

УДК 616-053.2-071.3

ПЕРИОДИЗАЦИЯ ДЕТСКОГО ВОЗРАСТА НА ОСНОВАНИИ
АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙС.А. ЛЯЛИКОВ¹, В.И. ЛЯЛИКОВА²¹ – УО «Гродненский государственный медицинский университет»² – УО «Гродненский государственный университет имени Я. Купаль»

С целью определения объективных критериев разделения детей на возрастные группы были проанализированы антропометрические показатели 13164 жителей (98,4% в возрасте до 18 лет) 137 различных населенных пунктов Республики Беларусь, имеющих среднее гармоничное физическое развитие. С помощью алгоритма, базирующегося на факторном, кластерном и дисперсионном анализе обследованные были распределены в статистически значимо различающиеся кластера. На основании установленных в кластерах возрастных границ «детство» было поделено на 6 периодов: 1-й – возраст менее 2 лет, 2-й – с 2 до 5 лет, 3-й – с 5 до 9 лет, 4-й – с 9 до 11,5 лет у девочек и до 12 лет у мальчиков, 5-й – с 11,5 лет у девочек и с 12 лет у мальчиков до 14 лет и 6-й – с 14 до 18 лет. Данная периодизация хорошо согласуется с циклами роста линейных и объемных антропометрических показателей и динамикой полового созревания детей.

Ключевые слова: периоды детского возраста, антропометрия, половое развитие.

To define objective criteria for division of children into age groups, anthropometrical indicators of 13164 inhabitants (98,4% aged till 18 years) from 137 various settlements of the Republic of Belarus having average harmonious physical development have been analyzed. By means of the algorithm, which is based on ANOVA, factor and cluster analysis the children have been distributed in statistically significant different clusters. On the basis of the age borders established by these way, childhood has been divided into 6 periods: 1st – age less than 2 years, 2nd – from 2 till 5 years, 3rd – from 5 till 9 years, 4th – from 9 till 11,5 years in girls and till 12 years in boys, 5th – from 11,5 years in girls and from 12 years in boys till 14 years and 6th – from 14 till 18 years. The given periodization is correlates in growth cycles of linear and volume anthropometrical indicators and dynamics of puberty in children.

Key words: periods of childhood, anthropometry, sexual development.

Рост является уникальной особенностью детского организма. Его интенсивность детерминирована генетически, а непосредственно регулирует скорость ростовых процессов эндокринная система. На скорость увеличения длины и массы тела ребенка могут оказывать влияние множество самых разнообразных факторов, способных изменять гормональную регуляцию и/или нарушать всасывание или метаболизм веществ, необходимых для роста, поэтому темп увеличения размеров тела – это интегральный показатель здоровья, отражающий силу и длительность влияния всех без исключения росторегулирующих факторов.

Известно, что увеличение размеров тела ребенка происходит не равномерно, а скачкообразно, более того, в конкретные возрастные периоды темпы роста в длину превышают, или, наоборот, отстают от скорости нарастания массы. В результате соматометрические показатели и их соотношения схожи у большинства представителей одной возрастной группы, но существенно разнятся у детей из разных групп. Общность основных морфофункциональных параметров является основой возрастной периодизации. Циклический, ступенчатый характер роста со сменой фаз его ускорения и замедления демонстрирует классификация периодов

детства, предложенная еще в 1903 г. Штратцем. В ней выделяются период первой «полноты» или первого «округления» (1-4 года), характеризующийся преимущественными прибавками массы тела над длиной тела. Период первого «вытягивания» (5-7 лет), когда преобладает увеличение длины тела по сравнению с его массой. Период второй «полноты» или второго «округления» (8-10 лет), период второго «вытягивания» (11-15 лет) и период очень замедленного роста (с 15 до 18-20 лет).

В настоящее время в странах СНГ наиболее часто используется схема периодизации детского возраста, практически точно повторяющая классификацию периодов детства, разработанную Н. П. Гундобиным в 1906 году. Согласно этой схеме, на внеутробном этапе выделяют период новорожденности (от рождения до 28 дней), грудной возраст (с 29-го дня по 12-й месяц), период раннего детства (1-3 года), 1-й период детства или дошкольный возраст (от 3 до 7 лет), 2-й период детства или младший школьный возраст (девочки 7-11 лет, мальчики 7-12 лет) и старший школьный возраст (девочки с 12 лет, мальчики с 13 лет) [7].

В соответствии с Международной конвенцией защиты прав ребенка, к детям относят человеческие индивидуумы в возрасте от рождения и до 18

лет. Это положение в настоящее время принято и в Беларуси. Возраст от 10 до 20 лет, согласно решению Комитета экспертов ВОЗ (1977 г.), называется подростковым периодом.

Выделение возрастных периодов в педиатрической практике необходимо для выработки дифференцированного подхода к ребенку. Вопросы организации ухода, питания, воспитания, специфической и неспецифической профилактики заболеваний следует решать, исходя из анатомо-физиологических особенностей, характерных для каждого конкретного возрастного периода [8].

Однако следует отметить, что возрастные точки разделения периодов детства были установлены экспертным методом, поэтому такая периодизация не может не страдать общим недостатком классификаций, построенных на базе экспертных оценок – субъективностью. Мы не нашли работ, посвященных математическому обоснованию периодизации детского возраста или методик построения такого рода классификаций, однако в немедицинской литературе описан алгоритм ранжирования объектов на основании анализа множества признаков этих объектов, базирующийся на методах прикладной статистики (факторном, кластерном и дисперсионном анализе) [4, 5, 6, 9, 10, 11, 12].

Целью данной работы является определение объективных критериев разделения детей на возрастные группы с помощью методов прикладной статистики.

Объекты и методы исследования

В работе использованы данные, полученные при обследовании 25190 жителей (52,2% женского, 47,8% мужского пола) в возрасте от 1 месяца до 44 лет (98,1% в возрасте до 18 лет) из 140 различных населенных пунктов Республики Беларусь.

У обследованных по общепринятым методикам [2] определяли длину тела, руки и ноги, массу тела, объемы грудной клетки, плеча, бедра и голени, диаметр нижних эпифизов предплечья, продольный и поперечный диаметры головы, толщину кожно-жировых складок на предплечье, под лопаткой и на животе. Вычисляли индекс Кетле-2 или, иначе, индекс массы тела (ИМТ) – отношение массы тела (в килограммах) к квадрату длины тела (в метрах), относительную длину ноги – отношение длины ноги к длине тела, выраженное в процентах, а также головной указатель – отношение ширины головы к ее длине в процентах. Стандартным способом с помощью центильных таблиц у всех обследованных оценивали физическое развитие [3]. Половое развитие оценивали по методу Таннера на основании выраженности вторичных половых при-

знаков. У девочек принималось во внимание развитие молочных желез, степень оволосения в подмышечной впадине и на лобке, наличие или отсутствие менархе, у мальчиков – степень оволосения в подмышечной впадине, на лобке и лице, размеры щитовидного хряща и тембр голоса.

Для установления возрастных групп на основе антропометрических показателей из общего числа обследованных были отобраны 6732 представительницы женского пола (в возрасте от 3 месяцев до 29 лет) и 6432 лица мужского пола (в возрасте от 2 месяцев до 32 лет). Критерием отбора было наличие среднего гармоничного физического развития.

Алгоритм построения классификации включал в себя следующие этапы:

1. *Преобразование исходных показателей с помощью метода главных компонент.* Суть факторного анализа, основанного на методе главных компонент, состоит в том, что делается линейное преобразование исходных переменных, причем, новые переменные между собой некоррелированы и упорядочены по убыванию дисперсий, кроме этого, сумма дисперсий исходных переменных равна сумме дисперсий новых переменных. В случае сильной зависимости исходных переменных между собой построенный первый главный фактор сохраняет почти всю суммарную дисперсию исходных показателей, то есть позволяет практически без потери информации заменить несколько переменных одним интегральным показателем. Первый главный фактор может использоваться как интегральный показатель, если процент сохраняемой им дисперсии более, чем 55% [10, 11]. В данном случае первый главный фактор сохраняет 98,5% дисперсии анализируемых показателей.

2. *Вращение главных факторов для получения «простой структуры».* Целью вращения главных факторов является более четкое (контрастное) разделение исходных переменных по главным факторам. Использовано преобразование главных факторов методом «квартимакс».

3. *Разбиение объектов исследования на группы однородные по значениям интегрального показателя.* Выполняется с целью выявления случайных и достоверных различий между объектами. Разбиение объектов исследования возможно на любое число групп, но при этом необходимо контролировать достоверность различий интегрального показателя в построенных кластерах. Разделение детей на группы осуществлялось с помощью метода *k*-средних кластерного анализа. Число кластеров было выбрано из следующих соображений. Оно должно быть по возможности большим, и при этом средние значения интегрального показателя долж-

ны достоверно различаться между всеми кластерами.

4. *Контроль различия средних значений интегрального показателя и основных антропометрических параметров в построенных кластерах с помощью дисперсионного анализа.* Достоверность различия средних значений в созданных группах устанавливалась с помощью критерия Шеффе [1]. Если различия средних значений интегрального показателя или анализируемых антропометрических параметров в каких-либо двух или более группах оказывались недостоверными, то число кластеров сокращалось.

5. *Нахождение точек разделения.* Критерии разбиения обследованной популяции на возрастные группы определялись на непрерывных шкалах рассматриваемых показателей центильным методом.

Все указанные выше вычисления осуществлялись с помощью пакета прикладных статистических программ Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение

Расчет возрастных групп среди лиц женского и мужского пола проводился раздельно. Установлено, что независимо от пола 5 – это максимальное количество кластеров, при котором средние значения возраста, роста, массы тела и ИМТ рассчитанные для детей, вошедших в каждый кластер, при попарном сравнении с аналогичными показателями всех других кластеров существенно различаются. При таком количестве групп определялась высокая достоверность при сравнении методом Шеффе всех пар по всем анализируемым признакам (во всех случаях $p < 0,001$). При большем, чем 5, количестве кластеров различия между признаками в отдельных парах групп становились недостоверными.

Большая часть представительниц первого кластера была в возрасте от 2 до 5 лет (таблица 1) имела массу от 12 до

19 кг (таблица 2), длину тела от 83 до 111 см (таблица 3) и ИМТ от 14,3 до 18,0 кг/м² (таблица 4).

Во второй кластер преимущественно вошли девочки 5-9 лет с массой тела 19-27 кг, ростом 112-131 см и ИМТ от 13,8 до 16,8 кг/м². Третий кластер состоял из девочек в возрасте от 9 до 11 лет 6 месяцев с массой от 27 до 38 кг, длиной тела от 132 до 148 см и ИМТ от 14,4 до 18,4 кг/м². Девочки из четвертого кластера имели возраст 11,5-14 лет, массу тела 38-49 кг, рост 149-159 см и ИМТ 16,0-20,9 кг/м². Пятый кластер был образован из девушек 14-18 лет с весом 49-62 кг, длиной тела 160-170 см и ИМТ 18,0-23,5 кг/м².

В результате ранжирования лиц мужского пола было установлено, что первый кластер состоит из детей в возрасте от 2 до 5 лет (таблица 5), имеющих массу от 12 до 20 кг (таблица 6), длину тела от 83 до 112 см (таблица 7) и ИМТ от 14,6 до 18,2 кг/м² (таблица 8). Во второй кластер преимущественно вошли мальчики 5-9 лет с массой тела 20-29 кг, ростом 113-133 см и ИМТ от 14,3 до 17,4 кг/м². Третий кластер состоял из детей мужского пола в возрасте от 9 до 12 лет с массой от 29 до 39 кг, длиной тела от 134 до 150 см и ИМТ от 14,9 до 18,9 кг/м². Мальчики из четвертого кластера были

Таблица 1 – Статистические характеристики возраста (в годах) представительниц различных кластеров

№ кластера	n	M	σ	Центили						
				5	10	25	50	75	95	
1	828	3,66	1,12	1,75	2,08	2,92	3,67	4,54	5,08	5,42
2	1371	7,22	1,07	5,50	5,83	6,33	7,17	8,00	8,67	8,97
3	1278	10,23	0,97	8,58	8,92	9,58	10,25	11,00	11,50	11,75
4	1544	12,81	0,97	11,25	11,58	12,17	12,83	13,50	14,08	14,42
5	1711	16,25	5,14	13,17	13,58	14,17	15,00	16,08	17,25	26,58

Таблица 2 – Статистические характеристики массы тела (кг) представительниц различных кластеров

№ кластера	n	M	σ	Центили						
				2,5	5	25	50	75	95	97,5
1	828	15,78	2,17	11,00	11,80	14,50	16,00	17,50	19,00	19,40
2	1371	23,08	2,44	19,00	19,50	21,00	23,00	25,00	27,00	27,50
3	1278	32,36	3,13	27,00	27,50	30,00	32,00	35,00	37,50	38,00
4	1544	43,89	3,46	37,50	38,00	41,00	44,00	46,50	49,50	50,00
5	1711	54,77	4,14	48,00	49,00	51,80	54,00	57,50	62,00	63,50

Таблица 3 – Статистические характеристики длины тела (см) представительниц различных кластеров

№ кластера	n	M	σ	Центили						
				2,5	5	25	50	75	95	97,5
1	828	99,20	8,55	78,00	83,00	94,00	100,00	106,00	111,00	111,00
2	1371	122,71	5,80	112,00	113,00	118,00	123,00	127,00	131,00	132,00
3	1278	140,70	5,11	132,00	132,00	136,00	141,00	145,00	149,00	150,00
4	1544	155,03	3,91	147,00	148,00	152,00	155,00	158,00	161,00	162,00
5	1711	163,36	3,44	157,00	158,00	161,00	163,00	166,00	170,00	170,00

Таблица 4 – Статистические характеристики ИМТ (кг/м²) представительниц различных кластеров

№ кластера	n	M	σ	Центили						
				2,5	5	25	50	75	95	97,5
1	828	16,03	0,97	14,30	14,48	15,38	16,00	16,66	17,66	18,08
2	1371	15,30	0,78	13,88	14,00	14,72	15,28	15,86	16,60	16,80
3	1278	16,33	1,07	14,38	14,70	15,53	16,31	17,11	18,11	18,38
4	1544	18,26	1,25	16,01	16,23	17,34	18,19	19,08	20,49	20,87
5	1711	20,52	1,40	17,95	18,25	19,53	20,45	21,53	22,84	23,43

Таблица 5 – Статистические характеристики возраста (в годах) представителей мужского пола из различных кластеров

Кластер	n	M	σ	Центили						
				5	10	25	50	75	90	95
1	869	3,59	1,08	1,67	2,00	2,83	3,67	4,42	4,92	5,25
2	1671	7,34	1,19	5,42	5,75	6,42	7,25	8,17	9,00	9,33
3	1598	10,75	1,09	8,83	9,25	10,00	10,75	11,58	12,25	12,50
4	1281	13,21	0,88	11,67	12,08	12,58	13,17	13,83	14,33	14,67
5	1013	16,34	5,46	13,83	14,17	14,67	15,33	16,17	16,83	18,42

Таблица 6 – Статистические характеристики массы тела (кг) представителей мужского пола из различных кластеров

№ кластера	n	M	σ	Центили						
				2,5	5	25	50	75	95	97,5
1	869	16,22	2,42	11,00	12,00	14,50	16,50	18,00	20,00	20,00
2	1671	24,38	2,52	20,00	20,30	22,50	24,40	26,20	28,50	29,00
3	1598	33,84	3,28	28,20	29,00	31,00	34,00	36,50	39,00	40,00
4	1281	45,21	3,78	38,60	39,50	42,00	45,00	48,00	51,40	52,10
5	1013	59,43	5,11	51,60	52,20	55,00	58,80	63,00	68,70	70,00

Таблица 7 – Статистические характеристики длины тела (см) представителей мужского пола из различных кластеров

№ кластера	n	M	σ	Центили						
				2,5	5	25	50	75	95	97,5
1	869	99,80	8,56	80,00	83,00	94,00	101,00	106,00	111,00	112,00
2	1671	124,27	5,75	113,00	114,00	120,00	125,00	129,00	133,00	134,00
3	1598	142,01	5,01	133,00	134,00	138,00	142,00	146,00	150,00	151,00
4	1281	157,39	5,02	149,00	150,00	153,50	157,00	161,00	166,00	167,00
5	1013	171,63	4,69	163,00	164,00	168,00	171,00	175,00	180,00	181,00

Таблица 8 – Статистические характеристики ИМТ (кг/м²) представителей мужского пола из различных кластеров

№ кластера	n	M	σ	Центили						
				2,5	5	25	50	75	95	97,5
1	869	16,24	0,91	14,61	14,85	15,61	16,17	16,82	17,72	18,18
2	1671	15,75	0,80	14,31	14,47	15,15	15,75	16,34	17,09	17,36
3	1598	16,75	1,04	14,87	15,13	16,01	16,69	17,41	18,53	18,88
4	1281	18,24	1,19	16,06	16,40	17,42	18,18	19,04	20,29	20,70
5	1013	20,16	1,37	17,64	18,09	19,16	20,12	21,02	22,60	23,34

в возрасте 12-14 лет и имели массу тела 39-52 кг, рост 151-164 см и ИМТ 16,0-20,7 кг/м². Пятый кластер был образован из юношей 14-18 лет с весом 52-69 кг, длиной тела 165-180 см и ИМТ 18,0-23,5 кг/м².

Нетрудно заметить, что возрастные границы кластеров у девочек и мальчиков практически не различаются, за исключением границы между 3 и 4 кластерами, которая у девочек на полгода ниже.

При использовании установленных возрастных границ можно всю возрастную шкалу разделить на 6 периодов. Анализ распределения изученных антропометрических признаков в зависимости от периода показал, что:

1-й период (возраст менее 2-х лет) характеризуется быстрым увеличением длины тела, однако процесс увеличения массы опережает темпы роста ребенка в длину, что проявляется возрастанием ИМТ.

Во 2-й период (возраст с 2-х до 5-ти лет) отмечается самый медленный прирост массы тела у детей, заканчивается период «округления» и начинается процесс вытягивания, в связи с чем происхо-

дит снижение ИМТ, к концу этого периода заканчивается этап быстрого увеличения размеров головы.

В 3-й период (возраст с 5-ти до 9-ти лет) продолжается рост в длину, причем, он происходит в большей степени за счет увеличения длины нижних конечностей и в меньшей – из-за увеличения линейных размеров туловища, в этот период определяется самый низкий показатель ИМТ, наименьшая толщина жировых складок на туловище.

4-й период (возраст с 9-ти до 11,5-12-ти лет) можно назвать ранним пубертатным периодом. В указанном возрастном интервале у детей на фоне быстрого увеличения длины тела, преимущественно за счет удлинения нижних конечностей, начинается второй

период округления, возрастает ИМТ, периметр грудной клетки, охватные размеры плеча голени и бедра. У большинства девочек появляются вторичные половые признаки, в первую очередь, увеличиваются молочные железы и начинается рост волос на лобке, отмечаются единичные случаи менархе. Первые стадии оволосения лобка регистрируются у 1-2% мальчиков.

В 5-й период (возраст с 11,5-12-ти до 14-ти лет) рост в длину происходит за счет пропорционального увеличения линейных размеров туловища и нижних конечностей, продолжается возрастание ИМТ, периметра грудной клетки, охватных размеров плеча голени и бедра, достигают пика темпы нарастания жировоголожения на туловище. За этот период доля девочек, имевших менархе, увеличивается с 7% до 90%. Среди мальчиков не остается ни одного с отсутствием вторичных половых признаков, однако только 2-7% из них имеют высшие баллы по шкале Таннера.

Для 6-го периода (возраст с 14-ти до 18-ти лет) характерно существенное снижение темпов роста всех анализируемых показателей, но в большей

степени линейных размеров, что вызывает рост ИМТ, дефинитивных значений достигают размеры головы, практически у всех детей к концу этого периода выраженность вторичных половых признаков свидетельствует о завершении процесса полового созревания.

Таким образом, периодизация детского возраста, построенная с помощью математического анализа показателей массы тела, длины и ИМТ, хорошо «увязана» с циклическим характером физического развития и динамикой полового созревания детей Белорусской популяции в современный период времени.

Заключение

♦ С помощью алгоритма, базирующегося на факторном, кластерном и дисперсионном анализе 13164 жителя Беларуси в возрасте от 2 месяцев до 32 были распределены в группы (кластера), статистически значимо различающиеся по основным морфометрическим показателям. На основании границ, установленных в возрастных кластерах, «детство» было поделено на 6 периодов: 1-й – возраст менее 2-х лет, 2-й – с 2-х до 5-ти лет, 3-й – с 5-ти до 9-ти лет, 4-й – с 9-ти до 11,5 лет у девочек и 12-ти лет у мальчиков, 5-й – с 11,5 лет у девочек и 12-ти лет у мальчиков до 14-ти лет и 6-й – с 14-ти до 18-ти лет. Данная периодизация хорошо согласуется с циклами роста линейных и объемных антропометрических показателей и динамикой полового созревания детей.

♦ Пубертатный период у мальчиков и девочек начинается с 9 лет и манифестируется характерными соматометрическими изменениями: на фоне быстрого увеличения длины тела преимущественно за счет удлинения нижних конечностей возрастают ИМТ, периметр грудной клетки, охватные раз-

меры плеча голени и бедра, стабилизируется головной указатель. Отсутствие половых различий в характере указанных изменений, по-видимому, свидетельствует о схожести процессов возрастной перестройки эндокринной регуляции у мальчиков и девочек этого периода детства.

Литература

1. Афифи, А. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ / А. Афифи, С. Эйзен. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
2. Бунак, В.В. Антропометрия / В.В. Бунак. – М.: Учпедгиз, 1941. – 368 с.
3. Ляликов, С.А. Таблицы оценки физического развития детей Беларуси: Методические рекомендации для врачей / С.А. Ляликов, С.Д. Орехов. – Гродно, 2000. – 67 с.
4. Ляликова, В.И. Сравнительный анализ состояния и динамики малого бизнеса в районах Гродненской области / В.И. Ляликова, Ли Чон Ку // Экономика и управление. – 2006. – № 3. – С. 128-134.
5. Ляликова, В.И. Построение интегрального показателя качества жизни населения в регионах РБ / В.И. Ляликова, А.В. Зенькова // Математическое моделирование и дифференциальные уравнения: Тезисы докладов первой международной конференции. Институт математики НАН Беларуси. – Минск, 2007. – С. 36-37.
6. Ляликова, В.И. Взаимосвязь между высшим образованием и качеством жизни населения Республики Беларусь / В.И. Ляликова, А.В. Зенькова // Современный университетский комплекс и регион. Материалы международной научно-практической конференции. – Гродно, 2007. – С. 166-173.
7. Педиатрия: Учебник для медицинских вузов / Под ред. Н.П. Шабалова. – СПб.: СпецЛит, 2003. – 893 с.
8. Усов, И. Н. Здоровый ребенок: Справочник педиатра / И.Н. Усов. – Минск: «Беларусь», 1984. – 207 с.
9. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Под ред. И. С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
10. Aivazian, S.A. A une methodologie de mesurage des categories synthetiques de la qualite de vie la population / S.A. Aivazian // Economie et Methodes Mathematiques. – 2003. – V. 39. – № 2. – P. 33-53.
11. Aivazian, S.A. L'analys empirique des categories synthetiques de la qualite de vie de la population / S.A. Aivazian // Economie et Methodes Mathematiques. – 2003. – V. 39. – № 2. – P. 18-32.
12. Lialikova, V.I. A Rating Algorithm in University Management / V.I. Lialikova // Computer data analysis and modeling. Complex stochastic data and systems. – Minsk. – 2007. – V2. – С. 108-111.

Поступила 08.09.08