории других государств, были исключены из дальнейшего анализа. Кроме того, из группы лиц, включённых в базу данных настоящего исследования, были исключены 153 человека, указавших, что их рост изменился на 1 см или более за 12 месяцев, предшествовавших дате наблюдения, а также 52 человека, не предоставивших информации о величине конечного роста одного или обоих родителей или о их возрасте на момент исследования.

Таким образом, анализу были подвергнуты данные 610 человек, из них 159 мужчин (26,1 %) и 451 женщина (73,9 %). Показатели возраста лиц, включенных в исследование, представлены на рис. 1. Характеристики возраста родителей на рис. 1. представлены на момент рождения ребенка и найдены путем вычитания возраста ребенка из фактического возраста его родителей на момент проведения исследования.

Следует учитывать, что представленные данные о возрасте родителей на момент рождения ребенка не в полной мере отражают реальную картину, поскольку в исследовании не учитывалось наличие других детей в семье и, соответственно, не отражен возраст родителей на момент рождения каждого из детей, при их наличии, что вносит определенные погрешности. Тем не менее, учитывая значительный объем анализируемых данных, можно полагать, что представленные диаграммы достаточно полно характеризуют особенности распределения возраста родителей при рождении детей в белорусской популяции. На это также указывает схожесть картины, полученной при анализе распределения возраста родителей при рождении детей как в группе молодых мужчин, так и в группе молодых женщин: четко визуализируются два пика, соответствующие диапазону возрастов примерно 22–25 лет и 30–34 года, с более поздним наступлением возраста рождения ребенка у мужчин, чем у женщин.

Статистические характеристики показателей конечного роста молодых людей, принявших участие в исследовании, и их родителей (учитывался наибольший конечный рост родителей в молодом возрасте) представлены в таблицах 1 и 2.

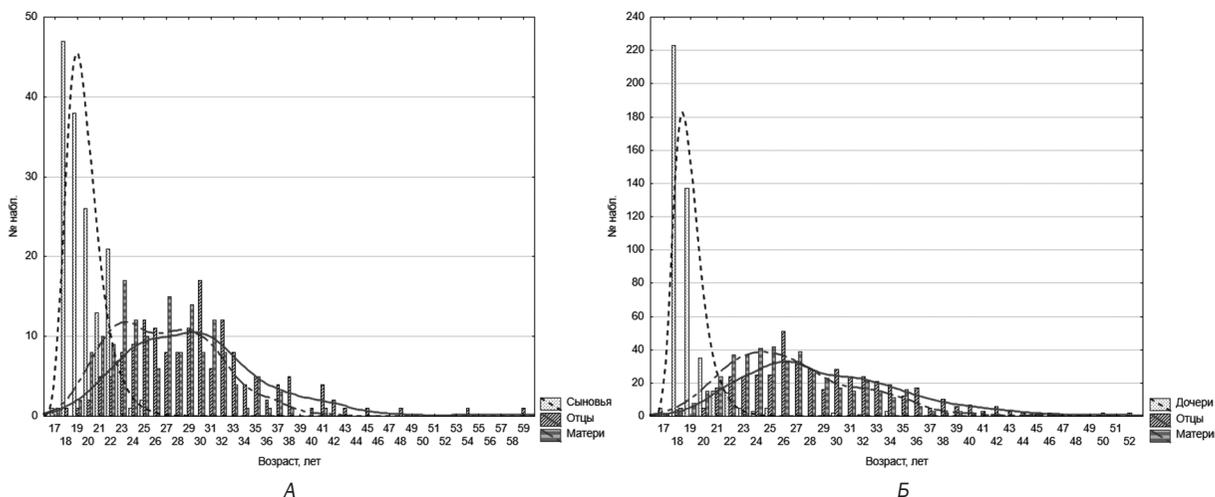


Рисунок 1. Характеристики возраста молодых мужчин (А) и женщин (Б), принявших участие в исследовании и постоянно проживающих в Республике Беларусь в 2021–2023 годах, и возраста их родителей на момент рождения ребенка

Таблица 1. Статистические характеристики показателей конечного роста молодых мужчин, постоянно проживающих в Республике Беларусь в 2021–2023 годах, и их родителей (n = 159 в каждой группе)

Группа	Средний рост, М (95 % ДИ); σ, см	Ме (min, Q25, Q75, max), см	Отличия среднего роста от роста сыновей, см	Однофакторный ДА	Межгрупповые сравнения
1. Сыновья	181,4 (180,4–182,5); 6,63	181 (165, 177, 187, 200)	–	кр. Левена: $F = 3,72, p = 0,025$ ; кр. Краскела-Уоллиса: $H = 239,0, p < 0,0001$	$p_{1-2} = 0,0166$ $p_{2-3} < 0,0001$ $p_{1-3} < 0,0001$
2. Отцы	178,7 (177,7–179,6); 5,94	178 (166, 175, 182, 193)	–2,7		
3. Матери	167,8 (166,9–168,7); 5,55	168 (153, 165, 170, 182)	–14,4		

Как видно из данных, представленных в таблице 1, рост сыновей в белорусской популяции значительно отличается не только от роста их матерей, но и от роста отцов, превышая последний в среднем на 2,7 см ( $p = 0,0166$ ). Темп прироста составил +1,51 %. Данное наблюдение позволяет количественно охарактеризовать степень акселерации нынешнего поколения молодых мужчин в белорусской популяции по сравнению с поколением их отцов.

Анализируя связь тотальных размеров тела родителей с величиной конечного роста их сыновей, оказалось, что между ними обнаруживается сложная зависимость (см. рис. 2). Наиболее линейный характер связи наблюдался между показателями роста юношей и их матерей, но только в том случае, если рост их отцов оказывался выше среднего уровня (180–195 см). При уменьшении величины роста отцов линейный характер связи между показателями роста юношей и их матерей утрачивался и наиболее низкий конечный рост юношей в белорусской популяции формировался при сочетании среднего роста их отцов со средним или ниже среднего

ростом матерей. В то же время неожиданным оказался тот факт, что при сочетании низкого роста как отцов, так и матерей, конечный рост юношей по данным нашего исследования превышал средние значения в белорусской популяции. С другой стороны, между показателями величины конечного роста юношей и их отцов связь оказывалась нелинейной независимо от роста их матерей с минимальными значениями величины конечного роста молодых мужчин в случае среднего роста их отцов (170–180 см).

Учитывая такой нелинейный характер связи, не вызывают удивления относительно невысокие величины значений коэффициента ранговой корреляции Спирмена между показателями роста юношей и их отцов ( $r = 0,411, p < 0,05$ ) и между показателями роста юношей и их матерей ( $r = 0,455, p < 0,05$ ).

Показатели величины конечного роста молодых женщин, проживающих в Республике Беларусь в 2021–2023 годах, и их родителей, представлены в таблице 2.

Подобно тому, как это было показано нами выше в отношении молодых мужчин и их отцов,

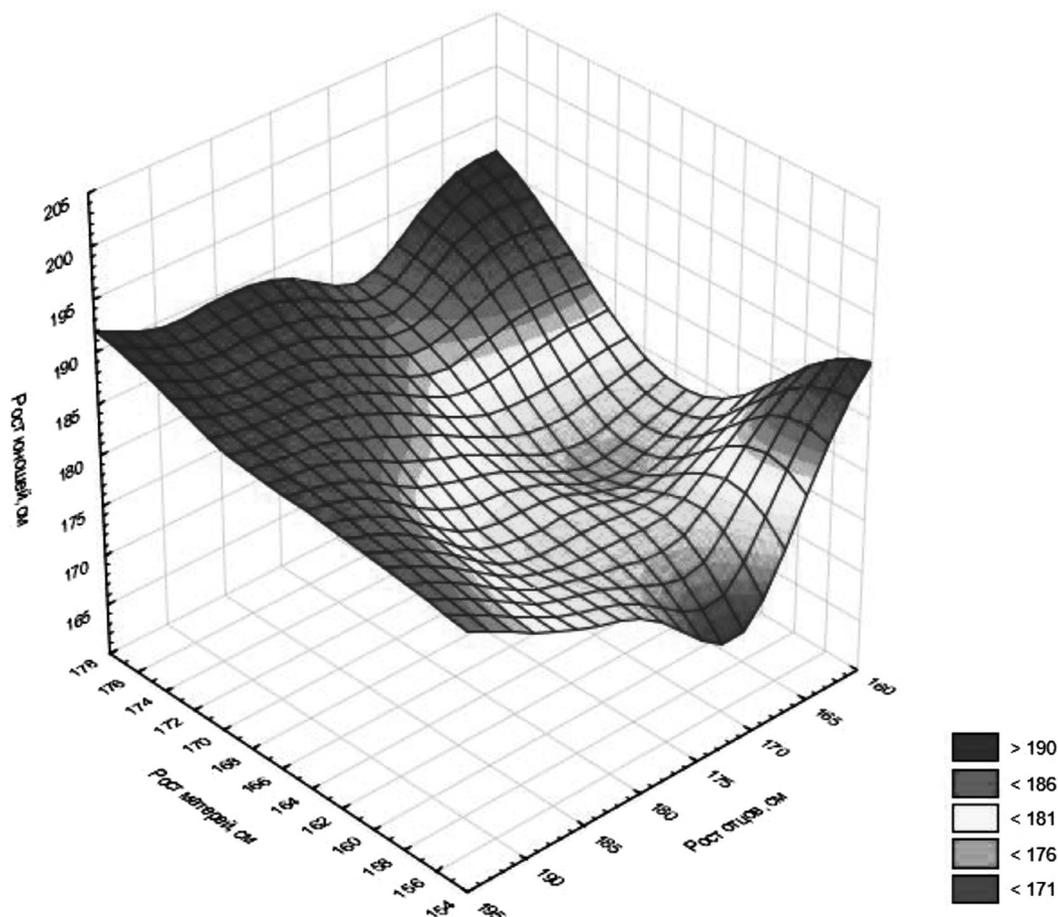


Рисунок 2. 3М график поверхностей, отражающий взаимосвязь величин конечного роста молодых мужчин (расстояние взвешенных наименьших квадратов), постоянно проживающих в Республике Беларусь в 2021–2023 годах, и роста их родителей

Таблица 2. Статистические характеристики величины конечного роста молодых женщин, постоянно проживающих в Республике Беларусь в 2021–2023 годах, и их родителей (n = 451 в каждой группе)

Группа	Средний рост, М (95 % ДИ); σ, см	Me (min, Q25, Q75, max), см	Отличия среднего роста от роста дочерей, см	Однофакторный ДА	Межгрупповые сравнения
1. Дочери	167,1 (166,5–167,7); 6,33	167 (151, 163, 171, 188)	-	кр. Левена: $F = 14,3, p < 0,0001$ ; кр. Краскела-Уоллиса: $H = 681,8, p < 0,0001$	$p_{1-2} < 0,0001$ $p_{2-3} < 0,0001$ $p_{1-3} = 0,0105$
2. Отцы	179,7 (179,1–180,3); 6,73	180 (162, 175, 185, 200)	+12,6		
3. Матери	165,7 (165,2–166,2); 5,30	165 (150, 162, 169, 180)	-1,4		

в группе девушек их конечный рост также превышал конечный рост их матерей на 1,4 см ( $p = 0,0105$ ) с темпом прироста +0,84 % (см. табл. 2), что указывает на сохранение в настоящее время процесса акселерации в белорусской популяции как в группе мужчин, так и в группе женщин.

При этом между величиной показателей конечного роста молодых женщин и их родителей характер связи имел более линейный характер (см. рис. 3), чем это было отмечено нами в случае молодых мужчин и их родите-

лей. Тем не менее, и в данном случае отмечается неожиданно низкий конечный рост девушек в белорусской популяции в случае сочетания среднего роста их отцов и роста выше среднего у матерей, или же, в несколько меньшей степени, среднего или низкого роста матерей в сочетании с высоким ростом отцов.

Расчет ранговой корреляции Спирмена показал несколько большую тесную связь между величинами показателей конечного роста девушек с величиной роста их отцов ( $r = 0,469, p < 0,05$ ), но меньшую – с показателем роста

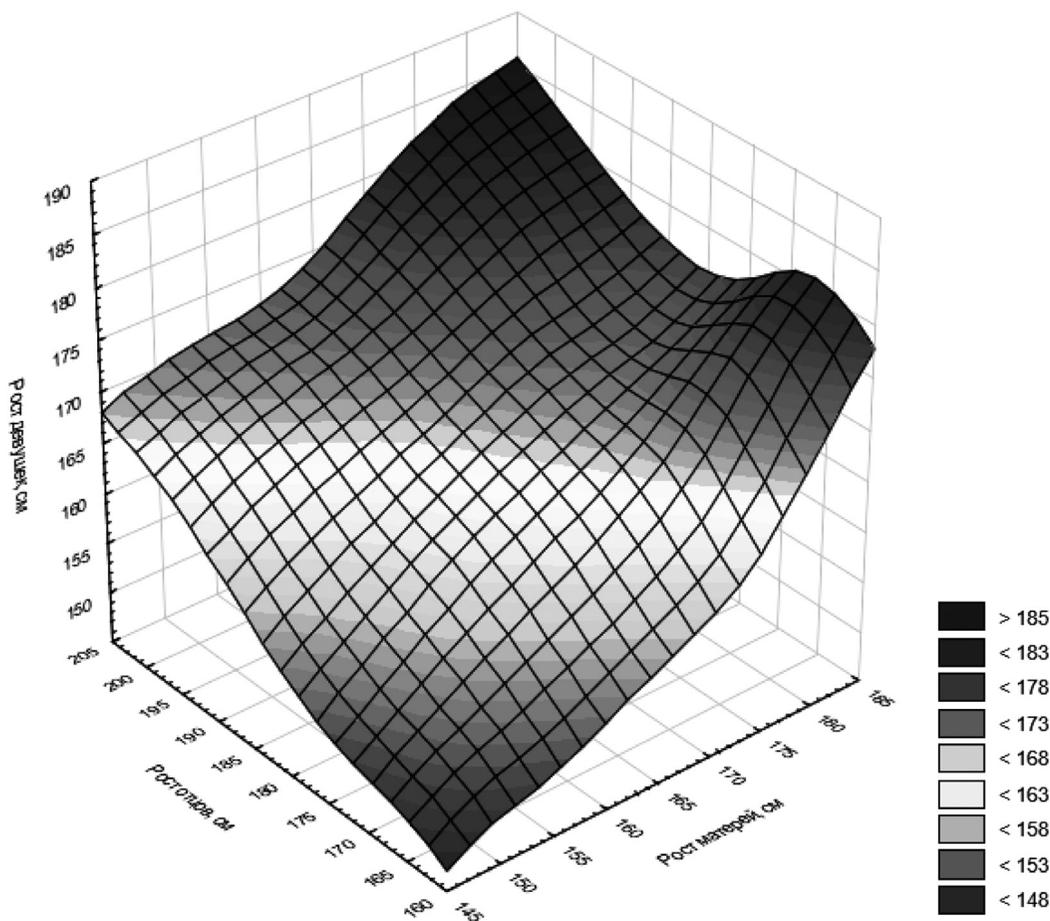


Рисунок 3. 3М график поверхностей, отражающий взаимосвязь величин конечного роста молодых женщин (расстояние взвешенных наименьших квадратов), постоянно проживающих в Республике Беларусь в 2021–2023 годах, и роста их родителей

матерей ( $r = 0,451, p < 0,05$ ), чем это было в случае молодых мужчин в белорусской популяции. При этом, как видно, во всех случаях выявлялась прямая, статистически значимая корреляционная связь заметной тесноты по шкале Чеддока.

Полученные в нашем исследовании величины коэффициентов ранговой корреляции заметной силы (0,411–0,469) хорошо совпадают с данными, опубликованными L. Yengo и соавт. в 2022 г. [3], в соответствии с которыми степень непосредственного вклада генетических факторов в формирование фенотипической дисперсии роста человека в популяциях европейского происхождения оценивалась величиной 40 % (45 %).

При анализе вероятности достижения ребенком величины конечного роста выше или ниже средней в популяции в зависимости от роста их родителей, нами были сопоставлены величины тотальных размеров тела молодых мужчин и женщин, рост родителей которых оказался ниже или выше среднего в популяции. Для целей

данного анализа мы приняли средний рост мужчин в белорусской популяции равным 180 см и средний рост женщин – равным 165 см. По результатам анализа отношения шансов нами были получены удивительно схожие показатели как в группе мужчин, так и в группе женщин. Так, оказалось, что при росте отца ниже 180 см вероятность формирования роста сына ниже 180 см была в 3,67 раз выше в сравнении с молодыми мужчинами, рост отца которых превышал 180 см (ОШ = 3,67; 95 % ДИ 2,30–5,83). Аналогичным образом при росте матери ниже 165 см вероятность формирования роста дочери ниже 165 см была в 3,68 раз выше в сравнении с молодыми женщинами, рост матери которых превышал 165 см (ОШ = 3,68; 95 % ДИ 2,84–4,78).

Полученные нами данные о величине конечного роста молодых мужчин и женщин в 2021–2023 гг. позволяют количественно охарактеризовать процессы акселерации в белорусской популяции. На протяжении одного поколения максимальный тотальный размер тела

мужчин в Беларуси увеличился в среднем на 2,7 см (со 178,7 до 181,4 см, темп прироста +1,51 %), женщин – на 1,4 см (со 165,7 до 167,1, темп прироста +0,84 %). При этом между величиной конечного роста молодых мужчин и молодых женщин, и, в большей степени, молодых мужчин и максимальными показателями роста их родителей существует сложная нелинейная связь. Результаты корреляционного анализа указывают на несколько большую силу этой связи между показателями конечного роста мужчин и их матерей, тогда как у женщин – с ростом их отцов. Несмотря на выявленные различия в характере указанных связей, вероятность формирования роста ребенка ниже среднего в популяции при росте родителя того же пола ниже среднего уровня была практически одинаковой и составила для мужчин 3,67, для женщин – 3,68. При этом величины коэффициентов ранговой корреляции (0,411–0,469) хорошо совпадают с данными современных крупных исследований, оценивающих степень вклада генетических факторов в формирование конечного роста человека в популяциях европейского происхождения величиной 40 % (45 %).

**Благодарности.** Авторы выражают искреннюю благодарность работникам учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» и иных учреждений образования Республики Беларусь за помощь в сборе первичных материалов: Абаимовой М. О., Анисимову А. А., Башаркевич Н. А., Блажко А. С., Власенко В. И., Гайкович Ю. В., Гаптарь М. И., Голодок Т. П., Григорьян А. Л., Корниенко Е. М. О., Печурскому А. И., Пупа Т. А., Рагуновичу Л. Д., Севериной Т. Г., Семенене И. Н., Семеновичу А. А., Тетюеву А. М., Фоменко В. Н., Чабан А. Г.

### Литература

1. Хомякова, И. А. Антропологические исследования в Туве и Северной Монголии: Тувинцы, тувинцы-тоджинцы, цаатаны / И. А. Хомякова, Н. В. Балинова // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. – 2017. – № 2. – С. 12–25.
2. Этнотерриториальное разнообразие размеров тела новорожденных / Н. П. Боровкова [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. – 2012. – № 3. – С. 56–71.
3. A saturated map of common genetic variants associated with human height / L. Yengo [et al.] // Nature. – 2022. – Vol. 610, № 7933. – P. 704–712.

4. Galton, F. Hereditary stature / F. Galton // Nature. – 1886. – № 33. – P. 295–298.
5. Galton, F. Regression towards mediocrity in hereditary stature / F. Galton // The Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland. – 1886. – Vol. 15. – P. 246–263.
6. Genome-wide association analysis identifies 20 loci that influence adult height / M. N. Weedon [et al.] // Nat Genet. – 2008. – Vol. 40, № 5. – P. 575–583.
7. Heritability of adult body height: a comparative study of twin cohorts in eight countries / K. Silventoinen [et al.] // Twin Res. – 2003. – Vol. 6, № 5. – P. 399–408.
8. Identification of ten loci associated with height highlights new biological pathways in human growth / G. Lettre [et al.] // Nat Genet. – 2008. – Vol. 40, № 5. – P. 584–591.
9. Marfan syndrome caused by a recurrent de novo missense mutation in the fibrillin gene / H. C. Dietz [et al.] // Nature. – 1991. – Vol. 352, № 6333. – P. 337–339.
10. Mutations in the transmembrane domain of FGFR3 cause the most common genetic form of dwarfism, achondroplasia / R. Shiang [et al.] // Cell. – 1994. – Vol. 78, № 2. – P. 335–342.

### References

1. Homyakova, I. A. Antropologicheskie issledovaniya v Tuve i Severnoj Mongolii: Tuvincy, tuvincy-todzhincy, caatany / I. A. Homyakova, N. V. Balinova // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 23: Antropologiya. – 2017. – № 2. – S. 12–25.
2. Etnoterritorial'noe raznoobrazie razmerov tela novorozhdennyh / N. P. Borovkova [et al.] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 23: Antropologiya. – 2012. – № 3. – S. 56–71.
3. A saturated map of common genetic variants associated with human height / L. Yengo [et al.] // Nature. – 2022. – Vol. 610, № 7933. – P. 704–712.
4. Galton, F. Hereditary stature / F. Galton // Nature. – 1886. – № 33. – P. 295–298.
5. Galton, F. Regression towards mediocrity in hereditary stature / F. Galton // The Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland. – 1886. – Vol. 15. – P. 246–263.
6. Genome-wide association analysis identifies 20 loci that influence adult height / M. N. Weedon [et al.] // Nat Genet. – 2008. – Vol. 40, № 5. – P. 575–583.
7. Heritability of adult body height: a comparative study of twin cohorts in eight countries / K. Silventoinen [et al.] // Twin Res. – 2003. – Vol. 6, № 5. – P. 399–408.
8. Identification of ten loci associated with height highlights new biological pathways in human growth / G. Lettre [et al.] // Nat Genet. – 2008. – Vol. 40, № 5. – P. 584–591.
9. Marfan syndrome caused by a recurrent de novo missense mutation in the fibrillin gene / H. C. Dietz [et al.] // Nature. – 1991. – Vol. 352, № 6333. – P. 337–339.
10. Mutations in the transmembrane domain of FGFR3 cause the most common genetic form of dwarfism, achondroplasia / R. Shiang [et al.] // Cell. – 1994. – Vol. 78, № 2. – P. 335–342.

Поступила 20.12.2023 г.