

Бацевич В.А.<sup>1)</sup>, Степанова А.В.<sup>1)</sup>, Калюжный Е.А.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии,  
ул. Моховая, д. 11, Москва, 125009, Россия

<sup>2)</sup> ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, пл. Минина и Пожарского,  
д.10/1, г. Нижний Новгород, 603005, Россия

## СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХРОНОЛОГИЧЕСКОГО И СКЕЛЕТНОГО (БИОЛОГИЧЕСКОГО) ВОЗРАСТОВ КАК ГРУППИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ В МЕЖПОПУЛЯЦИОННЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

**Введение.** В антропологической и медицинской практике в большинстве случаев при сравнительных возрастных исследованиях применяется способ группировки индивидуумов по хронологическому возрасту. В литературе высказывается мнение о необходимости различного подхода к детям одного календарного возраста и учёте уровня их морфофизиологического развития. [Дерябин, 2004]. В данной работе проведено сравнение возрастных морфологических характеристик в исследуемых группах при использовании как хронологического, так и биологического (скелетного) возрастов в качестве группирующих факторов.

**Материалы и методы.** Сравнительные исследования проводились в объединённой группе халха-монголов, у туркмен г. Чарджева, у башкир Белорецкого и Абзелиповского р-нов и чувашей Ядринского р-на. Возрастной интервал обследованных составил 7-17 лет. Для определения индивидуальных значений скелетной зрелости использован метод Таннера-Уайтхауза (TW-2). В анализ были включены и проанализированы следующие признаки: длина тела, масса тела, длина ноги, плечевой и тазовый диаметры, обхват грудной клетки, величина средней жировой складки, величины эпифизов предплечья и бедра. Рассчитывались индекс массы тела, а также грудной указатель и площадь поверхности тела. Все антропометрические исследования проводились по унифицированной методике в рамках стандартной программы, принятой в НИИ антропологии МГУ [Бунак, 1941]. Математическая обработка используемых данных осуществлялась с применением компьютерных программ «Statistica» (версии 5-10) (StatSoft, США) и «Microsoft Excel».

**Результаты и их обсуждение.** В каждой из представленных групп проведены оценки временной изменчивости скелетного возраста относительно хронологического. Установлены изменения темпов онтогенеза в разные периоды созревания, отличающиеся по величине, направленности, времени начала и интенсивности. Найдены половые различия для ряда морфологических признаков при сравнении выборок по хронологическому и скелетному возрастам в качестве группирующих факторов. Показано, что основные различия между сравниваемыми группами по морфологическим признакам связаны с темпами созревания детей и подростков, а также наличием адаптивных признаков, сформировавшихся под воздействием климатогеографических факторов среды.

**Заключение.** Применение биологического возраста в качестве группирующего фактора желательно и необходимо для адекватного сравнения групп с разными темпами онтогенеза и акселерацией развития, изменяющихся под влиянием средовых факторов.

**Ключевые слова:** дети и подростки; хронологический возраст; скелетный возраст; популяционная изменчивость; морфология тела; метод Таннера-Уайтхауза (TW-2)

## Введение

Рост и развитие детей и подростков – строго закономерный процесс. Каждый ребенок в процессе роста и созревания проходит ряд последовательных стадий, контролируемых генетической программой формирования человеческого организма. В то же время, существует значительная межгрупповая и индивидуальная изменчивость по времени достижения полной зрелости и прохождения разных этапов роста и развития. Возраст созревания также, как и возраст паспортный, является функцией времени, но в отличие от последнего, он может варьировать под воздействием факторов внутренней и внешней среды. Именно поэтому в медицине и биологии человека наряду с известным всем паспортным или хронологическим возрастом сложилось понятие «биологического возраста».

Как следует из литературных данных, в детских группах скелетный возраст по сравнению с хронологическим теснее связан с физическим развитием, соматическими особенностями, темпами роста и полового созревания. В большинстве опубликованных работ подтверждается гипотеза о зависимости скорости скелетного созревания от целого ряда экологических факторов, как природных, так и социальных [Auhology, 2013].

Возрастной мониторинг населения, независимо от уровня его выполнения, индивидуального или популяционного, предполагает приведение любой выбранной для него системы признаков к единому показателю, определяющему с той или иной степенью достоверности устанавливаемый хронобиологический статус обследуемого лица или группы. Иными словами, комплексное возрастное обследование при наличии любого количества программ и отдельных биомаркеров должно базироваться на методе возрастного определения, при котором использование паспортного возраста выполняет только функцию ориентира. При эффективных биомаркерах возрастного состояния той или иной системы организма возможны ситуации реконструкции биологического или паспортного возраста, например, при судебно-медицинских исследованиях или при археологических раскопках могильников.

Биомаркеры все чаще используются в эмпирических исследованиях человеческих популяций для понимания физиологических процессов, изменяющихся с возрастом, болезней, возникновение которых, по-видимому, связано с возрастом, и самого процесса старения.

Избранный показатель должен соответствовать ряду предъявляемых к нему условий. Приведем общие и частные требования, предъявляемые ко всем маркерам биологического возраста.

1. Наличие связи используемого биомаркера с механизмами развития на определенных стадиях онтогенеза (в частности, по отношению к костной системе – созревание у детей и подростков, старение у взрослых и пожилых лиц).

2. При использовании нескольких биомаркеров возрастного мониторинга между ними должна быть известная связь, без анализа которой общая картина гомеореза будет неполной. При этом следует иметь в виду, что очень высокая связь рассматриваемых критериев предполагает исключение одного из них во избежание дублирования получаемых сведений.

3. У биомаркера биологического возраста должна быть высокая связь с хронологическим возрастом при сборе и анализе материала методом поперечного сечения (положительная или отрицательная). Признак должен иметь однонаправленное изменение при проведении продольных исследований.

4. Наличие связи используемого биомаркера возраста с предполагаемой причиной возрастных изменений (в медицине это может быть развивающаяся и связанная со старением патология, в антропологии и в биологии развития – комплекс экзогенных или (и) эндогенных факторов, по возможности, разделяемых).

5. Возрастной критерий должен находиться в согласованности с проявлениями типичной возрастной костной патологии, что особенно важно при мониторинге процесса старения, и в то же время не подменять ее определение, особенно на начальных этапах развития патологического процесса. Различия на этом этапе скорее количественные.

6. Измеряемость и воспроизводимость результатов определения биомаркеров возраста (первое фундаментальное качество). Результаты тестов должны быть стабильны или очень схожи при повторном проведении исследований через короткое время, но в то же время отражать динамику изменений за более продолжительные периоды времени (например, в течение двух-трех лет).

7. Универсальность критерия для возможно большего отрезка онтогенеза (второе фундаментальное качество). Таксономическая ценность применяемого базового показателя прямо

пропорциональна тому возрастному диапазону, в котором он уверенно может быть измерен и прослежена его изменчивость. В этом отношении костная система имеет неоспоримое преимущество, так как позволяет осуществлять мониторинг в течение всего онтогенеза от момента рождения.

8. Возрастные изменения, маркируемые базовым критерием, должны носить прогрессирующий характер. Здесь следует отдавать предпочтение признаку, возрастная динамика которого приближается к одной из простых функций, но ни в коем случае не периодического характера.

9. Значения биомаркеров должны быть типичны для генеральной популяции.

Дополнительными необходимыми и целесообразными требованиями для биомаркеров возраста являются:

10. Тесты должны быть не инвазивны, желательны безболезненны и не зависеть от мотивации субъекта.

11. Желательно, чтобы определение биомаркеров возраста могло проводиться вне медицинских учреждений и не занимать много времени.

12. Определение биомаркеров возраста не должно быть чрезмерно затратным для его проведения.

Критерий, удовлетворяющий вышеуказанным условиям, будучи определяем индивидуально, принято называть показателем биологического возраста [Соколов, 1935; Властовский, 1976; Дильман, 1987; Павловский, 1987; Pavlovsky, Kobylansky, 1999]. Биомаркеры скелетного возраста, последовательно применяемые на этапах развития и старения, полностью удовлетворяют названным выше критериям.

Формулировок понятия «биологический возраст» в соответствующих литературных источниках представлено достаточно много, и их особенности часто зависят от области исследований авторов (медицина, биология или др.). Например, «Биологический возраст (БВ) – это показатель уровня развития, изменения или износа структуры, или функции элемента организма, функциональной системы или организма в целом, выраженный в единицах времени, путем соотнесения значений, определяющих эти процессы биомаркеров старения с эталонными среднестатистическими зависимостями изменений этих биомаркеров от календарного возраста» [Крутько с соавт., 2005, с. 105].

В антропологических исследованиях БВ индивида определяется как достигнутый уровень морфофункционального состояния организма и выражается через соответствующую среднюю величину для данного хронологического возраста той группы, членом которой данное лицо является [Властовский, 1976; Хрисанфова, Перевозчиков, 1991].

Так, достигнутый БВ определяется в зависимости от средних значений биомаркеров, характерных для изучаемой хронологической возрастной группы в возрастном ряду. Иными словами, значения нормального БВ изменяются в популяции с увеличением паспортного возраста. Однако в этих определениях содержатся некоторые противоречия, связанные с возможностью их применения в антропоэкологических исследованиях при сравнении темпов онтогенеза в разных популяциях, отличающихся по скоростям созревания и старения, которые изменялись при воздействии средовых факторов. Именно поэтому все возрастные стандарты периодически требуют корректировки из-за расхождения соответствия хронологического и биологического возрастов со временем. В связи с процессами акселерации Британский стандарт созревания кисти периодически обновлялся, начиная с середины прошлого века: от TW-1 до TW-3 [Tanner et al., 1975; 2001].

В некоторых случаях за начальную точку отсчёта биологического возраста может быть установлена определенная стадия развития какой-либо морфологической структуры в онтогенезе, одинаковая для всего вида *Homo sapiens*. В качестве такого эталона может быть принято морфологическое состояние скелета кисти при окончании созревания. Дефинитивный статус кисти является финальным при определении созревания скелета, и он же может являться начальной точкой при изучении процессов старения скелета. Отсчет возрастных изменений от единой нормы был предложен профессором В.М. Дильманом для разных показателей [Дильман, 1987]. Этот подход уже многие годы используется в НИИ и Музее антропологии при изучении процессов старения скелета в популяциях человека [Павловский, 1987; Бацевич с соавт., 2009].

Для оценки различий в темпах созревания детей используются разнообразные показатели биологического возраста: упоминаемый выше костный возраст, зубной возраст, уровень полового созревания, морфологические критерии

[Миклашевская, 1983]. Все эти показатели функциональны только в достаточно узкие по продолжительности периоды онтогенеза.

У взрослых для оценки биологического возраста в медицинской практике применяются батареи разноплановых тестов, число которых доходит до нескольких десятков [Войтенко с соавт., 1984; Крутько с соавт., 2005; Кишкун, 2008]. Эти исследования практически не осуществимы вне стен медицинских учреждений и мало пригодны для полевых исследований.

Начало работ по изучению темпов скелетного созревания у детей и подростков на территории бывшего Советского Союза относится к 30-м гг. XX в. [Рохлин, 1936]. В дальнейшем систематических исследований в этой области в географическом и экологическом плане длительное время не проводилось. Отчасти это можно объяснить недостатком портативной рентгеновской техники для работы в полевых условиях, а также отсутствием удобной методики оценки степени скелетного созревания и, в связи с этим, сложностью сопоставления результатов в межгрупповых исследованиях. Метод Д.Г. Рохлина до определенного времени чаще других применявшийся в отечественных работах, базируется на количественном учёте появления и развития точек окостенения и синостозировании ряда костей кисти и предплечья в зависимости от возраста [Рохлин, 1936]. В медицине и возрастных исследованиях до сих пор популярны стандартные атласы скелетного созревания, наиболее известным из которых является атлас Грёлиха-Пайла [Greulich, Pyle, 1959].

Позднее, в разные годы, было создано несколько стандартов созревания организма по рентгенографическим снимкам скелета кисти, локтя, стопы, коленного сустава [Schmid, Moll, 1960; Tanner et al., 1975; Roche et al., 1978; Hackman, 2012]. Относительно недавно представлены новые стандартные наборы рентгенограмм кисти для определения скелетного возраста у современного поколения детей [Gilsanz, Ratib, 2005]. Они достаточно удобны в использовании, но не очень точны.

С 60-х гг. прошлого века самое широкое мировое распространение получила методика, разработанная Дж. Таннером и его коллегами [Tanner et al., 1975; 2001]. Её преимущество заключается в том, что в итоге у каждого обследуемого индивидуума оценивается его скелетный возраст в годах, рассчитанный по отношению к

единому британскому стандарту, разработанному для определенного временного этапа. В дальнейшем для внутригрупповых и межгрупповых сравнений используются традиционные статистические и графические методы. В последние годы изучение темпов онтогенеза или биологического возраста используется в экологии человека как мера адаптации популяций к окружающей среде [Бацевич, 2022].

Костный или скелетный возраст может определяться в любой период жизни. Нужно отметить, что на стадии роста и развития детей и подростков состояние костной системы исследовалось более тщательно и подробно, чем в период проявления инволютивных процессов, что связано с большей клинической востребованностью получаемых результатов [Castriota-Scanderbeg et al., 1998; Hackman, 2012; Mughal et al., 2014; Satoh, 2015].

В наших исследованиях были получены высокие положительные корреляционные связи между темпами созревания костей в детской части популяций и их инволютивными трансформациями у взрослых и пожилых в тех же популяциях. Возрастные изменения костной системы согласованно маркируют темпы онтогенеза в едином ключе и складываются в единую систему определения биологического возраста на всем протяжении индивидуального развития [Бацевич, 2022].

Так как в антропологической и медицинской практике в подавляющем большинстве случаев при сравнительных возрастных исследованиях применяется способ группировки индивидумов по хронологическому возрасту, при котором в каждую возрастную группу попадают дети, находящиеся на различных этапах морфофизиологического развития, зависящего как от наследственности, так и от факторов внешней среды, ряд авторов высказывались о необходимости различного подхода к детям одного календарного возраста, группируя их не по хронологическому возрасту, а по уровню морфофизиологического развития, то есть по биологическому возрасту [Властовский, 1976; Дерябин, 2004]. В этой связи целью данного пилотного проекта явилась попытка сопоставления морфологических характеристик в четырех выборках детей школьного возраста при использовании как хронологического, так и скелетного (биологического) возрастов в качестве группирующих.

## Материалы и методы

Сравнительные исследования проводились в объединённой группе халха-монголов (1987–1991 г. обследования, N=1244), у туркмен г. Чарджева (1992 г. обследования, N=611), у башкир Белорецкого и Абзелиловского р-нов (1998 г. обследования, N=614) и чувашей Ядринского р-на (2002 г. обследования, N=641). Возрастной интервал обследованных составил 7–17 лет.

Для определения индивидуальных значений скелетной зрелости на предефинитивной стадии использован один из самых распространенных в последние десятилетия метод Таннера-Уайтхауза (TW-2) [Tanner et al., 1975]. Материалом для его разработки послужили данные о скелетном созревании английских детей и подростков, изученных в 60-е – начале 70-х гг. XX в. Метод основывается на изучении процессов окостенения дистальных отделов локтевой и лучевой костей, семи костей запястья, пястных костей и фаланг I, III и V лучей кисти. Для каждой кости описано 8 или 9 стадий развития и для каждой стадии окостенения авторы методики приводят взвешенные балловые характеристики, которые впоследствии суммируются и сравниваются с табличными данными. В итоге каждый индивидуум получает оценку достигнутого на момент обследования скелетного возраста в годах. Сравнение индивидуальных данных по хронологическому и скелетному возрастам позволяет оценить темп развития скелетной системы и, соответственно, всего организма испытуемого.

У разных полов оцениваемые стадии созревания костей одинаковы, но их балловая оценка различается. Определение скелетной зрелости может быть проведено по трем подсистемам, различающимся по набору анализируемых костей. Подсистема RUS (рассматриваются лучевая и локтевая кости предплечья, трубчатые кости кисти фаланг I, III, V лучей) исключает из оценки карпальные кости. Подсистема Carpal, напротив, основывается только на изучении семи карпальных костей. В подсистему 20-bone или TW-2 входит определение стадий созревания всех 20 костей. Она наиболее сбалансирована и использовалась нами в настоящей работе. В подсистемах TW-2 и RUS скелетная зрелость может определяться от момента рождения. Полная скелетная зрелость (суммарный

балл 1000) достигается у мальчиков в 18 лет и у девочек в 16 лет. Карпальные кости созревают раньше, в 13 лет у девочек и в 15 лет у мальчиков.

Антропометрические исследования проводились во всех изученных этнотерриториальных выборках по унифицированной методике в рамках стандартной программы, принятой в НИИ и Музее антропологии им. Д.Н. Анучина МГУ им. М.В. Ломоносова [Бунак, 1941]. В анализ были включены и проанализированы следующие признаки: длина тела, масса тела, длина ноги, плечевой и тазовый диаметры, обхват грудной клетки, величина средней жировой складки, величины эпифизов предплечья и бедра. В соответствии с конкретными задачами рассчитывались индекс массы тела, а также грудной указатель и площадь поверхности тела. Подробная морфофизиологическая характеристика этих групп опубликована в наших предыдущих работах [Бацевич с соавт., 1997; Алексеева с соавт., 2005; Бацевич, Ясина, 2015, 2018].

Математическая обработка полученных данных осуществлялась с применением стандартного пакета статистических компьютерных программ «Statistica» (версии 5-10) (StatSoft, США) и «Microsoft Excel». Вычислялись основные статистические параметры исследуемых признаков (средние значения, дисперсия). Применялись стандартные современные биометрические приёмы одномерной статистики. Для сравнения независимых переменных применен статистический параметрический тест Стьюдента.

## Результаты и обсуждение

На первом этапе исследований в представленных группах были рассчитаны средние значения разности между скелетным и хронологическим возрастам, вычисленные для каждого изученного возрастного интервала. Результаты представлены в таблице 1. Данный показатель характеризует темпы скелетного созревания. Показано, что самый низкий темп созревания характерен для халха-монголов, наиболее адаптированной группы из изученных в этом исследовании. Остальные популяции имеют признаки нарушения адаптивных характеристик разной степени выраженности [Бацевич, 2022].

**Таблица 1. Средние значения разностей между скелетным и хронологическим возрастaми в изученных группах**

**Table 1. Mean values of differences between skeletal and chronological ages in the studied groups**

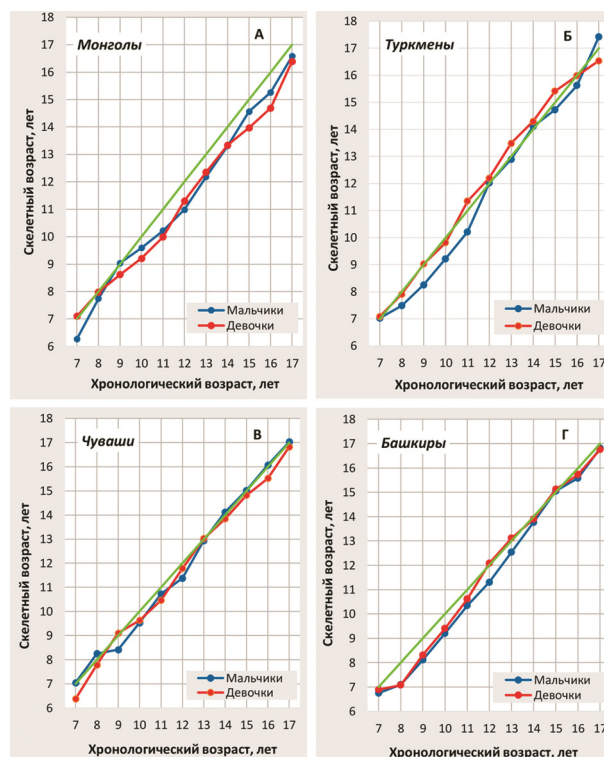
№ п/п	Обследованные группы	Мальчики			Девочки		
		N	M	SD	N	M	SD
1	Чуваши, Ядринский р-н, Чувашия, 2002 г.	292	-0,14	1,07	312	-0,23	0,95
2	Башкиры, Башкирия, 1998 г.	271	-0,54	1,19	297	-0,26	1,01
3	Туркмены, г. Чарджев, 1992 г.	241	-0,36	1,16	319	0,16	0,97
4	Халха-монголы, 1987–1991 гг.	591	-0,68	1,09	686	-0,81	0,98

В каждой из представленных групп у обоих полов были проведены оценки временной изменчивости скелетного возраста относительно хронологического на изучаемом возрастном интервале (рис. 1). В популяции, которая была охарактеризована по результатам изучения темпов биологического созревания как адаптированная к окружающей среде (в нашем случае это халха-монголы), возрастные оссеографические процессы у обоих полов были замедлены на протяжении всего изучаемого периода роста и развития. При этом в возрасте 9 и 10 лет, а также в 15 и 16 лет девочки отстают от мальчиков. Различия статистически достоверны, и их уровень колеблется от  $P \leq 0,05$  до  $P \leq 0,001$  (рис. 1А). Наиболее заметное изменение темпов скелетного созревания в период роста и развития выявлены у девочек-туркменок, значительно опережающих мальчиков практически на всем изучаемом временном отрезке (уровень статистической достоверности различий составляет  $P \leq 0,01$  и  $P \leq 0,001$  (рис. 1Б).

В популяциях башкир и чувашей, имеющих умеренный темп онтогенеза явного ускорения скелетного развития не отмечается. При этом чувашские мальчики отстают от девочек в возрасте 9 лет ( $P \leq 0,01$ ), а башкирские – в 12 и 13 лет ( $P \leq 0,01$  и  $P \leq 0,05$  соответственно). Следует также отметить отставание по скелетному возрасту 16-летних чувашских девочек по сравнению с мальчиками. Достоверность различий средних значений скелетного возраста между полами составляет  $P \leq 0,01$  (рис. 1В, Г).

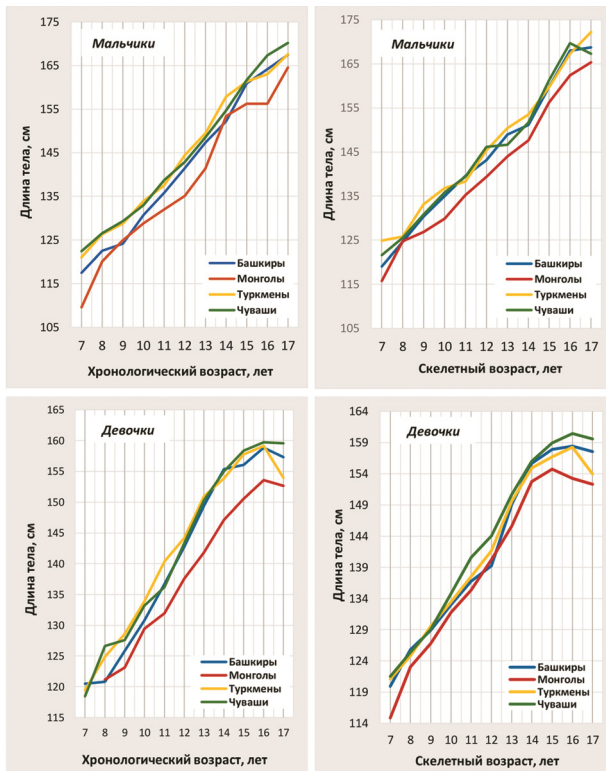
На следующем этапе работы нами проводилось сопоставление ряда морфологических характеристик в изучаемых выборках детей и подростков при использовании хронологического и скелетного возрастов в качестве группирующих факторов.

Для такого показателя, как длина тела, наиболее выраженная дифференциация обнаруживается между группами с ускоренным тем-



**Рисунок 1. Сравнение возрастной динамики скелетного возраста у мальчиков и девочек на этапах созревания в изученных популяциях**  
**Figure 1. Comparison of the age dynamics of skeletal age in boys and girls at the stages of maturation in the studied populations**

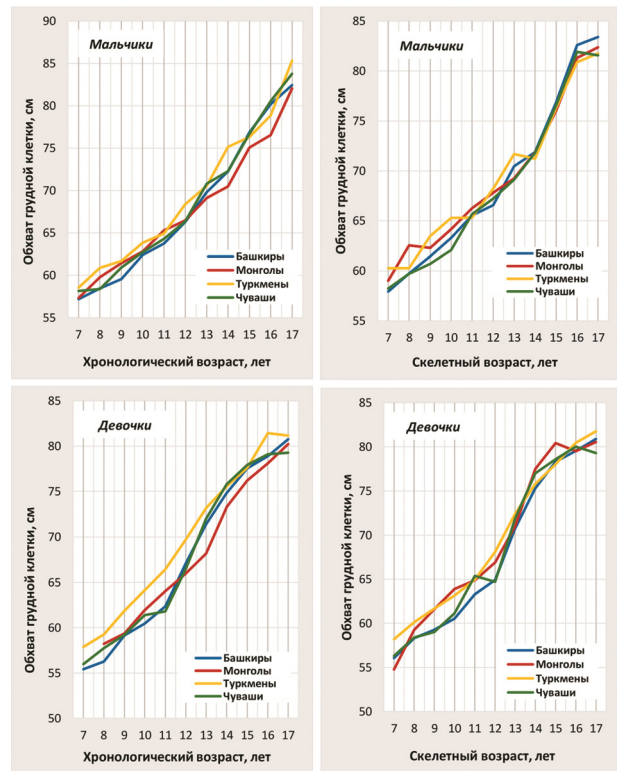
пом созревания костей скелета кисти (башкиры, туркмены, чуваш) и халха-монголами. При использовании хронологического возраста в качестве группирующего фактора эти различия наблюдаются практически на протяжении всего рассматриваемого возрастного диапазона. Различия в длине тела между халха-монголами и другими группами уменьшается, когда в качестве группирующего фактора используется биологический (скелетный) возраст. Особенно это заметно у девочек (рис. 2).



**Рисунок 2. Возрастная динамика длины тела в изученных популяциях при использовании хронологического и скелетного возрастов, как группирующих факторов**  
*Figure 2. Age dynamics of body height in the studied populations using chronological and skeletal ages as grouping factors*

Аналогичные вариации найдены для таких признаков, как длина ноги, плечевой и тазовый диаметры, площадь поверхности тела, масса тела и индекс массы тела. В тоже время нужно отметить сохраняющиеся особенности продольных размеров тела в мужской и женской части популяции халха-монголов. Изучение возрастной динамики обхвата грудной клетки не выявило ни популяционных различий этого показателя, ни изменчивости в зависимости от группировки по биологическому или хронологическому возрасту во всех рассматриваемых группах с разными темпами онтогенеза в популяциях (рис. 3).

Однако такой показатель, как индекс грудной клетки (отношение продольного диаметра грудной клетки к поперечному) показывает четкие различия между некоторыми группами. Особо выделяются группы туркмен (и мальчики, и девочки), для которых отмечается снижение данного показателя независимо от группирующего фактора (хронологического или скелетного возраста) (рис. 4).



**Рисунок 3. Возрастная динамика обхвата грудной клетки в изученных популяциях при использовании хронологического и скелетного возрастов, как группирующих факторов**  
*Figure 3. Age dynamics of chest girth in the studied populations using chronological and skeletal ages as grouping factors*

Сравнительный анализ величин плечевого диаметра, межпопуляционная изменчивость которого показала примерно такую же картину, как и для большинства других морфологических признаков, выявил некоторую новую особенность (рис. 5). При группировке по скелетному возрасту сравниваемые популяции разделились на два кластера по близости значений этого показателя. Так, башкирские и чувашские дети имеют более высокие значения плечевого диаметра по сравнению с туркменскими и монгольскими. Наиболее отчетливо этот результат представлен у девочек, и различия между выделенными кластерами подтверждаются статистически в всех возрастных точках (уровни достоверности колеблются от  $P \leq 0,05$  до  $P \leq 0,001$ ).

При изучении величины средней жировой складки показано, что не зависимо от группировки по хронологическому или скелетному возрасту мальчики всех групп в рассматриваемом возрастном диапазоне мало отличаются

друг от друга, но при этом имеют более низкие значения этого признака по сравнению с девочками. При этом у девочек группировка по скелетному возрасту позволяет выявить межгрупповые различия величины жировой складки, отчетливо проявляющиеся в старших возрастах, начиная с 14 лет (рис. 6). Кроме того, в каждой из представленных групп нами были рассчитаны величины всех изученных признаков в зависимости от группировки по хронологическому и скелетному возрастам. Показано, что практически для всех признаков дети, сгруппированные по скелетному возрасту, имеют большие их значения, чем дети, сгруппированные по хронологическому возрасту не зависимо от этнической принадлежности. При этом следует отметить, что у мальчиков во возрасте примерно 13–15 лет, а у девочек в более ранний период (примерно 10–14 лет) величины признаков, рассчитанных при группировке по хронологическому возрасту, превышают вели-

чины признаков, рассчитанных при группировке по скелетному возрасту.

Подробному изучению и анализу данной закономерности будут посвящены наши дальнейшие публикации. В данной работе в качестве примера приведем возрастную изменчивость длины и массы тела у башкирских и туркменских детей (рис. 7, 8).

## Заклучение

В результате изучения временной изменчивости скелетного возраста относительно хронологического установлены изменения темпов онтогенеза в разные периоды созревания, отличающиеся по величине, направленности, времени начала и интенсивности. Найдены половые различия при сравнении выборок по хронологическому и скелетному возрастам в качестве группирующих факторов

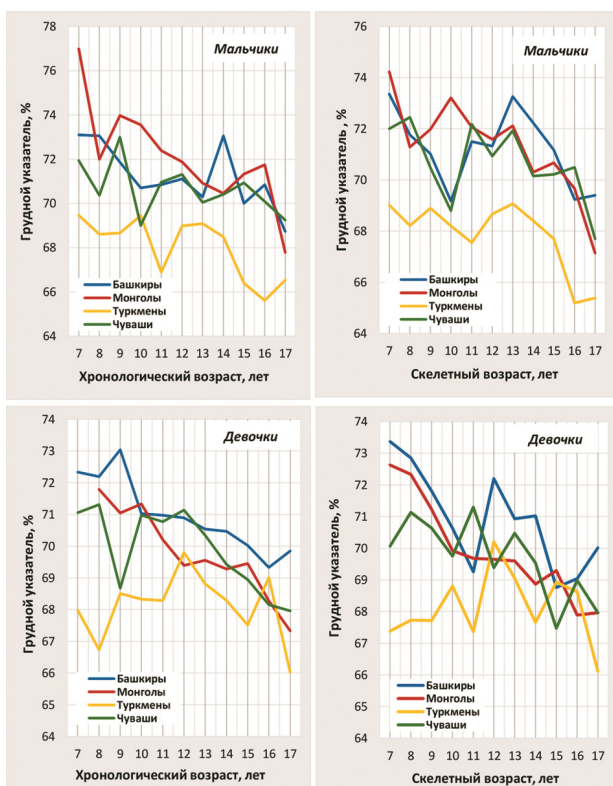


Рисунок 4. Возрастная динамика индекса грудной клетки в изученных популяциях при использовании хронологического и скелетного возрастов, как группирующих факторов  
Figure 4. Age dynamics of the chest index in the studied populations using chronological and skeletal ages as grouping factors

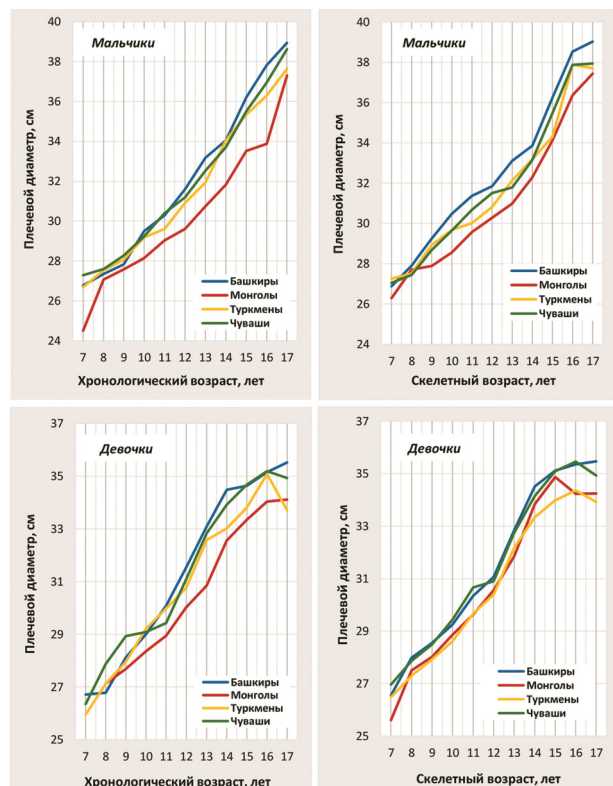
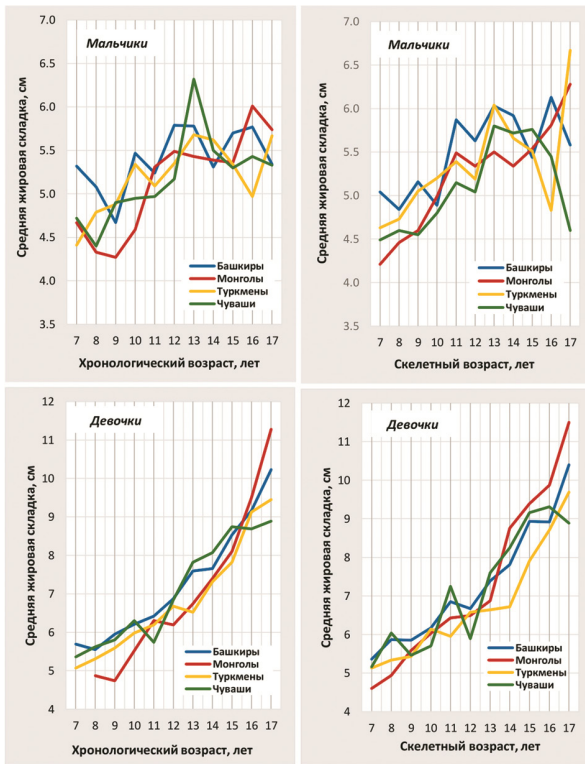


Рисунок 5. Возрастная динамика плечевого диаметра в изученных популяциях при использовании хронологического и скелетного возрастов, как группирующих факторов  
Figure 5. Age dynamics of shoulder diameter in the studied populations using chronological and skeletal ages as grouping factors

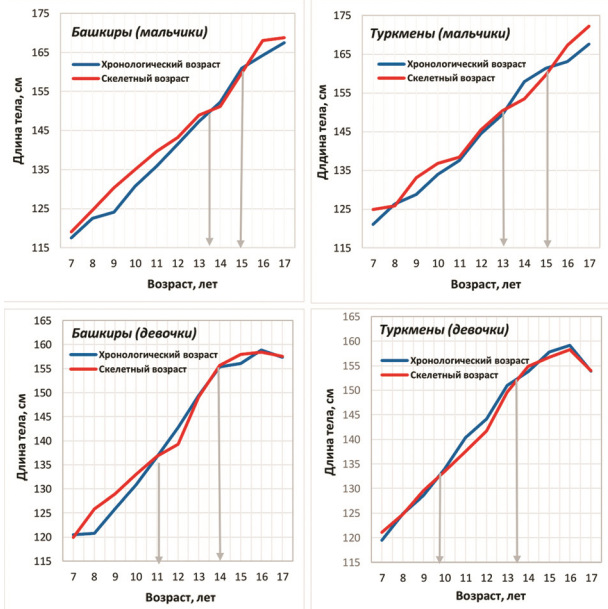




**Рисунок 6.** Возрастная динамика величины средней жировой складки в изученных популяциях при использовании хронологического и скелетного возрастов, как группирующих факторов

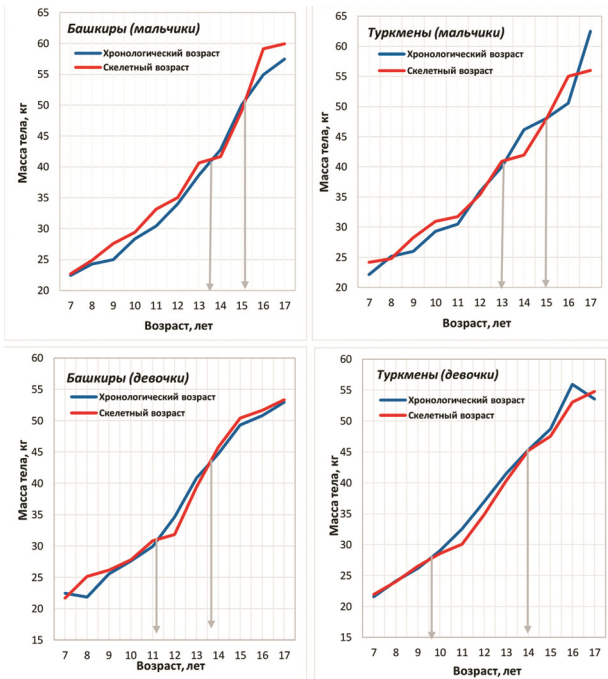
**Figure 6.** Age dynamics of the average fat fold in the studied populations using chronological and skeletal ages as grouping factors

Проведенные исследования показали, что основные различия между сравниваемыми детскими группами по морфологическим признакам связаны с темпами созревания детей и подростков. Значительное влияние на результаты сравнения разнообразных по уровню адаптации современных групп могут привносить вариации темпов онтогенеза, меняющихся в связи с «модификацией» традиционной культуры и образа жизни [Бацевич, 2022]. В то же время специфические черты проявляются при использовании скелетного (биологического) возраста как группирующего фактора. Под специфическими адаптивными чертами имеются ввиду морфологические характеристики, которые сформировались в популяциях под воздействием климатогеографических факторов. Например, уплощённость грудной клетки в некоторых среднеазиатских группах.



**Рисунок 7.** Возрастная изменчивость длины тела в зависимости от группировки по хронологическому и скелетному возрастам у мальчиков и девочек

**Figure 7.** Age variability of body height depending on the grouping by chronological and skeletal age in boys and girls



**Рисунок 8.** Возрастная изменчивость массы тела в зависимости от группировки по хронологическому и скелетному возрастам у мальчиков и девочек

**Figure 8.** Age variability of body weight depending on the grouping by chronological and skeletal age in boys and girls

Расширенные выводы по изучаемой тематике авторы планируют представить в следующих публикациях после анализа дополнительных данных с привлечением материалов по другим детским группам – абхазским, тувинским и алтайским.

## Библиография

*Алексеева Т.И.* Адаптивные процессы в популяциях человека. М.: Изд-во МГУ. 1986. 215 с.

*Алексеева Т.И., Бацевич В.А., Ясина О.В.* Процессы роста и развития у детей Центральной Азии // Антропозология Центральной Азии. М.: Научный мир. 2005. С. 127-203.

*Бацевич В.А.* Секулярная и возрастная динамика биологических характеристик в двух группах современного населения в разных экологических условиях // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2016. № 4. С. 110-117.

*Бацевич В.А.* Темпы возрастной изменчивости скелета в современных популяциях человека (антропозологические аспекты): Дисс. ...докт. биол. наук, 2022, 218 с.

*Бацевич В.А., Джумаева О., Мансуров Ф.Г., Ясина О.В.* Процессы роста и развития у детей г. Чарджев (Туркменистан) // Краткие сообщения о научных работах научно-исследовательского института и музея антропологии им. Д.Н. Анучина за 1995-1996 гг. М.: Старый сад. 1997. С. 39-46.

*Бацевич В.А., Павловский О.М., Мансуров Ф.Г., Ясина О.В.* Региональные аспекты антропозологии и динамика онтогенеза в популяциях человека // Расы и народы: современные этнические и расовые проблемы: ежегодник. М.: Наука. 2009. Т. 34. С. 78-115.

*Бацевич В.А., Ясина О.В.* Морфологические характеристики башкирских сельских школьников. Предварительная публикация первичных материалов // Антропология в Московском университете: к юбилею МГУ. Сборник научных статей [Электронный ресурс] / Отв. ред. А.П. Бужилова. М.: НИИ и Музей антропологии МГУ. 2015. С. 165-186.

*Бацевич В.А., Ясина О.В.* Динамика темпов онтогенеза и размеров тела у детского сельского чувашского населения в период со второй половины XIX века и до конца XX века // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология, 2018. № 4. С. 5-22.

*Бунак В.В.* Антропометрия. М.: Учпедгиз. 1941. 367 с.

*Властовский В.Г.* Акцелерация роста и развития детей. М.: Изд-во МГУ. 1976. 280 с.

*Войтенко В.П., Токарь А.В., Полюхов А.М.* Методика определения биологического возраста человека // Геронтология и гериатрия. Ежегодник. Биологический возраст. Наследственность и старение. Киев. 1984. С. 133-137.

*Дерябин В.Е.* Многомерные методы исследования межгрупповой вариации у детей // Вестник антропологии, 2004. Вып. 11. С. 120-141.

*Дильман В.М.* Четыре модели медицины. Л.: Медицина. 1987. 288 с.

*Кишкун А.А.* Биологический возраст и старение: возможности определения и пути коррекции. Руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2008. 276 с.

*Крутько В.Н., Донцов В.И., Смирнова Т.М.* Теория, методы и алгоритмы диагностики старения // Труды ИСА РАН, 2005. Т. 13. С. 105-143.

*Миклашевская Н.Н.* Биологический возраст // Морфология человека. М.: Изд-во МГУ. 1983. С. 20-26.

*Павловский О.М.* Биологический возраст у человека. М.: Изд-во МГУ. 1987. 280 с.

*Рохлин Д.Г.* Рентгеноостеология и рентгеноантропология. Часть 1. Скелет кисти и дистального отдела предплечья. М.-Л.: Огиз-Биомедгиз. 1936. 335 с.

*Соколов П.Н.* Старческие изменения морфологических признаков у женщин // Архив биологических наук. Л. 1935. Т. 39. С. 437-451.

*Хрисанфова Е.Н., Первозчиков И.В.* Антропология. М.: Изд-во МГУ. 1991. 320 с.

## Сведения об авторах

*Бацевич Валерий Анатольевич, д.б.н.;*  
ORCID ID: 0000-0003-3833-1588; batsevich53@mail.ru;

*Степанова Алевтина Владимировна, к.б.н.;* ORCID ID: 0000-0002-6725-5257; alevtina.s.mail@yandex.ru;

*Калюжный Евгений Александрович, к.б.н.;* ORCID ID: 0000-0002-0792-1190; eakmail@mail.ru

Поступила в редакцию 09.05.2022,  
принята к публикации 02.06.2022.

## 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

**Introduction.** *In anthropological and medical practice, in most cases, the method of grouping individuals by chronological age is used in comparative age studies. A number of authors spoke about the need for a different approach to children of the same calendar age and taking into account the level of their morphophysiological development. [Deryabin, 2004]. In this paper, the comparison of age morphological characteristics in the studied groups was carried out using both chronological and biological (skeletal) ages as grouping factors.*

**Materials and methods.** *Comparative studies were conducted in the combined group of Khalkha Mongols, Turkmens of G. Chardjev, Bashkirs of Beloretsky and Abzelilovsky districts and Chuvash of Yadrin district. The age range of the examined was 7-17 years. The Tanner-Whitehouse method (TW-2) was used to determine individual values of skeletal maturity. The following features were included and analyzed in the analysis: body length, body weight, leg length, shoulder and pelvic diameters, chest girth, the size of the average fat fold, the size of the epiphyses of the forearm and thigh. The body mass index, as well as the chest index and body surface area were calculated. All anthropometric studies were carried out according to a unified methodology within the framework of the standard program adopted at the Moscow State University Research Institute of Anthropology [Bunak, 1941]. Mathematical processing of the data used was carried out using computer programs "Statistica" (versions 5-10) (StatSoft, USA) and "Microsoft Excel".*

**Results and discussion.** *Estimates of the temporal variability of skeletal age relative to chronological age were carried out in each of the presented groups. The changes in the rates of ontogenesis in different periods of maturation, differing in magnitude, orientation, time of onset and intensity, have been established. Sex differences were found for a number of morphological features when comparing samples by chronological and skeletal ages as grouping factors. It is shown that the main differences between the compared groups by morphological characteristics are associated with the rate of maturation of children and adolescents, as well as the presence of adaptive characteristics formed under the influence of climatic and geographical environmental factors.*

**Conclusion.** *The use of biological age as a grouping factor is desirable and necessary for an adequate comparison of groups with different rates of ontogenesis and acceleration of development, changing under the influence of environmental factors.*

**Keywords:** children and adolescents; chronological age; skeletal age; population variability; body morphology; Tanner-Whitehouse method (TW-2)

### References

Alekseyeva T.I. *Adaptivnyye protsessy v populyatsiyakh cheloveka* [Adaptive processes in human populations]. Moscow, MSU Publ., 1986, 215 p. (In Russ.).

Alekseyeva T.I., Batsevich V.A., Yasina O.V. *Protsessy rosta i razvitiya u detey Tsentral'noy Azii* [Growth and development processes in children of Central Asia] *In Antropoekologiya Tsentral'noy Azii* [Anthropoecology of Central Asia]. Moscow, Scientific world, 2005, pp. 127-203. (In Russ.).

Batsevich V.A. *Sekulyarnaya i vozrastnaya dinamika biologicheskikh kharakteristik v dvukh gruppakh sov-*

*remennogo naseleniya v raznykh ekologicheskikh usloviyakh* [Secular and age dynamics of biological characteristics in two groups of the modern population in different environmental conditions]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya], 2016, 4, pp. 110-117. (In Russ.).

Batsevich 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)] *Dissertation PhD in Biology*. Moscow, 2022. 218 p. (In Russ.).

Batsevich V.A., Dzhumayeva O., Mansurov F.G., Yasina O.V. Protsessy rosta i razvitiya u detey g. Chardzhev (Turkmenistan) [Processes of growth and development in children in Chardzhev (Turkmenistan)]. In *Kratkiye soobshcheniya o nauchnykh rabotakh nauchno-issledovatel'skogo instituta i muzeya antropologii im. D.N. Anuchina za 1995-1996 gg.* [Brief reports on the scientific work of the Research Institute and Museum of Anthropology named after. D.N. Anuchin for 1995-1996]. Moscow, Staryy sad Publ., 1997, pp. 39-46. (In Russ.).

Batsevich V.A., Pavlovskiy O.M., Mansurov F.G., Yasina O.V. Regional'nyye aspekty antropoekologii i dinamika ontogeneza v populyatsiyakh cheloveka [Regional aspects of anthropoecology and dynamics of ontogeny in human populations]. In *Rasy i narody: sovremennyye etnicheskiye i rassovyye problemy: yezhegodnik* [Races and peoples: modern ethnic and racial problems: yearbook]. Moscow, Nauka Publ., 2009, 34, pp. 78-115. (In Russ.).

Batsevich V.A., Yasina O.V. Morfologicheskiye kharakteristiki bashkirskikh sel'skikh shkol'nikov. Predvaritel'naya publikatsiya pervichnykh materialov [Morphological characteristics of Bashkir rural schoolchildren. Preliminary publication of primary materials]. In *Antropologiya v Moskovskom universitete: k yubileyu MGU. Sbornik nauchnykh statey* [Anthropology at Moscow University: to the anniversary of Moscow State University. Collection of scientific articles] / Ed.: A.P. Buzhilova. Moscow: Research Institute and Museum of Anthropology, MSU Publ., 2015, pp. 165-186. (In Russ.).

Batsevich V.A., Yasina O.V. Dinamika tempov ontogeneza i razmerov tela u detskogo sel'skogo chuvashskogo naseleniya v period so vtoroy poloviny XIX veka i do kontsa XX veka [Dynamics of the rates of ontogenesis and body size in the children's rural Chuvash population in the period from the second half of the 19th century to the end of the 20th century] *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya], 2018, 4, pp. 5-22. (In Russ.).

Bunak V.V. *Antropometriya* [Anthropometry]. Moscow, Uchpedgiz Publ., 1941. 367 p. (In Russ.).

Vlastovskiy V.G. *Aktsele ratsiya rosta i razvitiya detey* [Acceleration of growth and development of children]. Moscow, MSU Publ., 1976. 280 p. (In Russ.).

Voytenko V.P., Tokar' A.V., Polyukhov A.M. Metodika opredeleniya biologicheskogo vozrasta cheloveka [Methodology for determining the biological age of a person]. In *Gerontologiya i geriatriya. Yezhegodnik. Biologicheskiy vozrast. Nasledstvennost' i starenie* [Gerontology and geriatrics. Yearbook. Biological age. Heredity and aging]. Kyiv, 1984. pp. 133-137. (In Russ.).

Deryabin V.Ye. Mnogomernyye metody issledovaniya mezhrupponoy variatsii u detey [Multivariate methods for studying intergroup variation in children] *Vestnik antropologii* [Bulletin of Anthropology], 2004, 11, pp. 120-141. (In Russ.).

Dil'man V.M. *Chetyre modeli meditsiny* [Four models of medicine]. Leningrad, Medicine Publ., 1987. 288 p. (In Russ.).

Kishkun A.A. *Biologicheskiy vozrast i starenie: vozmozhnosti opredeleniya i puti korrektsii. Rukovodstvo dlya vrachev* [Biological age and aging: possibilities of determination and ways of correction. Guide for doctors]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2008. 276 p. (In Russ.).

Krut'ko V.N., Dontsov V.I., Smirnova T. M. Teoriya, metody i algoritmy diagnostiki starenia [Theory, methods and algorithms for diagnosing aging]. In *Trudy ISA RAN* [Proceedings of the ISA RAS], 2005, 13, pp. 105-143. (In Russ.).

Miklashevskaya N.N. Biologicheskiy vozrast [Biological age]. In *Morfologiya cheloveka* [Human morphology]. Moscow, MSU Publ., 1983, pp. 20-26. (In Russ.).

Pavlovskiy O.M. *Biologicheskiy vozrast u cheloveka* [Biological age in humans]. Moscow, MSU Publ., 1987. 280 p. (In Russ.).

Rokhlin D.G. *Rentgenoosteologiya i rentgenoantropologiya. Chast' 1. Skelet kisti i distal'nogo otdela predplech'ya* [X-ray osteology and X-ray anthropology. Part 1. Skeleton of the hand and distal forearm]. Moscow-Leningrad, Ogiz-Biomedgiz Publ., 1936. 335 p. (In Russ.).

Sokolov P.N. Starcheskiye izmeneniya morfologicheskikh priznakov u zhenshchin [Senile changes in morphological characteristics in women]. *Arkhiv biologicheskikh nauk* [Archives of Biological Sciences], 1935. 39. pp. 437-451. (In Russ.).

Khrisanfova Ye.N., Perevozchikov I.V. *Antropologiya* [Anthropology]. Moscow, MSU Publ., 1991. 320 p.

*Auxology – Studying human growth and development* / Hermanussen M. (Ed): Stuttgart: Schweizerbart, 2013. 324 p.

Castriota-Scanderbeg A., Sacco M.C., Emberti-Gialloreti L., Fraracci L. Skeletal age assessment in children and young adults: comparison between a newly developed sonographic method and conventional methods. *Skeletal Radiol.*, 1998, 27 (5), pp. 271-277. DOI: 10.1007/s002560050380

Gilsanz V., Ratib O. *Hand bone age. A digital atlas of skeletal maturity*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005. 96 p.

Greulich W.W., Pyle S.I. *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. (2nd ed.)*. Stanford, Calif: Stanford University Press, 1959. 272 p.

Hackman S.L.M.R. *Age estimation in the living: a test of 6 radiographic methods*. University of Dundee, 2012. 314 p.

Mughal A.M., Hassan N., Ahmed A. Bone age assessment methods: A critical review. *Pak. J. Med. Sci.*, 2014, 30 (1), pp. 211-215. DOI: 10.12669/pjms.301.4295.

Pavlovsky O., Kobylansky E. *Population Biology of Human Aging*. Firenze, Italy: Publishing House, 1999. 152 p.

Roche A.F., Roberts J., Hamill P.V. Skeletal maturity of youths 12-17 years: Racial, geographic area and socioeconomic differentials, United States, 1966-1970. *Vital and Health Statistics*, 1978, 167, pp. 1-98.

Satoh M. Bone age: assessment methods and clinical application. *Clin. Pediatr. Endocrinol.*, 2015, 24 (4), pp. 143-152. DOI: 10.1297/cpe.24.143.

Schmid F., Moll H. *Atlas der normalen und pathologischen handskelettenwicklung*. Berlin-Göttingen, 1960. 250 p.

Tanner J.M., Whitehouse R.H., Marshall W.A., Healy M.R., Goldstein H. *Assesment of skeletal maturity and predictoin of adult height (TW-2 Method)*. New York: Academic Press, 1975. 99 p.

Tanner J.M., Healy M.J.R., Goldstein H., Cameron N. *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method)*. London, 2001. 110 p.

#### Information about Authors

Batsevich Valery A., PhD, DSc.; ORCID ID: 0000-0003-3833-1588; batsevich53@mail.ru;

Stepanova Alevtina V., PhD; ORCID ID: 0000-0002-6725-5257; alevtina.s.mail@yandex.ru;

Kalyuzhny Evgeny A., professor, PhD; ORCID ID: 0000-0002-0792-1190; eakmail@mail.ru