

УДК 616-008.9:616-056

DOI: 10.33396/1728-0869-2021-2-20-27

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ТЕЛА И ПАРАМЕТРЫ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ У ДЕВУШЕК С РАЗЛИЧНЫМИ ЭВОЛЮТИВНЫМИ КОНСТИТУЦИОНАЛЬНЫМИ ТИПАМИ

© 2021 г. ¹О. В. Филатова, ¹И. П. Третьякова, ²А. О. Ковригин¹ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул;²ФГБУН «Институт водных и экологических проблем» Сибирского отделения РАН, г. Барнаул

Введение. Под влиянием негативных факторов среды формируются дисэволютивный и патологический типы эволютивной конституции человека. Изучены адаптационные возможности, конституциональные особенности, физическая подготовленность у лиц с разными эволютивными типами конституции. Вместе с тем недостаточно изученным остается компонентный состав тела у представителей различных эволютивных типов конституции.

Цель: изучение особенностей компонентного состава тела и параметров обмена веществ у девушек с различными эволютивными типами конституции.

Методы. Проведено одномоментное поперечное исследование, в которое вошли 155 девушек-студенток в возрасте 17–20 лет, проживающих в г. Барнауле. Использован стандартный антропометрический инструментарий – ростомер. Для характеристики пропорций тела рассчитывался трохантерный индекс (ТИ), характеризующий тип возрастной эволюции человека (патологический, дисэволютивный, гипозэволютивный, нормозэволютивный, гиперэволютивный). Компонентный состав тела оценивался при помощи аппарата для биоимпедансометрии АВС-01 «Медасс». Для сравнения различий в количественных признаках между группами использовали непарный критерий Стьюдента и критерий Манна – Уитни в зависимости от распределения. Категориальные признаки анализировали с помощью критерия хи-квадрат Пирсона.

Результаты. У представительниц нормозэволютивного типа наблюдается минимальная жировая масса тела (ЖМТ) в абсолютных ($15,6 \pm 4,38$) кг и относительных ($26,9 \pm 6,73$) % единицах. Выявлена группа девушек, склонных к повышенному жиросложению – это представительницы дисэволютивного типа со значениями ТИ $2,03 \div 2,08$ (количество ЖМТ составило $24,3 \pm 12,40$) кг и ($34,5 \pm 18,0$) %. Нормированный основной обмен выше у девушек нормозэволютивного соматотипа (ТИ $1,95 \div 2,0$) – ($34,0 \pm 1,98$) ккал/кг, $p = 0,002$, по сравнению с представительницами дисэволютивного типа (ТИ $1,86 \div 1,91$) – ($33,3 \pm 2,68$) ккал/кг.

Заключение. Выявленные в работе антропометрические и анатомические особенности у девушек, постоянно проживающих в г. Барнауле – на территории с высоким уровнем аэротехногенного воздействия, могут быть результатом длительного действия поллютантов, обладающих эндокринразрушающим действием и загрязняющих окружающую среду города.

Ключевые слова: антропометрия, трохантерный индекс, биоимпедансометрия, жировая масса тела, основной обмен, удельный основной обмен, промышленный город

BODY COMPOSITION AND METABOLIC PARAMETERS IN GIRLS WITH DIFFERENT SOMATOTYPES

¹O. V. Filatova, ¹I. P. Tretyakova, ²A. O. Kovrigin¹Altai State University, Barnaul; ²Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia

Introduction: Environmental factors are known to influence human somatotypes in the process of evolution. There is a large body of literature on the adaptive capabilities, physical fitness and other aspects human physiology related to different body types. However, the evidence on the component composition of the body across somatotypes is still insufficient.

The aim: To study body composition and metabolic parameters in young females with different somatotypes.

Methods: Altogether, 155 female students aged 17–20 years living in an industrial city of Barnaul participated in a cross-sectional study. Body height was measured using a stadiometer. Body types were defined using trochanter index (TI) and classified as pathological ($TI < 1.85$), dysevolutionary (TI from 1.86 to 1.91), hypoevolutionary (TI from 1.92 to 1.94), normoevolutionary (TI from 1.95 to 2.0) and hyperevolutionary ($TI > 2.0$). Body composition was assessed using the AVS-01 "Medass" bioimpedance meter. Numeric variables were compared using unpaired t-tests and Mann-Whitney tests where appropriate. Categorical data were analyzed using Pearson's chi-squared tests.

Results: The lowest fat mass ($15,6 \pm 4,38$ kg or $26,9 \pm 6,73$ %) was observed in women of the normoevolutionary type while increased fat deposition was observed among women with a disevolutive type ($24,3 \pm 12,40$ kg or $34,5 \pm 18,0$ %). Normalized basal metabolism was higher in girls of the normoevolutive type compared with women with the dysevolutive type ($34,0 \pm 1,98$ kcal/kg, vs. $33,3 \pm 2,68$ kcal/kg, $p = 0,002$).

Conclusion: We observed significant differences in body composition and metabolic parameters in young females with different somatotypes. The observed associations may be associated with long-term exposure to endocrine destructive pollutants earlier detected in the environment in Barnaul.

Key words: anthropometry, trochanter index, bioimpedance measurement, fat body mass, basal metabolism, specific basal metabolism, industrial city

Библиографическая ссылка:

Филатова О. В., Третьякова И. П., Ковригин А. О. Компонентный состав тела и параметры обмена веществ у девушек с различными эволютивными конституциональными типами // Экология человека. 2021. № 2. С. 20–27.

For citing:

Filatova O. V., Tretyakova I. P., Kovrigin A. O. Body Composition and Metabolic Parameters in Girls with Different Somatotypes. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 2, pp. 20-27.

Введение

Изучение антропометрических параметров организма позволяет судить об индивидуальном развитии индивида. Конечные физические параметры человека зависят от взаимодействия генетических и разнообразных внешних факторов. Поскольку генетическая составляющая является в значительной мере постоянной, то климатогеографические, социально-экономические, экологические условия можно рассматривать как модифицирующие факторы фенотипической изменчивости индивидуума [15]. В отечественной литературе широко представлены работы, посвященные направлениям изменчивости конституции человека [цит. по: 15]. Фенотипическая изменчивость соматотипа в координате астении-гиперстении изучена достаточно хорошо на различных возрастных группах населения. Большинство авторов указывают на возрастание доли лиц астенического телосложения среди современных молодых людей [цит. по: 15].

Одна из конституциональных схем, характеризующих соматотип индивида, учитывает тип возрастной эволюции организма [16]. Эволютивный тип характеризуется трохантерным индексом (ТИ), который рассчитывается как отношение длины тела к длине ноги. Под действием благоприятных условий среды формируется нормоэволютивный тип конституции. Под влиянием негативных факторов среды формируются дисэволютивный и патологический типы эволютивной конституции человека [6, 17, 18], что сопровождается значительными отклонениями ТИ от средних значений. В районах Мордовии с химико-токсическим загрязнением формируются дисэволютивный и патологический типы с низкими значениями ТИ, что проявляется длинноногостью у девушек и женщин [6]. В районах с радиационным загрязнением, напротив, формируются дисэволютивный и патологический типы с высокими значениями ТИ [6], характеризующиеся коротконогостью девушек и женщин. Для девушек Алтайского края из городской местности по сравнению с жителями села характерны большая длина тела и длина ноги, более низкие значения ТИ [12]. А. А. Щанкин и А. В. Каверин [17] предложили использовать ТИ в качестве критерия чувствительности организма человека к внешним воздействиям в ходе индивидуального развития.

В настоящее время метод биоимпедансометрии широко используется для оценки компонентного состава тела [23]. Этот метод позволяет не только оценить основные компоненты тела: тощую безжировую массу (ТМТ), жировую массу (ЖМТ), активную клеточную массу (АКМ), массу скелетной мускулатуры (СММ), различные компартменты жидкости в организме, но и параметры обмена веществ — основной обмен (ОО), удельный основной обмен (УОО) [10, 27].

Изучены адаптационные возможности [19], конституциональные особенности [18], физическая подготовленность [17] у лиц с разными эволютивными типами

конституции. Недостаточно изученным остается компонентный состав тела у представителей различных эволютивных типов конституции. А. В. Каверин с соавт. [6] исследовали взаимосвязь структуры тела с типом эволютивной конституции, однако для Мордовии характерна большая доля девушек с высокими значениями ТИ, среди них совсем не встречаются индивиды со значениями ТИ < 1,85. Ранее показано, что среди жительниц г. Барнаула чаще всего встречаются девушки с низкими значениями ТИ (< 1,85) [12]. В связи с чем представляет интерес исследовать компонентный состав тела у представительниц различных типов возрастной эволюции человека. Целью нашей работы явилось изучение особенностей компонентного состава тела и параметров обмена веществ у девушек с различными типами возрастной эволютивной конституции.

Методы

Проведено одномоментное открытое неконтролируемое нерандомизированное исследование-наблюдение 155 девушек-студенток в возрасте 17–20 лет осенью 2018 года. Девушки являлись европеоидами и проживали в г. Барнауле Алтайского края. Критерии включения в группу: возраст (17–20 лет), рождение и постоянное место проживания — г. Барнаул. Критерии исключения: возраст менее 17 и более 20 лет, проживание до обследования за пределами г. Барнаула. Все обследуемые подписывали информированное согласие на участие в исследовании в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации 1975 г. (в пересмотре 1983 г.).

Проведено антропометрическое исследование: измеряли длину тела, см (ДТ), массу тела, кг (МТ), обхват грудной клетки, см (ОГК), поперечный диаметр груди (горизонтальное расстояние между наиболее выступающими в сторону точками боковых частей ребер на уровне среднегрудной точки), см (ПДГ); ширину плеч (плечевой или акромиальный диаметр, — расстояние между правой и левой акромиальными точками), мм (ШП) и тазовый диаметр (измеряется спереди между левой и правой подвздошно-гребешковыми точками), мм (ТД), длину ноги, см (ДН). Наиболее точным определением длины ноги считается вариант расчета по Яцугу: длина ноги = полусумма высот над полом передней подвздошно-остистой точки и лобковой точки [7]. При проведении антропометрического исследования руководствовались правилами, изложенными в учебном пособии [7]. Использовали стандартный антропометрический инструментарий: ростомер, электронные весы “Omron BF-508”, сантиметровую ленту, большой толстотный циркуль.

Для определения типа возрастной эволюции рассчитывался трохантерный индекс по формуле: $ТИ = ДТ / ДН$. ТИ характеризует тип возрастной эволюции человека (менее 1,85 — патологический тип, от 1,86 до 1,91 — дисэволютивный, от 1,92 до 1,94 — гипоэволютивный, от 1,95 до 2,0 — нормоэволютивный, от 2,01 до 2,03 — гиперэволютивный, от 2,04 до 2,08

– дисэволютивный, более 2,09 – патологический тип [цит. по: 18]).

Оценку соматического типа проводили по схеме Риса-Айзенка (РА) [8] с использованием формулы: Индекс РА = ДТ × 100 / ПДГ × 6 (<96 – гиперстеники, 96–106 – нормостеники, >106 – астеники [8]). Для характеристики половой дифференцировки тела рассчитывался индекс Дж. Тэннера (ИТ) [8] по формуле: ИТ = ШП × 3 – ТД (>69,0 – андроморфия, 58,0–69,0 – мезоморфия, <58,0 – гинекоморфия для жительниц Алтайского края [11]).

Компонентный состав тела оценивали при помощи аппарата для биоимпедансометрии АВС-01 «Медасс», который позволяет определять ЖМТ, ТМТ, АКМ, СММ, общее количество жидкости в организме, внеклеточную жидкость, ОО, УОО. Классификацию жировой массы тела проводили по центильным таблицам для соответствующего пола и возраста [9]. Ранее была показана высокая корреляция оценок ЖМТ и ОО с результатами применения эталонных методов (рентгеновской денситометрии и непрямой калориметрии): коэффициент детерминации r^2 составил 0,94 для ЖМТ и 0,82 для величины ОО [1, 13]. Исследование проводилось в утренние часы натощак.

Количественные признаки, имеющие нормальное распределение, представлены в виде средней арифметической (М), среднеквадратического отклонения (SD). Величины с распределением, отличным от нормального, – в виде медианы (Me) и межквартильного интервала (25 и 75 перцентили). Распределение данных проверяли с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Значимость различий между нормально распределенными количественными признаками оценивали по t-критерию для независимых выборок. Для сравнения двух независимых групп с распределением, отличающимся от нормального, использовали двухвыборочный критерий Манна – Уитни. Поскольку сравнение более двух групп увеличивает риск ошибки типа I, то есть ошибочно сделать вывод о наличии различий, пороговые уровни значимости были скорректированы для множественных сравнений с помощью поправки Бонферрони. Категориальные переменные анализировали с помощью критерия хи-квадрат. Для оценки связей между непрерывными количественными признаками, имеющими нормальное распределение, проводили корреляционный анализ по Пирсону. Связи между непрерывными переменными, имеющими отличное от нормального распределение, оценивали с помощью коэффициента корреляции Спирмена. Критический уровень значимости был 0,05 для всех расчетов за исключением поправки Бонферрони. Статистическая обработка материала осуществлялась с использованием программы SPSS 20.0.

Результаты

Эволютивный конституциональный тип был определен с помощью ТИ. В обследованной выборке более одной трети девушек (37 %, N = 58) имели низкие значения ТИ (<1,85) (патологический тип

возрастной эволюции). На втором месте оказалась группа лиц с дисэволютивным типом (24 %, N = 37) со значениями ТИ 1,86 ÷ 1,91. Гипоэволютивный (12 %, N = 19, ТИ 1,92 ÷ 1,94) и нормоэволютивный (14 %, N = 22, ТИ 1,95 ÷ 2,0) типы встречались приблизительно с одинаковой частотой. Реже всего встречались лица с гиперэволютивным (8 %, N = 12, ТИ 2,01 ÷ 2,03) и дисэволютивным (5 %, N = 7, ТИ 2,04 ÷ 2,08) типами возрастной эволюции. Не был выявлен патологический тип возрастной эволюции со значениями ТИ > 2,08.

Длина тела уменьшалась с увеличением ТИ (табл. 1). Зависимость массы тела и ОГК от конституционального типа возрастной эволюции носила сложный характер: показатели снижались от патологического (ТИ < 1,85) к нормоэволютивному типу и затем вновь увеличивались к гиперэволютивному и дисэволютивному (ТИ 2,04 ÷ 2,08) типам возрастной эволюции. Динамика показателя, характеризующего массо-ростовые отношения ИМТ, аналогична динамике МТ.

Таблица 1
Антропометрические показатели у девушек с различными эволютивными конституциональными типами

Группа	N	Длина тела, см		Масса тела, кг		Окружность грудной клетки, см		ИМТ, кг/м ²	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
1	58	166,4	4,04	59,6	8,51	87,1	6,00	21,6	3,09
2	37	162,3	5,66	57,0	8,37	85,4	4,19	21,5	2,97
3	19	163,4	6,91	58,3	10,77	85,5	5,83	22,0	3,35
4	22	163,2	6,27	55,3	8,06	84,9	5,66	21,0	2,52
5	12	163,6	7,49	59,8	7,93	87,0	4,29	22,4	3,08
6	7	159,7	7,45	63,3	9,72	91,1	9,65	24,8	2,82
Σ	155	164,1	5,85	58,9	9,67	86,6	5,91	21,8	3,33
p		P _{1,2} = 0,002							

Примечание для табл 1–7. Группа девушек: 1 – патологического типа возрастной эволюции со значениями ТИ < 1,85; 2 – дисэволютивного типа со значениями ТИ 1,86 ÷ 1,91; 3 – гипоэволютивного типа со значениями ТИ 1,92 ÷ 1,94; 4 – нормоэволютивного типа со значениями ТИ 1,95 ÷ 2,0; 5 – гиперэволютивного типа со значениями ТИ 2,01 ÷ 2,03; 6 – дисэволютивного типа со значениями ТИ 2,04 ÷ 2,08.

Показатели длины ноги и поперечных диаметров представлены в табл. 2. Величина тазового диаметра возрастала от первой группы к шестой, статистически значимо отличалась у девушек первой группы по сравнению с девушками пятой и шестой групп. Средние значения поперечного диаметра груди и ширины плеч близко соответствуют аналогичным показателям московских девушек [7].

Особенностью распределения обследованных по типам телосложения является преобладание девушек астенического соматотипа в первой группе (табл. 3) на высоком уровне значимости. Доля лиц астенического соматотипа снижается, а гиперстенического телосложения возрастает от первой группы к шестой.

Исследование соматической половой дифференцировки тела выявило преобладание девушек ан-

Таблица 2

Показатели длины ноги, поперечного диаметра груди, ширины плеч и тазового диаметра (см) у девушек с различными эволютивными конституциональными типами

Группа	N	Длина ноги		Поперечный диаметр груди		Ширина плеч		Тазовый диаметр	
		М	SD	М	SD	М	SD	М	SD
1	58	92,4	2,96	24,2	2,64	35,1	3,34	23,5	2,43
2	37	86,1	3,29	24,2	3,30	35,2	2,98	24,0	2,56
3	19	85,0	3,51	24,1	4,32	34,8	4,57	25,8	2,89
4	22	82,9	3,04	24,2	4,24	35,2	2,05	24,7	2,95
5	12	80,9	3,73	24,5	3,30	35,8	2,5	26,8	1,26
6	7	77,6	3,21	24,4	2,51	35,7	1,15	26,7	1,53
Σ	155	87,2	5,75	24,3	3,44	35,3	3,19	25,2	2,66
p	$P_{1-2,3,4,5,6} < 0,001$ $P_{2-4,5,6} < 0,001$ $P_{3,4,6} < 0,001$								

Таблица 3

Распределение (%) соматотипов по схеме Риса-Айзенка у девушек с различными эволютивными конституциональными типами

Соматотип	Группа					
	1	2	3	4	5	6
Гиперстенический	9	32	35	35	25	67
Нормостенический	21	42	40	41	75	33
Астенический	70	26	25	24	—	—
	$\chi_{1,2}^2 = 17,14, df=1, p < 0,001$ $\chi_{1,3}^2 = 21,78, df=2, p < 0,001$ $\chi_{1,4}^2 = 21,19, df=3, p < 0,001$					

Таблица 4

Распределение (%) соматотипов по классификации Дж. Тэннера у девушек с различными эволютивными конституциональными типами

Соматотип	Группа					
	1	2	3	4	5	6
Гинекоморфный	10	6	8	6	25	40
Мезоморфный	44	52	54	70	75	60
Андроморфный	46	42	38	24	—	—
	$\chi_{1,6}^2 = 11,76, df=5, p=0,038$ $\chi_{2,6}^2 = 11,34, df=4, p=0,023$ $\chi_{1,6}^2 = 6,11, df=2, p=0,047$					

дроморфного и мезоморфного соматотипов в первой группе (табл. 4). Доля лиц андроморфного телосложения снижается, а гинекоморфного статистически значимо возрастает от первой группы к шестой.

Увеличение ИМТ у девушек шестой группы (см. табл. 1) было обусловлено более высоким содержанием жировой массы тела в абсолютных и относительных единицах (табл. 5). В первой – пятой группах количество относительной ЖМТ (%) соответствует интервалу от 25-го до 75-го центиля, в шестой группе – интервалу от 75-го до 90-го центиля [9] для девушек соответствующего возраста. Повышенное жиротложение у представительниц дисэволютивного типа конституции (ТИ 2,03 ÷ 2,08) может быть связано с тем, что у них наблюдается минимальная СММ (см. табл. 2). Результаты корреляционного анализа обнаружили отрицательную связь между показателями ЖМТ% и СММ% ($r = -0,66, p < 0,001$).

В целом для показателя ТМТ наблюдается тенденция, противоположная ЖМТ – он снижается с увеличением ТИ (см. табл. 5). Содержание СММ ниже у представительниц дисэволютивного (ТИ 2,04 ÷ 2,08) типа возрастной эволюции на высоком уровне значимости. Во всех группах количество активной клеточной массы не отличалось статистически, что свидетельствует об одинаковой метаболической активности организма.

Динамика жидких секторов организма (общая, внеклеточная и внутриклеточная жидкость) (табл. 6) соответствует динамике ТМТ (см. табл. 5). Показатели жидких секторов связаны сильными почти функциональными связями с ТМТ ($R_{ОЖ-ТМТ} = 0,994, p < 0,001, R_{ВнеклЖ-ТМТ} = 0,944, p < 0,001, R_{ВнутрЖ-ТМТ} = 0,964, p < 0,001$).

Величина основного обмена (табл. 7) статистически значимо не отличается в изученных группах. Удельный основной обмен в четвертой группе выше на статистически значимом уровне. Величина нормированного основного обмена (на кг ТМТ) также выше в четвертой группе на статистически значимом уровне.

Величина фазового угла не отличалась в изученных группах (см. табл. 7). К настоящему времени не выявлена связь между параметрами фазового угла и

Таблица 5

Особенности состава тела у девушек с различными эволютивными конституциональными типами

Группа	N	Жировая масса тела, кг		Жировая масса тела, %		Тощая масса тела, кг		Активная клеточная масса, кг		Активная клеточная масса, %		Скелетно-мышечная масса, кг		Скелетно-мышечная масса, %		
		М	SD	М	SD	М	SD	М	SD	М	SD	М	SD	М	SD	
1	58	17,1	5,10	28,1	5,63	42,8	4,82	24,4	2,97	57,1	3,67	21,1	2,56	49,6	2,04	
2	37	15,9	5,95	27,3	6,82	40,8	3,07	23,7	2,98	58,1	5,11	20,2	1,90	49,4	1,99	
3	19	16,2	7,63	26,8	6,94	42,0	4,34	24,0	3,36	56,9	3,55	20,9	2,35	49,7	1,58	
4	22	15,6	4,38	26,9	6,73	40,2	4,80	23,7	4,47	58,6	5,51	19,8	2,83	49,2	2,03	
5	12	17,2	6,69	27,8	7,76	42,7	2,71	25,1	1,88	58,9	4,83	21,3	2,01	49,8	2,92	
6	7	24,3	12,40	34,5	18,00	40,2	5,77	23,2	2,16	58,1	5,58	17,6	5,00	43,1	7,53	
Σ	155	17,4	7,22	28,2	7,59	42,0	4,86	24,3	3,54	57,7	4,49	20,6	2,76	49,2	2,85	
p	$P_{1-6} \leq 0,001$														$P_{1,2,3,4,5,6} < 0,001$	

Таблица 6
Особенности жидких секторов организма у девушек с различными эволютивными конституциональными типами

Группа	N	Общая жидкость, кг		Внеклеточная жидкость, кг		Внутриклеточная жидкость, кг	
		M	SD	M	SD	M	SD
1	58	31,3	3,55	13,3	1,45	18,0	2,23
2	37	29,9	2,25	12,8	1,02	17,1	1,36
3	19	30,7	3,18	13,2	1,42	17,6	1,88
4	22	29,4	3,50	12,7	1,65	16,8	2,19
5	12	31,2	1,98	13,4	1,09	17,9	0,96
6	7	28,5	1,98	12,5	1,70	16,0	3,42
Σ	155	30,7	3,63	13,2	1,56	17,6	2,22

морфофункциональными показателями организма. По данным литературы [9], фазовый угол отражает общее состояние организма, его параметры зависят от возраста и состояния здоровья.

У представительниц нормоэволютивного типа наблюдается минимальная ЖМТ в абсолютных и относительных единицах (см. табл. 5). У них также выявлены максимальные значения удельного и нормированного ОО (см. табл. 7). Показатели ЖМТ% и удельного ($r = -0,22$, $p = 0,006$), нормированного ОО ($r = -0,29$, $p < 0,001$), в свою очередь, связаны слабыми отрицательными связями.

Обсуждение результатов

Оценка антропометрического статуса с учетом его основных компонентов полезна для прогнозирования заболеваемости и смерти в зрелом возрасте. Пропорции тела (длина ноги / длина тела), или соотношение высоты сидения (высота сидящего / рост $\times 100$), среди прочего связаны с эпидемиологическим риском избыточной массы тела (ожирения), ишемической болезни сердца, диабета, дисфункции печени и некоторых видов рака [20].

Нами показано, что компонентный состав тела зависит от эволютивного типа конституции – выявлена группа девушек с повышенным количеством ЖМТ% – это представительницы дисэволютивного типа со значениями ТИ $2,04 \div 2,08$. Полученные нами данные согласуются с результатами других авторов [6, 28]. А. В. Кавериним с соавт. [6] было показано, что

у девушек с высокими значениями ТИ ($2,03 \div 2,08$) выявлено повышение ЖМТ% до ($25,9 \pm 7,82$) %, у девушек с патологическим типом эволютивной конституции со значениями ТИ $\geq 2,09$ показано статистически значимое увеличение показателя жировой массы (%) до ($30,8 \pm 3,74$) %. Ранее также было показано, что взрослые бразильские женщины с низким ростом и непропорционально короткими ногами имеют высокий риск ожирения [28]. D. J. Hoffman [22], исследуя взаимосвязь скорости метаболизма и окисления жиров у детей из Сан-Паулу, выявил нарушение окисления жиров у детей с задержкой роста. Дыхательный коэффициент натошак (RQ = отношение объема углекислого газа, производимого организмом, к объему потребляемого кислорода) у них значительно выше и, следовательно, окисление жиров ниже, что приводит к увеличению запасов жира в организме в группе низкорослых.

Важно отметить, что проведенные ранее исследования жительниц Мордовии в большей мере касались лиц с высокими значениями ТИ [6]. Именно поэтому научный анализ компонентного состава тела особенно актуален для жителей других регионов нашей страны. У жительниц Алтайского края количество жировой массы (%) выше по сравнению с жительницами Мордовии (например, у представительниц дисэволютивного типа (ТИ $2,04 \div 2,08$) по нашим данным ($34,5 \pm 18,0$) %, у девушек Мордовии – ($25,9 \pm 7,82$) %). Отличие наших данных от результатов [6] может быть объяснено особенностями физического развития жителей различных регионов.

Проведенное нами исследование продемонстрировало, что у представительниц нормоэволютивного соматотипа, характеризующегося средними пропорциями отношения длины тела к длине ноги, наблюдаются наиболее оптимальные морфометрические параметры, такие как МТ, ИМТ (см. табл. 1). Для них характерны минимальные значения ЖМТ в абсолютных и относительных единицах (см. табл. 5). У них же выявлены максимальные показатели удельного и нормированного ОО (см. табл. 7). Точное определение основного обмена является одной из самых сложных задач физиологии. Тем не менее

Таблица 7
Особенности параметров биоимпедансометрии у девушек с различными эволютивными конституциональными типами

Группа	N	Основной обмен, ккал/сут		Удельный основной обмен, ккал/сут/м ²		Нормированный основной обмен (на кг ТМТ), ккал/кг		Фазовый угол	
		M	SD	M/ Me	SD/Q ₂₅₋₇₅	M/ Me	SD/Q ₂₅₋₇₅	M	SD/Q ₂₅₋₇₅
				Me	Q ₂₅₋₇₅	Me	Q ₂₅₋₇₅		
1	58	1376,1	130,62	824,6	785,90–853,65	32,5	31,19–33,63	6,8	0,92
2	37	1354,5	99,60	816,8	107,91	33,3	2,68	7,1	1,18
								Me	Q ₂₅₋₇₅
3	19	1373,3	106,34	850,6	69,90	32,8	1,48	6,6	6,24–7,43
4	22	1363,2	135,69	868,6	75,19	34,0	1,98	7,2	1,52
5	12	1408,3	59,48	844,7	69,00	33,1	2,13	7,2	1,24
6	7	1351,6	66,46	809,3	40,87	33,8	3,53	6,4	0,59
Σ	155	1369,1	113,99	829,4	90,93	32,7	3,15	7,0	1,59
p							P ₂₋₄ = 0,002		

сопоставление измерений ОО методом биоимпедансометрии с результатами применения эталонного метода (непрямой калориметрии) показало высокую корреляцию, коэффициент детерминации r^2 составил 0,82 для величины ОО [13]. Из чего следует возможность применения метода биоимпедансометрии для определения величины ОО. У представительниц патологического эволютивного типа с низкими значениями ТИ ($<1,85$) против ожидания оказалось достаточно высокое количество ЖМТ в абсолютных и относительных единицах (см. табл. 5). Представительницы этого типа соответствуют образу девушки «модели» (они более высокорослы, долихоморфны, имеют максимальную длину ноги — см. табл. 1–3). Вполне ожидаемо было бы обнаружить у них минимальное количество ЖМТ. У них же показана минимальная величина нормированного ОО, что не исключает риска формирования ожирения с возрастом.

По мнению В. В. Шевчука и Н. Н. Малютиной [14], уменьшение трохантерного индекса свидетельствует о дисгармоничном половом развитии, поскольку зоны роста костей ног не закрываются вовремя при дефиците тиреоидных и половых гормонов. Ведущим механизмом регуляции роста костей и других тканей во время полового созревания, а также образования дефинитивных размеров тела является взаимоотношение половых стероидов и ИПФР-1 [25]. В периоде полового созревания эстрогены оказывают ингибирующее действие на синтез ИПФР-1 [29]. В постнатальном онтогенезе пестициды и другие поллютанты могут оказывать негативное влияние на развитие человека, поскольку они способны вмешиваться в гормональные механизмы становления формы и размеров тела, являясь эндокринразрушающими соединениями EDC (endocrine-disrupting chemicals) [21]. На роль EDC, оказывающих влияние на репродуктивную сферу человека, претендуют различные химические вещества: бисфенолы, фталаты, пестициды [21, 30, 31], бенз(а)пирен, диоксины и гексахлорбензол [24]. Смесь загрязнителей окружающей среды с антиэстрогенным эффектом, наиболее часто обнаруживаемым в биологических образцах человека [24, 30].

Барнаул входит в список городов с наибольшим уровнем загрязнения [4]. Вещества, определяющие уровень загрязнения атмосферы города: бенз(а)пирен, взвешенные вещества, диоксид азота, формальдегид, оксид углерода [4]. В 2018 году выбросы загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями промышленности, теплоэнергетики (от стационарных источников) составили 304,5 тыс. тонн. Автотранспорт выбрасывает большое количество вредных компонентов, среди которых оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы, а также бенз(а)пирен, формальдегид, бензол, сажа и другие токсические вещества [3]. Кроме того, наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха Барнаула вносят предприятия: ТЭЦ № 1, 2, 3 Барнаульского филиала Кузбасского ОАО энергетики и электрификации «Кузбассэнерго», ООО «Барнаулэнерго», ОАО «Барнаултрансмаш» [3].

Уровень загрязнения атмосферного воздуха города в 2018 году оценивался как очень высокий [4]. Превышение ПДК по взвешенным веществам (пыли) в течение года отмечено во всех районах города, среднегодовая концентрация составила 1,9 ПДК. Содержание азота диоксида увеличивается в городе в отопительный сезон и составляет 1,2–1,5 ПДК. Среднегодовая концентрация бенз(а)пирена превысила величину ПДК в 4,1 раза, оксида углерода — в 3,1 раза, формальдегида — в 3,3 раза [3]. В начале 2000-х годов (период, на который пришлось детство обследованных нами девушек) выбросы от промышленных предприятий составляли (тыс. тонн): твердые — 23,8; SO_2 — 14,7; NO_2 — 4,3; CO — 4,6 [5]. В Барнауле было обнаружено пять примесей, среднегодовые концентрации которых превышали одну ПДК: взвешенные вещества (пыль), диоксид азота, формальдегид, хлорид водорода и бенз(а)пирен [5]. Тенденция загрязнения воздуха за 2002–2006 годы почти не изменилась [5]. Уровень загрязнения воздуха характеризовался как очень высокий [5]. Из представленных данных мы видим, что последние 20 лет в Барнауле наблюдается стабильно высокий уровень загрязнения.

Таким образом, на жителей Барнаула одновременно действует комплекс химических веществ из окружающей среды. В нашей работе анализ телосложения у девушек с низкими значениями ТИ — жительниц г. Барнаула выявил действие маркеров эстрогенингибирующего (долихоморфное телосложение, узкий таз) действия EDC [2, 26].

Не вызывает сомнения действие урбанизированной среды на формирование эволютивного типа конституции. Ранее мы сравнили [12] распределение эволютивного типа конституции у жительниц Барнаула и жительниц с. Усть-Пристань Алтайского края (находится примерно в 140 км от Барнаула, но имеет другие экологические характеристики, это районный центр, расположенный в центральной части Приобского плато, с сельскохозяйственной направленностью экономики и минимальным уровнем выброса твердых отходов). Большинство (80 %) жительниц с. Усть-Пристань имеют нормальные значения ТИ либо незначительно отклоняющиеся от нормальных (гипоэволютивный, нормоэволютивный и гиперэволютивный типы). Среди них не встречаются патологические типы возрастной эволюции со значениями $ТИ \leq 1,85$ и $\geq 2,09$ [12]. Более высокие значения длины ноги и тела у жительниц Барнаула связаны с более высокими темпами предпубертатного роста по сравнению с жительницами с. Усть-Пристань [12], что согласуется с общепринятыми представлениями о причинах увеличения параметров длины тела и ноги [20].

Выявленные в работе антропометрические и анатомические особенности у девушек, постоянно проживающих в Барнауле — на территории с высоким уровнем аэротехногенного воздействия, могут быть результатом длительного действия поллютантов, обла-

дающих эндокринразрушающим действием и загрязняющих окружающую среду города. Использованный в работе подход может быть применен для мониторинга состояния здоровья жителей других регионов.

Авторство

Филатова О. В. — концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, переработка первого варианта статьи на предмет важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи; Третьякова И. П. — получение, анализ и интерпретация данных, подготовка первого варианта статьи; Ковригин А. О. — переработка первого варианта статьи на предмет важного интеллектуального содержания.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Филатова Ольга Викторовна — ORCID 0000-0002-4581-5866; SPIN 1979-2220

Третьякова Ирина Павловна — ORCID 0000-0001-5681-2110; SPIN 5823-4166

Ковригин Антон Олегович — ORCID 0000-0002-0214-0192; SPIN 2870-3906

Список литературы

1. Васильев А. В., Хрущева Ю. В., Попова Ю. П., Зубенко А. Д., Николаев Д. В., Пушкин С. В., Похис К. А. Одночастотный метод биоимпедансного анализа состава тела у больных с сердечно-сосудистой патологией — новые методические подходы // Сборник трудов научно-практической конференции «Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы». Москва, 2005. С. 152–159.
2. Vasiliev A. V., Khrushcheva Yu. V., Popova Yu. P., Zubenko A. D., Nikolaev D. V., Pushkin S. V., Pokhis K. A. Single-frequency method of bioimpedance analysis of body composition in patients with cardiovascular pathology - new methodological approaches. In: *A collection of works of scientific and practical conference "Diagnostics and treatment of disorders of regulation of the cardiovascular system"*. Moscow, 2005, pp. 152-159. [In Russian]
3. Властовский В. Г. Акцелерация роста и развития детей. М.: Изд-во МГУ, 1976. 280 с.
4. Vlastovskii V. G. *Akceleratsiia rosta i razvitiia detei* [Secular trend of the growth and development of children]. Moscow, 1976, 280 p.
5. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды городского округа — города Барнаула Алтайского края в 2018 году». Барнаул, 2019. 141 с.
6. Report "On the state and environmental protection of the urban district - the city of Barnaul, Altai Territory in 2018". Barnaul, 2019, 141 p. [In Russian]
7. Ежегодник «Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2018 год». СПб.: ГУ «ГГО» Росгидромета, 2019. 250 с.
8. Yearbook "The state of air pollution in cities on the territory of Russia for 2018". Saint Petersburg, 2019, 250 p. [In Russian]
9. Ежегодник «Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2006 год». СПб.: ГУ «ГГО» Росгидромета, 2007. 212 с.
10. Yearbook "The state of air pollution in cities on the territory of Russia for 2018". Saint Petersburg, 2007, 212 p. [In Russian]
11. Каверин А. В., Шанкин А. А., Шанкина Г. И. Со-временные тенденции изменения конституции и структуры тела девушек под воздействием региональных экологических факторов // Проблемы региональной экологии. 2013. № 2. С. 115–119.
12. Kaverin A. V., Schankin A. A., Schankina G. I. Modern tendencies of changing the constitution and structure of the girls' body under the influence of regional environmental factors. *Problemy regional'noi ekologii* [Problems of regional ecology]. 2013, 2, pp. 115-119. [In Russian]
13. Негашева М. А. Основы антропометрии. М.: Экон-Информ, 2017. 216 с.
14. Negasheva M. A. *Osnovy antropometrii* [The basics of anthropometry]. Moscow, Ekon-Inform Publ., 2017, 216 p.
15. Никитюк Б. А., Корнетов Н. А. Интегративная биомедицинская антропология. Томск: Изд. ТГУ, 1998. 182 с.
16. Nikityuk B. A., Kornetov N. A. *Integrativnaya biomeditsinskaya antropologiya* [Integrative biomedical anthropology]. Tomsk, 1998, 182 p.
17. Руднев С. Г., Соболева Н. П., Стерликов С. А., Николаев Д. В., Старунова О. А., Черных С. П., Ерюкова Т. А., Колесников В. А., Мельниченко О. А., Пономарева Е. Г. Биоимпедансное исследование состава тела населения России. М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. 493 с.
18. Rudnev S. G., Soboleva N. P., Sterlikov S. A., Nikolaev D. V., Starunova O. A., Chernykh S. P., Eryukova T. A., Kolesnikov V. A., Mel'nichenko O. A., Ponomaryova E. G. *Bioimpedansnoe issledovanie sostava tela naseleniia Rossii* [Bioimpedance study of the body composition of the population of Russia]. Moscow, 2014, 493 p.
19. Соколов А. Н., Сото-Селада Х., Тарасова И. Б. Состав тела и энергообмен в покое // Вопросы питания, 2011. № 3. С. 62–69.
20. Sokolov A. N., Soto-Selada X., Tarasova I. B. Body composition and energy exchange at rest. *Voprosy pitaniya* [Nutrition issues]. 2011, 3, pp. 62-68. [In Russian]
21. Филатова О. В., Надеина С. Я., Михеева О. О., Томилова И. Н. Региональные особенности определения соматотипа жителей г. Барнаула // Академический журнал Западной Сибири. 2010. № 1. С. 29–31.
22. Filatova O. V., Nadeina S. Ya., Mikheeva O. O., Tomilova I. N. Regional features of determining the somatotype of the residents of Barnaul. *Akademicheskii zhurnal Zapadnoi Sibiri* [Academic journal of Western Siberia]. 2010, 1, pp. 29-31. [In Russian]
23. Филатова О. В., Павлова И. П., Ващучилова И. В., Ковригин А. О. Взаимосвязь между конституциональными типами физического развития и темпами роста у девушек Западной Сибири // Экология человека, 2015. № 7. С. 13–19.
24. Filatova O. V., Pavlova I. P., Vashcheulova I. V., Kovrigin A. O. Interrelation between constitutional types and growth rates in girls of Western Siberia. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2015, 7, pp. 13-19. [In Russian]
25. Хрущёва Ю. В., Зубенко А. Д., Чедия Е. С., Старунова О. А., Ерюкова Т. А., Николаев Д. В., Руднев С. Г. Верификация и описание возрастной изменчивости биоимпедансных оценок основного обмена // Сборник трудов научно-практической конференции «Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы». Москва, 2009, С. 353–357.
26. Khrushcheva Yu. V., Zubenko A. D., Chediya E. S., Starunova O. A., Eryukova T. A., Nikolaev D. V., Rudnev S. G. Verification and description of age-related variability of bioimpedance estimates of basal metabolic rate. In: *A collection of works of scientific and practical conference "Diagnostics and treatment of disorders of regulation of*

the cardiovascular system". Moscow, 2009, pp. 353-357. [In Russian]

14. Шевчук В. В., Малютина Н. Н. Связанные с эндокринопатиями нарушения здоровья у юношей допризывного возраста в йоддефицитном регионе // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки, 2012. № 1. С. 118–123.

Shevchuk V. V., Maljutina N. N. Endocrinopathies associated with impairments in boys of pre-conscription age in iodine deficiency regions. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskiy region. Meditsinskie nauki* [Proceedings of the higher educational institutions. Volga region. Medical Sciences]. 2012, 1, pp. 118-123. [In Russian]

15. Шилова О. Ю. Современные тенденции физического развития в юношеском периоде онтогенеза // Экология человека. 2011. № 4. С. 29–36.

Shilova O. Yu. Modern trends in physical development in the youthful period of ontogenesis. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2011, 4, pp. 29-36. [In Russian]

16. Штефко В. Г., Островский А. Д. Схемы клинической диагностики конституциональных типов. М.: Биомедгиз, 1929. 79 с.

Shtefko V. G., Ostrovsky A. D. *Skhemy klinicheskoy diagnostiki konstitutsional'nykh tipov* [Schemes of clinical diagnosis of constitutional types]. Moscow, 1929, 79 p.

17. Шанкин А. А., Каверин А. В. Влияние региональных экологических факторов на эволютивный соматотип и функциональные показатели системы кровообращения у девушек при физической нагрузке // Проблемы региональной экологии, 2013. № 1. С. 72–79.

Schankin A. A., Kaverin A. V. Influence of the regional factors on the evolutive somatotype and functional indicators of the girls blood circulatory system at the time of physical exercise. *Problemy regional'noi ekologii* [Problems of regional ecology]. 2013, 1, pp. 72-79. [in Russian]

18. Шанкин А. А., Коселева О. А. Экологические факторы и конституциональный тип возрастной эволюции // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2012. № 4. С. 100–102.

Schankin A. A., Kosheleva O. A. Ecological factors and constitutional type of age evolution. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Studies]. 2012, 4, pp. 100-102. [In Russian]

19. Шанкин А. А. Связь конституции человека с физиологическими функциями. Москва; Берлин: DirectMEDIA, 2015. 105 с.

Schankin A. A. *Communication of the constitution of the person with physiological functions*. Moscow, Berlin, DirectMEDIA, 2015, 105 p. [In Russian]

20. Bogin B., Varela-Silva M. I. Leg length, body proportion, and health: a review with a note on beauty. *Int J Environ Res Public Health*. 2010, 3, pp. 1047-1075.

21. Gore C., Chappell V. A., Fenton S. E., Flaws J. A.,

Nadal A., Prins G. S., Toppari J., Zoeller R. T. EDC-2: The Endocrine Society's Second Scientific Statement on Endocrine-Disrupting Chemicals. *Endocrine Reviews*. 2015, 36, pp. E1-E150.

22. Hoffman D. J., Sawaya A. L., Verreschi I., Tucker K. L., Roberts S. B. Why are nutritionally stunted children at increased risk of obesity? Studies of metabolic rate and fat oxidation in shantytown children from São Paulo, Brazil. *Amer. J. Clin. Nutr.* 2000, 72, pp. 702-707.

23. Khalil S., Mohktar M., Idrhim F. The theory and fundamentals of bioimpedance analysis in clinical status monitoring and diagnosis of disease. *Sensors (Basel)*. 2014, 6, pp. 108-95.

24. Kortenkamp A. Breast cancer, oestrogens and environmental pollutants: a re-evaluation from a mixture perspective. *Int. J. Androl.* 2006, 29, pp. 193-198.

25. Libanati C., Baylink D. J., Lois-Wenzel E., Srinivasan N. & Mohan S. Studies on the potential mediators of skeletal changes occurring during puberty in girls. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 1999, 84, pp. 2807-2814.

26. Marshall V. A. Puberty. In: Falkner A. (ed.), Tanner J. M. (ed.) *Human growth. Vol. 2: Postnatal Growth*. New York, London, Plenum Press, 1978, pp. 141-182.

27. Selberg O., Selberg D. Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2002, 6, pp. 509-519.

28. Velásquez-Meléndez G., Silveira E.A., Allencastro-Souza P., Kac G. Relationship between sitting-height-to-stature ratio and adiposity in Brazilian women. *Am. J. Hum. Biol.* 2005, 17, pp. 646-653.

29. Weltje L., vom Saal F. S., Oehlmenn J. Reproductive stimulation by low doses of xenoestrogens contrasts with the view of hormesis as an adaptive response. *Hum. Exp. Toxicol.* 2005, 24, pp. 431-437.

30. Zumbado M., Goethals M., Álvarez-León E. E., Luzardo O. P., Cabrera F., Serra-Majem L., Boada L. D. Inadvertent exposure to organochlorine pesticides DDT and derivatives in people from the Canary Islands (Spain). *Sci. Total Environ.* 2005, 339, pp. 49-62.

31. Zumbado Manuel, Luzardo Octavio P., Lara V, Álvarez-León Eva E., Losada Antonio, Apolinario Rosa, Serra-Majem Lluís, Boada Luis D. Insulin-like growth factor-I (IGF-I) serum concentrations in healthy children and adolescents: Relationship to level of contamination by DDT-derivative pesticides. *Growth Hormone & IGF Research*. 2010, 20, pp. 63-67.

Контактная информация:

Филатова Ольга Викторовна — доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»

Адрес: 656049, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 61

E-mail: ol-fil@mail.ru