

ПРОВЕРКА ПРИМЕНИМОСТИ ФОРМУЛ ДЛЯ БИОИМПЕДАНСНОЙ ОЦЕНКИ СОМАТОТИПА ПО ХИТ-КАРТЕРУ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ В РАЗЛИЧНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ

А.В. Анисимова¹, Е.З. Година¹, С.Г. Руднев^{2,3}, Н.В. Свистунова¹

¹МГУ имени М.В.Ломоносова, НИИ и Музей антропологии, Москва

²ФГБУН Институт вычислительной математики РАН, Москва

³ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва

Ранее нами были предложены простые и надёжные формулы для оценки первого и второго компонентов соматотипа по Хит-Картеру на основе биоимпедансного анализа (БИА) состава тела у русских детей и подростков 7–17 лет Москвы, Архангельска и Архангельской области. Оставалось неясно, применимы ли они для русских детей и подростков из других регионов России, представителей иных этнических и возрастных групп, а также отдельных профессиональных групп, например, спортсменов.

Цель данного исследования - проверка точности указанных формул для оценки соматотипа в различных популяциях. Были использованы данные комплексных антропологических обследований школьников и студентов, выполненных сотрудниками лаборатории ауксологии НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В.Ломоносова в разные годы в различных регионах России. Группу контроля составили русские дети и подростки из указанной выше работы (N=2364). В группу сравнения 1 вошли четыре моноэтнические выборки школьников: русские (Москва, Элиста, N=1035), адыгейцы (Республика Адыгея, N=68), калмыки (Элиста, N=843), татары (Набережные Челны, N=51). Группу сравнения 2 составили две выборки учащихся вузов: АГУ (Майкоп, адыгейцы, N=35) и КГУ (Элиста, калмыки, N=98), а группу сравнения 3 – студенты спортивных вузов: РГУФКСМиТ (Москва, русские, N=299) и Набережночелнинского филиала Поволжской ГАФКСиТ (КамГАФКСиТ, Набережные Челны, татары, N =46).

Точность оценки баллов эндо- и мезоморфии в группе сравнения 1 соответствовала группе контроля за исключением повышенных значений SEE для эндоморфии у адыгейцев ($SEE=0,80$) и калмыков ($SEE=0,87$). Для калмыков из группы сравнения 1 формулы были уточнены. В группе 2 значения SEE для эндо- и мезоморфии у адыгейцев были выше, а у калмыков соответствовали группе 1 при сравнительно высоких значениях R^2 . В группе 3 значения SEE для мезоморфии у русских и для эндоморфии у татар были вдвое выше, чем в контрольной группе при меньших значениях R^2 . В группах 1 и 2 точность биоимпедансной оценки мезоморфии была выше, чем эндоморфии.

На основании полученных результатов можно предположить, что указанные формулы пригодны для русских детей и подростков 6-18 лет независимо от региона России, в котором они проживают, и условно пригодны для представителей других этнических групп данного возраста; менее точны (могут требовать уточнения) для более старших возрастных групп (студенты вузов); не точны для смешанных групп студентов-спортсменов (представителей разных видов спорта). Особый интерес представляет разработка формул для биоимпедансной оценки соматотипа у взрослых людей – представителей русского и других этносов, а также при различных заболеваниях.

Ключевые слова: физическая антропология, дети и подростки, соматотип по Хит-Картеру, эндоморфия, мезоморфия, биоимпедансный анализ, регрессионные формулы

Введение

Изучение нормальной и патологической изменчивости соматотипа, конституциональной предрасположенности к заболеваниям являются традиционными задачами антропологии [Черноруцкий, 1925; Штефко, Островский, 1929; Клиорин, Чтецов, 1979; Казначеев, Казначеев, 1986; Алексеева, 1989; Никитюк с соавт., 2013; Sheldon et al., 1940; Carter, Heath, 1990]. Наряду со схемой В.Г. Штефко и А.Д. Островского [Штефко, Островский, 1929] и некоторыми другими для соматотипирования детей и подростков в нашей стране используется схема В. Шелдона [Sheldon et al., 1940] в модификации Б. Хит и Л. Картера [Heath, Carter, 1967].

Соматотип по Шелдону и Хит-Картеру определяется как вектор, содержащий три числовых компонента: эндоморфия (интерпретируемая как относительное развитие жировой ткани), мезоморфия (относительное развитие скелетно-мышечной ткани) и эктоморфия (мера вытянутости тела) [Heath, Carter, 1967]. Сравнительными преимуществами определения типа телосложения по Хит-Картеру являются удобство анализа данных в связи с использованием непрерывной оценочной шкалы и возможность применения метода для лиц любого пола всех национальностей и рас в широком возрастном диапазоне (от 2 до 70 лет). Недостатки заключаются в необходимости измерения большого количества размерных признаков и повышенном уровне требований, предъявляемых к квалификации исследователя. Это снижает применимость данного метода в массовых популяционных исследованиях. Возникает вопрос: существуют ли способы упростить оценку соматотипа по Хит-Картеру при минимальной потере точности получаемых оценок? Одна из возможностей заключается в использовании взаимосвязей между параметрами соматотипа и состава тела.

Наиболее распространённым скрининговым методом оценки состава тела является биоимпедансный анализ (БИА) [Николаев с соавт., 2009]. В нашей предыдущей работе [Anisimova et al., 2016] на основании данных комплексного антропологического обследования и сопутствующей биоимпедансометрии 2364 русских детей и подростков 7–17 лет были предложены простые и надёжные формулы для биоимпедансной оценки первого и второго компонентов соматотипа по Хит-Картеру:

$$\text{ЭНДО}_{\text{БИА}} = -3224,7/R50 + 0,63867 \times \text{ИМТ} - 0,04162 \times \text{МТ} - 2,195 \quad (R^2=0,81, \text{SEE}=0,65);$$
$$\text{МЕЗО}_{\text{БИА}} = 2195,4/R50 + 0,52966 \times \text{ИМТ} - 0,09740 \times \text{МТ} - 4,5522 \quad (R^2=0,81, \text{SEE}=0,54),$$

где R50 – активное электрическое сопротивление тела (Ом) на частоте 50 кГц, ИМТ – индекс массы тела (кг/м²), а МТ – масса тела (кг).

Отметим, что третий компонент соматотипа – эктоморфия – рассчитывается непосредственно по длине и массе тела, определение которых является частью стандартной процедуры биоимпедансных измерений. В совокупности с формулами для расчёта эндо- и мезоморфии это дало возможность автоматической оценки соматотипа детей и подростков по Хит-Картеру в рамках биоимпедансного обследования. Сравнительно высокие значения коэффициента детерминации R² и умеренные значения стандартной ошибки регрессии SEE позволили в указанной работе сделать вывод о возможности использования формул на индивидуальном уровне. Оставалось неясно, применимы ли они для русских детей и подростков из других регионов России, представителей иных этнических и возрастных групп, а также отдельных профессиональных групп, например, спортсменов.

Цель данной работы – проверка точности указанных формул для оценки соматотипа в различных популяциях.

Материалы и методы

Для проведения исследования были использованы данные комплексных антропологических обследований, выполненных сотрудниками лаборатории ауксологии НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В.Ломоносова в различные годы в ряде регионов России (табл. 1).

Группу контроля составили этнически русские дети и подростки 7–17 лет из Москвы, Архангельска и Архангельской области (N=2364) [Anisimova et al., 2016]. Приведённые выше формулы для биоимпедансной оценки соматотипа были построены по указанной выборке. В группу сравнения 1 вошли четыре моноэтнические выборки детей и подростков школьного возраста (русские, адыгейцы, калмыки, татары), в группу сравнения 2 – две выборки студентов вузов: Адыгейского государственного университета (АГУ, г. Майкоп, адыгейцы) и Калмыцкого государственного университета (КГУ, г. Элиста, калмыки). Группу сравнения 3 составили студенты спортивных вузов: Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодёжи и туризма (РГУФКСМиТ, г. Москва, русские) и Набережночелнинского филиала Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма (КамГАФКСиТ, г. Набережные Челны, татары). В данную группу вошли представители разных видов спорта (всего более 50 видов) и спортивных званий/разрядов (от младших разрядов до мастера спорта между-

Таблица 1. Общая характеристика групп обследованных детей и подростков

Этническая группа	Возраст, лет	Размер выборки	Пол	Место измерений	Годы обследования
<i>Контрольная группа: дети и подростки</i>					
Русские	7–17	2364	м+ж	Москва (N=1456), Архангельск (N=357), Архангельская область (N=551)	2005–2013
<i>Группа сравнения 1: дети и подростки</i>					
Русские	7–18	1035	м+ж	Москва (школы № 17, 1086; N=375), Элиста (школы № 2, 3, 4, 21, русская национальная гимназия, N =660)	2014 2011
Адыгейцы	12–16	68	м	республика Адыгея, Шовгеновский р-н (школы № 1, 6)	2006
Калмыки	8–18	843	м+ж	Элиста (школы № 4, 17, 19)	2007, 2008
Татары	13–15	51	м	Набережные Челны (школа № 2)	2006
<i>Группа сравнения 2: студенты</i>					
Адыгейцы	19–23	35	м	Майкоп (АГУ)	2006
Калмыки	19–25	98	м+ж	Элиста (КГУ)	2007, 2008
<i>Группа сравнения 3: студенты спортивных вузов</i>					
Русские	16–25	299	м+ж	Москва (РГУФКСМиТ)	2007
Татары	20–26	46	м	Набережные Челны (КамГАФКСиТ)	2006

народного класса). Характеристика некоторых групп сравнения дана в следующих работах [Година с соавт., 2010; Силаева с соавт., 2011; Хомякова с соавт., 2012; Хомякова, Година, 2015]. В контрольную группу и группы сравнения вошли только те обследованные, для которых имелось достаточно данных для определения всех компонентов антропометрического и биоимпедансного соматотипов. Принадлежность к определённому этносу устанавливали, если со слов измеряемого оба его родителя относились к одной этнической группе.

Антропометрическое обследование проводилось по стандартной методике, принятой в НИИ и Музее антропологии МГУ имени М.В.Ломоносова [Бунак, 1941]. Для расчёта соматотипа по Хит-Картеру использовали следующие десять размерных признаков [Carter, 2002]: длина и масса тела, обхват напряжённого плеча, обхват голени, ширина локтя (поперечный диаметр дистального эпифиза плеча), ширина колена (поперечный диаметр дистального эпифиза бедра), толщина жировых складок под лопаткой, на задней поверхности плеча (на трицепсе), на животе (латерально, над подвздошным гребнем) и на голени. Длину тела (ДТ) определяли антропометром Мартина (GPM, Швейцария) с точностью до 1 мм, а массу тела (МТ) – на электронных весах с точностью до 0,1 кг. Обхваты измеряли тканевой сантиметровой лентой, поперечные диаметры – скользящим циркулем с точностью до 1 мм. Толщину жировых складок определяли по методике Н.Ю. Лутовиновой [Лутовинова с соавт., 1970] с использованием калипера GPM с точностью до 0,2 мм. Рассчитывали индекс мас-

сы тела (ИМТ) как отношение МТ к квадрату ДТ ($\text{кг}/\text{м}^2$).

Соматотип по Хит-Картеру определяли на основе рекомендованных формул [Carter, 2002]:

Эндоморфия = $-0,7182 + 0,1451 \times \Sigma \text{ЖСк} - 0,00068 \times \Sigma \text{ЖСк}^2 + 0,0000014 \times \Sigma \text{ЖСк}^3$,

где $\Sigma \text{ЖСк}$ = (жировая складка на трицепсе + жировая складка под лопаткой + жировая складка на животе) $\times (170,18/\text{ДТ}$ в см);

Мезоморфия = $0,858 \times \text{ширина локтя} + 0,601 \times \text{ширина колена} + 0,188 \times \text{обхват плеча с поправкой} + 0,161 \times \text{обхват голени с поправкой} - 0,131 \times \text{ДТ} + 4,50$,

где обхват плеча с поправкой – разность обхвата напряжённого плеча и толщины кожно-жировой складки на трицепсе (см), а обхват голени с поправкой – разность обхвата голени и толщины кожно-жировой складки на голени (см);

Эктоморфия = $0,732 \times \text{РВО} - 28,58$, если $\text{РВО} \geq 40,75$;

$0,463 \times \text{РВО} - 17,63$, если $38,25 < \text{РВО} < 40,75$;
 $0,1$, если $\text{РВО} \leq 38,25$,

где РВО – росто-весовое отношение, равное отношению длины тела (см) к корню кубическому из массы тела (кг).

Биоимпедансные измерения выполняли анализатором состава тела ABC-01 «Медасс» (НТЦ Медасс, Москва) по стандартной схеме с креплением одноразовых биоадгезивных электродов на запястье и голеностопе в положении испытуемых лёжа на спине на горизонтальной непроводящей поверхности [Николаев с соавт., 2009]. Биоимпедансные оценки соматотипа получали согласно

приведённым формулам для ЭНДО_{БИА} и МЕЗО_{БИА} на основе значений ДТ, ИМТ и R50 [Anisimova et al., 2016].

Все обследования проводились с соблюдением правил биоэтики. В соответствии с законом о персональных данных, полученные данные были деперсонифицированы. Статистическую обработку данных выполняли в пакетах программ Minitab 17.3 и MS Excel 2010. Для характеристики доли объяснённой дисперсии при определении компонентов соматотипа рассчитывали коэффициенты детерминации R². Стандартную ошибку регрессии вычисляли по формуле:

$$SEE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - k - 1)},$$

где *n* – размер выборки, *k* – количество независимых переменных в уравнении регрессии (*k* = 3), *x_i* – значение *i*-го наблюдения, \bar{x} – регрессионная оценка для *i*-го наблюдения.

Проверку нормальности распределений проводили по критерию Колмогорова-Смирнова. Межгрупповые различия компонентов соматотипа оценивали на основе рангового критерия Манна-Уитни. Для характеристики внутригрупповой изменчивости соматотипа определяли средневзвешенное расстояние до выборочного среднего (somatotype attitudinal mean, SAM) [Carter, 2002]. Для характеристики удалённости подгруппы от группы контроля рассчитывали расстояние между средними соматотипами (standard attitudinal distance, SAD).

Результаты

Общая соматотипологическая характеристика контрольной группы и групп сравнения представлена на рисунке 1 и в таблице 2.

Мальчики контрольной группы и групп сравнения характеризовались, в среднем, эктомезоморфным типом телосложения, за исключением подгруппы татар (мезоморфный-экторморфный тип). Средние соматотипы контрольной группы и русских мальчиков группы сравнения 1 практически совпадали (рис. 1). Средние соматотипы групп сравнения 2 и 3 были близки к мезоморфному сбалансированному типу, а показатель мезоморфии был наиболее выражен у татар группы сравнения 3 (студенты КамГАФКСиТ).

Девочки контрольной группы характеризовались, в среднем, мезоморфным сбалансированным, а группы сравнения 1 – центральным типом телосложения. Наиболее близкими были средние соматотипы контрольной группы и русских девочек

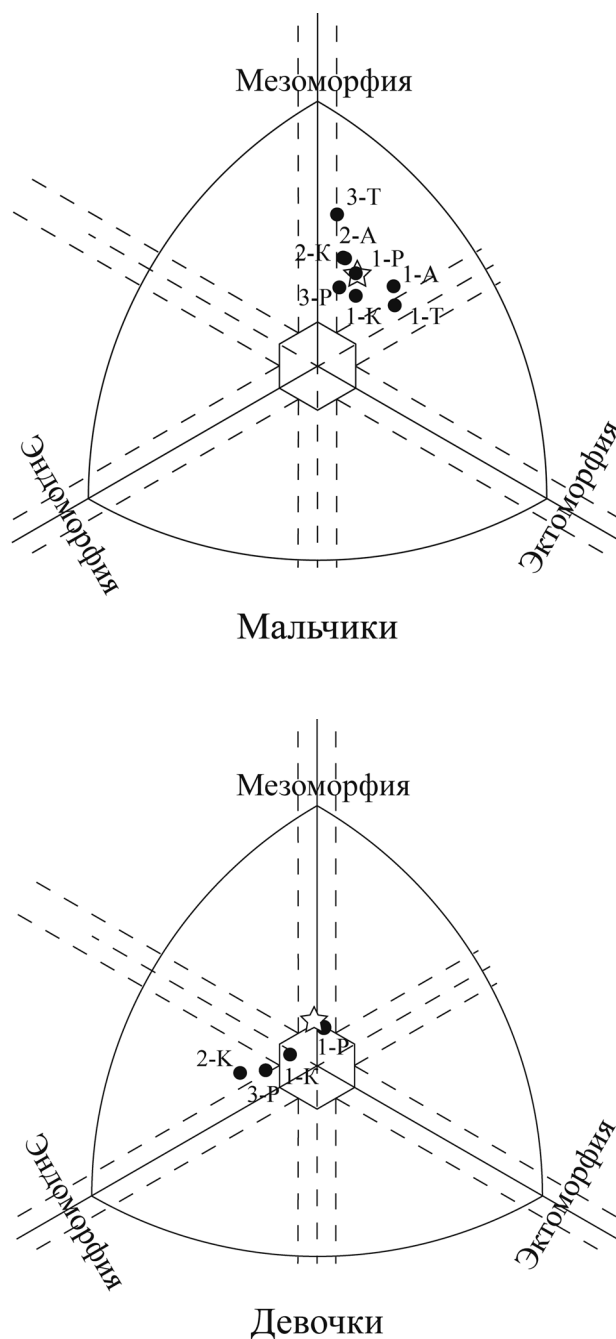


Рис. 1. Соматограммы: медианные значения соматотипа по Хит-Картеру в контрольной группе (показано звездочкой) и группах сравнения (черные кружки)

Примечания. Цифры в подписях к данным означают номер группы сравнения, буквы соответствуют этнической принадлежности (А – адыгейцы, К – калмыки, Р – русские, Т – татары).

Таблица 2. Соматотип по Хит-Картеру (медиана, межквартильный интервал) и внутригрупповая изменчивость групп обследованных в зависимости от пола

Этническая группа	Мужской пол					Женский пол				
	N	Эндо	Мезо	Экто	SAM	N	Эндо	Мезо	Экто	SAM
<i>Контрольная группа: дети и подростки</i>										
Русские	1450	2,2 ⁺ (1,7–3,2)	4,8 ⁺ (4,2–5,6)	3,2 (2,2–4,0)	1,9	914	3,1 (2,3–4,3)	4,2 (3,5–4,9)	3,1 (2,1–4,0)	2,0
<i>Группа сравнения 1: дети и подростки</i>										
Русские	536	2,2 ⁺ (1,6–3,7)	4,8 ⁺ (4,1–5,7)	3,2 (2,1–4,2)	2,2	499	3,1 (2,3–4,3)	4,1 (3,3–4,9)	3,3 (2,1–4,2)	2,1
Адыгейцы	68	1,7 [*] (1,3–2,3)	4,5 (3,7–5,4)	3,7 [*] (2,9–4,5)	1,8	–	–	–	–	–
Калмыки	405	2,4 ⁺ (1,8–3,6)	4,5 ⁺ (3,8–5,4)	3,4 [*] (2,3–4,3)	2,2	438	4,0 [*] (3,2–5,2)	3,9 [*] (3,1–4,6)	3,3 (2,2–4,1)	2,0
Татары	51	1,9 [*] (1,4–2,6)	4,3 [*] (3,1–5,0)	3,9 [*] (3,1–4,9)	1,8	–	–	–	–	–
<i>Группа сравнения 2: студенты</i>										
Адыгейцы	35	2,1 (1,7–3,6)	4,9 (4,3–6,2)	2,8 (1,9–3,4)	1,9	–	–	–	–	–
Калмыки	46	2,2 ⁺ (1,8–3,2)	5,0 ⁺ (4,3–5,8)	2,9 (2,0–3,8)	1,9	52	5,0 [*] (3,9–5,6)	3,8 [*] (3,0–4,5)	2,9 (1,8–3,4)	1,8
<i>Группа сравнения 3: студенты спортивных вузов</i>										
Русские	172	2,3 ⁺ (1,9–2,9)	4,3 ⁺ (3,5–5,1)	2,8 [*] (2,2–3,7)	1,7	127	4,1 [*] (3,4–5,0)	3,3 [*] (2,7–4,0)	2,8 [*] (2,1–3,3)	1,6
Татары	46	2,0 (1,4–2,8)	5,6 [*] (4,7–6,1)	2,5 [*] (1,5–3,2)	1,9	–	–	–	–	–

Примечания. * – значимые различия в сравнении с группой контроля ($p < 0,05$); + – значимые различия между полами внутри группы ($p < 0,05$).

группы сравнения 1. В группах сравнения 2 и 3 преобладал мезоэндоморфный тип телосложения. В группе сравнения 1 балл эндоморфии у русских девочек был выражен значимо меньше, чем у калмычек. Показатель эндоморфии был наиболее выражен у калмычек из группы сравнения 2 (рис. 1, табл. 2).

Во всех рассматриваемых группах распределения баллов эндоморфии не удовлетворяли нормальному закону и имели положительную асимметрию (за исключением подгрупп девочек в группах сравнения 2 и 3). Распределения баллов мезоморфии и эктоморфии не подчинялись нормальному закону в контрольной группе и группе сравнения 1 (за исключением татарских мальчиков), а также в подгруппе русских студентов-спортсменов (группа сравнения 3). В каждой группе наблюдался выраженный половой диморфизм с преобладанием мезоморфии у мальчиков и эндоморфии у девочек. Значимые различия балла эктоморфии отсутствовали. Значимо не отличались от контроля все компоненты соматотипа русских детей и подростков группы сравнения 1, а также адыгейцев и калмыцких мальчиков группы сравнения 2 ($p < 0,05$) (табл. 2).

На рисунке 2 представлены диаграммы рассеяния биоимпедансных оценок эндоморфии и мезоморфии по Хит-Картеру в зависимости от расчётных антропометрических значений признаков для контрольной группы. Значения R^2 и SEE, приведённые на рисунке 2, являются референтными для характеристики точности оценок компонентов соматотипа в группах сравнения.

На рисунке 3 приведены аналогичные диаграммы рассеяния для русских детей и подростков из группы сравнения 1. Точность оценок эндоморфии и мезоморфии в данной подгруппе соответствовала группе контроля (рис. 2) при более высоких значениях R^2 . Точность описания данных в подгруппе русских школьников из Элисты ($N=660$, $R^2=0,86$, $SEE=0,65$ для эндоморфии; $R^2=0,86$, $SEE=0,51$ для мезоморфии) была выше, чем в подгруппе русских школьников из Москвы ($N=375$, $R^2=0,80$, $SEE=0,68$ для эндоморфии; $R^2=0,84$, $SEE=0,56$ для мезоморфии).

На рисунке 4 представлены диаграммы рассеяния биоимпедансных оценок эндоморфии и мезоморфии в зависимости от расчётных антропометрических значений признаков для второй по численности выборки из группы сравнения 1: калмыцких

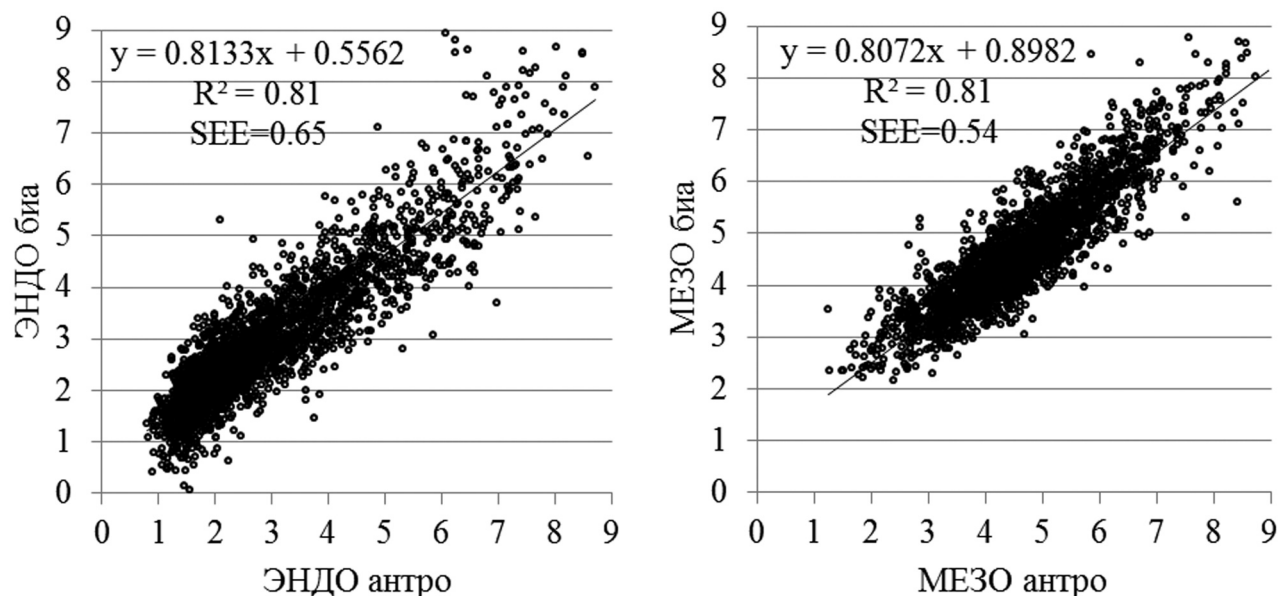


Рис. 2. Русские дети и подростки 7–17 лет (контрольная группа, N=2364): соответствие биоимпедансных оценок эндоморфии и мезоморфии по Хит-Картеру (ЭНДО биа, МЕЗО биа) расчётным антропометрическим значениям признаков (ЭНДО антро, МЕЗО антро)

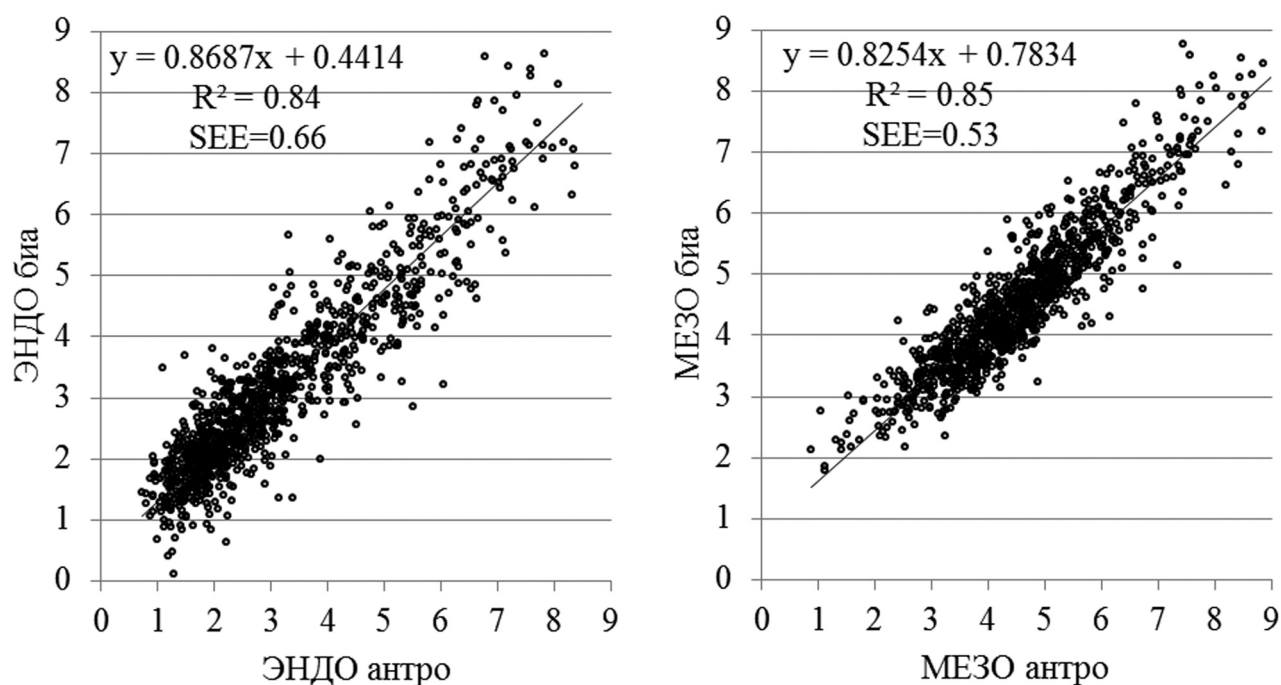


Рис. 3. Русские дети и подростки 6–18 лет (группа сравнения 1, N=1035): соответствие биоимпедансных оценок эндоморфии и мезоморфии по Хит-Картеру (ЭНДО биа, МЕЗО биа) расчётным антропометрическим значениям признаков (ЭНДО антро, МЕЗО антро)

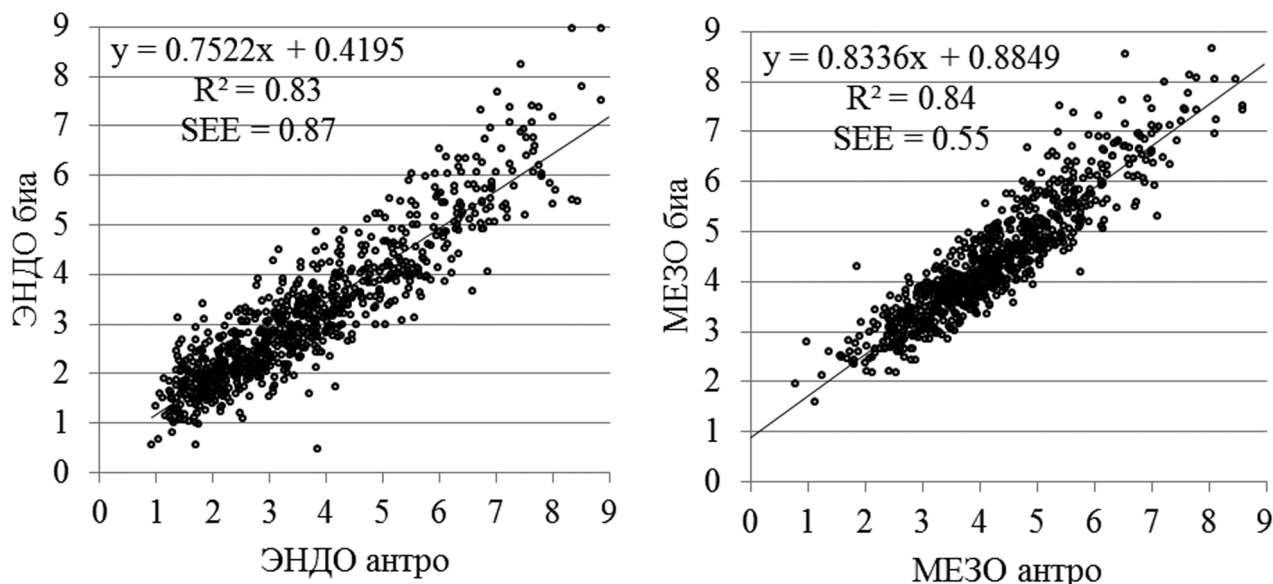


Рис. 4. Дети и подростки 8–18 лет, калмыки (группа сравнения 1, N=843): соответствие биоимпедансных оценок эндоморфии и мезоморфии по Хит-Картеру (ЭНДО биа, МЕЗО биа) расчётным антропометрическим значениям признаков (ЭНДО антро, МЕЗО антро)

детей и подростков 8–18 лет (N=843). Коэффициенты R^2 и значение SEE для мезоморфии соответствовали группе контроля, а значение SEE для эндоморфии, равное 0,87, было выше, чем в контроле. Точность оценки эндоморфии в подгруппе мальчиков (N=405, $R^2=0,84$, SEE=0,66) была выше, чем у девочек (N=438, $R^2=0,82$, SEE=1,03).

Результаты проверки формул для оценки соматотипа в группах сравнения суммированы в таблице 3.

В группе сравнения 1 точность формул в целом соответствовала контрольной группе за исключением повышенных значений SEE для эндоморфии у адыгейцев и калмыков (0,80 и 0,87 соответственно). Формулы были приемлемо точны в подгруппе татар. Однако необходимо иметь ввиду наличие узкого возрастного интервала в группах обследованных адыгейцев и татар, наличие в выборках только лиц мужского пола и малый размер выборок.

Для школьников-калмыков обоего пола нами были разработаны уточнённые формулы биоимпедансной оценки первого и второго компонентов соматотипа по Хит-Картеру:

$ЭНДО_{БИА} = -4309/R50 + 0,7019 \times ИМТ - 0,04148 \times МТ - 1,257$ ($R^2=0,84$, SEE=0,69);

$МЕЗО_{БИА} = 2768/R50 + 0,51053 \times ИМТ - 0,10069 \times МТ - 5,088$ ($R^2=0,85$, SEE=0,51).

Сопоставление с таблицей 3 показывает, что характеристики R^2 и SEE для эндоморфии и мезоморфии у калмыков из группы сравнения 1 были несколько лучше, чем для исходных формул.

В группе сравнения 2 значения SEE были выше, чем в контроле. Сравнительно высокие значения R^2 оставляют возможность уточнить предложенные формулы биоимпедансной оценки соматотипа для групп индивидов соответствующего пола и возраста. В группах сравнения 1 и 2 точность оценки мезоморфии была выше, чем эндоморфии.

Наименее точными оказались формулы в группе сравнения 3: значения SEE для мезоморфии у русских и для эндоморфии у татар были вдвое выше, чем в контрольной группе. Кроме того, значения R^2 для эндоморфии были значительно ниже, чем в группе контроля.

В контрольной группе и группе сравнения 1 показатели точности формул для русских детей и подростков из г. Москвы были практически одинаковы (табл. 4). При этом точность формул для русских детей и подростков из других регионов России была систематически выше, чем для групп москвичей.

На рисунке 5 представлена зависимость суммы приращений стандартных ошибок регрессии SEE для эндо- и мезоморфии (в сравнении с группой контроля) от расстояния до контрольной группы (SAD) для рассматриваемых групп сравнения. Для выборок, включающих индивидов обоего пола, SAD определяли как средневзвешенное значение соответствующих расстояний с учётом полового соотношения. Показано, что сумма приращений SEE практически не зависела от величины SAD ($R^2=0,08$) и в большей степени определялась номером группы сравнения.

Таблица 3. Сравнение точности формул для биоимпедансной оценки эндоморфии и мезоморфии по Хит-Картеру в контрольной группе и группах сравнения

Этническая группа	Возраст, лет	Пол	N	ЭНДО		МЕЗО	
				R ²	SEE	R ²	SEE
<i>Контрольная группа: дети и подростки</i>							
Русские	7–17	м+ж	2364	0,81	0,65	0,81	0,54
<i>Группа сравнения 1: дети и подростки</i>							
Русские	7–18	м+ж	1035	0,84	0,66	0,85	0,53
Адыгейцы	12–16	м	68	0,90	0,80	0,90	0,59
Калмыки	8–18	м+ж	843	0,83	0,87	0,84	0,55
Татары	13–15	м	51	0,79	0,69	0,82	0,58
<i>Группа сравнения 2: студенты</i>							
Адыгейцы	19–23	м	35	0,84	1,15	0,80	0,81
Калмыки	19–25	м+ж	98	0,78	0,81	0,81	0,59
<i>Группа сравнения 3: студенты спортивных вузов</i>							
Русские	16–25	м+ж	299	0,69	0,78	0,73	1,12
Татары	20–26	м	46	0,57	1,33	0,78	0,73

Таблица 4. Сравнение точности формул для биоимпедансной оценки эндоморфии и мезоморфии по Хит-Картеру в подгруппах русских детей и подростков из различных регионов России

Регионы России	Возраст, лет	Пол	N	ЭНДО		МЕЗО	
				R ²	SEE	R ²	SEE
<i>Контрольная группа</i>							
г. Москва	7–17	м+ж	1456	0,80	0,69	0,82	0,56
г. Архангельск	7–17	м+ж	357	0,84	0,57	0,83	0,48
Архангельская область	7–17	м+ж	551	0,85	0,60	0,77	0,54
<i>Группа сравнения 1</i>							
г. Москва	7–18	м+ж	375	0,80	0,68	0,84	0,56
г. Элиста	8–18	м+ж	660	0,86	0,65	0,86	0,51

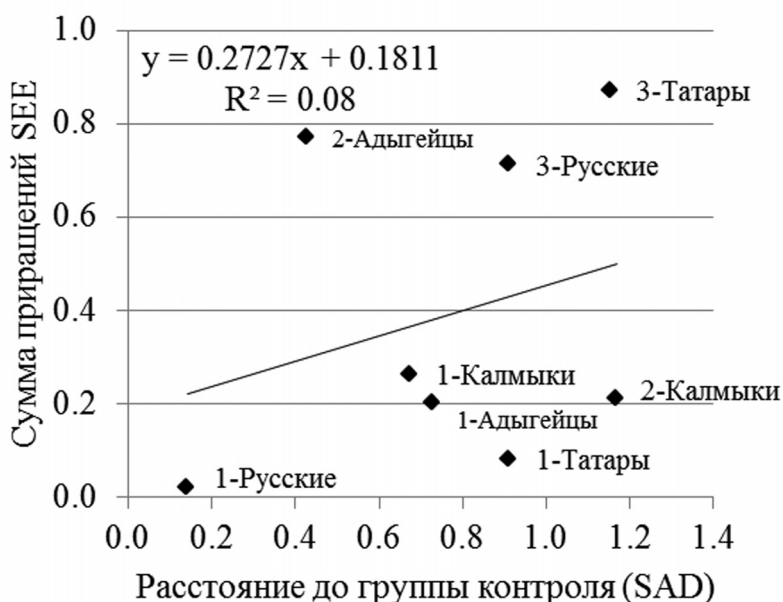


Рис. 5. Зависимость суммы приращений SEE для эндо- и мезоморфии в группах сравнения от расстояния до группы контроля

Примечания. Цифры в подписях к данным указывают на номер группы сравнения.

Обсуждение результатов

Проблема изучения нормальной и патологической изменчивости соматотипов, конституциональной предрасположенности к заболеваниям связана не только с отсутствием единого подхода к определению типов телосложения (и, более широко, конституциональных типов), но и с объективными трудностями организации сбора данных в условиях массового популяционного скрининга. Любое сколько-нибудь подробное антропологическое обследование испытуемого затратно по времени и требует значительного уровня подготовки исследователя. Указанным недостатком обладает и схема соматотипирования по Хит-Картеру, несмотря на сравнительные преимущества непрерывной оценочной шкалы и применимости для лиц обоего пола в широком возрастном диапазоне.

Идея использования биоимпедансометрии для оценки соматотипа по Хит-Картеру была, по видимому, впервые применена в работе польских исследователей [Nawarycz, Ostrowska-Nawarycz, 2001]. По данным обследования 260 лиц мужского пола в возрасте 16–18 лет авторы предложили регрессионную формулу для расчёта эндоморфии на основе биоимпедансной оценки процентного содержания жира в массе тела (%ЖМТ). Для определения балла мезоморфии, по утверждению авторов, ими использовались стандартные измерительные признаки (длина тела, ширина локтя и колена, объёмы плеча и голени) с заменой толщины жировых складок на %ЖМТ. Однако саму формулу и характеристику её точности авторы не привели. Таким образом, количество измеряемых параметров при определении соматотипа по Хит-Картеру было уменьшено с десяти до семи за счёт применения дополнительного метода – биоимпедансного анализа состава тела. Замена одного метода другим в указанной работе не осуществлялась, что, вероятно, было связано с наличием данных о слабой корреляционной связи балла мезоморфии с безжировой массой тела у детей [Slaughter, Lohman, 1977].

В нашей предыдущей работе [Anisimova et al., 2016] были впервые предложены формулы на основе биоимпедансометрии для оценки соматотипа по Хит-Картеру у русских детей и подростков 7–17 лет. В результате, соматотипирование стало доступно в рамках рутинной процедуры биоимпедансного обследования на основе трёх измерений: длины, массы тела и активной омической составляющей импеданса. Необходимо отметить, что надёжная оценка балла мезоморфии на основе биоимпедансного анализа была полу-

чена благодаря использованию нормировки безжировой массы на квадрат длины тела.

Проверка точности формул дала ожидаемый результат: они оказались применимы для группы русских детей и подростков школьного возраста и условно применимы для иных этнических групп того же возрастного диапазона. В более старших возрастных группах (студенты вузов) точность формул снижалась, а в смешанных группах студентов-спортсменов они оказались неточны, что может объясняться сочетанным действием сразу двух модифицирующих факторов: возраста и уровня физического развития.

Показатели точности формул для этнически русских детей и подростков из г. Москвы были несколько ниже, чем для других регионов России, что указывает на повышенный уровень неоднородности соматических типов в детской части населения мегаполиса.

Для моноэтнической выборки калмыцких школьников обоего пола формулы были уточнены. Уточнённые формулы имели ту же структуру, что и исходные формулы, при несколько лучших характеристиках R^2 и SEE. Таким образом, для оценки соматотипа по Хит-Картеру у школьников-калмыков на основе биоимпедансометрии можно использовать как исходные, так и уточнённые формулы (при большей предпочтительности уточнённых формул).

Сравнительный анализ точности формул для биоимпедансной оценки соматотипа в отдельных подгруппах групп сравнения показал, что расстояние до группы контроля влияло на суммарное приращение стандартных ошибок регрессии меньше, чем возрастные различия и уровень тренированности, что указывает на обоснованность выбора групп сравнения.

Выводы

На основании полученных результатов можно предположить, что рассмотренные формулы:

- пригодны для русских детей и подростков 6–18 лет независимо от региона России, в котором они проживают, и условно пригодны для представителей других этнических групп данного возраста;
- менее точны (могут требовать уточнения) для более старших возрастных групп (студенты вузов);
- не точны для смешанных групп студентов-спортсменов (представителей разных видов спорта).

В качестве задачи на будущее представляет интерес разработка формул для биоимпедансной оценки соматотипа у взрослых людей – представителей русского и других этносов, а также при различных заболеваниях. Вопрос о применимости биоимпедансометрии для характеристики типа телосложения у спортсменов в зависимости от вида спорта и спортивной квалификации заслуживает отдельного рассмотрения.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 16-36-00227мол_а, 16-06-00480а, 15-06-06901а для АВА, ЕЗГ и СНВ) и Российского научного фонда (гранты №14-15-01085 для СГР и №14-50-00029 для ЕЗГ).

Библиография

Алексеева Т.И. Антропология в медицине. М.: МГУ, 1989. 246 с.
 Бунак В.В. Антропометрия. М.: Учпедгиз, 1941. 368 с.
 Година Е.З., Исламова Н.М., Хомякова И.А., Задорожная Л.В. Особенности роста и развития русских и татарских детей и подростков (на примере населения г. Набережные Челны) // *Археология, этнография и антропология Евразии*, 2010. № 2. С. 146–154.
 Казначеев В.П., Казначеев С.В. Адаптация и конституция человека. Новосибирск: Наука, 1986. 121 с.
 Клиорин А.И., Чтецов В.П. Биологические проблемы учения о конституциях человека. Л.: Наука, 1979. 164 с.
 Лутовинова Н.Ю., Уткина М.И., Чтецов В.П. Методические проблемы изучения вариаций подкожного жира // *Вопросы антропологии*, 1970. Вып. 36. С. 32–54.
 Никитюк Д.Б., Николенко В.Н., Хайруллин Р.М., Миннибаев Т.Ш., Чава С.В., Алексеева Н.Т. Антропометрический метод и клиническая медицина // *Журнал анатомии и гистопатологии*, 2013. Т. 2. № 2. С. 10–14.
 Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука, 2009. 392 с.
 Панасюк Т.В. Конституциональная принадлежность как основа прогноза роста и развития детей от 3 до 17 лет: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Санкт-Петербург, 2008. 30 с.

Силаева Л.В., Година Е.З., Бутовская М.Л., Веселовская Е.В., Третьяк А.В. Морфо-функциональные и личностные характеристики мужчин спортсменов // *Спортивный психолог*, 2011. № 2 (23). С. 60–66.
 Хомякова И.А., Година Е.З. Калмыцкие и русские дети Элисты: сравнительный анализ морфологических особенностей // *Антропология в Московском университете: к юбилею МГУ: Сборник научных статей. [Электронный ресурс] / Отв. ред. А.П. Бужилова. М.: НИИ и Музей антропологии МГУ, 2015.*
 Хомякова И.А., Година Е.З., Задорожная Л.В., Бурлыков В.Д. Сравнительный анализ морфологических особенностей русских и калмыцких детей и подростков // *Здоровый образ жизни и физическое воспитание студентов и слушателей вузов. Материалы X межвузовской научно-практ. конф., 4 апреля 2012 г., г. Москва / Под ред. А.В. Карасёва, В.А. Собины. М., 2012. С. 225–231.*
 Черноуцкий М.В. Учение о конституции в клинике внутренних болезней // *Труды VII съезда российских терапевтов. Л: Биомедгиз, 1925. С. 304–312.*
 Штефко В.Г., Островский А.Д. Схемы клинической диагностики конституциональных типов. М.-Л.: Биомедгиз, 1929. 79 с.
 Anisimova A.V., Godina E.Z., Nikolaev D.V., Rudnev S.G. Evaluation of the Heath-Carter somatotype revisited: new bioimpedance equations for children and adolescents. IFMBE Proceedings / Eds.: F. Simini, P. Bertemes-Filho. Singapore-Heidelberg: Springer, 2016. Vol. 54. P. 80–83.
 Carter J.E.L., Heath B.H. Somatotyping – development and applications. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1990.
 Carter J.E.L. The Heath-Carter anthropometric somatotype: instruction manual. 2002. URL: <http://www.somatotype.org/Heath-CarterManual.pdf> (дата обращения: 21.01.2016).
 Heath B.H., Carter J.E.L. A modified somatotype method / *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1967. Vol. 27. N 1. P. 57–74. (Русский перевод: Хум Б.Х., Картер Дж.Е.Л. Современные методы соматотипирования. Ч. 2. Модифицированный метод определения соматотипов // *Вопросы антропологии*, 1969. Вып. 33. С. 60–79.)
 Nawarycz T., Ostrowska-Nawarycz L. Evaluation of the first and second components of somatotype using bioelectric impedance analysis // *Proc. of XI Int. Conf. on Electrical Bioimpedance. Oslo: Norway, 2001. P. 349–352.*
 Sheldon W.H., Stevens S.S., Tucker W.B. The varieties of human physique. N.Y.: Harper Bros. 1940.
 Slaughter M.H., Lohman T.G. Relationship of body composition to somatotype in boys ages 7 to 12 years // *Res. Quart.*, 1977. Vol. 48. N 4. P. 750–758.

Контактная информация:

Анисимова Анна Викторовна:

e-mail: anna.anisimova@anthropos.msu.ru;

Година Елена Зиновьевна: e-mail: godina@antropos.msu.ru;

Руднев Сергей Геннадьевич: e-mail: sergey.rudnev@gmail.com;

Свистунова Надежда Васильевна: e-mail: svistunova.n@mail.ru.

VALIDATION OF BIOIMPEDANCE EQUATIONS FOR THE ASSESSMENT OF HEATH-CARTER SOMATOTYPE IN CHILDREN AND ADOLESCENTS

A.V. Anisimova¹, E.Z. Godina¹, S.G. Rudnev^{2,3}, N.V. Svistunova¹

¹Lomonosov Moscow State University, Research Institute and Museum of Anthropology, Moscow

²Institute of Numerical Mathematics of the Russian Academy of Sciences, Moscow

³Federal Research Institute for Health Organization and Informatics of Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

We have suggested previously the formulae for the bioimpedance assessment of the first and second components of the Heath-Carter somatotype in Russian children and adolescents from Moscow, Arkhangelsk and Arkhangelsk region. It remained unclear, however, whether they are applicable to Russian children and adolescents from other geographical locations, to other ethnic and age groups, as well as to some professional groups, e.g., athletes. Our aim was to check the accuracy of the formulae in various populations.

The control group included Russian children and adolescents from the above-mentioned study ($n=2364$). The comparison group 1 consisted of four mono-ethnic samples of schoolchildren: Russians (Moscow, Elista, $n=1035$), Adygeys (Republic of Adygea, $n=68$), Kalmyks (Elista, $n=843$), and Tatars (Naberezhnye Chelny, $n=51$). The comparison group 2 consisted of two samples of university students: Adyghe State University (Maikop, Adygeys, $n=35$) and Kalmyk State University (Elista, Kalmyks, $n=98$). The comparison group 3 was represented by students of sports high schools: Russian State University of Physical Culture, Sport, Youth and Tourism (Moscow, Russians, $n=299$), and Volga Region State Academy of Physical Culture, Sport and Tourism (Naberezhnye Chelny, Tatars, $n=46$).

The accuracy of the endo- and mesomorphy estimates in group 1 was similar to that in the controls with the exception of elevated SEE for the endomorphy in the Adygeys ($SEE=0.80$) and the Kalmyks ($SEE=0.87$). For the Kalmyks, the formulae have been refined. In group 2, the SEE for the endo- and mesomorphy in the Adygeys were higher, and in the Kalmyks similar to that in group 1 at a relatively high R^2 . In group 3, the SEE for the mesomorphy in Russians and for the endomorphy in Tatars was twice as high as in the controls at lower R^2 . In groups 1 and 2, the accuracy of the mesomorphy estimates was higher than that of the endomorphy.

Our results suggest that the formulae:

- are useful for Russian children and adolescents 6-18 years of age regardless of the region of Russia and are conditionally useful for other ethnic groups of the age;
- are less accurate (may require correction) for young adults;
- are inaccurate in mixed groups of sports high school students (members of different sports).

Of interest for population screening is the development of bioimpedance formulae for the Heath-Carter somatotype assessment in adults of Russian and other ethnicities, as well as in various diseases.

Keywords: physical anthropology, children and adolescents, somatotype, Heath-Carter typology, endomorphy, mesomorphy, bioelectrical impedance analysis, regression formulae