



Федотова Т.К., Горбачева А.К.

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

БИОМАРКЕР «ПИК СКОРОСТИ РОСТА» КАК ИНДИКАТОР СЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ ФИЗИЧЕСКОГО СТАТУСА В МЕЖГРУППОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ/СОПОСТАВЛЕНИЯХ

Введение. Рассматривается информативность показателя «пик скорости роста» (ПСР) как маркера секулярных трендов, дополняющего секулярную динамику длины тела (ДТ).

Материал и методы. К исследованию привлечен блок выборок детей школьного возраста (6/7 лет – 17 лет) РФ и бывшего СССР, обследованных на широком историческом срезе с 1920-х годов до начала XXI века, литературные данные и собственные архивные материалы авторов. Для каждой выборки определен набор характеристик: показатель, описывающий момент (хронологический возраст в годах) наибольшей скорости ростовых изменений среднего уровня ДТ в подростковом периоде (возраст пика скорости роста, ВПСР), определенный по эмпирическим рядам ежегодных изменений средней величины ДТ тела с последующим сглаживанием по методу наименьших квадратов – отдельно для девочек и мальчиков; показатель наибольшего абсолютного количественного уровня ростовых изменений в см (интенсивность пика скорости роста, ИПСР), приходящийся на этот момент, также отдельно для девочек и мальчиков.

Результаты. Различия ВПСР между мальчиками и девочками для каждой отдельно рассматриваемой популяции составляют около двух лет в любой нише развития. Секулярная динамика ВПСР имеет нелинейный характер, ВПСР не уменьшается поступательно на протяжении всего рассматриваемого исторического интервала с 1920-х до 2000-х, несмотря на непрерывное увеличение уровня антропогенного стресса в рассматриваемых городах. Наиболее ранний ВПСР для всех трех изученных серий данных приходится на 1980е. Корреляционная связь ВПСР с абсолютными годовыми значениями ДТ на возрастном интервале 6/7–17 лет является систематической и достаточно высокой для мальчиков ($R=0,5$), для девочек этот эффект случаен, будучи обнаружен только для одной одногодовой возрастной группы из 12 рассмотренных. Корреляции ИПСР с абсолютными значениями ДТ на интервале 6/7–17 лет имеют самые высокие уровни в 7 лет и минимальные в 17 лет, уровень корреляций вновь несколько ниже у девочек сравнительно с мальчиками.

Заключение. Пик скорости роста действительно является индикатором секулярной соматической динамики наряду с собственно ДТ как генетическим маркером. Связь ВПСР с абсолютными годовыми значениями ДТ на возрастном интервале 6/7–17 лет является систематической и высокой для мальчиков и случайна для девочек, что свидетельствует о генетической детерминированности темпов роста у мальчиков. Корреляции ИПСР с абсолютными значениями ДТ имеют самые высокие уровни в 7 лет, ДТ в возрасте 7 лет, таким образом, действительно является триггером для параметров ПСР.

Ключевые слова: антропологическая изменчивость; хронологический возраст пика скорости роста; интенсивность пика скорости роста; дифференцированные по полу стратегии скорости роста; секулярная динамика пика скорости роста; корреляции возраста и интенсивности пика скорости роста с длиной тела

DOI: 10.55959/MSU2074-8132-24-1-4

Введение

Пик скорости роста (ПСР; англ. – peak height velocity, PHV) является важнейшей характеристикой линейного роста, используемой для описания как индивидуальных паттернов роста, так и темпов роста (хронобиологического статуса) в популяции. Предметом настоящего исследования является межпопуляционный анализ.

ПСР – «комплексный» показатель. В числе его первоочередных составляющих – **1)** хронологический возраст пика, или момент наибольшей скорости ростовых изменений среднего уровня длины тела (ДТ) в подростковом периоде (ВПСР) и **2)** интенсивность/ количественный уровень пика (ИПСР). Для серий популяционных данных (выборочных средних) ПСР – характеристика времени интенсивного протекания пубертатных процессов в каждой отдельной серии данных, определенная по эмпирическим рядам ежегодных изменений средней величины ДТ с последующим сглаживанием по методу наименьших квадратов [Дерябин, Федотова, 2002]. Для межгрупповых сравнений имеет значение половой диморфизм возраста и величины ПСР внутри каждой отдельно рассматриваемой локальной выборки.

По сути ПСР – информативная характеристика темпа онтогенеза, несложный самостоятельный соматический биомаркер в спектре более распространенных морфологических критериев биологического возраста (соматическое развитие, половое развитие, зубной возраст, скелетный (костный) возраст). Морфологические критерии биологического возраста, например, скелетное и половое развитие, в меньшей степени скелетное и соматическое развитие, достаточно тесно связаны [Хрисанфова, 1999] и в некоторые периоды взаимозаменяемы [Хрисанфова, 1999]. Наиболее универсальным, информативным на протяжении всего онтогенеза и 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 [Бацевич, 2022; Бацевич с соавт., 2022]. Скелетный возраст имеет значимые связи с соматическим развитием, хотя последнее отражает изменение размеров, в то время как первый является исключительно ин-

дексом 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]. ВПСР имеет высокие корреляции с параметрами полового развития в пубертате (уровень корреляций 0,80–0,92 для девочек, хотя значимо ниже для мальчиков 0,62–0,82). Одновременно картина для ИПСР не столь впечатляющая (более низкие корреляции) и обратная по полу – выше для мальчиков, чем для девочек [Cole et al., 2014].

Заметим, что сбор материала в режиме обстоятельных комплексных антропологических экспедиций прекрасно ассимилирует рентгеноантропологический метод для определения скелетного возраста как индикатора темпа развития [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), сугубо соматический несложный биомаркер темпа онтогенеза ПСР безусловно актуален.

Концепция темпа роста, иначе феномен ПСР, его хронологический возраст и интенсивность, была предложена и всесторонне разработана выдающимся британским создателем аутологии Джеймсом М. Таннером. Его антропологический бестселлер «Growth at adolescence» [Tanner, 1962], как и последующие исследования [Tanner et al., 1966, 1976; Tanner, Cameron, 1980; Tanner, 1981, 1988; Tanner, Davies, 1985] рассматривают многие аспекты роста в подростковом и других возрастах – физиологические, эндокринологические, моторные и ментальные изменения. С 1960-х ПСР обсуждался в литературе в связи со многими факторами: скелетная и половая (параметры полового созревания) зрелость [Iuliano-Burns et al., 2001; Gasser et al., 2013; Molinari et al., 2013; Cole et al., 2014]; секулярные тренды [Ali et al., 2001; Aksglaede et al., 2008; Gomula et al., 2021]; экологические особенности ниши развития популяции, в том числе высота над уровнем моря [Dabas et al., 2018; Santos et al., 2019; Correa-Rodríguez et al., 2022;

Kleanthous et al., 2022]; межгрупповая изменчивость телосложения и ожирение [Aksglaede et al., 2009; Yokoya, Higuchi, 2014; Narchi et al., 2021].

Ранее на материалах РФ [Fedotova, Gorbacheva, 2023] было показано, что характер межгрупповой изменчивости ПСР указывает на значительную социальную/антропогенную обусловленность хронобиологического статуса популяции и независимость ростовых стратегий мужского и женского полов.

В задачу собственного исследования входит проверка гипотезы, что секулярный тренд длины тела может быть информативно оценен в том числе по моменту наступления ПСР. Для проверки гипотезы использованы блоки серий литературных данных для мегаполиса Москвы, города-миллионника Нижнего Новгорода и Минска, столицы Беларуси.

Материалы и методы

К исследованию привлечен блок выборок детей школьного возраста (6/7 лет – 17 лет) РФ и бывшего СССР, обследованных на широком историческом срезе с 1920-х годов до начала XXI века. Это литературные данные [Материалы..., 1962, 1965, 1977, 1986, 1988, 1998; Миклашевская с соавт., 1988; Fedotova, Gorbacheva, 2019; Godina et al., 2019; Batsevich et al., 2020] и собственные архивные материалы авторов. Для проверки основной гипотезы пере-

чень выборок в этом пилотном исследовании ограничен тремя городскими агломерациями (табл. 1). Для каждой выборки в таблице указана численность городской агломерации на момент обследования, являющаяся важнейшим маркером степени урбанизации и уровня антропогенной нагрузки ниши развития популяции и в значительной степени причиной секулярной динамики соматических показателей. Факторный анализ большого блока антропогенных переменных, привлекаемых для антропоэкологических исследований [Gorbacheva, Fedotova, 2018], указывает на их известную и логичную взаимосвязанность, выделяя «фактор величины городской агломерации» или «фактор степени урбанизации ниши развития», описывающий наибольшую долю совместной изменчивости антропогенных переменных, с достоверно высокими положительными нагрузками на параметры в первую очередь численность населения (0,835), далее доходы населения (0,776) и частоту социально значимых (сердечно-сосудистых) заболеваний населения (0,776).

Выборки содержат минимальный необходимый набор статистических параметров по длине тела (ДТ) для каждой половозрастной группы: численность группы (как правило около 100 человек), средние арифметические величины, средние квадратические отклонения. Для каждой выборки определен набор характеристик: показатель, описывающий момент (хронологический возраст в годах) наибольшей скорости ростовых изменений среднего уровня длины тела в подростковом периоде (возраст пика скорости роста, ВПСР), определенный по эмпирическим рядам ежегодных изменений средней величины ДТ с последующим сглаживанием по методу наименьших квадратов – отдельно для девочек и мальчиков, и дельта между показателем девочек и мальчиков; показатель наибольшего абсолютного количественного уровня ростовых изменений в см (интенсивность пика скорости роста, ИПСР), приходящийся на этот момент, также отдельно для девочек и мальчиков, и дельта между этими показателями. В дополнение, с привлечением более широкого спектра этнотерриториальных выборок были рассчитаны корреляции значений ВПСР и ИПСР с ДТ в

Таблица 1. Годы обследования привлеченных городских выборок и соответствующая им численность населения
Table 1. Years of investigation of recruited urban samples and respective population size

Москва		Минск	
Год обследования	Н, млн	Год обследования	Н, млн
1928	2,025	1925	0,128
1934	3,000	1956	0,500
1956	5,000	1967	1,000
1959	5,000	1982–91	1,600
1964	7,000	2001–08	1,800
1969	7,000	Н. Новгород	
1978	8,000	1959	0,942
1981	8,000	1981	1,300
1993	9,000	1991	1,400
2005	10,500	2000	1,300

одногодových возрастных группах от 6 до 17 лет, чтобы оценить количественный вклад ПСР в дефинитивную длину тела выборки и вклад длины тела в возрасте 7 лет (примерно возраст полуростового скачка) в ВПСР и ИПСР.

Результаты

На рисунках 1–6 приведены кривые динамики приростов длины тела и кривые динамики самого показателя длины тела для мальчиков и девочек Москвы, Нижнего Новгорода и Минска.

Для мальчиков Москвы ПСР выборок 1928 и 1934 г. приходится на 15–15,4 лет, это самые поздние возраста пика (рис. 1А). Самый ранний возраст пика имеют выборки 1969–1970 и 1981 г. – 13 лет. Промежуточное положение занимают выборки 1956, 1959, 1964, 1978 и 2005–2006 гг. – около 14 лет. Для выборки 1981 года отмечается также и самая высокая интенсивность ПСР – 7 см, для большинства прочих выборок количественное значение пика колеблется вокруг 6-сантиметровой отметки. Относительно пониженной ростовой активности в пубертате довоенных

выборок соответствует относительно меньшая дефинитивная (насколько это правомочно применить к выборке 17-летних мальчиков) длина тела 160–164 см; а относительно повышенной ростовой активности выборок 1969–1970 и 1981 г. относительно бóльшая дефинитивная длина тела 176–178 см (рис. 1Б). Таким образом, как иллюстрируют графики, связь ПСР с секулярным (временным) фактором является нелинейной.

Для девочек Москвы картина аналогична (рис. 2 А, Б). Самый поздний возраст пика в выборке 1928 года – примерно в 13 лет, самый ранний для выборок 1956 и 1981 г. – примерно 10,5 лет, промежуточный для выборок 1934, 1959, 1969, 1978, 1993 и 2005–2006 гг. – около 12 лет. Интенсивность пика имеет более компактное распределение, чем у мальчиков, и колеблется для всех выборок на уровне 6-сантиметровой отметки. Менее интенсивному ПСР довоенных выборок соответствует меньшая дефинитивная длина тела уровня 153–155 см, более интенсивному послевоенных – бóльшая длина тела 158–164 см.

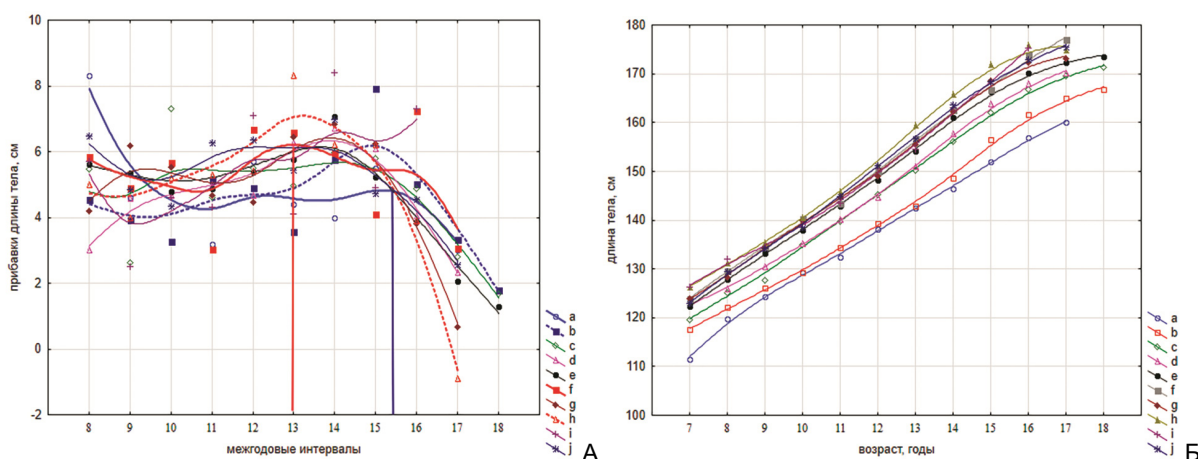


Рисунок 1(А, Б). Межгодовые изменения приростов среднего уровня длины тела (А) и динамика длины тела (Б) мальчиков г. Москвы разных годов обследования

Figure 1(A, B). Age variability of mean height increments (A) and height dynamics (B) for boys of Moscow samples of different years of investigations

Примечания. Ось Y: 1А – величина приростов ДТ (см), 1Б – длина тела (см); а-ж – 1928, 1934, 1956, 1959, 1964, 1969, 1978, 1981, 1993, 2005 годы обследования. Ось X: 1А – годовые возрастные интервалы (8 – интервал между 7 и 8 годами, 9 – между 9 и 8 годами и т.д.), 1Б – возраст (годы).

Notes. Axis Y: 1A – increments of height (cm), 1B – body height values (cm); a-j – 1928, 1934, 1956, 1959, 1964, 1969, 1978, 1981, 1993, 2005 years of investigation. Axis X: 1A – year intervals of age (8 – interval between ages 8 and 7 years, 9 – between 9 and 8 years etc.), 1B – age (years).

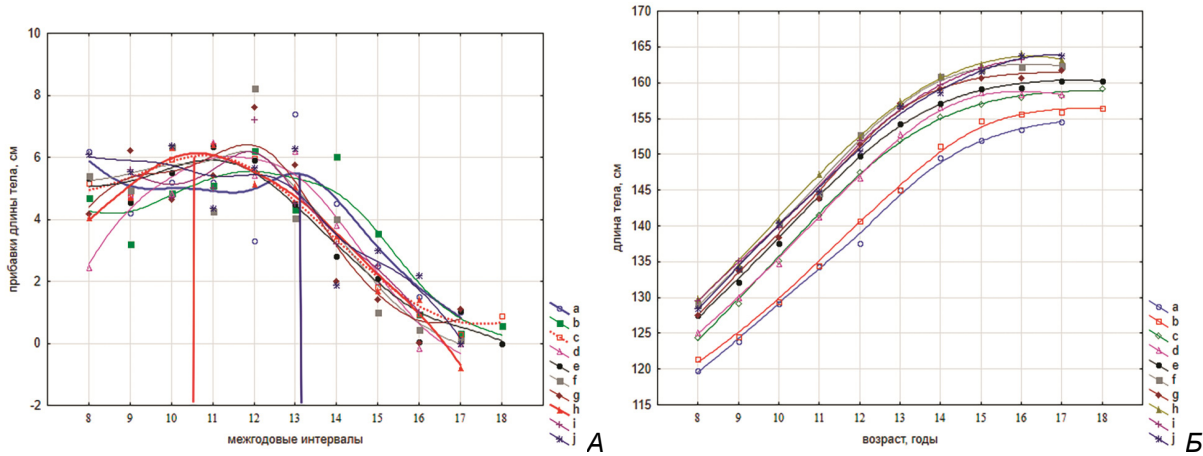


Рисунок 2(А, Б). Межгодовые изменения приростов среднего уровня длины тела (А) и динамика длины тела (Б) девочек г. Москвы разных годов обследования

Figure 2(A, B). Age variability of mean height increments (A) and height dynamics (B) for girls of Moscow samples of different years of investigation

Примечания. Ось Y: 2А – величина приростов ДТ (см), 2Б – длина тела (см); а-ж – 1928, 1934, 1956, 1959, 1964, 1969, 1978, 1981, 1993, 2005 годы обследования. Ось X: 2А – годовые возрастные интервалы (8 – интервал между 7 и 8 годами, 9 – между 9 и 8 годами и т.д.), 2Б – возраст (годы).

Notes. Axis Y: 2A – increments of height (cm), 2B – body height values (cm); a-j – 1928, 1934, 1956, 1959, 1964, 1969, 1978, 1981, 1993, 2005 years of investigation. Axis X: 2A – year intervals of age (8 – interval between ages 8 and 7 years, 9 – between 9 and 8 years etc.), 2B – age (years).

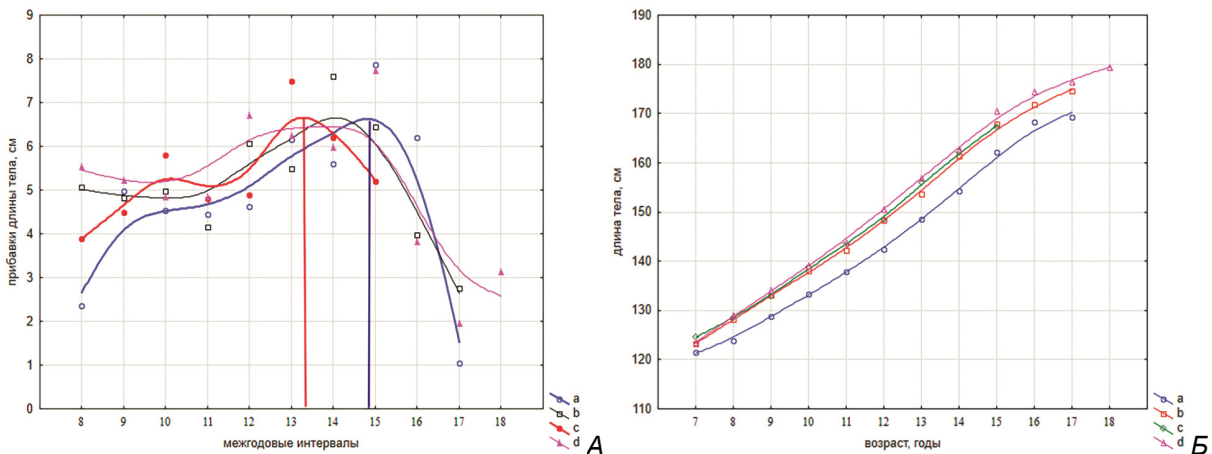


Рисунок 3(А, Б). Межгодовые изменения приростов среднего уровня длины тела (А) и динамика длины тела (Б) мальчиков г. Н. Новгорода разных годов обследования

Figure 3(A, B). Age variability of mean height increments (A) and height dynamics (B) for boys of N. Novgorod samples of different years of investigation

Примечания. Ось Y: 3А – величина приростов ДТ (см), 3Б – длина тела (см); а-д – 1959, 1980, 1991, 2000 годы обследования. Ось X: 3А – годовые возрастные интервалы (8 – интервал между 7 и 8 годами, 9 – между 9 и 8 годами и т.д.), 3Б – возраст (годы).

Notes. Axis X: 3A – year intervals of age (8 – interval between ages 8 and 7 years, 9 – between 9 and 8 years etc.), 3B – age (years). Axis Y: 3A – increments of height (cm), 3B; a-d – 1959, 1980, 1991, 2000 years of investigation.

Для мальчиков Нижнего Новгорода (рис. 3 А, Б) самый ранний возраст пика для выборки 1991 года (13,3 года), самый поздний для выборки 1959 года (примерно 14,8 лет), промежуточный для выборок 1980 и 2000-х гг. (14 лет). Позднему ПСР выборки 1959 года соответствует

дефинитивная длина тела в 170 см, для раннего ПСР данные по дефинитивной ДТ отсутствуют, но динамика на возрастном интервале 7–15 лет мало отличается от динамики ДТ двух других выборок 1980 и 2000-х. Интенсивность пика мало различается во времени и колеблется на отметке 6,5 см.

Для девочек Нижнего Новгорода возраст (рис. 4 А, Б) ПСР менее значительно зависит от временного фактора, минимален для выборки 1980-х (11 лет), для выборок 1959, 1991, 2000-х составляет примерно 11,5 лет. Но интенсивность пика больше в выборке 1991 года – 6,8 см сравнительно с 6–6,2 см для прочих выборок.

Раннему ПСР соответствует длина тела 162 см, наименее интенсивному ПСР в выборке 1959 года – 159 см. Таким образом, незначительной дифференциации ПСР выборок разных годов обследования соответствует также и незначительная дифференциация в дефинитивной длине тела.

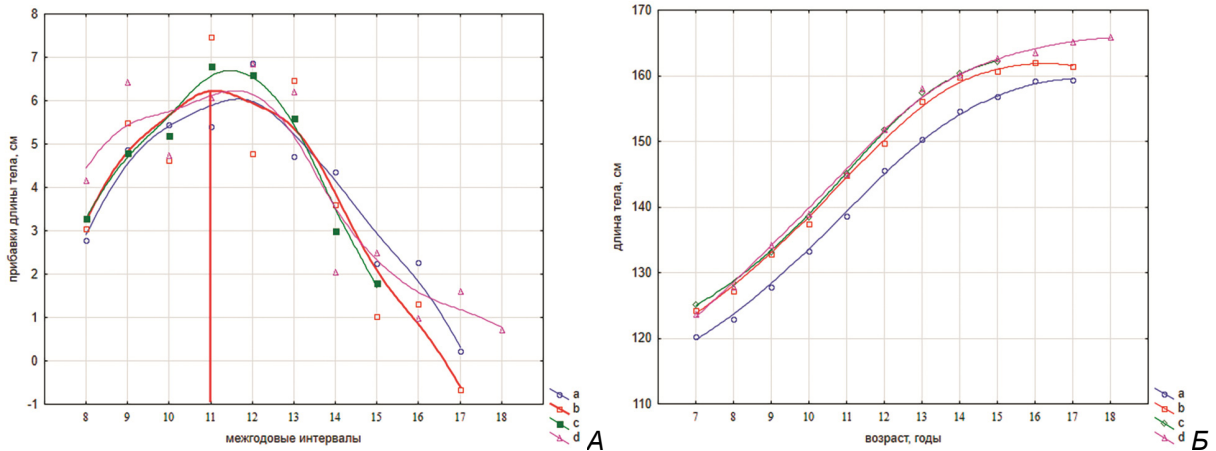


Рисунок 4(А, Б). Межгодовые изменения приростов среднего уровня длины тела (А) и динамика длины тела (Б) девочек г. Н. Новгорода разных годов обследования

Figure 4(A, B). Age variability of mean height increments (A) and height dynamics (B) for girls of N. Novgorod samples of different years of investigations

Примечания. Ось Y: 4А – величина приростов ДТ (см), 4Б – длина тела (см); а-д – 1959, 1980, 1991, 2000 годы обследования. Ось X: 4А – годовые возрастные интервалы (8 – интервал между 7 и 8 годами, 9 – между 9 и 8 годами и т.д.), 4Б – возраст (годы).

Notes. Axis Y: 4A – increments of height (cm), 4B; a-d – 1959, 1980, 1991, 2000 years of investigation. Axis X: 4A – year intervals of age (8 – interval between ages 8 and 7 years, 9 – between 9 and 8 years etc.), 4B – age (years).

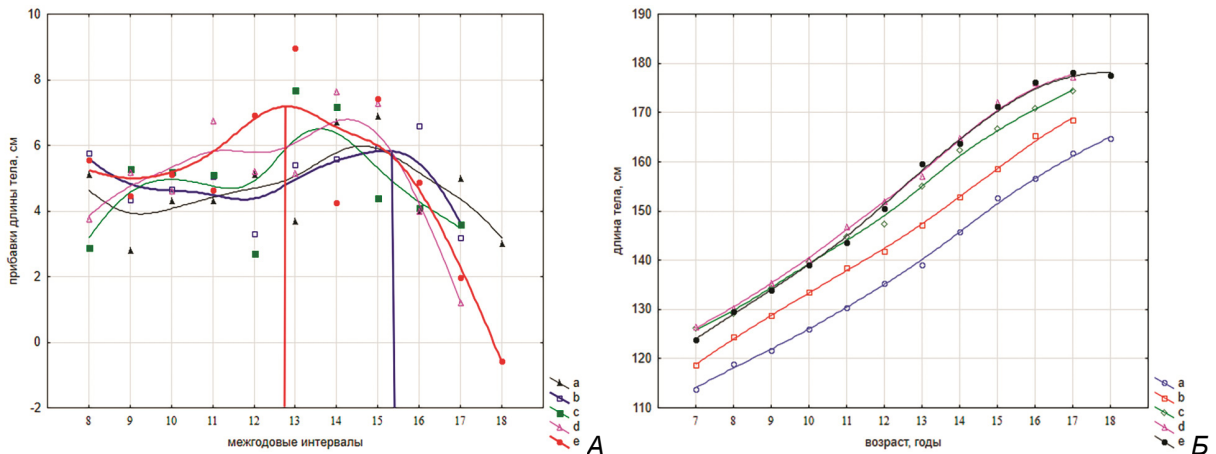


Рисунок 5(А, Б). Межгодовые изменения приростов среднего уровня длины тела (А) и динамика длины тела (Б) мальчиков г. Минска разных годов обследования

Figures 5(A, B). Age variability of mean height increments (A) and height dynamics (B) for boys of Minsk samples of different years of investigations

Примечания. Ось Y: 5А – величина приростов ДТ (см), 5Б – длина тела (см); а-е – 1925, 1956, 1967, 1982-91, 2001-08 годы обследования. Ось X: 5А – годовые возрастные интервалы (8 – интервал между 7 и 8 годами, 9 – между 9 и 8 годами и т.д.), 5Б – возраст (годы)

Notes. Axis Y: 5A – increments of height (cm), 5B – body height values (cm); a-e – 1925, 1956, 1967, 1982-91, 2001-08 years of investigation. Axis X: 5A – year intervals of age (8 – interval between ages 8 and 7 years, 9 – between 9 and 8 years etc.), 5B – age (years)

Для мальчиков Минска (рис. 5 А, Б) возраст ПСР минимален для выборки 2000-х (12,8 лет), имеет средние значения для выборок 1970-х – 80-х (± 14 лет), максимален для выборок 1925 и 1956 гг. (14,5 и 15,5 соответственно). Вектор убывания интенсивности ПСР примерно совпадает с вектором увеличения возраста ПСР – 7,2 см для 2000-х, 6,5 см для 1970-х – 80-х, менее 6 см для выборок 1925 и 1956 годов. Раннему возрасту ПСР соответствует дефинитивная длина тела 177 см, позднему – 164–168 см.

Для девочек Минска картина иная (рис. 6 А, Б). Наиболее ранний возраст ПСР фиксируется для выборки 1982–1991 гг. – 11 лет, очень близок для выборок 2000-х, 1956 и 1925 гг. (± 12 лет). Интенсивность ПСР убывает, как и у мальчиков от современных выборок к популяции 1925 года. Более интенсивному ПСР соответствует дефинитивная длина тела около 165 см, менее интенсивному в выборке 1925 года – 154 см.

В таблице 2 представлены корреляции ВПСР и ИПСР со значениями длины тела в каждой одногодовой группе хронологического возраста на интервале от 6 до 17 лет, отдельно для

девочек и мальчиков. Достоверные корреляции отмечены красным цветом. Обращает на себя внимание половой диморфизм: очевидна большая частота корреляций для мальчиков сравнительно с девочками, в первую очередь для ВПСР – 11 корреляций в возрастах 6/7–17 лет у мальчиков и только одна корреляция в 11 лет, на пике пубертата, у девочек. Корреляции с ВПСР имеют отрицательный знак, т.е. чем больше длина тела, тем меньше ВПСР, или тем раньше имеет место ПСР. Уровень корреляций у мальчиков фактически для всех возрастов приближается к величине $r=0,5$; таким образом, коэффициент детерминации (r^2) или вклад длины тела в возраст ПСР, имеет величину около 0,25. Одновременно частота корреляций с интенсивностью ПСР одинакова для девочек и мальчиков (по 6 достоверных корреляций) и их знак, в отличие от возраста ПСР, положительный – чем больше длина тела, тем выше интенсивность ПСР. Самый высокий уровень корреляций длины тела с интенсивностью ПСР отмечается в 7 лет, безальтернативно к полу – $r=0,45$ у девочек и $r=0,48$ у мальчиков, сравнительно с уровнями порядка 0,3 для других возрастов; что позволяет, видимо, осторожно говорить о неслучайном вкладе длины тела в возрасте 7 лет, примерно в

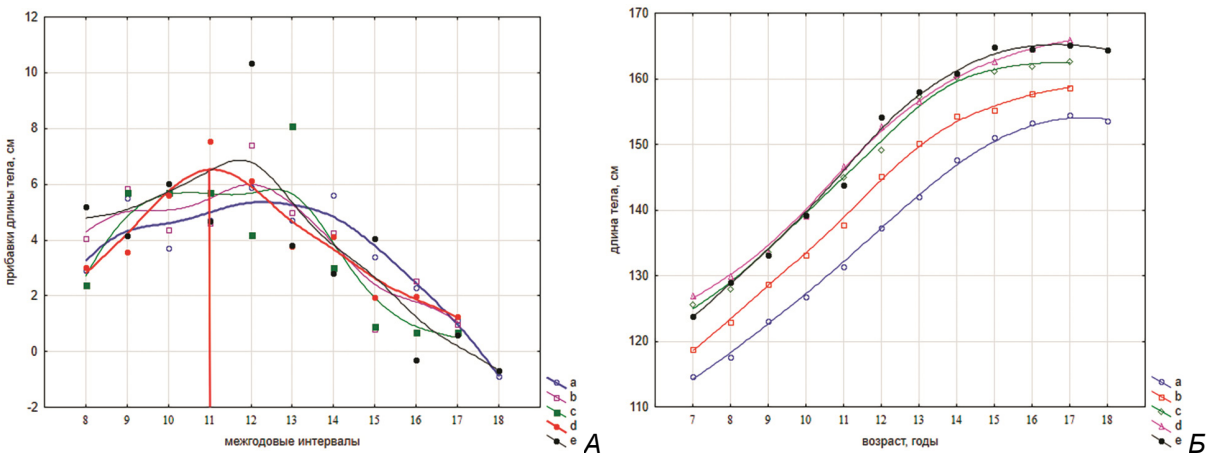


Рисунок 6(А, Б). Межгодовые изменения приростов среднего уровня длины тела (А) и динамика длины тела (Б) девочек г. Минска разных годов обследования
 Figures 6(A, B). Age variability of mean height increments (A) and height dynamics (B) for boys of Minsk samples of different years of investigation

Примечания. Ось Y: 6А – величина приростов ДТ (см), 6Б – длина тела (см); а-е – 1925, 1956, 1967, 1982-91, 2001-08 годы обследования. Ось X: 6А – годовые возрастные интервалы (8 – интервал между 7 и 8 годами, 9 – между 9 и 8 годами и т.д.), 6Б – возраст (годы).

Notes. Axis Y: 6А – increments of height (cm), 6Б – body height values (cm); а-е – 1925, 1956, 1967, 1982-91, 2001-08 years of investigation. Axis X: 6А – year intervals of age (8 – interval between ages 8 and 7 years, 9 – between 9 and 8 years etc.), 6Б – age (years).

Обсуждение

возрасте полуростового скачка, в интенсивность ПСР. В то же время уровень связи интенсивности и возраста ПСР с длиной тела в 17 лет, вне зависимости от пола, минимален и достоверен только для возраста ПСР у мальчиков ($r = -0,34$, коэффициент детерминации 0,1), что дает возможность с осторожностью утверждать, что параметры ПСР скорее не влияют существенно на окончательную длину тела.

Первоочередная очевидная «абсолютная» истина, которую подтверждают результаты исследования – половой диморфизм ростовых стратегий. Различия ВПСР между мальчиками и девочками для любой отдельно рассматриваемой популяции составляют около двух лет – у мальчиков неизменно отложенный ПСР сравнительно с девочками в любой нише развития. И секулярная динамика ПСР, следовательно,

Таблица 2. Корреляции ВПСР и ИПСР с длиной тела в возрасте 6–17 лет
Table 2. Correlations of APHV and IPHV with body height values at the ages of 6–17 years

Мальчики				Девочки			
Возраст, годы		ВПСР	ИПСР	Возраст, годы		ВПСР	ИПСР
6	r	-0,365	0,313	6	r	0,022	0,138
	N	18	18		N	18	18
	P	0,136	0,206		P	0,932	0,585
7	r	-0,445*	0,482*	7	r	-0,043	0,458*
	N	37	37		N	40	40
	P	0,006	0,003		P	0,795	0,003
8	r	-0,484*	0,254	8	r	-0,105	0,163
	N	46	46		N	52	52
	P	0,001	0,088		P	0,461	0,250
9	r	-0,463*	0,312*	9	r	-0,059	0,162
	N	46	46		N	52	52
	P	0,001	0,035		P	0,681	0,252
10	r	-0,523*	0,264	10	r	-0,144	0,181
	N	48	48		N	53	53
	P	0,000	0,070		P	0,303	0,196
11	r	-0,471*	0,211	11	r	-0,309*	0,291*
	N	48	48		N	53	53
	P	0,001	0,150		P	0,024	0,034
12	r	-0,571*	0,282	12	r	-0,227	0,399*
	N	48	48		N	53	53
	P	0,000	0,052		P	0,102	0,003
13	r	-0,669*	0,338*	13	r	-0,146	0,372*
	N	48	48		N	53	53
	P	0,000	0,019		P	0,295	0,006
14	r	-0,637*	0,381*	14	r	-0,139	0,269
	N	48	48		N	53	53
	P	0,000	0,008		P	0,322	0,051
15	r	-0,492*	0,381*	15	r	-0,153	0,312*
	N	48	48		N	53	53
	P	0,000	0,008		P	0,274	0,023
16	r	-0,448*	0,391*	16	r	-0,135	0,319*
	N	47	47		N	50	50
	P	0,002	0,007		P	0,351	0,024
17	r	-0,346*	0,253	17	r	-0,123	0,290
	N	44	44		N	43	43
	P	0,022	0,097		P	0,433	0,060

Примечания. N – Число использованных в анализе выборок. * – Достоверные корреляции ($P < 0.05$).
Notes. N is a number of samples, used in the analysis. * – $P < 0.05$.

происходит синхронно у детей обоего пола, что отмечается в литературе для других этнических групп [Dabas et al., 2018]. Примерно такая же «классическая» разница в среднем в два года в возрасте ПСР приводится для многих популяций мира [Ali et al., 2001; Dabas et al., 2018; Correa-Rodríguez et al., 2022; Kleanthous et al., 2022], хотя индивидуальные значения ПСР могут колебаться от самое раннее 10 лет у девочек до самое позднее 17 лет у мальчиков [Cole, 2020].

Половой диморфизм и специфику ростовых стратегий со всей очевидностью описывает также корреляционный анализ (табл. 2): связь возраста ПСР с абсолютными годовыми значениями длины тела на возрастном интервале 6/7–17 лет является систематической и достаточно высокой для мальчиков (коэффициент детерминации около 0,25). Для девочек этот эффект скорее случаен, будучи обнаружен только для одной однодовой возрастной группы из 12 рассмотренных. Корректности ради нельзя не упомянуть, что некоторые авторы указывают на достоверный положительный вклад хронологического возраста ПСР в дефинитивную длину тела для детей обоего пола [Tanaka et al., 1988]. Одновременно корреляции интенсивности ПСР с абсолютными значениями длины тела на интервале 6/7–17 лет обнаруживают известное сходство между полами – самые высокие уровни в 7 лет и минимальные в 17 лет, хотя сам уровень корреляций вновь несколько ниже у девочек сравнительно с мальчиками. Длина тела в возрасте 7 лет, таким образом, действительно является некоторым триггером для параметров ПСР, что обсуждается в мировой литературе [Tanaka et al., 1988].

Напомним, что длина тела как маркер скелетного роста по результатам ряда близнецовых исследований более чем на 90% определяется генетическим фактором на интервале 2–18 лет и более чем на 50% испытывает влияние одних и тех же генов сквозь весь интервал [Никитюк, 1978; Алексанянц, Маякова, 2008; Silventoinen et al., 2008]. Длина тела считается настолько надежным и неоспоримым биомаркером, что на основе ее динамики строится определение зиготности близнецов, когда эта информация отсутствует в материалах [Karlsson et al., 2022]. Для сравнения масса тела как обобщенный показатель обменных процессов, по результатам генетических исследований, напротив,

в ряде случаев определяется генетикой на скромные 10–15%, но даже и эти проценты не приговор, поскольку корректируются образом жизни и питания [Bondareva et al., 2019]; в близнецовых исследованиях именно идентичный образ жизни близнецов является важнейшим фактором, усиливающим относительно скромное влияние генетики на ИМТ [Silventoinen et al., 2007]. В этом контексте большая частота и более высокий уровень корреляций ИПСР и ВПСР с абсолютными значениями длины тела у мальчиков свидетельствуют, видимо, о более значительном генетическом влиянии на параметры ПСР у мальчиков сравнительно с девочками.

Секулярная динамика возраста ПСР имеет в целом нелинейный характер, ВПСР не уменьшается поступательно, т.е. не становится более ранним, на протяжении всего рассматриваемого исторического интервала с 1920-х до 2000-х, несмотря на непрерывное увеличение степени урбанизации в рассматриваемых городах (см. Введение). Секулярные различия минимального и максимального возраста ПСР составляют для Москвы примерно 2–2,4 года и 2,5 года для мальчиков и девочек соответственно на историческом интервале 1920-е – 1980-е; для Нижнего Новгорода 1,5 года и 0,5 года для мальчиков и девочек соответственно для послевоенных выборок на историческом интервале 1950-е – 1990-е; для Минска 2,2 года и 1 год для мальчиков и девочек соответственно на историческом интервале 1920-е – 1980-е. Таким образом, существенный сдвиг в возрасте ПСР фиксируется между выборками из заведомо контрастных антропогенных ниш – довоенных и послевоенных городских агломераций Москвы и Минска, но не для исключительно послевоенных Нижнего Новгорода, хотя и представляющих значительный исторический интервал в 40–50 лет. Наиболее ранний возраст ПСР для всех трех серий данных приходится в основном на 1980-е (для мальчиков Нижнего Новгорода на десятилетие позже – 1990-е., для мальчиков Минска еще позже – 2000-е). Такая картина логична и хорошо соответствует закономерностям секулярной динамики абсолютных значений самой длины тела, по крайней мере, для Москвы. Так, на историческом интервале 1960-е – 1980-е для всех возрастно-половых групп детей школьного возраста Москвы констатировалось значительное увеличение средних величин длины тела

на 1,5–2 см вкуче с астенизацией телосложения, к началу 1990-х увеличения продольного роста уже не отмечается [Ямпольская, 2000]. Причина, видимо, в том, что в структуре антропогенных факторов на рубеже 1980-х – 1990-х произошли изменения: повышение социально-экономического уровня населения и прогресс медицины и здравоохранения как акцелирующие факторы уступили свои доминирующие позиции децелирующим факторам техногенного загрязнения среды и информационного стресса. Тем не менее, если рассматривать различия в ПСР на широком возрастном интервале, сравнивая заведомо контрастные в социальном и историческом контексте выборки – 1920-е и 2000-е – то ПСР современных выборок безусловно будет более ранним.

Заключение

Существенный сдвиг в возрасте ПСР, около 2 лет, фиксируется между выборками из заведомо контрастных антропогенных ниш – довоенных и послевоенных городских агломераций Москвы и Минска; но не для исключительно послевоенных выборок Нижнего Новгорода, хотя и разделенных значительным историческим интервалом в 40–50 лет. Наиболее ранний возраст ПСР для всех трех серий данных приходится в основном на 1980-е (для мальчиков Нижнего Новгорода на десятилетие позже – 1990-е, для мальчиков Минска еще позже – 2000-е). Секулярная динамика ПСР происходит синхронно у детей обоего пола. Несмотря на единый по полу вектор секулярной динамики возраста ПСР, особенности ростовых стратегий дифференцированы по полу: связь возраста ПСР с абсолютными годовыми значениями длины тела на возрастном интервале 6/7–17 лет является систематической и достаточно высокой для мальчиков (корреляция около 0,5, коэффициент детерминации соответственно около 0,25); для девочек этот эффект скорее случаен, будучи обнаружен только для одной возрастной группы из 12 рассмотренных. Корреляции интенсивности ПСР с абсолютными значениями длины тела на интервале 6/7–17 лет обнаруживают известное сходство между полами – самые высокие уровни в 7 лет и минимальные в 17 лет, хотя сам уровень корреляций вновь несколько ниже у девочек сравнительно с мальчи-

ками. Длина тела в возрасте 7 лет, таким образом, действительно является некоторым триггером для параметров ПСР. Одновременно вклад параметров ПСР, возраста и интенсивности, в дефинитивную длину тела пренебрежимо мал, особенно у девочек. Большая частота и более высокий уровень корреляций ИПСР и ВПСР с абсолютными значениями длины тела – надежным и неоспоримым биомаркером – у мальчиков свидетельствуют о более значительном генетическом влиянии на параметры ПСР у мальчиков сравнительно с девочками. Расширение спектра выборки позволит уточнить биологическое содержание и информативность биомаркера «пик скорости роста».

Библиография

Александрянц Г.Д., Маякова О.В. Генетические и средовые детерминанты, определяющие прогнозирование длины тела // *Фундаментальные исследования*, 2008. № 11. С. 91–93. Электронный ресурс. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=3961> (дата обращения – 18.04.2023).

Бацевич В.А. Темпы возрастной изменчивости скелета в современных популяциях человека (антропоэкологические аспекты): Автореф. дисс. ... докт. биол. наук, 2022, 46 с.

Бацевич В.А., Степанова А.В., Калюжный Е.А. Сравнение результатов использования хронологического и скелетного (биологического) возрастов как группирующих факторов в межпопуляционных морфологических исследованиях детей и подростков // *Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология*, 2022. № 3. С. 5–16.

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

Материалы по физическому развитию детей и подростков. Вып. 1. / Ред. А.Я. Гольдфельд, А.М. Мерков, А.Г. Цейтлин. М.: Медгиз. 1962.

Материалы по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР. Вып. 2. / Ред. А.Я. Гольдфельд, А.М. Мерков, А.Г. Цейтлин. Ленинград: Медицина. 1965.

Материалы по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР. Вып. III. / Ред. А.М. Мерков, А.Ф. Серенко, Г.Н. Сердюковская. М.: Медицина. 1977.

Материалы по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР. Вып. IV. Ч. I. / Ред. В.В. Канеп, Г.Н. Сердюковская, А.Ф. Серенко, В.К. Овчаров. М.: Всесоюзный НИИ социальной гигиены и организации здравоохранения им. Н.А. Семашко, 1986.

Материалы по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР. Вып. IV. Ч. II. / Ред. Г.Н. Сердюковская, В.В. Канеп, А.Ф. Серенко, В.К. Овчаров. М.: Всесоюзный НИИ социальной гигиены и организации здравоохранения им. Н.А. Семашко, 1988.

Материалы по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей Российской Феде-

рации. Вып. 5. / Ред. Т.М. Максимова, Л.Г. Подунова. М.: НИИ социальной гигиены, экономики и управления здравоохранением им. Н.А. Семашко РАМН, 1998.

Миклашевская Н.Н., Соловьева В.С., Година Е.З. Ростовые процессы у детей и подростков. М.: Издательство Московского университета. 1988.

Никитюк Б.А. Факторы роста и морфофункционального созревания организма: анализ средовых и наследственных влияний на постнатальный онтогенез. М.: Наука. 1978.

Хрисанфова Е.Н. Возрастная антропология // Антропология. М.: Издательство Московского университета, 1999. С. 126–174.

Ямпольская Ю.А. Физическое развитие школьников – жителей крупного мегаполиса в последние десятилетия: тенденции, прогноз, методика скрининг-оценки: Дисс. ... докт. биол. наук, 2000, 76 с.

Информация об авторах

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

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

Поступила в редакцию 31.10.2023,
принята к публикации 11.12.2023.

Fedotova T.K., Gorbacheva A.K.

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

BIOMARKER «PEAK HEIGHT VELOCITY» AS THE INDICATOR OF SECULAR DYNAMICS OF PHYSICAL STATUS IN INTERGROUP STUDIES/COMPARISONS

Introduction. *The goal of study is the estimation of «peak height velocity» (PHV) as the marker of secular trends in addition to secular dynamics of height (H).*

Material and methods. *The study embraces the block of samples of scholars (6/7–17 years) from Russia and former USSR, examined through the vast historical period from 1920th till nowadays, literary data and personal archives of the authors. The main attention is paid to three urban agglomerations – Moscow, Nizhniy Novgorod, Minsk. The following number of parameters is determined for each sample: the age of maximal velocity of growth dynamics of average levels of H during adolescence (APHV), determined according to the empirical patterns of annual changes of average H levels and consequent smoothing by least square method – differentially for boys and girls; and delta between parameters of boys and girls; maximal quantitative level of growth changes in cm (IPHV), different for boys and girls as well, and delta between the parameters.*

Results. *The difference of APHV between boys and girls for each population under study is about two years – boys have delayed PHV as compared to girls in any ecological niche. Secular dynamics of APHV has nonlinear character, doesn't decrease progressively through the whole historical interval from 1920th to 2000th, despite of permanent increase of the level of anthropogenic stress in cities under analysis, the lowest APHV is fixed in 1980th. Correlations of APHV with absolute annual H values through the age interval 6/7–17 years is systematic and high enough for boys (correlation about 0,5, determination coefficient about 0,25) and accidental for girls, being revealed for only one annual age group among 12 analyzed. Correlations of IPHV with absolute values of H are maximal at 7 years and minimal at 17 years, the level of correlations is less for girls as compared to boys.*

Conclusion. *PHV really marks the secular somatic dynamics along with H itself as genetic marker. Correlation of APHV with absolute annual levels of H through the interval 6/7–17 years is systematic and significant for boys and accidental for girls, which witness to genetic determination of growth tempo of boys. Correlation of IPHV with absolute values of H, having highest levels at 7 years, points to the fact that height at 7 years is a real trigger of PHV parameters.*

Keywords: anthropological variability; chronological age at peak height velocity; intensity of peak height velocity different sex strategies of growth velocities; secular dynamics of peak height velocity; correlation of age and intensity of peak height velocity with height

DOI: 10.55959/MSU2074-8132-24-1-4

References

- Aleksanyants G.D., Mayakova O.V. Geneticheskie i sredovye determinanty, opredelyayushchie prognozirovaniye dliny tela [Genetical and environmental determinants, defining body height prediction]. *Fundamentalnye issledovaniya* [Fundamental research], 2008, 11, pp. 91–93. (In Russ.). Available at: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=3961>. Accessed 18.04.2023.
- Batzevich V.A. *Tempy vozrastnoy izmenchivosti skeleta v sovremennykh populyatsiyakh cheloveka (antropoekologicheskiye aspekty)* [The rate of age-related variability of the skeleton in modern human populations (anthropoecological aspects)] Doctor in Biology Thesis. Moscow, 2022. 46 p. (In Russ.).
- Batzevich V.A., Stepanova A.V., Kalyuzhny E.A. Svrannenie rezultatov ispolzovaniya hronologicheskogo i skeletnogo (biologicheskogo) vozrastov kak gruppiruyuschih faktorov v mezhpopyatsionnykh morfologicheskikh issledovaniyakh detey i podrostkov [Comparison of the results of the use of chronological and skeletal (biological) ages as grouping factors in inter-population morphological studies of children and adolescents]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya], 2022, 3, pp. 5–16. (In Russ.). DOI: 10.32521/2074-8132.2022.3.005-016.
- Deryabin V.E., Fedotova T.K. *Stabilnost struktury mezhyndividuaknykh raspredeleniy razmerov tela u detey v period rosta* [Stability of structure of interindividual distributions of body dimensions of children through the growth period]. Moscow, VINITI RAS Publ., 2002. 217 p. (In Russ.).
- Materialy po fizicheskomu razvitiyu detey i podrostkov. Vypusk I* [Materials on physical development of children and adolescents. Issue I]. Eds: A.Ya. Goldfeld, A.M. Merkov, A.G. Tseytlin. Moscow, Medgiz Publ., 1962. 375 p. (In Russ.).
- Materialy po fizicheskomu razvitiyu detey i podrostkov gorodov i selskikh mestnostey SSSR. Vypusk 2* [Materials on physical development of children and adolescents of cities and rural regions of the USSR. Issue 2]. Eds: A.Ya. Goldfeld, A.M. Merkov, A.G. Tzeytlin. Leningrad, Meditsina Publ., 1965. 670 p. (In Russ.).
- Materialy po fizicheskomu razvitiyu detey i podrostkov gorodov i selskikh mestnostey SSSR. Vypusk III* [Materials on physical development of children and adolescents of cities and rural regions of the USSR. Issue III]. Eds: A.M. Merkov, A.F. Serenko, G.N. Serdukovskaya. Moscow, Meditsina Publ., 1977. 496 p. (In Russ.).
- Materialy po fizicheskomu razvitiyu detey i podrostkov gorodov i selskikh mestnostey SSSR. Vypusk IV. Chast I* [Materials on physical development of children and adolescents of cities and rural regions of the USSR. Issue IV. Part I]. Eds: V.V. Kanep, G.N. Serdukovskaya, A.F. Sereko, V.K. Ovcharov. Moscow, Vsesouzniy NII sotsialnoy gigieny i organizatsii zdavoohraneniya im. N.A. Semashko Publ., 1986. 171 p. (In Russ.).
- Materialy po fizicheskomu razvitiyu detey i podrostkov gorodov i selskikh mestnostey SSSR. Vypusk IV. Chast II* [Materials on physical development of children and adolescents of cities and rural regions of the USSR. Issue IV. Part II]. Eds: G.N. Serdukovskaya, V.V. Kanep, A.F. Sereko, V.K. Ovcharov. Moscow, Vsesouzniy NII sotsialnoy gigieny i organizatsii zdavoohraneniya im. N.A. Semashko Publ., 1988. 223 p. (In Russ.).
- Materialy po fizicheskomu razvitiyu detey i podrostkov gorodov i selskikh mestnostey Rossiyskoy Federatsii. Vypusk 5.* [Materials on physical development of children and adolescents of cities and rural regions of the Russian Federation. Issue 5.]. Eds: T.M. Maksimova, L.G. Podunova. Moscow, Vsesouzniy NII sotsialnoy gigieny i organizatsii zdavoohraneniya im. N.A. Semashko RAMN Publ., 1998. 192 p. (In Russ.).
- Miklashevskaya N.N., Solovjeva V.S., Godina E.Z. *Rostovye protsessy u detey i podrostkov* [Growth processes of children and adolescents]. Moscow, Moscow Univ. Publ., 1988. 184 p. (In Russ.).
- Nikityuk B.A. *Faktory rosta i morfo-funktsionalnogo sozrevaniya organizma: Analiz sredovykh i nasledstvennykh vliyaniy na postnatalniy ontogenez* [Factors of growth and morphofunctional maturation of the organism: analysis of environmental and hereditary influence on postnatal ontogenesis]. Moscow, Nauka Publ., 1978. 142 p. (In Russ.).
- Khrisanfova E.N. Vozrastnaya antropologiya [Age anthropology]. In *Antropologiya* [Anthropology]. Moscow, Moscow Univ. Publ., 1999, pp. 126–174. (In Russ.).
- Yampolskaya Yu. A. *Fizicheskoe razvitiye shkolnikov – zhitel'ey krupnogo megapolisa v poslednie desyatil'etiya: tendentsii, prognoz, metodika skrining-otsenki* [Physical development of schoolchildren – citizens of a large megapolis in recent decades: tendencies, prognosis, methodology of screening assessment] Doctor in Biology Thesis. Moscow, 2000. 76 p. (In Russ.).
- Aksglaede L., Juul A., Olsen L.W., Sorensen T.I. Age at puberty and the emerging obesity epidemic. *PLoS ONE*, 2009, 4 (12), pp. 1–6. DOI: 10.1371/journal.pone.0008450.
- Aksglaede L., Olsen L.W., Sorensen T.I., Juul A. Forty years' trends in timing of pubertal growth spurt in 157,000 Danish school children. *PLoS One*, 2008, 3 (7), pp. 1–8. DOI: 10.1371/journal.pone.0002728.
- Ali M.A., Lestrel P.E., Ohtsuki F. Adolescent growth events in eight decades of Japanese cohort data: Sex differences. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Association*, 2001, 13 (3), pp. 390–397.
- Batzevich V.A., Permiakova E.Yu., Mashina D.A., Yasina O.V., Khrustaleva O.V. Comparison of urban and rural groups of school-age children of the Tuva Republic according to Bioelectrical Impedance Analysis in the context of «transformation» of traditional lifestyle. *Bulletin of archeology, anthropology and ethnography*, 2020, 51 (4), pp. 148–160. (In Russ.).
- Bondareva E.A., Popova E.V., Ketlerova E.S., Kodaneva L.N., Otgon G. Physical activity attenuates the effect of the fto t/a polymorphism on obesity-related phenotypes in adult russian males. *Human. Sport. Medicine*, 2019, 19 (3), pp. 119–124. DOI: 10.14529/hsm190315.
- Cole T.J. Tanner's tempo of growth in adolescence: recent SITAR insights with the Harpenden Growth Study and ALSPAC. *Ann. Hum. Biol.*, 2020, 47 (2), pp. 181–198. DOI: 10.1080/03014460.2020.1717615.
- Cole T.J., Pan H., Butler G.E. A mixed effects model to estimate timing and intensity of pubertal growth from height and secondary sexual characteristics. *Ann. Hum. Biol.*, 2014, 41 (1), pp. 76–83.
- Correa-Rodríguez M., Gomez-Campos R., Cossio-Bolaños M.A., Campo-Lucumí F., González-Ruiz K. et al. Estimation of Pubertal Growth-Spurt Parameters in Children and Adolescents in Colombia: Comparison between

Low and Moderate Altitudes. *J. Clin. Med.*, 2022, 11 (13), pp. 1–10. DOI: 10.3390/jcm11133847.

Dabas A., Khadgawat R., Gahlot M., Surana V., Mehan N. et al. Height Velocity in Apparently Healthy North Indian School Children. *Indian J. Endocrinol. Metab.*, 2018, 22 (2), pp. 256–260. DOI: 10.4103/ijem.IJEM_638_17.

Fedotova T.K., Gorbacheva A.K. Moscow children: a century of growth dynamics. *Moscow University Anthropology Bulletin*, 2019, 4, pp. 5–21. (In Russ.).

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. *Moscow University Anthropology Bulletin*, 2023, 4, in publ. (In Russ.).

Gasser T., Molinari L., Largo R. A comparison of pubertal maturity and growth. *Ann. Hum. Biol.*, 2013, 40, pp. 341–347.

Godina E.Z., Gundegmaa L., Permiakova E.Yu. Comparative analysis of total body parameters and functional characteristics of Mongolian rural and urban children and adolescents. *Moscow University Anthropology Bulletin*, 2019, 1, pp. 35–48. (In Russ.).

Gomula A., Nowak-Szczepanska N., Koziel S. Secular trend and social variation in height of Polish schoolchildren between 1966 and 2012. *Acta Paediatr.*, 2021, 110 (4), pp. 1225–1230. DOI: 10.1111/apa.15572.

Gorbacheva A.K., Fedotova T.K. Diversity of main anthropometric traits of infants and early age children in connection with anthropogenic factors. *Moscow University Anthropology Bulletin*, 2018, 1, pp. 18–36. (In Russ.).

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.

Karlsson O., Domingue B.W., Kim R., Subramanian S.V. Estimating heritability of height without zygosity information for twins under five years in low- and middle-income countries: An application of normal finite mixture distribution models. *SSM Popul. Health*, 2022, 17, pp. 1–6. DOI: 10.1016/j.ssmph.2022.101043.

Kleanthous K., Papadimitriou D.T., Gryparis A., Papevangelou V., Papadimitriou A. A Mixed-Longitudinal Study of Height Velocity of Greek Schoolchildren and the Milestones of the Adolescent Growth Spurt. *Children (Basel)*, 2022, 9 (6), pp. 1–10. DOI: 10.3390/children9060790.PMID: 35740727.

Molinari L., Gasser T., Largo R. A comparison of skeletal maturity and growth. *Ann. Hum. Biol.*, 2013, 40, pp. 333–340.

Narchi H., Alblooshi A., Altunaiji M., Alali N., Alshehri L. et al. Prevalence of thinness and its effect on height velocity in schoolchildren. *BMC Res. Notes*, 2021, 14 (1), pp. 1–7. DOI: 10.1186/s13104-021-05500-3.

Santos C., Bustamante A., Katzmarzyk P.T., Vasconcelos O., Garganta R. et al. Growth velocity curves and

pubertal spurt parameters of Peruvian children and adolescents living at different altitudes. The Peruvian health and optimistic growth study. *J. Am. J. Hum. Biol.*, 2019, 31 (6), pp. 1–11. DOI: 10.1002/ajhb.23301.

Silventoinen K., Pietiläinen K.H., Tynelius P., Sørensen T.I., Kaprio J. et al. Genetic and environmental factors in relative weight from birth to age 18: the Swedish young male twins study. *Int. J. Obes. (Lond.)*, 2007, 31 (4), pp. 615–621. DOI: 10.1038/sj.ijo.0803577.PMID: 17384662.

Silventoinen K., Pietiläinen K.H., Tynelius P., Sørensen T.I., Kaprio J. et al. Genetic regulation of growth from birth to 18 years of age: the Swedish young male twins study. *Am. J. Hum. Biol.*, 2008, 20 (3), pp. 292–298. DOI: 10.1002/ajhb.20717.

Tanaka T., Suwa S., Yokoya S., Hibi I. Analysis of linear growth during puberty. *Acta Paediatr. Scand. Suppl.*, 1988, 347, pp. 25–29.

Tanner J.M. *A history of the study of human growth*. Cambridge, New-York, Cambridge University Press Publ., 1981. 499 p.

Tanner J.M. *Growth at adolescence*. 2nd ed. Oxford, Blackwell, 1962. 325 p.

Tanner J.M. In memoriam Reginald Henry Whitehouse, 1911–1987. *Ann. Hum. Biol.*, 1988, 15 (5), pp. 383–385.

Tanner J.M., Cameron N. Investigation of the mid-growth spurt in height, weight and limb circumferences in single-year velocity data from the London 1966–67 Growth Survey. *Ann. Hum. Biol.*, 1980, 7 (6), pp. 565–577.

Tanner J.M., Davies P. Clinical longitudinal standards for height and height velocity for North American children. *J. Pediatr.*, 1985, 200, pp. 317–329.

Tanner J.M., Whitehouse R.H., Marubini E., Resele L.F. The adolescent growth spurt of boys and girls of the Harpenden Growth Study. *Ann. Hum. Biol.*, 1976, 3 (2), pp. 109–126.

Tanner J.M., Whitehouse R.H., Takaishi M. Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965 Parts I and II. *Arch. Dis. Child.*, 1966, 41 (219), pp. 454–471, 613–635.

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, pp. 1–9. DOI: 10.1155/2014/867890.

Information about the authors

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

Gorbacheva Anna K., PhD.; ORCID ID: 0000-0001-5201-7128; angoria@yandex.ru

© 2024. This work is licensed under a CC BY 4.0 license