

ЦЕЛОСТНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ПРОЦЕССОВ ОНТОГЕНЕЗА У ДЕТЕЙ 10-17 ЛЕТ (АНТРОПОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ)

Л.К. Гудкова

НИИ и Музей антропологии МГУ, Москва

Введение. Целью данной статьи является анализ изменчивости физиологического статуса детей на общем фоне возрастных изменений, связанных с процессами роста, развития и полового созревания, а также анализ возрастной динамики внутрисистемных (физиологических) и межсистемных (морфофизиологических) корреляций.

Материалы и методы. В Хакасии по комплексной программе были обследованы школьники (190 мальчиков и 188 девочек). Уровни физиологических показателей крови – гемоглобина, сывороточных протеинов (общего белка, альбумина, α_1 -, α_2 -, β -, γ -глобулинов), общего холестерина и глюкозы были определены стандартными спектрофотометрическими методами.

Результаты и обсуждение. Установлено, что в определенные возрастные периоды у детей и подростков происходят характерные изменения физиологического статуса, связанные с процессами роста и развития, влияющими на физиологический гомеостаз. Активизация внутренних физиологических процессов на общем фоне возрастных изменений происходит в первую очередь. Существенные изменения уровней физиологических показателей крови, более заметные у мальчиков, чем у девочек, совпадают по времени с пубертатным периодом. Проследить возрастную динамику физиологического статуса как целостной структуры на данном этапе исследования сложно: разнонаправленная изменчивость переменных, составляющих физиологическую систему, при малой численности возрастных выборок не позволяет сделать какие-либо уверенные выводы. Разная сенситивность физиологических и морфологических систем к действию разнообразных факторов является причиной несовпадения темпов соизменчивости разносистемных признаков. И все же в отдельных возрастных группах детей можно уловить некоторую закономерность в проявлении морфофизиологических связей.

Заключение. Результаты, полученные при изучении изменчивости физиологического статуса, могут трактоваться с позиции физиологического гомеостаза, стабильность которого во время онтогенеза неоднократно нарушается. Изучение возрастной динамики физиологического статуса и анализ взаимосвязи метаболических показателей с морфологическими способствуют более целостному представлению о процессах онтогенеза у детей.

Ключевые слова: МГУ имени М.В. Ломоносова, антропология, физиология, морфология, онтогенез, целостный подход, изменчивость, корреляция

Введение

В антропологии проблеме целостности всегда придавалось большое значение [Гудкова, 2010]. И в настоящее время холистический подход к изучению морфологического, физиологического, гормонального и других статусов популяций имеет место в работах многих современных антропологов. Тем не менее, следует заметить, что на сегодняшний день с точки зрения проблемы целостности в наибольшей степени разработана программа изучения физиологического ста-

туса популяций [Гудкова, 2008]. Одна из позиций программы исследования заключается в анализе его изменчивости в процессе онтогенеза, устойчивость которого определяется сложной системой взаимозависимостей [Шмальгаузен, 1968].

Основной целью данной статьи является анализ изменчивости физиологического статуса детей на общем фоне возрастных изменений, связанных с процессами роста, развития и полового созревания, а также анализ возрастной динамики внутрисистемных (физиологических) и межсистемных (морфофизиологических) корреляций.

Материалы и методы

Материалы по физиологическому статусу детей собраны автором в составе экспедиций НИИ и Музея антропологии МГУ под руководством И.В. Перевозчикова. В Хакасии (пос. Кизлас, Усть-Чуль) по комплексной программе были обследованы школьники в возрасте 7–17 лет (190 мальчиков и 188 девочек). Возраст детей, различные показатели которых анализируются в статье, ограничен интервалом 10–17 лет. Численность (см.: табл. 1) меньше указанной выше, так как для проведения корреляционного анализа необходимо в каждом случае иметь полный набор признаков, что во время сбора материала по разным причинам можно выполнить не всегда.

В систему физиологических переменных, составляющих физиологический статус, вошли уровни физиологических показателей крови – гемоглобина, сывороточных протеинов (общего белка, альбумина, α_1 -, α_2 -, β -, γ - глобулинов), общего холестерина и глюкозы. Перечисленные признаки отражают физиологический гомеостаз; их ста-

бильность и изменчивость свидетельствуют о различных физиологических состояниях организма на индивидуальном и популяционном уровнях. Следует заметить, что необходимость сопоставления особенностей течения биохимических реакций у человека с физиологическими процессами и их нарушениями определяет тесную взаимосвязь биохимии с физиологией [Мак-Мюррей, 1980]. Отсюда проистекает некая терминологическая двойственность: анализируемые нами признаки называются в литературе как физиологическими, так и биохимическими. С точки зрения автора, в антропологических работах, когда обсуждается количественная изменчивость, а не биохимические превращения таких признаков, правильнее называть их физиологическими [см., например, Вейсс, 1986]. Однако методы измерения уровней физиологических показателей крови относятся к разряду биохимических. Уровни были определены стандартными спектрофотометрическими методами. Методическая сопоставимость соблюдена. Для получения статистических оценок использовалась программа Statistica-6.0.

Таблица 1. Средние арифметические величины уровней физиологических показателей крови у хакасских детей

Признаки	Возраст (в годах)							
	10	11	12	13	14	15	16	17
Мальчики								
Численность	5	23	17	20	23	22	23	14
Гемоглобин, г/л	126.0	124.9	127.9	127.9	131.0	134.5	140.5	145.9
Общий белок, г/л	79.3	77.1	78.3	78.6	77.3	79.5	80.5	79.2
Альбумин, г/л	47.0	43.7	44.5	45.8	43.2	45.5	46.9	45.6
α_1 – глобулины, г/л	3.5	3.7	3.7	3.9	3.7	3.5	3.5	3.2
α_2 – глобулины, г/л	6.4	7.0	7.0	6.3	6.9	6.7	6.7	6.0
β – глобулины, г/л	9.3	10.1	10.9	9.9	9.8	11.1	10.5	10.4
γ – глобулины, г/л	13.0	13.3	13.7	12.7	13.3	13.1	12.8	13.4
Холестерин, ммоль/л	4.26	4.19	4.11	4.23	3.66	3.85	3.84	4.01
Глюкоза, ммоль/л	4.24	4.32	4.16	4.17	4.50	4.37	4.33	4.18
Девочки								
Численность	8	19	17	26	28	19	7	17
Гемоглобин, г/л	127.9	126.3	124.7	125.7	129.1	128.0	134.7	128.5
Общий белок, г/л	75.5	77.1	78.9	79.6	79.8	77.4	82.1	80.9
Альбумин, г/л	43.5	44.4	45.4	45.5	44.6	43.3	46.2	46.2
α_1 – глобулины, г/л	3.4	3.6	3.4	3.8	3.2	3.4	3.3	3.0
α_2 – глобулины, г/л	6.2	6.1	6.1	6.9	6.7	6.4	6.5	6.3
β – глобулины, г/л	10.1	9.9	9.8	10.8	11.1	11.0	12.0	10.9
γ – глобулины, г/л	12.4	13.2	14.0	12.7	14.0	13.5	15.4	15.0
Холестерин, ммоль/л	4.18	4.23	4.03	4.19	4.11	3.99	4.33	4.20
Глюкоза, ммоль/л	4.22	4.09	4.01	4.15	4.39	4.33	4.52	4.21

Результаты и обсуждение

Возрастная изменчивость уровней физиологических показателей крови

Возрастная вариабельность уровней отдельных физиологических признаков (гемоглобина, общего белка и его фракций, общего холестерина, глюкозы) в этой статье подробно не будут рассматриваться. Соответствующий анализ, сопровождаемый таблицами и графиками; сравнение полученных результатов с литературными данными содержатся в монографии «Популяционная физиология человека» [Гудкова, 2008]. И все-таки для обсуждения, кратко и без ссылок на многочисленные источники (они содержатся в указанной монографии), кажется необходимым дать некоторые сведения о физиологической роли признаков и об изменчивости их уровней у детей в возрастном интервале 10–17 лет. Но основная задача заключается в интерпретации изменчивости с точки зрения роста, развития и полового созревания обследованных детей. Данные по этим признакам собраны и разработаны Е.И. Балаховой и И.В. Перевозчиковым и опубликованы в коллективной статье [Перевозчиков и др., 1987].

В табл. 1 приведены численности возрастных групп и средние величины уровней физиологических показателей крови хакасских школьников. В табл. 2 даны оценки достоверности различий средних величин отдельных признаков и оценки различий между уровнями всех физиологических показателей крови каждой возрастной группы. Критерий, или T2 – статистика, Хотелинга представляет обобщение отношений t-Стьюдента [Кендалл, Стьюарт, 1976].

Гемоглобин. Основная функция гемоглобина – перенос дыхательных газов – определяет его незаменимую роль в обменных процессах. Гемоглобин поставляет тканям кислород, который используется для выработки энергии. Кислород необходим для любой реакции биологического окисления, поэтому при помощи измерения количества поглощенного организмом кислорода можно судить об интенсивности обмена веществ. Уровень гемоглобина в крови отражает энергетические процессы, которые обеспечивают химические превращения в организме. Что касается возрастной изменчивости концентрации гемоглобина в крови, то известно, что после грудного периода начинается ее постепенное повышение и в пу-

Таблица 2. Оценка достоверности различий (t-критерий Стьюдента) средних величин уровней физиологических показателей крови и физиологического статуса в целом

Признаки	Оценка различий между возрастными группами	
	Мальчики	Девочки
Гемоглобин	10–17; 11–14*, 15, 16, 17; 12–15**, 16***, 17; 13–15**, 16***, 17; 14–16**, 17; 15–17***	16–11**, 12**
Общий белок	11–15*, 16**, 17*; 14–16**	13–10*; 14–10*, 11*; 16–10*, 11**, 12**, 14*, 15**; 17–10**, 11*, 15*
Альбумин	11–15*, 16**, 17*; 12–16*; 14–13*, 15**, 16, 17**	15–13*, 17**
α ₁ -глобулины	13–17*	17–10*, 11**, 12*, 13**
α ₂ -глобулины	–	11–13*
β-глобулины	15–13*, 14**	12–17*; 14–11**, 12**; 15–11*, 12*; 16–10**, 12***
γ-глобулины	–	16–10*, 13*
Холестерин	13–16*; 14–11**, 12**, 13***	–
Глюкоза	12–14*	12–14*; 16–10*, 11**, 12**, 13*, 17*
Оценка по критерию Хотелинга	11–15***, 16, 17; 12–16**, 17**; 13–14*, 15*, 16**, 17**, 14–15**, 16**, 17**	12–16**, 17*; 13–15**, 17***

Примечания. Различия, достоверные при уровне значимости $p < 0.001$ помечены тремя звездочками, $p < 0.01$ – двумя звездочками и $p < 0.05$ – одной. Достоверные различия при $p < 0.0001$ звездочками не отмечены

бертасе она достигает величины, характерной для взрослых людей.

Возрастные колебания в содержании гемоглобина у хакасских мальчиков и девочек различны. Возрастная динамика средних величин признака у девочек незначительна, а у мальчиков она выражена сильно. В 12 лет мальчики по уровню гемоглобина опережают девочек, и с этого момента устанавливается присущий признаку половой диморфизм. С 14 лет у мальчиков начинается закономерное повышение уровня показателя.

Увеличение концентрации гемоглобина с возрастом у мальчиков часто рассматривается как вторичное явление. В подростковом периоде у них в результате большей продукции тестостерона происходит быстрое развитие мышечной ткани. И повышение уровня гемоглобина представляет адаптивную реакцию на высокие кислородные требования как следствие стремительного накопления тощей массы тела. В это время у мальчиков резко возрастает мышечная сила и максимум скорости в увеличении последней достигается, примерно, через год после максимального ускорения роста большинства костных размеров [Тэннер, 1979; Parra et al., 1976]. Поэтому значительный подъем уровня гемоглобина у хакасских мальчиков после 15 лет кажется закономерным, так как периоды наибольших прибавок длины и веса тела у них приходятся на пятнадцатый год жизни. Однако скорости роста поперечных размеров остаются наивысшими от 14 до 17 лет [Перевозчиков и др., 1987] и величина гемоглобина продолжает повышаться у 17-летних юношей, достигая максимума в возрасте 18–22 лет (147.4 г/л; у взрослых мужчин – 147.0 г/л).

У хакасских мальчиков количество гемоглобина коррелирует со степенью развития обволошенности на лобке и в подмышечных впадинах ($p < 0.001$), т.е. с процессом полового созревания. У хакасских девочек между содержанием гемоглобина и степенью развития вторичных половых признаков связи не обнаружено. Существует мнение [Mikusek, 1973], что величину гемоглобина у девочек, характерную для взрослых женщин, следует рассматривать как показатель законченности полового созревания. У хакасских девочек эта величина приходится на возраст 15 лет – 128.0 г/л (у взрослых хакасских женщин – 127.5 г/л). Снижение уровня гемоглобина у девушек происходит в период максимальной выработки гормонов; у юношей, наоборот, в результате усиленного действия андрогенов количество гемоглобина в крови увеличивается [Рябов, Таланова, 1963].

Сывороточные протеины. Белки играют первостепенную роль в жизнедеятельности организ-

мов, выполняя многочисленные функции в их строении, развитии и обмене веществ. Общий белок является важнейшим интегративным показателем белкового обмена, но сам по себе он дает несравнимо меньшую информацию, нежели можно получить, анализируя уровни его фракций. По этой причине уровень общего белка как сумма нескольких переменных (уровней альбумина и глобулинов) при целом ряде биометрических анализов исключается из набора признаков [Клекка, 1989]. Альбумин является основным резервным белком, источником аминокислот, регулятором объема плазмы и равновесия тканевых жидкостей, акцептором жирных кислот, переносчиком витаминов, гормонов, микроэлементов и т.д. Глобулины определяют иммунные свойства организма, образуют комплексы с углеводами и липидами, переносят железо, медь, регулируют гемопоэз и т.д. Характерные изменения уровней сывороточных протеинов проявляются главным образом в первый год жизни. В последующие возрастные периоды содержание альбумина и глобулинов меняется мало. Однако следует заметить, что такие выводы сделаны на основании изучения малочисленных групп детей при большом возрастном размахе [см.: Гудкова, 2008].

У хакасских девочек между количеством общего белка и степенью развития грудных желез и волос в подмышечных впадинах существует достоверная связь ($p < 0.05$). У мальчиков лишь намечается ($p < 0.2$) параллельное увеличение количества общего белка и усиление развития вторичных половых признаков.

Средние уровни альбумина, показателя белкового обмена, у хакасских мальчиков разных возрастных периодов достоверно различаются. Увеличение содержания альбумина в сыворотке крови у мальчиков от 11 до 13 лет сменяется резким падением в 14 лет, после чего в 15, 16–17 лет наступает повышение концентрации альбумина. Заметное снижение средней величины показателя в группе 14-летних мальчиков происходит в период максимальных скоростей прироста у них основных длиннотных размеров [Перевозчиков и др., 1987]. Количество альбумина у мальчиков связано со степенью обволошенности в подмышечных впадинах ($p < 0.05$), намечается также тенденция ($p < 0.2$) к увеличению содержания альбумина с ростом волос на лобке. У хакасских девочек связи между концентрацией альбумина и степенью развития вторичных половых признаков не обнаружено. Альбумин – белок, являющийся строительным материалом для построения белков органов и тканей, имеет непосредственное отношение к развитию мышечной ткани. Видимо, именно

по этой причине возрастная динамика содержания сывороточного альбумина у мальчиков выражена ярче, чем у девочек (табл. 2).

Уровни α - и β -глобулинов отражают состояние углеводного и липидного обменов. У хакасских мальчиков и девочек средние уровни α_1 - и α_2 -глобулинов в основном с возрастом снижаются. У девочек прослеживается явная тенденция ($p < 0.1$) к уменьшению концентрации α_1 -глобулинов в сыворотке крови по мере увеличения степени развития вторичных половых признаков (Me, P, Ax, Ma). У мальчиков аналогичной связи не обнаружено. Содержание β -глобулинов в процессе полового созревания возрастает. У девочек установлена статистически достоверная связь величины признака со степенью развития молочной железы ($p < 0.05$); намечается ($p < 0.2$) положительная связь количества β -глобулинов со стадиями развития и других вторичных половых признаков как у девочек, так и у мальчиков. Возрастная динамика уровней β -глобулинов у девочек выражена отчетливее, чем у мальчиков (табл. 2). Не исключено, что это различие связано с физиологической ролью признака, имеющего отношение к липидному обмену и, соответственно, к развитию жировой ткани.

Гамма-глобулиновая фракция содержит иммуноглобулины и связана с процессами защиты организма, с гуморальным иммунитетом. Возрастная вариабельность средних уровней γ -глобулинов у хакасских мальчиков и девочек 10–15 лет сходна. Повышение уровня γ -глобулинов у мальчиков и девочек в 12 лет может свидетельствовать о мобилизации защитных свойств организма перед предстоящим пубертатным периодом. Характерные подъемы и спады в 12, 13 и 14 лет, видимо, объясняются неустойчивостью иммунной системы у детей в эти возрастные периоды. Скорее всего, переломные моменты в пубертатной перестройке организма сопровождаются угнетением защитных свойств организма на общем фоне стремления уровня γ -глобулинов к возрастному повышению. В связи с этим понятно последнее снижение показателя у девочек в 15 лет, после чего концентрация γ -глобулинов у них заметно возрастает. У девочек содержание γ -глобулинов в сыворотке крови сопряжено со стадиями полового созревания ($p < 0.05$ и $p < 0.1$). У мальчиков аналогичных корреляций не наблюдается. Следует отметить, что, начиная с 14 лет и во все последующие возрастные периоды, средняя величина γ -глобулинов у женщин выше, чем у мужчин. Видимо, повышенный уровень физиологического показателя, характеризующего защитные свойства организма, приобретает уже у девочек определен-

ный смысл в связи с особенностями их пола, обусловленными функцией деторождения.

Общий холестерин. Холестерин и его эфиры являются структурными элементами клеточных мембран, а также предшественниками разнообразных и функционально важных производных: солей желчных кислот, стероидных гормонов и витамина D. В связи с этим в организме существует два основных фонда холестерина: структурный, представленный свободным холестерином плазматических мембран, и гетерогенный фонд метаболически активного холестерина. Последний состоит из эфиров холестерина липопротеидов клеток и плазмы крови. Содержание общего холестерина в плазме крови служит показателем липидного обмена, а также, исходя из его биохимической функции (биосинтез стероидных гормонов), отражает процессы гормональной регуляции. Относительно возрастной изменчивости уровня общего холестерина однозначного мнения среди различных авторов не существует [см.: Гудкова, 2008]. Ряд исследователей считают, что количество холестерина у новорожденных быстро возрастает и достигает величины взрослых к концу первого года жизни. Есть также данные о повышении концентрации холестерина после первого года жизни и достижении уровня взрослых к 14 годам.

У хакасских мальчиков среднее содержание общего холестерина в сыворотке крови существенно уменьшается в 14-летнем возрасте, а у девочек снижение величин показателя происходит в 12-летнем и 15-летнем возрастах. Все исследователи, которые занимались изучением у детей возрастной вариабельности уровней сывороточного холестерина, отмечают их падение в возрастном периоде 12–15 лет, причем во всех этнотерриториальных группах у девочек оно происходит на два года раньше, чем у мальчиков [см.: Гудкова, 2008]. Эта негативная корреляция с возрастом, которая сильнее выражена у мальчиков, после 14–15 лет меняется на обратную и начинается постепенное повышение уровня холестерина. У хакасских детей через год после снижения наступает подъем среднего уровня холестерина. Он совпадает с периодами (13 лет у девочек и 15 лет у мальчиков) максимальных прибавок длины и веса тела [Перевозчиков и др., 1987], так что у хакасских детей во время ускоренного роста возрастает и уровень холестерина. Подобные результаты получены Ю.И. Строевым с соавторами [Строев и др., 1997]: они наблюдали у детей с отставанием физического развития самые низкие величины сывороточного холестерина.

Уменьшение содержания холестерина в сыворотке крови у хакасских мальчиков в 14 лет и у

девочек в 12 и 15 лет обусловлено, видимо, активизацией всех обменных процессов в перестраиваемом организме подростков и, соответственно, большей потребностью организма в холестерине, который является предшественником стероидных гормонов коры надпочечников и половых желез. Увеличение концентрации холестерина у девочек в 13 лет и у мальчиков в 15 лет связано с ускорением роста и процессом полового созревания. Действительно, 50% хакасских девочек в возрасте 13 лет достигают половой зрелости. Второе снижение уровня холестерина у девочек в 15 лет с последующим подъемом может указывать на завершение полового созревания. У девочек в 16 лет отмечается 100% наличие вторичных половых признаков. С аналогичной точки зрения можно объяснить и двухступенчатое повышение средней величины холестерина у хакасских мальчиков (15 и 17 лет) – неодновременность достижения зрелости по разным признакам (Р – в 15 лет 0 мес. и Ах – в 16 лет 6 мес.) [Перевозчиков и др., 1987]. Предполагается, что увеличение содержания холестерина в возрасте 14–16 лет указывает на завершение полового созревания [Jarob et al., 1981]. Однако в большинстве случаев корреляции уровня общего холестерина со степенью полового созревания не установлены [см.: Гудкова, 2008]. Мы также не получили достоверной связи между названными показателями.

Глюкоза. Глюкоза является важнейшим источником энергии в живых клетках. Уровень глюкозы в крови служит показателем углеводного обмена. У детей с момента рождения наблюдается повышение содержания глюкозы в крови, определенной натощак. Самые высокие величины обнаружены у детей 12–14 лет [Макаров, Тараканов, 1994]. Однако все эти данные весьма условны, так как концентрация глюкозы в крови у детей является настолько лабильной величиной, что даже при наличии сахарного диабета показатель, измеренный натощак, может быть нормальным [Функциональная диагностика в детском возрасте, 1979].

Несмотря на отсутствие статистически достоверных различий в средних величинах уровня глюкозы в крови у детей разных когорт, в возрастной динамике признака можно отметить некоторые характерные моменты. У 12-летних хакасских мальчиков и девочек количество глюкозы в крови уменьшается, с 12 до 14 лет увеличивается, после чего наступает снижение уровня показателя. В 14-летнем возрасте у хакасских мальчиков и девочек наблюдается самое высокое содержание глюкозы сравнительно с детьми других возрастных групп (кроме 16-летних девочек, численность

которых могла повлиять на среднюю величину), что согласуется с результатами исследователей, указанных выше. Анализ таблиц сопряженности не выявил связи между количеством глюкозы и показателями полового созревания. Лишь у девочек намечается тенденция ($p < 0.1$) к снижению концентрации глюкозы с усилением обволошенности на лобке и в подмышечных впадинах. Бесспорным является зависимость величины показателя от физического развития [Гудкова, 2008]. У детей и подростков при выполнении различных физических упражнений наблюдается, как правило, уменьшение содержания глюкозы в крови. Поэтому падение уровня гликемии в крови мальчиков после 14 лет, т.е. в подростковом периоде, когда у мальчиков начинает возрастать мышечная сила (см. гемоглобин), представляется закономерным.

Таким образом, в определенные периоды у детей и подростков происходят изменения уровня физиологических показателей крови, которые сопоставимы с периодами ускорения роста, с улучшением физического развития и эндокринными сдвигами. Заметим, что хакасские дети отличаются хорошим физическим развитием и довольно поздними сроками полового созревания: у девочек – в 16 лет отмечается 100% наличие вторичных половых признаков (независимо от балла), у мальчиков – после 17 лет [Перевозчиков и др., 1987]. У хакасских детей вариабельность уровней физиологических показателей крови в процессе онтогенеза не подвержена давлению со стороны экстремальных факторов внешней среды [Гудкова, 2008]. Обследованные нами хакасы живут в умеренной климато-географической зоне. Известно, что климатические особенности без выраженного экстремального характера не оказывают существенного влияния на ростовые процессы и половое созревание [Миклашевская и др., 1988]. Хакасские дети жили в сельской местности в поселках с хорошо развитым хозяйством (молочное скотоводство, овцеводство, пчеловодство). По нормам питания рацион хакасов оценивается как сбалансированный и полноценный. Следовательно, исключая прямое и опосредованное воздействие внешних факторов можно прийти к выводу, что поло-возрастная изменчивость физиологических признаков у обследованных нами детей подчинена в основном биологическим закономерностям пубертаса. При сравнении уровней физиологических показателей крови у раносозревающих и поздносозревающих девочек (табл. 3) получились различия в средних величинах. У раносозревающих девочек, например, более высокая средняя величина холестерина. В

Таблица 3. Статистические оценки уровней физиологических показателей крови у хакасских девочек

Признаки	Раносозревающие девочки				Поздосозревающие девочки			
	n	\bar{x}	s	v	n	\bar{x}	s	v
Гемоглобин, г/л	31	130.0	9.7	7.4	31	129.5	12.5	9.7
Общий белок, г/л	30	81.1	3.9	4.9	30	79.9	5.4	6.8
Альбумин, г/л	30	45.8	3.8	8.2	30	44.4	4.0	9.1
Глобулины, г/л:								
α_1 -	27	3.4	0.9	25.3	30	3.0	1.1	35.3
α_2 -	29	6.9	1.1	16.5	30	6.6	1.7	25.1
β -	29	11.4	1.5	13.6	30	11.3	2.2	19.1
γ -	29	13.9	2.6	18.8	30	14.5	3.3	23.1
Холестерин, ммоль/л	30	4.19	0.81	19.3	30	3.97	0.67	16.8
Глюкоза, ммоль/л	30	4.15	0.61	14.8	31	4.43	0.68	15.4

выборке поздносозревающих девочек оказалась существенно выше внутригрупповая изменчивость физиологических признаков (кроме уровня холестерина), что можно рассматривать как показатель незавершенности процесса полового созревания этой группы девочек, как следствие напряжения физиологического гомеостаза в перипубертатном периоде.

Возрастная изменчивость физиологического и морфофизиологического статусов

Понятие «статус» в антропологии означает совокупность определенных признаков (внутрисистемных или межсистемных), объединенных как на индивидуальном, так и на популяционном уровнях. Статус с точки зрения холистического подхода можно рассматривать в качестве целостного образования при наличии устойчивых связей между его составляющими [Гудкова, 2010].

Анализируемые в данной статье физиологические признаки характеризуют отдельные метаболические свойства организма и принимают участие в разнообразных энергетических процессах.

Структурная и функциональная целостность организма определяет существование целесообразных взаимосвязей между превращениями белков, жиров и углеводов. Целесообразность взаимосвязей не означает, что они тесны, так как совершенно очевидно, что тесное сцепление показателей внутренней среды организма в случае нарушения одного из звеньев целостной системы может повлечь за собой необратимые изменения в жизнедеятельности всего организма. Поэтому ожидать высоких корреляций между уровнями физиологических показателей крови не следует. Но значение корреляций не зависит от их величины: «с исследовательской точки зрения малые корреляции, если только они реальны, очень немного уступают по своему значению корреляциям большого размера» [Малиновский, 1948. С. 155]. Сложный характер физиологических процессов, сложные взаимодействия физиологических реакций могут менять степень связи и ее направленность. Причин, от которых может зависеть разнообразие коэффициентов корреляции величин физиологических показателей крови, много. Наиболее часто связь признаков на организменном уровне определяется существованием общего предшественника у двух метаболических путей. Однако

почти все организменные процессы постоянно варьируются под влиянием массы факторов, поиск которых чрезвычайно затруднен сложностью онтогенетических взаимосвязей и проблемами генетического контроля [Мазер, Джинкс, 1985]. И тем не менее анализ корреляций величин физиологических показателей крови у взрослых (20–50 лет) выявил на популяционном уровне наличие устойчивых связей, которые имеют определенный физиологический смысл. К устойчивым связям относятся связь уровня холестерина с уровнями общего белка и β -глобулинов; корреляции уровней альбумина и гемоглобина, глюкозы и β -глобулинов, сильнее выраженные у женщин; и обнаруженная только в мужских выборках корреляция между уровнями глюкозы и α_2 -глобулинов. Все названные связи положительные [Гудкова, 1998; 2008].

В литературе мало данных относительно корреляций между уровнями физиологических показателей крови и все они получены при исследовании взрослых индивидов. Что касается изучения соответствующих связей у детей, то автору статьи известна только одна публикация [Горбань и др., 1999], где обсуждаются корреляции между уровнями общего холестерина, триглицеридов и липопротеидов у 33 детей в возрасте 5–15 лет (!). При анализе возрастной динамики физиологического статуса хакасских детей рассматриваются только статистически достоверные корреляции ($p < 0.05$). Заведомо ложные корреляции уровня общего белка с отдельными белковыми фракциями во внимание не принимаются. Уровень альбумина имеет отрицательное направление связи с уровнями глобулиновых фракций. Уровень каждой глобулиновой фракции положительно связан с соседней по принципу их электрофоретической подвижности. Видимо, определенную роль в этих корреляциях играют небольшие различия в электрофоретической подвижности молекул множества белков, которые содержат выделенные фракции

протеинов. Наличие этих корреляций во всех когортах дает право, несмотря на малую численность отдельных возрастных групп, анализировать полученные результаты. Устойчивые корреляции уровней холестерина и общего белка найдены у мальчиков 10–12 лет и у девочек 15 лет. Характерная для женщин связь уровня альбумина с гемоглобином обнаружена только у 13-летних девочек. Характерная для мужчин связь уровня глюкозы с α_2 -глобулинами найдена только у 12-летних мальчиков. Такая устойчивая физиологическая корреляция как связь уровней холестерина и β -глобулинов у девочек отсутствует, а у мальчиков меняет тесноту и направление в различные возрастные периоды (табл. 4). У детей также обнаружен целый ряд корреляций, невыявленных у взрослых. У мальчиков число достоверных корреляций существенно больше, чем у девочек, у которых в возрастных группах 10, 11, и 14 лет связей между уровнями физиологических показателей крови не найдено совсем.

Анализ возрастной динамики физиологического статуса детей, ее интерпретация сопряжены с большими трудностями. Интенсивность обмена веществ у детей значительно выше, чем у взрослых и с пубертатным периодом совпадают по времени существенные изменения физиологических функций, которые выражены гораздо резче у мальчиков, чем у девочек [Тэннер, 1979]. В разных возрастных выборках отдельные признаки могут находиться в противоположных крайних точках, в результате чего ожидаемое соответствие нарушается и меняется корреляционное отображение физиологической структуры. Таким образом, повышенные энергетические затраты, идущие у детей на построение новых тканей; отсутствие временной синхронности в возрастной изменчивости различных показателей, полифункциональность физиологических признаков – все это и многое другое чрезвычайно осложняет трактовку полученных результатов.

Таблица 4. Коэффициенты парной корреляции (r) уровней холестерина и β -глобулинов

Возраст (в годах)	10–11	12	13	14	15	16–17	18–22	20–50
r	.62	.26	-.35	.35	-.07	-.01	.64	.42

Условное обозначение. ██████████ $p < 0.01$

В отличие от изучения соизменчивости физиологических переменных анализом соизменчивости морфологических и физиологических признаков у детей занимались многие исследователи. Однако при анализе морфофизиологических корреляций какой-либо определенной тенденции выявлено не было. Значительное внимание в литературе уделяется также изучению распределения средних уровней холестерина, глюкозы и гемоглобина у детей различных конституциональных типов и с проявлениями патологии. Разбор публикаций с соответствующими ссылками содержится в указанной выше монографии.

У детей трудно ожидать стойкой и однонаправленной соизменчивости разносистемных признаков, так как в процессе онтогенеза их вариативность, зависящая от массы внутренних и внешних факторов, не может быть синхронной. Если в отдельных возрастных выборках можно уловить некоторую закономерность в проявлении морфофизиологических связей, то при объединении всех возрастных групп, как это делают многие исследователи, получаемые коэффициенты корреляции, как правило, не отражают биологически ожидаемую соизменчивость признаков (табл. 5). В таблицу включены наиболее информативные у детей физиологические признаки (см. их возрастную изменчивость). Из-за малой численности, но при условии сходной направленности связи, некоторые возрастные выборки объединены. Коэффициенты корреляции, полученные у девочек, не рассматриваются по причине их фрагментарности и сложной трактовки.

Уровень гемоглобина у хакасских мальчиков до 16-летнего возраста положительно связан со всеми морфологическими признаками. В 16 лет все комплексы связей разрушаются. Можно предположить, что «синтез эритроцитов и гемоглобинизация клеток не успевают за энергией роста в пубертатном периоде» [Леонова, Рапопорт, 1989. С. 44]. В возрастном интервале 18–22 года снова намечаются некоторые устойчивые морфофизиологические корреляции [Гудкова, 2003, 2008]: положительно направленная связь уровня гемоглобина с признаками мышечной и костной ткани. Ряд положительных связей уровня альбумина с морфологическими характеристиками у 14-летних мальчиков разрушаются в 15 лет. В этом же возрасте происходит изменение в направлении связи уровня холестерина с морфологическими признаками. Следует заметить, что у хакасских мальчиков и девочек в 15-летнем возрасте наблюдается самая высокая внутригрупповая изменчивость уровня холестерина [Гудкова, 2008]. По всей

видимости, усиленная утилизация стероида в период полового созревания более актуальна для организма, чем сохранение устойчивых морфофизиологических корреляций, определяемых липидным обменом (холестерин – вес тела; холестерин – признаки жировой ткани).

Заключение

Несмотря на небольшую для детского материала численность, получились интересные результаты. Их можно интерпретировать с позиции физиологического гомеостаза, стабильность которого во время онтогенеза неоднократно нарушается. Как справедливо пишут Ю.С. Куршакова с соавторами: «...видовая программа сохранения и развития системы в онтогенезе ... реализуется через периодические перестройки, во время которых происходит разрегулировка системы...» [Куршакова и др., 1994. С. 35]. Выделенные авторами критические периоды в онтогенезе (3, 6, 9, 12, 15 лет) до некоторой степени совпадают с периодами, когда у хакасских детей происходят наиболее существенные изменения, касающиеся физиологических признаков, например, возраст 15 лет. К указанным выше особенностям этого возраста можно прибавить еще одно наблюдение. Динамика средних уровней физиологических показателей крови, рассчитанных по биологическому возрасту у девочек (табл. 6), имеет в 15 лет выраженные подъемы, исключая показатели углеводного обмена (глюкоза и α_2 -глобулины). И, кроме того, средние величины коэффициентов вариации всех признаков оказываются наиболее высокими у 12- и 15-летних мальчиков (табл. 7). У хакасских мальчиков максимальные скорости прироста длиннотных размеров наблюдаются в 13–14 лет, а приросты веса тела в 15-16 лет [Перевозчиков и др., 1987]. Как известно, организм детей максимально уязвим во время наибольшей интенсивности роста, что может быть причиной увеличения изменчивости уровней физиологических показателей крови как за год (12 лет), так и в течение (15-16 лет) этих периодов. Повышенную изменчивость физиологических переменных у девочек в возрастном диапазоне 11-14 лет (табл. 7) интерпретировать сложнее. Однако максимальные скорости прироста длиннотных размеров и веса тела в 11-12 лет и средний возраст менархе – 14 лет 0 месяцев [Перевозчиков и др., 1987] могут объяснить возрастную динамику усредненных коэффициентов вариации. Более того, у хакасских девочек в 13-летнем возрасте, когда начинает фиксироваться менархе, наблюдается самая

Таблица 5. Коэффициенты парной корреляции физиологических и морфологических признаков у хакасских мальчиков

Признаки	Возраст (в годах)							
	10–11	12–13	14	15	16–17	18–22	10–17	20–50
Гемоглобин -								
-длина тела	.43	.19	.50	.61	-.11	-.29	.53	.01
-вес тела	.34	.31	.46	.53	-.14	-.02	.43	.22
-жир	.18	.28	.17	.37	-.09	-.33	.37	.30
-мышцы	.37	.28	.47	.59	-.14	.18	.54	.31
-кости	.17	.23	.64	.37	-.01	.21	.50	.20
Альбумин -								
-длина тела	.01	.19	.31	.15	-.25	-.22	.29	.20
-вес тела	-.01	.23	.33	-.19	.04	-.07	.31	.36
-жир	-.07	.17	.27	-.40	.39	-.24	.26	.21
-мышцы	.01	.21	.32	-.12	-.07	.14	.30	.33
-кости	.03	.11	.14	.07	.19	.03	.27	.07
Холестерин -								
-длина тела	.49	.09	-.05	-.12	-.30	-.35	-.20	-.15
-вес тела	.43	.13	.13	-.46	-.09	.00	-.18	.33
-жир	.34	.17	.37	-.30	-.23	.44	.01	.46
-мышцы	.43	.11	.08	-.46	-.17	-.34	-.20	.12
-кости	.29	.05	-.13	-.55	.19	-.35	-.18	-.10

Условные обозначения.

	p<0.01		p<0.05		p<0.1
--	--------	--	--------	--	-------

Таблица 6. Средние уровни физиологических показателей крови, рассчитанные по биологическому возрасту

Признаки	Возраст (в годах)							
	9	10	11	12	13	14	15	16–17
Гемоглобин, г/л	129.1	126.1	124.7	123.5	128.3	128.5	133.6	131.1
Общий белок, г/л	73.4	77.4	78.4	77.9	80.1	78.0	83.8	81.9
Альбумин, г/л	42.0	44.1	45.0	44.9	45.5	43.5	48.2	46.0
Глобулины, г/л:								
α_1 -	3.3	3.3	3.6	3.8	3.3	3.3	3.4	3.0
α_2 -	5.9	6.3	6.0	6.8	6.7	6.6	6.3	6.6
β -	10.1	10.5	9.5	10.4	10.7	11.2	11.6	11.5
γ -	12.1	13.1	14.1	12.8	13.6	13.5	14.8	15.3
Холестерин, ммоль/л	4.14	4.30	4.04	4.27	4.07	3.99	4.30	4.30
Глюкоза, ммоль/л	4.19	4.18	4.02	3.91	4.38	4.51	4.23	4.30

Таблица 7. Усредненные коэффициенты вариации (%)

Возраст (в годах)	10	11	12	13	14	15	16	17
Мальчики	14.8	15.5	16.4	15.0	14.5	15.6	15.2	14.6
Девочки	13.0	16.6	16.3	17.1	16.5	15.2	15.4	15.5

высокая усредненная изменчивость уровней физиологических показателей крови (табл. 7) и самая высокая вариабельность уровня гемоглобина [Гудкова, 2008].

Итак, благодаря холистическому подходу была получена новая информация относительно возрастной изменчивости физиологических признаков у детей, чему, безусловно, способствовал комплексный характер наших исследований. Установлено, что в определенные возрастные периоды у детей и подростков происходят характерные изменения физиологического статуса, связанные с процессами роста и развития, влияющими на физиологический гомеостаз. Существенные изменения уровней физиологических показателей крови, более заметные у мальчиков, чем у девочек, совпадают по времени с пубертатным периодом. Активизация внутренних физиологических процессов на общем фоне возрастных изменений происходит в первую очередь. Разная чувствительность физиологических и морфологических систем к действию разнообразных факторов является причиной несовпадения темпов изменчивости разнотипных признаков. Изучение возрастной динамики физиологического статуса и анализ взаимосвязи метаболических показателей с морфологическими способствуют более целостному представлению о процессах онтогенеза у детей.

Благодарности

Автор выражает самую искреннюю благодарность участникам зимней экспедиции в Хакасию: И.В. Перевозчикову, Е.И. Балахоновой и А.В. Суховой. Как уже упоминалось в статье, И.В. Перевозчиков и Е.И. Балахонова выполняли программу по измерению тела и определению вторичных половых признаков. Без их работы данное исследование не могло состояться.

Библиография

Вейсс Ч. Физиология крови // Физиология человека. Ред. Р. Шмидт и Г. Тевс. М., 1986.
Гудкова Л.К. Физиологический гомеостаз популяций человека (к проблеме адаптации и экологии) // Вопр. антропол., 1998. Вып. 89. С. 3–16.
Гудкова Л.К. Морфофизиологические корреляции // Вопр. антропол., 2003. Вып. 91. С. 3–21.
Гудкова Л.К. Популяционная физиология человека. М., 2008.

Гудкова Л.К. Проблема целостности в физиологической антропологии // Вестн. Моск. ун-та. Серия XXIII. Антропология, 2010. № 3. С. 16–24.
Кендалл М., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. М., 1976.
Клекка У. Дискриминантный анализ // Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М., 1989. С. 78–138.
Куршакова Ю.С., Дунаевская Т.Н., Смирнова Н.С., Шугаева Г.Ш. Исследование роли соматической нормы детей от 3-х до 17 лет с целью выявления периодов онтогенеза с повышенной чувствительностью к воздействию среды // Биол. экол. биотехнол. и почвовед. МГУ, 1994. С. 32–41.
Леонова В.Г., Рапопорт Ж.Ж. Количественные показатели крови у детей. Новосибирск, 1989.
Мазер К., Джинкс Дж. Биометрическая генетика. М., 1985.
Макаров В.А., Тараканов О.П. Системные механизмы регуляции содержания глюкозы в крови. М., 1994.
Мак-Мюррей У. Обмен веществ у человека. М., 1980.
Малиновский А.А. Элементарные корреляции и изменчивость человеческого организма // Труды Ин-та цитол., гистол. и эмбриол., 1948. Т. 2. Вып. 1. С. 136–198.
Миклашевская Н.Н., Соловьева В.С., Година Е.З. Ростовые процессы у детей и подростков. М., 1988.
Перевозчиков И.В., Гудкова Л.К., Балахонова Е.И., Сухова А.В. Морфофизиологическая характеристика хакасских детей от 7 до 17 лет // Вопр. антропол., 1987. Вып. 79. С. 48–66.
Рябов С.И., Таланова И.В. Особенности кроветворения у здоровых людей различного пола // Пробл. гематол. и перелив. крови, 1963 Т. 8. № 7.
Строев Ю.И., Недосекин В.И., Садов С.А. Холестерин крови при различной внутренней патологии у подростков // Профилактика и лечение сердечно-сосудистых заболеваний. Спб., 1997.
Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции. М., 1968.
Тэннер Дж. Рост и конституция человека // Биология человека. М., 1979. С. 366–470.
Функциональная диагностика в детском возрасте. София, 1979.
Jarob B., Bachrecke M., Trubsbach A., Seiler E. Effects of sexual maturation on serum lipoproteins // Endokrinologie, 1981. Vol. 78. N 1. P. 28–34.
Mikusek J. Niektore wartosci hematologiczne a stopien dojzralosci plciowej dzieci i mlodziezy // Ped. Pol., 1973. Vol. 48. N 4.
Parra A., Argote R., Garcia G. et al. Changes in haemoglobin and haematocrit values in children aged 6 to 13 1/2 years in Mexico City // Ann. Hum. Biol., 1976. Vol. 3. N 6. P. 543–548.

Контактная информация:

Гудкова Людмила Константиновна. E-mail: lkgoodkova@bk.ru.

HOLISTIC APPROACH TO THE STUDY OF ONTOGENETIC PROCESSES OF CHILDREN 10-17 YEARS (ANTHROPOLOGICAL ASPECTS)

L.K. Goodkova

Institute and Museum of Anthropology, MSU, Moscow

Introduction. The purpose of this article is to analyze the variability of the physiological status of children against the general background of the age changes associated with the processes of growth, development and puberty, as well as an analysis of age dynamics intrasystem (physiological) and intersystem (morphophysiological) correlations.

Materials and methods. In Khakassia by a complex program were surveyed schoolchildren (190 boys and 188 girls). The levels of physiological blood characters – hemoglobin, serum proteins (total protein, albumin, α_1 -, α_2 -, β -, γ - globulins), total cholesterol and glucose – were determined by standard spectrophotometer methods.

Results and discussion. It is established, that characteristic changes of physiological status of children and teenagers occur in certain age periods, which are connected with processes of growth and development and which influence physiological homeostasis. The activation of internal physiological processes is the first in the general age changes. Substantial changes in the levels of physiological blood characters are more marked in boys and coincide with the time of puberty. Following the age dynamics of physiological status as a holistic structure it is difficult at this stage of investigation: different directions variability of characters that make up the physiological system, combined with small number of age samples do not allow to draw definite conclusions. Different sensitivity of physiological and morphological systems to an effect of various factors is the cause of the failure to coincide between the rates of variability of traits of different systems. However, in some age groups one can catch some regularity in morphophysiological relationships.

Conclusion. The results, which we obtained investigating the variability of physiological status, may be explained from the point of view of physiological homeostasis, the stability of which during ontogenesis has been repeatedly violated. The study of age dynamics of physiological status and analysis of interconnections of metabolic characters with morphological helps a holistic insight about ontogenetic processes in children.

Keywords: Lomonosov' MSU, anthropology, physiology, morphology, ontogenesis, holistic approach, variability, correlation