



Федотова Т.К., Горбачева А.К., Пермякова Е.Ю.

*МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии,  
ул. Моховая, д. 11, Москва, 125009, Россия*

## **ИНФОРМАТИВНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗРАСТА В ПОПУЛЯЦИОННОМ МОНИТОРИНГЕ (ВОЗРАСТ МЕНАРХЕ И ПИК СКОРОСТИ РОСТА И ИХ АССОЦИИРОВАННОСТЬ)**

**Введение.** Настоящее исследование посвящено оценке ассоциированности двух показателей биологического возраста (возраста менархе и пика скорости роста) на восходящем отрезке онтогенеза и их совместной информативности.

**Материалы и методы.** В анализе задействован блок выборок подростков женского пола ( $N=43$ ) с территории РФ и сопредельных стран, а также архивные материалы ( $N=4$ ), собранные в рамках работы лаборатории прикладной антропологии при непосредственном участии одного из авторов в 1980-х гг. Для оценки взаимосвязи темпов роста (ПСР) с возрастом менархе использовались коэффициенты корреляции Пирсона.

**Результаты и обсуждение.** Показано, что возраст менархе достоверно положительно связан как с возрастом наступления пика скорости роста, так и с максимальным приростом величины длины тела во время этого пика. Статистически значимые отрицательные связи зафиксированы для возраста менархе и года обследования, что в очередной раз подтверждает наличие секулярного тренда в развитии подросткового населения нашей страны и сопредельных территорий (блок бывшего СССР). Об этом свидетельствуют также положительные связи между годом обследования и максимумом прироста средней длины тела во время пика скорости роста. В секулярном аспекте зафиксирована тенденция к постепенному сближению параллельно снижающихся сроков наступления менархе и пиков скорости роста у московских девушек, обследованных на временном промежутке, охватывающем более 80 лет. Переход к наступлению более ранних сроков полового созревания носит плавный характер, тогда как для пика скорости роста этот процесс более интенсивен на интервале с 1928 по 1956 г. (как и разница между этими показателями), что может свидетельствовать о большей чувствительности последнего к социальным катаклизмам, детектируемым на данном этапе.

**Заключение.** Полученные нами результаты о скореллированности возрастов менархе и пика скорости роста позволяют сделать осторожный вывод о возможности использования последнего как индикатора хронобиологического статуса популяции.

**Ключевые слова:** биологическая антропология; половое созревание; пик скорости роста; индикаторы хронобиологического статуса

DOI: 10.55959/MSU2074-8132-25-3-3

## Введение

В основе популяционного мониторинга ростовых процессов и сравнительной оценки межгрупповой морфологической специфики у детей лежит, в числе прочего, фундаментальный методологический принцип: достаточно надежным методическим алгоритмом решения этой задачи при массовых ростовых обследованиях является группировка материала по хронологическому возрасту и сравнение соматического статуса годичных возрастных групп. Этот алгоритм не является единственно возможным и имеет характер конвенции. Действительно, категория «хронологический возраст» в массовых исследованиях морфофункционального статуса отражает свойство некоего среднестатистического варианта нормы, весьма существенного, но не универсального и не исчерпывающе достаточного, потому как нормальная (оптимальная) жизнедеятельность и здоровье могут сохраняться в достаточно широком диапазоне изменчивости показателей [Хрисанфова, Перевозчиков, 1999]. Более исчерпывающей характеристикой морфофункционального статуса является категория «биологический возраст», который для индивида определяется как достигнутый уровень морфофункционального созревания организма; он может как соответствовать своему возрастному стандарту, так и отклоняться от него в ту или иную сторону [Властовский, 1976; Дерябин, 2004]. В равной мере «биологический возраст», или хронобиологический статус, является информативной характеристикой целой группы, отражая дифференцированный по популяциям темпо-ритм целостного онтогенеза от рождения до старости, межгрупповые проявления акцелерации и т. д. [Павловский, 1987; Бацевич, 2022].

Из спектра морфологических критериев биологического возраста (соматическое развитие, половое развитие, зубной возраст, скелетный (костный) возраст) наиболее универсальным, информативным на протяжении всего онтогенеза, тесно связанным с соматическим статусом, является скелетный возраст, используемый в отечественной антропологии не только как индикатор темпов онтогенеза, но и как мера адаптации популяции к среде. Морфологические критерии биологического возраста (например, скелетное и половое развитие, в меньшей степени скелетное и соматическое развитие) достаточно тесно связаны [Бацевич, 2022] и в некоторые периоды взаимозаменяемы [Хрисанфова, Перевозчиков, 1999]. Обращаем внимание читателей, что скелетный возраст имеет значимые

связи с соматическим развитием, но последнее отражает изменение размеров, в то время как первый является исключительно индексом зрелости и отражает биохимическую структуру ткани. Это позволяет заключить, что два разных по биологическому содержанию индикатора контролируются однотипными биологическими механизмами под эгидой генетических факторов [Gasser et al., 2013; Molinari et al., 2013]. Заметим, что сбор материала в режиме обстоятельных комплексных антропологических экспедиций прекрасно ассимилирует рентгенантропологический метод для определения скелетного возраста [Бацевич, 2022]. Но для стремительных скрининговых обследований детского контингента, имеющих целью чаще всего корректировку стандартов физического развития локальной группы и ограниченных тремя показателями физического развития (длина и масса тела, обхват груди), существует сугубо соматический несложный биомаркер темпа онтогенеза — пик скорости роста, представляющий собой показатель, описывающий момент наибольшей скорости ростовых изменений среднего уровня длины тела (ДТ) в подростковом периоде (иначе: характеристика времени интенсивного протекания пубертатных процессов в каждой отдельной серии данных), определенный по эмпирическим рядам ежегодных изменений средней величины ДТ с последующим сглаживанием по методу наименьших квадратов [Дерябин, Федотова, 2002]. Авторы ни в коем случае не ставят знак равенства между скелетным развитием и рассматриваемым в работе соматическим критерием (пиком ростовой активности в пубертате), но информативность последнего очевидно значительна и его актуальность в межгрупповых сравнениях отрицать нельзя. Концепция темпа роста, иначе феномен пика скорости роста (сокр. ПСР; англ. «Peak Height Velocity» (PHV)), его хронологический возраст (в годах) и интенсивность (величина прироста в см), была предложена и всесторонне разработана выдающимся британским создателем ауксологии Джеймсом М. Таннером [Tanner, Davies, 1985].

Методические подходы к популяционному мониторингу ростовых процессов по-прежнему активно обсуждаются в литературе (несмотря на более чем вековую историю систематических обследований физического статуса подрастающих поколений ауксологами и возрастными физиологами). В частности, в связи с необходимостью корректного описания сдвигов физического развития

детей и подростков в связи с секулярным трендом на фоне непрерывного усиления уровня антропогенной нагрузки и дистрессового характера современной экологии, в первую очередь экологии мегаполисов [Синева с соавт., 2020; Пермякова с соавт., 2022].

Ранее на отечественных антропологических материалах [Fedotova, Gorbacheva, 2023] было показано, что характер межгрупповой изменчивости пика скорости роста (ПСР) указывает на значительную социальную/антропогенную обусловленность хронобиологического статуса популяции и независимость ростовых стратегий мужского и женского полов. В частности, пик скорости роста является индикатором секулярной соматической динамики наряду с собственно длиной тела как генетическим маркером. Связь возраста ПСР с абсолютными годовыми значениями длины тела (ДТ) на возрастном интервале 7–17 лет является систематической и высокой для мальчиков и случайна для девочек, что свидетельствует о генетической детерминированности темпов роста у первых. Корреляции пика скорости роста с абсолютными значениями ДТ имеют самые высокие уровни в 7 лет; длина тела в возрасте 7 лет, таким образом, действительно является триггером для параметров пика скорости роста [Федотова, Горбачева, 2024]. В ходе популяционного анализа коррелированности темпов роста и жиросотложения [Федотова с соавт., 2025] на материалах РФ и сопредельных стран показано, что у мальчиков темпы роста (возраст пика скорости роста) ассоциированы с абсолютными значениями показателей жиросотложения: временной/секулярной динамике пика скорости роста достаточно четко соответствует секулярная динамика жиросотложения, маркером которого является величина жировых складок под лопаткой и на трицепсе. Для мальчиков показана коррелированность возраста пика скорости роста и абсолютных значений толщины жировой складки под лопаткой в разных одногодичных группах на интервале 7–17 лет; а также коррелированность уровней ИМТ в 7 и 8 лет с возрастом пика скорости роста.

С учетом выявленной ранее авторами коррелированности возраста пика скорости роста с абсолютными значениями длины тела в одногодичных группах можно с осторожностью говорить о значительной согласованности/связанности механизмов онтогенеза мальчиков. У девочек, в свою очередь, параллелизм секулярной динамики возраста пика скорости роста и динамики измене-

ния толщины жировых складок выражен менее четко; равным образом в работе не выявлено ассоциированности возраста пика скорости роста с абсолютными значениями величины жировых складок на интервале 7–17 лет и величиной ИМТ в 7 и 8 лет. Полученные для девочек закономерности соответствуют результатам внутригруппового анализа, согласно которым ведущим компонентом состава тела в процессе развития вторичных половых признаков (темпов развития) в группе является, видимо, обезжиренная масса тела.

Целью настоящего исследования является оценка ассоциированности двух показателей биологического возраста (возраст менархе и пик скорости роста) на восходящем отрезке онтогенеза и их совместной информативности как индикаторов в первую очередь ниши развития популяции – качества среды и секулярных трендов. Характер скоррелированности двух показателей поможет, с одной стороны, оценить значимость пика скорости роста как самостоятельного индикатора хронобиологического статуса популяции, с другой стороны, еще раз вернуться к проблеме триггера возраста наступления менархе.

## Материалы и методы

В анализе задействован блок выборок подростков женского пола (N=43) с территории РФ и сопредельных стран [Властовский, 1976; Миклашевская с соавт., 1988; Година с соавт., 2011; Карандашева, Гречкина, 2021; Пермякова с соавт., 2022; Саливон с соавт., 2023; Кокоба, 2024] и архивные материалы (собраны в рамках работы лаборатории прикладной антропологии при непосредственном участии одного из авторов в 1980-х гг.). Таким образом, общее количество обследованных групп было расширено до 47. Данные о пунктах обследования, численности населения в них, а также годах проведения обследования приведены в таблице 1.

Все исследования проводились по стандартной антропометрической методике [Бунак, 1941; Негашева, 2017]. Методика расчета возраста пика скорости роста была подробно изложена в наших предыдущих работах [Федотова с соавт., 2025; Fedotova, Gorbacheva, 2023].

Темпы онтогенеза у обследованного контингента были определены стандартным образом посредством расчета частоты менархе для каждой возрастной когорты с последующим графическим определением регрессионным методом возраста, в котором частота девушек с менструациями достигает 50% [Соловьева, 1966].

**Таблица 1. Характеристика обследованных выборок**  
**Table 1. Characteristics of the examined samples**

Место и год обследования	Численность населения, млн чел.
с. Члоу, Абхазская ССР, 1979	0,0024
п.г.т. Палех, Ивановская обл. 1972	0,0048
с. Лыхны, Абхазская ССР, 1981	0,007
п. Олонек, респ. Карелия, 1989	0,012
г. Батуми, Грузинская ССР, 1974	0,103
г. Сухуми, Абхазская ССР, 1980	0,109
г. Сухуми, Абхазская ССР, 2012	0,063
г. Норильск, Красноярский край, 1983	0,184
г. Петропавловск-Камчатский, о. Сахалин, 1984	0,241
г. Улан-Удэ, респ. Бурятия, 1985	0,327
г. Архангельск, Арханг. обл., 1987-1989	0,416
г. Архангельск, Арханг. обл., 2009-2010	0,350
г. Томск, Томская обл., 1985	0,484
г. Иркутск, Иркутск. обл., 1985	0,601
г. Саратов, 1958-1962	0,600
г. Красноярск, Красноярский край, 1985	0,877
г. Тбилиси, Грузинская ССР, 1975-1976	0,985
г. Одесса, Украинская ССР, 1981	1,072
г. Ереван, Армянская ССР, 1986	1,115
г. Омск, Омская обл., 1985	1,115
г. Тбилиси, Грузинская ССР, 1986	1,166
г. Баку, Азербайджанская ССР, 1979	1,533
г. Нижний Новгород, 1991	1,445
г. Нижний Новгород, 2012	1,250
г. Москва, 1925	2,026
г. Москва, 1928	2,127
г. Москва, 1934	3,200
г. Москва, 1956	4,840
г. Москва, 1959	5,085
г. Москва, 1964	6,400
г. Москва, 1969	6,941
г. Москва, 1973	7,255
г. Москва, 1978	7,932
г. Москва, 1981	8,000
г. Москва, 1993	9,066
г. Москва, 1993	9,933
г. Москва, 2016	12,330

Для оценки взаимосвязи темпов роста (пика скорости роста) и ассоциированных с ним показателей с возрастом менархе использовались коэффициенты корреляции Пирсона. Статистическая обработка материала была проведена с использованием пакета программ STATISTICA 12 (StatSoft, Inc. (2014)).

Все участники исследования (либо их официальные представители) до включения в исследование добровольно подписали форму

информированного согласия, утвержденную в составе протокола исследования этическим комитетом.

## Результаты

На первом этапе был проведен анализ взаимной скореллированности обследованных показателей в общей группе выборок (табл. 2). Показано, что возраст менархе достоверно положительно связан с возрастом наступления пика скорости роста и отрицательно с максимальным приростом величины длины тела во время этого пика. Статистически значимые отрицательные связи зафиксированы для возраста менархе и года обследования, что в очередной раз подтверждает наличие секулярного тренда в развитии подросткового населения нашей страны и сопредельных территорий (блок бывшего СССР). Об этом свидетельствуют также положительные связи между годом обследования и максимумом прироста средней длины тела во время пика скорости роста.

На втором этапе связи между показателями были проанализированы для всех выборок за исключением московской (ввиду особого статуса и специфики протекающих в столичном регионе социально-экономических процессов). В данном случае сохраняются положительные связи между годом обследования и максимумом прироста средней длины тела во время пика скорости роста, а также между возрастными наступления менархе и пика скорости роста (ПСР). При этом, однако, подтверждена отрицательная достоверная корреляция между возрастом наступления менархе и численностью населенного пункта, в котором проводилось обследование, отсутствовавшая при совокупном анализе связей показателей всего обследованного контингента (табл. 3). Графическое отображение полученной зависимости представлено на рисунке 1. Попытка установить возможные ассоциации возраста менархе с климатогеографическими характеристиками среды (географическая широта, средняя температура января, средняя температура июля) с целью устранения возможных «шумов» не дали положительных (достоверных) результатов и в статью эти рабочие материалы не включены.

Графическое отображение совместной динамики изменений возраста наступления менархе и пика скорости роста для локальной выборки московских девушек в зависимости от года обследования представлено на рисунке 2. Согласно полученным результатам, на промежутке с 1928 по 1956 г. оба показателя демонстрируют тенденцию к снижению. Более того, возраст менархе продолжает

Таблица 2. Корреляции (по Пирсону) обследуемых показателей в общей группе выборок  
Table 2. Pearson correlations of the examined indicators in the general group of samples

	Год обследования	Численность населения	Возраст Ме	Возраст ПСР	Максимум прироста длины тела во время пика
Год обследования	1,0000	-0,136674	<b>-0,6287</b>	-0,1883	<b>0,6537</b>
Численность населения	-0,136674	1,000000	-0,140272	0,197413	-0,143461
Возраст Ме	<b>-0,6287</b>	-0,140272	1,0000	<b>0,5204</b>	<b>-,4964</b>
Возраст ПСР	-0,1883	0,197413	<b>0,5204</b>	1,0000	-0,2884
Максимум прироста длины тела во время пика	<b>0,6537</b>	-0,143461	<b>-0,4964</b>	-0,2884	1,0000

Таблица 3. Корреляции (по Пирсону) обследуемых показателей в группе выборок за исключением московских  
Table 3. Pearson correlations of the examined indicators in the group of samples with the exception of Moscow

	Год обследования	Численность населения	Возраст Ме	Возраст ПСР	Максимум прироста длины тела во время пика
Год обследования	1,0000	0,0331	-0,2898	0,0072	<b>0,5108</b>
Численность населения	0,0331	1,0000	<b>-0,5301</b>	-0,0100	-0,0410
Возраст Ме	-0,2898	<b>-0,5301</b>	1,0000	<b>0,5611</b>	-0,2912
Возраст ПСР	0,0072	-0,0100	<b>0,5611</b>	1,0000	-0,2259
Максимум прироста длины тела во время пика	<b>0,5108</b>	-0,0410	-0,2912	-0,2259	1,0000

Примечания к таблицам 2 и 3. выделенные жирным шрифтом различия носят достоверный характер.  
Notes for tables 2 and 3. Statistically significant differences are marked.

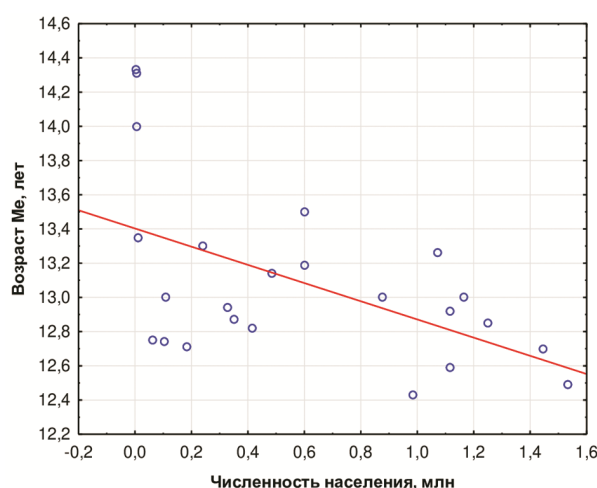
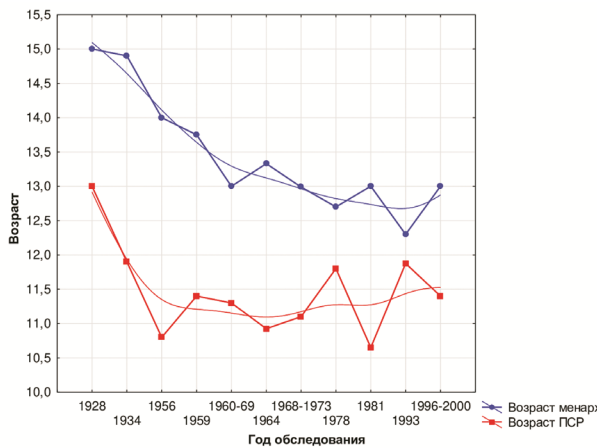


Рисунок 1. Диаграмма рассеяния возраста менархе в зависимости от численности населения  
Figure 1. The scattering diagram of the age of menarche depending on the size of the population

Примечания.  $r=-0,5301$ ;  $p=0,0077$ .  
Notes.  $r=-0,5301$ ;  $p=0,0077$ .



*Рисунок 2. Сглаженные кривые секулярной динамики возрастов достижения пика скорости роста и менархе у московских девушек*  
*Figure 2. Smoothed curves of ages of peak growth rate and menarche among Moscow girls*

плавно снижаться до 2000 г. с небольшими флуктуациями в сторону увеличения в 1964, 1981 и 2000 г. Пик скорости роста, в свою очередь, в 1950–1970-е гг. наступает в 11,00–11,75 лет с резким его падением в 1981 г. Для обследованных в этом же году девушек, помимо прочего, зафиксирована и большая разница возраста наступления менархе и пика скорости роста – резкое падение хронологического наступления последнего сочетается с более поздним половым созреванием (разница порядка 2,5 лет). В 1993 г., наоборот, возраста начинают сближаться – максимальный возраст пика скорости роста сочетается с минимальным (самым ранним) возрастом наступления менархе среди всех наблюдений).

## Обсуждение

Известно, что величина массы тела при рождении и в детском возрасте, а также величина длины тела в подростковом периоде онтогенеза вкупе с изменением социально-экономического статуса оказывают существенное влияние на средний возраст наступления менархе, снижающийся у большого числа различных этнических групп во всем мире. Однако определение достоверного показателя, ответственного за секулярные изменения возраста наступления полового созревания, по-прежнему остается нерешенным вопросом, поскольку выводы разных авторов неизменно противоречат друг другу, не позволяя дать однозначного ответа [Waqar-ul-Haq, 2017]. В качестве наиболее часто постулируемого триггера ускорения поло-

вого созревания может выступать как продолжающийся в мегаполисах ряда стран (включая нашу) процесс акселерации, так и метаболические нарушения обмена веществ, обусловленные высокой распространенностью избыточной массы тела и ожирения [Грицинская с соавт., 2017]. Согласно мнению других авторов, возможно, сроки наступления менархе определяются каким-либо фактором роста, действующим непосредственно перед рождением, который также влияет на последующие изменения массы, но не длины тела, т.е. не увеличение массы тела запускает ускоренное половое созревание, а оба эти события возникают независимо друг от друга [Cole, 2000].

Как было указано выше, в наших предыдущих исследованиях в качестве маркера темпов онтогенеза был использован пик скорости роста (ПСР), динамика изменений которого четко коррелирует с абсолютными значениями показателей жиросложения у мальчиков нашей и сопредельных стран, тогда как для девочек большой вклад в ускорение темпов развития, судя по всему, вносит обезжиренная масса тела [Федотова с соавт., 2025]. В связи с этим неизбежно встает вопрос об информативности пика скорости роста как показателя, позволяющего расширить наши представления о потенциальных триггерах как наступления полового созревания, так и ускорения его темпов. Полученные нами результаты о скореллированности возрастов менархе и пика скорости роста (табл. 2, 3) позволяют сделать осторожный вывод о возможности использования последнего как индикатора хронобиологического статуса популяции. Аналогичная попытка была предпринята для японских девушек в конце 1970-ых гг., темпы снижения менархе которых к рассматриваемому периоду времени достигали 4,4 месяца за десятилетие. Было показано, что возраст наступления менархе в этой группе связан с возрастом наступления пика скорости роста ( $r=0,77$ ) корреляцией высокого уровня [Hoshi, Kouchi, 1981], что подтверждают результаты более поздних исследований [Yokoza, Higuchi, 2014], где также была зафиксирована положительная связь возраста пика скорости роста с величиной массы тела. В то же самое время, последняя закономерность, видимо, специфична для отдельных групп и подтверждается далеко не всегда [Iuliano-Burns et al., 2001]. Похожие связи были обнаружены и в исследованиях, более хронологически близких к нашему [Durda-Masny et al., 2019; Abou El Ella et al., 2020].

Касательно отрицательной корреляции возраста наступления менархе в обследованных группах, исключая московскую, с численностью населения пункта проживания можно сделать аккуратное предположение о том, что население крупных городов в большинстве своем проживает в более благоприятных социально-экономических условиях. Последние, в свою очередь, оказывают положительное влияние на ускорение темпов полового созревания [Ellis, 2004; Towne et al., 2005]. В нашем случае, однако, добавление к анализу девушек, населяющих столичный регион, приводит к тому, что описанная выше закономерность перестает носить достоверный характер. С одной стороны, подобный результат кажется парадоксальным, с другой – может быть объясним избыточной гетерогенностью московских жителей на всех охваченных интервалах времени, размывающей обнаруженный тренд. Нельзя также не напомнить, что не только, возможно даже, не столько благоприятные социальные условия могут способствовать ускорению морфо-функционального развития организма, но также и умеренный уровень антропогенного стресса, характеризующий урбанистическую среду, в том числе большинства задействованных в нашем анализе городских агломераций. В то время как для мегаполиса Москвы уровень антропогенной нагрузки характеризуется как дистрессовый и, соответственно, децелерирующий, что и вносит шумы в характер закономерности, описанной выше.

Интересной представляется тенденция к постепенному сближению параллельно снижающихся в секулярном аспекте сроков наступления менархе и пиков скорости роста у московских девушек, обследованных на временном промежутке, охватывающем более 80 лет. Переход к наступлению более ранних сроков полового созревания носит плавный характер, тогда как для пика скорости роста этот процесс более интенсивен на интервале с 1928 по 1956 г. (и разница между ними максимальна), что может свидетельствовать о большей чувствительности последнего к социальным катаклизмам, детектируемым на данном этапе. С другой стороны, не следует исключать в качестве причины наблюдаемых отличий и уровня физических нагрузок. Например, показано, что в группах лиц с повышенной физической активностью (включая спортсменов) разница между сроками наступления менархе и пика скорости роста достоверно выше, чем в контрольной группе [Fujii, Demura, 2005]. Возможно, что социально-

экономические процессы и уровень антропогенной нагрузки, оказавшие влияние на образ жизни и род занятий городского московского населения в первой половине XX века, также внесли свой вклад в биологические аспекты развития организма подросткового возраста. Не следует исключать и того, что такова специфика обследуемой группы. К примеру, для индийских девушек независимо от социально-экономического статуса и уровня физических нагрузок разница между хронологией пика скорости роста и менархе остается одинаковой при подтвержденной тенденции к более поздним срокам их наступления у индивидов из более низкой социальной страты [Rao et al., 1998]. С этой точки зрения и полученные нами результаты можно считать специфической характеристикой привлеченного к анализу материала.

В завершении обсуждения нельзя также не остановиться на важном методическом (стратегическом) элементе исследования. Привлеченные к анализу выборки представляют собой поперечные исследования. Поперечные исследования охватывают детей разных годов рождения, и идеальной областью их применения является разработка и корректировка популяционных ростовых стандартов и/или межгрупповые сравнения ростовых процессов, являющихся в случае каждой популяции продуктом сложной суперпозиции этногенетических факторов и совокупности экологических характеристик конкретной окружающей среды. В то время как для получения несмещенных представлений о механизмах, темпах и динамике роста, корректной оценке биологических связей процессов роста и созревания организма в аукологии и возрастной физиологии идеальной стратегией является скорее лонгитудинальное (продольное) исследование, представляющее собой последовательное измерение одних и тех же детей в течение ряда лет с постоянными, например, годовыми или полугодовыми интервалами [Бунак, 1962, Властовский, 1976, Ямпольская, 2000; Година, 2003; Garn, 1952, Tanner, 1962]. Авторы понимают известное тактическое несовершенство и допущения поперечного метода исследования в контексте целей настоящей работы. Однако мультизадачность нашего проекта, в том числе оценка информативности пика скорости роста и возраста менархе как независимых, одновременно сочетанных, индикаторов качества среды (год обследования, степень урбанизации места жительства), требовала привлечения значительного числа локальных выборок. А лонгитудинальные исследования соматического роста крайне редки,

будучи ограничены индивидуальным временем исследователя; и «экологическим фоном» дифференцированных паттернов индивидуального роста может служить если только разнообразие семейной среды в широком смысле (социальный статус родителей, образ жизни и режим питания, проч.). Исчерпывающая сводка мировых лонгитудинальных исследований разного уровня продвинутости вплоть до 1960-х годов прошлого века приведена в монографии В.Г. Властовского [Властовский, 1976], ему же принадлежит и инициатива первого в России масштабного многолетнего лонгитудинального исследования школьников 8–17 лет 1960–1969 гг. Лонгитудинальный метод в современных исследованиях больше востребован для изучения частных узкоспециальных сюжетов в области медицины и психологии [Worth et al., 2020; Zheng et al., 2017; Resztak et al., 2023].

### Заключение

Таким образом, на основе полученных нами корреляций между возрастом менархе и возрастом наступления пика скорости роста можно постулировать возможность использования последнего в качестве самостоятельного индикатора хронобиологического статуса популяции. Однако следует отметить, что в любом случае именно совокупное использование двух этих показателей позволит более точно характеризовать обследованные группы на предмет наличия или отсутствия секулярных трендов в связи со специфичностью контингента, их составляющего. В любом случае данный показатель подтверждает свою роль одного из триггеров наступления полового созревания, по крайней мере, среди проанализированного контингента.

### Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова.

### Acknowledgements

The study was conducted under the state assignment of Lomonosov Moscow State University

### Библиография

*Бацевич В.А.* Темпы возрастной изменчивости скелета в современных популяциях человека (антропозологические аспекты): Автореф. дис. докт. биол. наук, 2022.

*Бунак В.В.* Антропометрия. М.: Учпедгиз. 1941.

*Бунак В.В.* Факторы, определяющие физическую дееспособность и физическое развитие в период ро-

ста / Труды V Науч.конф.по возрастной морфол., физиол. и биохимии. М., 1962. С.37–44.

*Властовский В.Г.* Акцелерация роста и развития детей. Москва: Изд-во Московского университета. 1976.

*Година Е.З.* Ауксология / Антропология. Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. С.113–172.

*Година Е.З., Хомякова И.А., Задорожная Л.В., Анисимова А.В. и др.* Ауксологические исследования на родине М.В. Ломоносова // Вестник Московского университета. Серия XIII: Антропология, 2011. № 3. С. 68–100.

*Грицинская В.Л., Мамедова С.М.К., Никитина И.П.* Показатели физического и полового развития девочек пубертатного возраста в Санкт-Петербурге // Репродуктивное здоровье детей и подростков, 2017. № 6. С. 22–29.

*Дерябин В.Е.* Многомерные методы исследования межгрупповой вариации у детей // Вестник антропологии, 2004. № 11. С. 120–141.

*Дерябин В.Е., Федотова Т.К.* Стабильность структуры межиндивидуальных распределений размеров тела у детей в период роста. Москва: Деп. в ВИНТИ № 1686-В2002. 2002.

*Карандашева В.О., Гречкина Л.И.* Сравнительная оценка уровня физического развития девочек-подростков европеоидного населения Магаданской области // Вестник Московского университета. Серия XXIII: Антропология, 2021. №1. С. 19–31. DOI: 10.32521/2074-8132.2021.1.019-031.

*Кокоба Е.Г.* Временная динамика морфологических характеристик абхазских детей и подростков в меняющихся условиях жизни // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология, 2024. № 1. С. 49–66. DOI: 10.55959/MSU2074-8132-24-1-5.

*Миклашевская Н.Н., Соловьева В.С., Година Е.З.* Ростовые процессы у детей и подростков. Москва: Изд-во Московского ун-та. 1988.

*Негашева М.А.* Основы антропометрии. М.: Экон-Информ, 2017. 216 с.

*Павловский О.М.* Биологический возраст у человека. Москва: Изд-во Московского ун-та. 1987.

*Пермякова Е.Ю., Бацевич В.А., Степанова А.В., Калюжный Е.А.* Особенности морфофизиологического развития сельских школьников Чувашии и Нижегородской области // Вестник Московского университета. Серия XXIII: Антропология, 2022. № 3. С. 36–47. DOI: 10.32521/2074-8132.2022.3.036-047.

*Саливон И.И., Полина Н.И., Марфина О.В.* Физическое развитие детей Беларуси в XX-XXI вв. Минск: Беларуская навука. 2023.

*Синева И.М., Зимина С.Н., Пермякова Е.Ю., Хафизова А.А., Юдина А.М., Негашева М.А.* Морфологические индикаторы физической активности современной студенческой молодежи // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология, 2020. № 1. С. 5–15. DOI: 10.32521/2074-8132.2020.1.005-015.

*Соловьева В.С.* Морфологические особенности подростков в период полового созревания (в этно-территориальном разрезе): Дисс. ... канд. биол. наук, М., 1966, 176 с.

*Федотова Т.К., Горбачева А.К.* Биомаркер «пик скорости роста» как индикатор секулярной динамики физического статуса в межгрупповых исследованиях/сопоставлениях // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология, 2024. № 1. С. 36–48. DOI: 10.55959/MSU2074-8132-24-1-4.

Федотова Т.К., Горбачева А.К., Пермякова Е.Ю. Городская экология сквозь призму эпидемии ожирения и темпов соматического роста // Экология человека, 2024. Т. 31. № 9. С. 666–677.

Хрисанфова Е.Н., Перевозчиков И.В. Антропология: учебник. Москва: Изд-во Московского ун-та. 1999.

Ямпольская Ю.А. Физическое развитие школьников – жителей крупного мегаполиса в последние десятилетия: состояние, тенденции, прогноз, методика скрининг-оценки: Автореф. дис. докт. биол. наук, 2000.

#### Информация об авторах

Федотова Татьяна Константиновна, д.б.н.; ORCID ID: 0000-0001-7750-7924; [tatiana.fedotova@mail.ru](mailto:tatiana.fedotova@mail.ru);

Горбачева Анна Константиновна, к.б.н.; ORCID ID: 0000-0001-5201-7128; [angoria@yandex.ru](mailto:angoria@yandex.ru);

Пермякова Екатерина Юрьевна, к.б.н., ORCID ID: 0000-0002-6490-4004; [ekaterinapermyakova@gmail.com](mailto:ekaterinapermyakova@gmail.com).

Поступила в редакцию 30.01.2025,  
принята к публикации 02.02.2025

Fedotova T.K., Gorbachyova A.K., Permiakova E.Yu.

*Lomonosov Moscow State University, Anuchin Institute and  
Museum of Anthropology, Mokhovaya st., 11, Moscow, 125009, Russia*

## URGENCY OF PARAMETERS OF BIOLOGICAL AGE IN POPULATION MONITORING OF GROWTH PROCESSES (AGE AT MENARCHE AND PEAK HEIGHT VELOCITY AND THEIR CORRELATIONS)

**Introduction.** *The present study is devoted to the assessment of the association of two indicators of biological age (menarche age and peak height velocity) through the upward segment of ontogenesis and their joint informativeness.*

**Materials and methods.** *The analysis involved a block of samples of female adolescents (N=43) from the territory of the Russian Federation and neighboring countries, as well as the archival materials (N=4) collected as part of the work of the Laboratory of Applied Anthropology with the direct participation of one of the authors in the 1980s. Pearson correlation coefficients were used to assess the relationship between growth rates (PHV) and associated indicators with menarche age.*

**Results and discussion.** *It has been shown that the age of menarche is significantly positively associated with both the age of onset of peak height velocity and the maximum increase in body height during this peak. Statistically significant negative associations were recorded for the age of menarche and the year of the survey, which once again confirms the existence of a secular trend in the development of the adolescent population of our country and neighboring territories (the former USSR bloc). This is also evidenced by the positive relationship between the year of examination and the maximum increase in average body height during the peak height velocity. In the secular aspect, there is a tendency towards a gradual convergence of the parallel decreasing timing of the onset of menarche and the peak height velocity in Moscow girls examined over a period of more than 80 years. The transition to the onset of earlier puberty is smooth, whereas for the peak of the growth rate, this process is more intense in the interval from 1928 to 1956 (and the difference between them is maximal), which may indicate a greater sensitivity of the latter to the social cataclysms detected at this stage.*

**Conclusion.** *Our results on the correlation of the ages of menarche and peak height velocity allow us to make a cautious conclusion about the possibility of using the latter as an indicator of the chronobiological status of the population.*

**Keywords:** biological anthropology; puberty; peak height velocity; indicators of chronobiological status

DOI: 10.55959/MSU2074-8132-25-3-3

## References

- Batsevich V.A. *Rates of skeletal age variability in modern human populations (anthropoecological aspects)*. PhD in Biology Thesis. Moscow, 2022. (In Russ.).
- Bunak V.V. *Anthropometry*. Moscow, Uchpedgiz Publ., 1941. 368 p. (In Russ.).
- Bunak V.V. Factors determining physical capacity and physical development during the growth period. In *Proceedings of the V Scientific Conference by age morphology, physiology and biochemistry*. M., 1962. pp. 37–44. (In Russ.).
- Vlastovskij V.G. *Acceleration of children's growth and development*. Moscow, Izd-vo Moskovskogo universiteta Publ., 1976. 279 p. (In Russ.).
- Godina E.Z. Auxology. In *Anthropology for students*. Moscow, VLADOS Publ., 2003. pp.113–172. (In Russ.).
- Godina E.Z., Khomjakova I.A., Zadorozhnaja L.V., Anisimova A.V., et al. Auxological investigations at Mikhail Lomonosov's motherland. *Moscow University Anthropology Bulletin*, 2011, 3, pp. 68–100. DOI: 10.32521/2074-8132.2022.3.036-047. (In Russ.).
- Gricinskaja V.L., Mamedova S.M.K., Nikitina I.P. Indicators of physical and sexual development of adolescent girls in St. Petersburg. *Pediatric and Adolescent Reproductive Health*, 2017, 6, pp. 22–29. (In Russ.).
- Derjabin V.E. Multidimensional methods for studying intergroup variation in children. *Herald of anthropology*, 2004, 11, pp.120–141. (In Russ.).
- Derjabin V.E., Fedotova T.K. *Stability of the structure of interindividual distributions of body size in children during the growth period*. Moscow: VINITI № 1686-V2002; 2002. (In Russ.).
- Karandasheva V.O., Grechkina L.I. Comparative assessment of physical development among adolescent Caucasian girls of Magadan region. *Moscow University Anthropology Bulletin*, 2021, 1, pp. 19–31. (In Russ.). DOI: 10.32521/2074-8132.2021.1.019-031.
- Kokoba E.G. Temporal dynamics of the morphological characteristics of the Abkhazian children and adolescents in changing living conditions of the population. *Moscow University Anthropology Bulletin*, 2024, 1, pp. 49–66. (In Russ.). DOI: 10.55959/MSU2074-8132-24-1-5.
- Miklashevskaja N.N., Solov'eva V.S., Godina E.Z. *Growth processes in children and adolescents*. Moscow: MSU Publishing, 1988. 184 p. (In Russ.).
- Negasheva M.A. *Anthropometry basics*. Moscow, Ehkon-Inform Publ., 2017, 216 p. (In Russ.).
- Pavlovskij O.M. *Biological age in humans*. Moscow: MSU Publishing, 1987. 278 p. (In Russ.).
- Permjakova E.Ju., Bacevich V.A., Stepanova A.V., Kaljuzhnyj E.A. Features of morphophysiological development of rural children and adolescents of Chuvashia and Nizhny Novgorod region. *Moscow University Anthropology Bulletin*, 2022, 3, pp. 36–47. (In Russ.). DOI: 10.32521/2074-8132.2022.3.036-047.
- Salivon I.I., Polina N.I., Marfina O.V. *Physical development of children of Belarus in the XX-XXI centuries*. Minsk: Belarus Science Publ., 2023. 465 p. (In Russ.).
- Sineva I.M., Zimina S.N., Permjakova E.Ju., Hafizova A.A., Judina A.M., Negasheva M.A. Morphological indicators of physical activity in modern student youth. *Moscow University Anthropology Bulletin*, 2020, 1, pp. 5–15. (In Russ.). DOI: 10.32521/2074-8132.2020.1.005-015.
- Solov'eva V.S. *Morphological features of adolescents during puberty (in the ethno-territorial context)*. Diss. PhD in Biology, M., 1966. 176 p. (In Russ.).
- Fedotova T.K., Gorbacheva A.K. Biomarker «peak height velocity» as the indicator of secular dynamics of physical status in intergroup studies/comparisons. *Lomonosov Journal of Anthropology*, 2024, 1, pp. 36–48. (In Russ.). DOI: 10.55959/MSU2074-8132-24-1-4.
- Fedotova T.K., Gorbacheva A.K., Permjakova E.Ju. Urban ecology through the prism of the obesity epidemic and the tempo of somatic growth. *Human Ecology*, 2024, 31 (9), pp. 666–677. (In Russ.). DOI: 10.17816/humeco636868.
- Khrisanfova E.N., Perevozchikov I.V. *Anthropology: a textbook*. Moscow: MSU Publishing, 1999. 400 p. (In Russ.).
- Jampol'skaja Ju.A. *Physical development of school-children – residents of a large metropolis in recent decades: status, trends, forecast, screening assessment methodology*. PhD in Biology Thesis. Moscow, 2000. (In Russ.).
- Abou El Ella S.S., Barseem N.F., Tawfik M.A., Ahmed A.F. BMI relationship to the onset of puberty: assessment of growth parameters and sexual maturity changes in Egyptian children and adolescents of both sexes. *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.*, 2020, 33, pp.121–128. DOI: 10.1515/jpem-2019-0119.
- Cole T.J. Secular trends in growth. *Proc. Nutr. Soc.*, 2000, 59 (2), pp.317–324. DOI: 10.1017/s0029665100000355.
- Durda-Masny M., Hanć T., Czaplą Z., Szwed A. BMI at menarche and timing of growth spurt and puberty in Polish girls - longitudinal study. *Anthropol. Anz.*, 2019, 76, pp. 37–47. DOI: 10.1127/anthranz/2019/0920.
- Ellis B.J. Timing of pubertal maturation in girls: an integrated life history approach. *Psychol. Bull.*, 2004, 130 (6), pp. 920–958. DOI: 10.1037/0033-2909.130.6.920.
- Fedotova T.K., Gorbacheva A.K. To the problem of significance of the parameter «peak height velocity» in puberty as the biomarker of chronobiological status of the population in growth studies. *Lomonosov Journal of Anthropology*, 2024, 4, pp. 5-15. DOI: 10.32521/2074-8132.2023.4.005-015.
- Fujii K., Demura S. An approach to verifying delayed menarche in Japanese female athletes. Analysis by wavelet interpolation method. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 2005, 45 (4), pp. 580–593.
- Garn S.M. Physical growth and development. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1962, 10 (2), pp. 169–192. DOI: 10.1002/ajpa.1330100215.
- Gasser T., Molinari L., Largo R. A comparison of pubertal maturity and growth. *Ann. Hum. Biol.*, 2013, 40, pp. 341–347.
- Hoshi H., Kouchi M. Secular trend of the age at menarche of Japanese girls with special regard to the secular acceleration of the age at peak height velocity. *Hum. Biol.*, 1981, 53 (4), pp.593–598.
- Iuliano-Burns S., Mirwald R.L., Bailey D.A. Timing and magnitude of peak height velocity and peak tissue velocities for early, average, and late maturing boys and girls. *Am. J. Hum. Biol.*, 2001, 13 (1), pp. 1–8. DOI: 10.1002/1520-6300(200101/02)13:1<1::AID-AJHB1000>3.0.CO;2-S.
- Molinari L., Gasser T., Largo R. A comparison of skeletal maturity and growth. *Ann. Hum. Biol.*, 2013, 40, pp. 333–340.

Rao S., Joshi S., Kanade A. Height velocity, body fat and menarcheal age of Indian girls. *Indian Pediatr.*, 1998, 35 (7), pp. 619–628.

Resztak J.A., Choe J., Nirmalan S., Wei J., Bruinsma J., et al. Analysis of transcriptional changes in the immune system associated with pubertal development in a longitudinal cohort of children with asthma. *Nat. Commun.*, 2023, 14 (1), p. 230. DOI: 10.1038/s41467-022-35742-z.

Tanner J.M. *Growth at adolescence*. 2nd ed. London, 1962

Tanner J.M., Davies P.S. Clinical Longitudinal Standards for Height and Height Velocity for North American Children. *J. Pediatrics*, 1985, 107, pp. 317–329. DOI: 10.1016/S0022-3476(85)80501-1.

Towne B., Czerwinski S.A., Demerath E.W., Blangero J., Roche A.F., Siervogel R.M. Heritability of age at menarche in girls from the Fels Longitudinal Study. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 2005, 128 (1), pp. 210–219. DOI: 10.1002/ajpa.20106.

Waqar-ul-Haq. Systematic Review on Secular Trends and Determinants of Age at Menarche. *Merit Research J. Microbiol. Biol. Sci.*, 2017, 5 (1), pp. 1–12.

Worth C., Hashmi L.A., Yau D., Salomon-Estebanez M., Ruiz D.P., et al. Longitudinal Auxological recovery in a cohort of children with Hyperinsulinaemic Hypoglycaemia.

*Orphanet J. Rare Dis.* 2020, 15 (1), p. 162. DOI: 10.1186/s13023-020-01438-0.

Yokoya M., Higuchi Y. Geographical Differences in the Population-Based Cross-Sectional Growth Curve and Age at Peak Height Velocity with respect to the Prevalence Rate of Overweight in Japanese Children. *Int. J. Pediatr.*, 2014, 2014, p. 867890. DOI: 10.1155/2014/867890.

Zheng W., Yokomichi H., Matsubara H., Ishikuro M., Kikuya M., et al. Longitudinal changes in body mass index of children affected by the Great East Japan Earthquake. *Int. J. Obes.*, 2017, 41 (4), pp. 606–612. DOI: 10.1038/ijo.2017.6.

#### Information about the authors

Fedotova Tatiana K., PhD., D. Sc.; ORCID ID: 0000-0001-7750-7924; [tatiana.fedotova@mail.ru](mailto:tatiana.fedotova@mail.ru);

Gorbacheva Anna K., PhD.; ORCID ID: 0000-0001-5201-7128; [angoria@yandex.ru](mailto:angoria@yandex.ru);

Permiakova Ekaterina Yurievna, PhD, ORCID ID: 0000-0002-6490-4004; [ekaterinapermya-kova@gmail.com](mailto:ekaterinapermya-kova@gmail.com).

© 2025. This work is licensed under a CC BY 4.0 license