

© Л. В. Синдеева, С. Г. Руднев, 2017
УДК 572.5-055-053

Л. В. Синдеева¹, С. Г. Руднев²

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛОВОЗРАСТНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОМАТОТИПА ПО ХИТ—КАРТЕРУ У ВЗРОСЛЫХ ЛЮДЕЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО БИОИМПЕДАНСНОЙ ОЦЕНКИ (НА ПРИМЕРЕ РУССКОГО НАСЕЛЕНИЯ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ)

¹ Кафедра анатомии и гистологии человека (зав. — проф. Н. Н. Медведева), ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России; ² отделение анализа статистики здоровья населения (зав. — проф. А. Е. Иванова), ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России, Москва

На основании данных поперечного комплексного антропологического обследования выборки русского населения Восточной Сибири (3954 людей мужского и женского пола в возрасте от 16 до 86 лет) представлена характеристика половозрастных различий типов телосложения в конституциональной схеме Хит—Картера. Средние соматотипы в подгруппах русских мужчин и женщин испытывали однотипные выраженные возрастные изменения с параллельным увеличением баллов эндо- и мезоморфии до 60-летнего возраста. При этом у мужчин преобладал эндо-мезоморфный, а у женщин — мезо-эндоморфный тип телосложения. В возрастных группах старше 60 лет в обеих подгруппах наблюдался сдвиг среднего соматотипа в сторону эндоморфии с последующей инволюцией компонентов сомы. Во всех возрастных группах отмечались выраженные половые различия баллов эндо- и мезоморфии, а также эктоморфии (за исключением возрастной группы 20–29 лет). Выраженный половой диморфизм соматотипа отмечался также в подгруппах молодых бурятов ($n = 249$), тувинцев ($n = 426$) и хакасов ($n = 355$). Впервые показана возможность оценки первого и второго компонентов соматотипа по Хит—Картеру у взрослых людей по данным биоимпедансометрии с точностью, сравнимой с точностью соответствующих формул для детей и подростков. Отличием полученных формул от предложенных ранее для детей и подростков является их зависимость от пола и возраста, а также нелинейная зависимость балла эндоморфии от индекса массы тела.

Ключевые слова: антропометрия, взрослые люди, соматотип по Хит—Картеру, биоимпедансная оценка, половозрастные различия

Индивидуальная оценка типа телосложения (соматотипа) традиционно используется в биологии и медицине для характеристики физического развития человека, его адаптации к среде обитания, в задачах профессионального отбора и перспективна для разработки персонализированных подходов к профилактике и лечению заболеваний [4]. Одной из наиболее распространённых в мире схем соматотипирования на сегодняшний день является схема В. Шелдона [16] в модификации Б. Хит и Л. Картера [11, 12].

Соматотип по Хит—Картеру определяется как упорядоченный набор из трёх величин, количественно характеризующих различные аспекты телосложения: уровень развития жировой ткани (эндоморфия), скелета и мышц (мезоморфия) и меру вытянутости тела (эктоморфия). Указанные компоненты соматотипа рассчитыва-

ются по специальным формулам на основе измерений десяти антропометрических признаков [11]. Преимуществами определения типа телосложения по Хит—Картеру в сравнении с другими схемами соматотипирования являются использование непрерывной оценочной шкалы, применимость для людей мужского и женского пола всех национальностей и рас в широком возрастном диапазоне (от 2 до 70 лет) и сопоставимость получаемых результатов с данными зарубежных исследований. В России указанный метод чаще используется для характеристики телосложения детей, подростков и юных спортсменов [5, 6], а для взрослых людей применяется сравнительно редко, несмотря на установленную связь соматотипа с заболеваниями [11, 13]. Недостатками соматотипирования по Хит—Картеру, как и большинства других схем оценки телосложения, являются существенные

Сведения об авторах:

Синдеева Людмила Викторовна (e-mail: lsind@mail.ru), кафедра анатомии и гистологии человека, ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России, 660022, Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1

Руднев Сергей Геннадьевич (e-mail: sergey.rudnev@gmail.com), отделение анализа статистики здоровья населения, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России, 127254, Москва, ул. Добролюбова, 11

временные затраты на проведение измерений, зависимость результатов от типа используемого антропометрического оборудования и высокие требования, предъявляемые к квалификации измерителя, что снижает возможности использования метода в сравнительных популяционных исследованиях.

На основании изучения взаимосвязей соматотипа и параметров состава тела недавно были предложены простые и надёжные регрессионные формулы биоимпедансной оценки первого и второго компонентов соматотипа по Хит—Картеру для русских детей и подростков [9] и показана их применимость для регионов Европейской части России независимо от географии выборки [1]. Преимуществом использования биоимпедансометрии для оценки соматотипа является широкое распространение в России однотипного биоимпедансного оборудования, сравнительная простота, неинвазивность, оперативность метода и менее строгие требования, предъявляемые к квалификации измерителя. Исследование возможности биоимпедансной оценки соматотипа по Хит—Картеру у взрослых людей ранее не проводилось.

Цель данной работы — изучить половозрастную изменчивость соматотипа при определении его по методу Хит—Картера у взрослых людей (на примере русского населения Восточной Сибири), разработать формулы биоимпедансной оценки первого и второго компонентов соматотипа.

Материал и методы. Использовали данные поперечного комплексного антропологического обследования населения Восточной Сибири — жителей Красноярского края, республик Бурятия, Тыва и Хакасия (табл. 1). Измерения проводили в 2006–2011 гг. на базе ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф.Войно-Ясенецкого», ФГБОУ ВПО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф.Катанова» (г. Абакан), Республиканского медицинского училища Республики Тыва (г. Кызыл), санатория «Берёзки» АО «Электрохимический завод» (г. Зеленогорск), Сибирского клинического центра (г. Красноярск). В выборку были включены условно здоровые люди обоего пола в возрасте от 16 до 86 лет. Обследованы 4984 человек (основная группа) — представители нескольких этнических групп обоего пола: русские, буряты, тувинцы и хакасы [7]. Все измерения были выполнены одним из авторов (ЛВС). Критериями включения являлись отсутствие у пациента на момент обследования острых заболеваний и обострений хронических заболеваний. Критериями исключения были: наличие в анамнезе онкологических заболеваний и туберкулёза, наличие установленного кардиостимулятора, беременность, сахарный диабет, заболевания опорно-двигательного аппарата, приводящие к выраженной деформации позвоночного столба и конечностей, генетические заболевания. Принадлежность к определённому этносу устанавливали, если со слов испытуемого оба его родителя, а также его бабушки и дедушки относились к одной этнической группе.

В подгруппе этнически русских мужчин и женщин преобладали представители юношеского и первого зрелого возраста (средний возраст 30,9 лет, медиана 22 года). Подгруппы бурятов, тувинцев и хакасов были целиком представлены индивидами указанных двух возрастных диапазонов (средний возраст 18,2, 18,4 и 17,9 лет соответственно), рис. 1.

Биоимпедансное обследование выполняли с использованием анализатора состава тела ABC-01 «Медасс» (НТЦ Медасс,

Таблица 1

Общая характеристика обследованной группы

Этническая группа	Возраст, лет	Размер выборки, человек (мужчин, женщин)	Регион основного проживания
Русские	16–86	3954 (1694м, 2260ж)	Красноярский край
Буряты	16–21	249 (116м, 133ж)	Респ. Бурятия (229), г. Красноярск (18), респ. Хакасия (2)
Тувинцы	16–24	426 (191м, 235ж)	Респ. Тыва (398), г. Красноярск (23), респ. Бурятия (5)
Хакасы	16–21	355 (167м, 188ж)	Респ. Хакасия (338), г. Красноярск (7), респ. Бурятия (7), респ. Тыва (3)

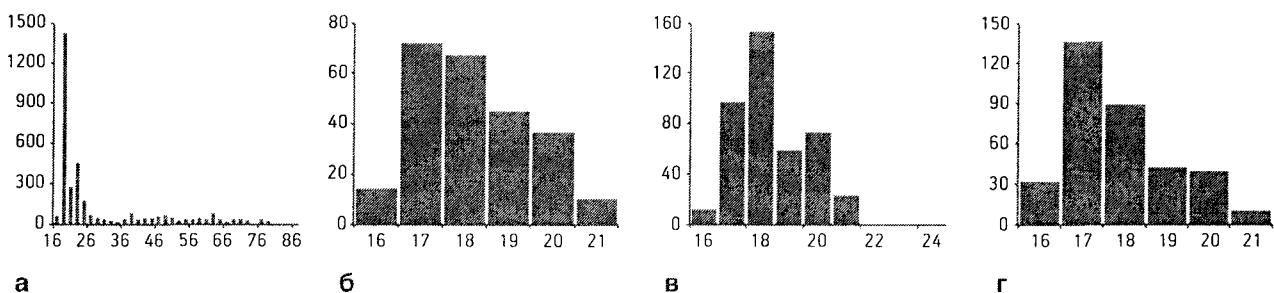


Рис. 1. Возрастная структура этнических подгрупп основной группы: а — русские, б — буряты, в — тувинцы, г — хакасы.

По оси абсцисс — возраст (лет), по оси ординат — количество обследованных

Россия) по стандартной четырёхэлектродной схеме в положении испытуемых лёжа на спине с креплением одноразовых электродов в области лучезапястного и голеностопного суставов [8]. Антропометрическое обследование выполняли по стандартной методике [2]. Для определения соматотипа по Хит—Картеру использовали данные измерений следующих размерных признаков: длины и массы тела, обхвата плеча расслабленного (ОП), обхвата голени, поперечного диаметра дистального эпифиза плеча (ПДДЭП), поперечного диаметра дистального эпифиза бедра (ПДДЭБ), толщины кожно-жировых складок под лопаткой, на задней поверхности плеча (над трёхглавой мышцей), на животе (латеральнее пупка) и на голени. На основе эмпирических расчётных формул оценивали экскурсию мышц плеча (ЭМП) и толщину верхнеподвздошной кожно-жировой складки (КЖС_{ни}):

$$\text{ЭМП, см} = 1,705 - 0,01817 \times \text{возраст, лет} + 1,907 \times \text{пол}$$

$$(R^2 = 0,64, \text{SEE} = 0,72 \text{ см}),$$

где пол = 1 (мужской), 0 (женский);

$$\text{КЖС}_{\text{ни}} \text{, мм} = 0,8224 \times \text{КЖС}_{\text{на животе}} - 0,694$$

$$(R^2 = 0,92, \text{SEE} = 2,3 \text{ мм}),$$

где КЖС_{на животе} — кожно-жировая складка на животе латеральнее пупка (мм).

Приведённые формулы были получены для отдельной выборки 77 этнически русских мужчин и женщин, обследованных в ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф.Войно-Ясенецкого» весной 2016 года. Возрастное распределение выборки (средний возраст 26,9 лет, медиана 20 лет) было близко к таковому у этнически русских индивидов основной группы. Обхват напряжённого плеча в основной группе рассчитывали как сумму значений ОП и ЭМП.

Длину тела (ДТ) определяли антропометром Мартина (Вереск, Россия) с точностью до 1 мм в положении стоя выпрямившись, а массу тела (МТ) — на медицинских механических весах РП-150МГ-мед с точностью до 0,1 кг. Обхваты измеряли пластиковой сантиметровой лентой, а поперечные диаметры — скользящим циркулем с точностью до 1 мм. Толщину КЖС определяли с точностью до 0,1 мм калипером-циркулем (Вереск, Россия) с площадью контактных поверхностей 90 мм². Рассчитывали индекс массы тела (ИМТ) как отношение МТ к квадрату ДТ (кг/м²).

Соматотип по Хит—Картеру определяли на основе рекомендованных антропометрических расчётных формул [11]:

$$\text{Эндоморфия} = -0,7182 + 0,1451 \times \sum \text{КЖС} -$$

$$-0,00068 \times \sum \text{КЖС}^2 + 0,0000014 \times \sum \text{КЖС}^3,$$

где $\sum \text{КЖС}$ = (суммарная толщина КЖС над трёхглавой мышцей плеча, под лопаткой и над подвздошным гребнем, мм) \times (170,18/ДТ, см);

$$\text{Мезоморфия} = 0,858 \times \text{ПДДЭП, см} + 0,601 \times \text{ПДДЭБ, см} +$$

$$+ 0,188 \times (\text{обхват плеча с поправкой, см}) +$$

$$+ 0,161 \times (\text{обхват голени с поправкой, см}) -$$

$$- 0,131 \times (\text{ДТ, см}) + 4,50,$$

где обхват плеча с поправкой — это разность обхвата напряжённого плеча и толщины КЖС над трёхглавой мышцей плеча, обхват голени с поправкой — это разность обхвата голени и толщины КЖС на голени;

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

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

$$0,1, \text{ если } \text{РВО} \leq 38,25,$$

где РВО — росто-весовое отношение, равное отношению ДТ к корню кубическому МТ (м/кг^{1/3}).

В подгруппе русских мужчин и женщин основной группы оценивали применимость предложенных ранее формул биоимпедансной оценки эндоморфии и мезоморфии по Хит—Картеру для детей и подростков [9]:

$$\text{ЭНДО}_{\text{БИА}} = -3224,7/\text{R50} + 0,63867 \times \text{ИМТ} -$$

$$- 0,04162 \times \text{МТ} - 2,1950;$$

$$\text{МЕЗО}_{\text{БИА}} = 2195,4/\text{R50} + 0,52966 \times \text{ИМТ} -$$

$$- 0,09740 \times \text{МТ} - 4,5522,$$

где R50 — активная составляющая импеданса (Ом) на частоте 50 кГц, ИМТ — индекс массы тела (кг/м²), МТ — масса тела (кг). Для той же подгруппы получали уточнённые формулы биоимпедансной оценки эндо- и мезоморфии. Для характеристики доли объяснённой дисперсии признаков рассчитывали коэффициент детерминации R². Стандартную ошибку регрессии вычисляли по формуле $\text{SEE} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - k - 1)}$, где n — размер выборки, k — количество независимых переменных в уравнении регрессии, x_i — значение i -го наблюдения, \bar{x} — регрессионная оценка для i -го наблюдения.

Индивидуальный тип телосложения определяли в соответствии с принятой классификацией [11], групповые средние представляли на соматограмме. Межгрупповые различия компонентов соматотипа оценивали на основе рангового критерия Манна—Уитни. Для характеристики внутригрупповой изменчивости определяли средневзвешенное расстояние до выборочного среднего соматотипа (somatotype attitudinal mean, SAM) [11].

Исследование (критерии включения/исключения, правомерность применяемых методик, форма информированного согласия) было одобрено локальным этическим комитетом при ФГБОУ ВО «КрасГМУ им. проф. В.Ф.Войно-Ясенецкого» (протокол № 24/2010 от 26.05.2010). Все обследования проводили с соблюдением правил биоэтики, полученные данные деперсонифицированы. Статистическую обработку данных выполняли с использованием пакетов программ Minitab 17.3 и MS Excel 2010.

Результаты исследования. Этнически русские мужчины и женщины были в среднем более рослыми и массивными в сравнении с бурятами, тувинцами и хакасами (табл. 2). Значимо более низкие медианные значения ИМТ имели подгруппы бурятов обоего пола, хакасов-мужчин и тувинок. Тувинцы обоего пола характеризовались в среднем повышенными, а хакасы-мужчины — пониженными значениями жировой массы тела (ЖМТ), %.

Средние значения ДТ взрослых людей с возрастом снижались, а МТ — нарастали, достигая плато к 50–60 годам, и затем уменьшались (табл. 3). До 7-й декады возраста включительно в подгруппах мужчин и женщин наблюдался устойчивый рост средних значений ИМТ и ЖМТ (%) (за исключением подгруппы 50–59-летних мужчин) с последующим снижением показателей.

Подгруппы русских мужчин и тувинцев характеризовались в среднем эндомезоморфным,

Таблица 2

Антропометрическая характеристика этнических подгрупп основной группы (медиана и размах значений)

Этническая группа	Мужчины					Женщины				
	п	ДТ, см	МТ, кг	ИМТ, кг/м ²	ЖМТ, %	п	ДТ, см	МТ, кг	ИМТ, кг/м ²	ЖМТ, %
Русские	1694	175 [*] (151–210)	70 [*] (41–132)	22,6 [*] (15,7–45,5)	16,8 [*] (2,2–63,8)	2260	163 (135–192)	59,8 (36–129)	21,8 (13,7–53,1)	24,3 (4,0–59,4)
Буряты	116	172 ^{**} (162–185)	61 ^{**} (50–115)	20,6 ^{**} (17,1–35,3)	16,7 [*] (5,2–36,1)	133	161 [*] (147–175)	52 [*] (41–73)	19,8 [*] (16,5–29,9)	24,3 (13,1–40,4)
Тувинцы	191	168 ^{**} (152–184)	66 ^{**} (45–99)	23,3 [*] (15,5–36,2)	21,9 ^{**} (7,5–42,3)	235	156 [*] (141–179)	52 [*] (37,7–86)	21,5 [*] (15,6–34,0)	27,5 [*] (5,6–56,6)
Хакасы	167	168 ^{**} (153–196)	59 ^{**} (45–92)	20,6 ^{**} (16,5–32,6)	13,5 ^{**} (3,8–42,3)	188	158 [*] (143–173)	54 [*] (36–89)	21,5 (15,6–37,5)	24,9 (6,2–59,1)

Примечания. Здесь и в табл. 3: ДТ — длина тела, МТ — масса тела, ИМТ — индекс массы тела, ЖМТ — жировая масса тела.

* Значимые различия в сравнении с подгруппой этнически русских индивидов при $P < 0,05$; ^{*} значимые половые различия при $P < 0,05$.

Таблица 3

Антропометрическая характеристика возрастных подгрупп этнически русских индивидов (медиана и размах значений)

Возраст, лет	Мужчины					Женщины				
	п	ДТ, см	МТ, кг	ИМТ, кг/м ²	ЖМТ, %	п	ДТ, см	МТ, кг	ИМТ, кг/м ²	ЖМТ, %
16–19	691	177 [*] (152–210)	66 ^{**} (41–117)	21,2 ^{**} (15,7–38,3)	13,4 ^{**} (2,2–48,0)	993	165 (139–187)	55,2 [*] (36–106)	20,3 (13,7–36,3)	21,6 [*] (4,0–52,7)
20–29	414	177 [*] (159–200)	68,5 [*] (47–132)	22,0 [*] (16,2–45,5)	16,5 [*] (3,2–63,8)	518	165 (140–192)	56,0 (37–114)	20,4 (14,9–38,8)	22,2 (4,1–51,7)
30–39	155	175 ^{**} (158–200)	74 ^{**} (52–128)	23,6 [*] (18,2–34,9)	18,6 ^{**} (3,9–48,8)	112	164 (146–177)	63,5 [*] (42–124)	23,4 [*] (17,4–44,4)	27,0 [*] (8,7–58,6)
40–49	136	175 [*] (161–191)	80 ^{**} (52–120)	25,5 ^{**} (18,2–39,9)	24,7 ^{**} (7,0–48,3)	188	162 [*] (144–181)	72 [*] (50–129)	27,4 [*] (18,0–46,6)	32,4 [*] (12,3–58,0)
50–59	57	174 ^{**} (155–190)	80 ^{**} (59–118)	26,6 [*] (20,7–39,0)	24,2 ^{**} (8,8–47,9)	208	159 [*] (135–175)	76 [*] (43–121)	29,7 [*] (17,4–53,1)	34,8 [*] (11,3–59,4)
60–69	146	169 ^{**} (157–182)	78 [*] (54–112)	27,4 [*] (19,4–40,6)	24,8 ^{**} (6,1–45,6)	122	157 [*] (140–174)	76 [*] (46–120)	31,2 [*] (18,2–45,5)	35,9 [*] (7,8–55,1)
70+	95	168 ^{**} (151–181)	67 (47–101)	23,8 ^{**} (17,9–35,8)	16,5 [*] (3,4–41,5)	119	156 [*] (139–173)	69 [*] (45–113)	28,5 [*] (18,9–45,3)	29,8 [*] (9,5–49,9)

* Значимые различия в сравнении с подгруппой 20–29-летних индивидов того же пола ($P < 0,05$); ^{*} значимые половые различия ($P < 0,05$).

а буряты и хакасы — эктомезоморфным типом телосложения (средние соматотипы последних практически совпадали) (см. рис. 2 и табл. 4). Подгруппы русских и хакасских женщин характеризовались в среднем мезоэндоморфным, тувинцы — мезоморфно-эндоморфным, а буряты — центральным типом телосложения.

Средние соматотипы в подгруппах русских мужчин и женщин испытывали однотипные возрастные изменения (см. рис. 2 и табл. 5): до 50–60-летнего возраста баллы эндо- и мезоморфии синхронно росли, а затем, после периода стабилизации балла мезоморфии на фоне увеличения выраженности эндоморфии, одновременно снижались. У мужчин в возрастных группах до 60 и старше 70 лет преобладал балл мезоморфии, а в возрастной группе 60–69 лет — балл эндоморфии

(см. табл. 5). У женщин балл эндоморфии преобладал во всех возрастных группах. Балл эктоморфии устойчиво снижался с возрастом (за исключением старшей возрастной группы у мужчин).

Подгруппы русских мужчин и женщин, а также мужчин-тувинцев характеризовались повышенной внутригрупповой изменчивостью соматотипа в сравнении с другими группами (см. табл. 4). В подгруппе русских мужчин максимум внутригрупповой изменчивости соматотипа приходился на старшую возрастную группу, а в подгруппе русских женщин — на возраст 30–39 лет (см. табл. 5).

Распределения значений эндо- и мезоморфии в подгруппе русских мужчин и женщин имели правосторонний (положительный) скос и хорошо аппроксимировались логнормальным распределе-

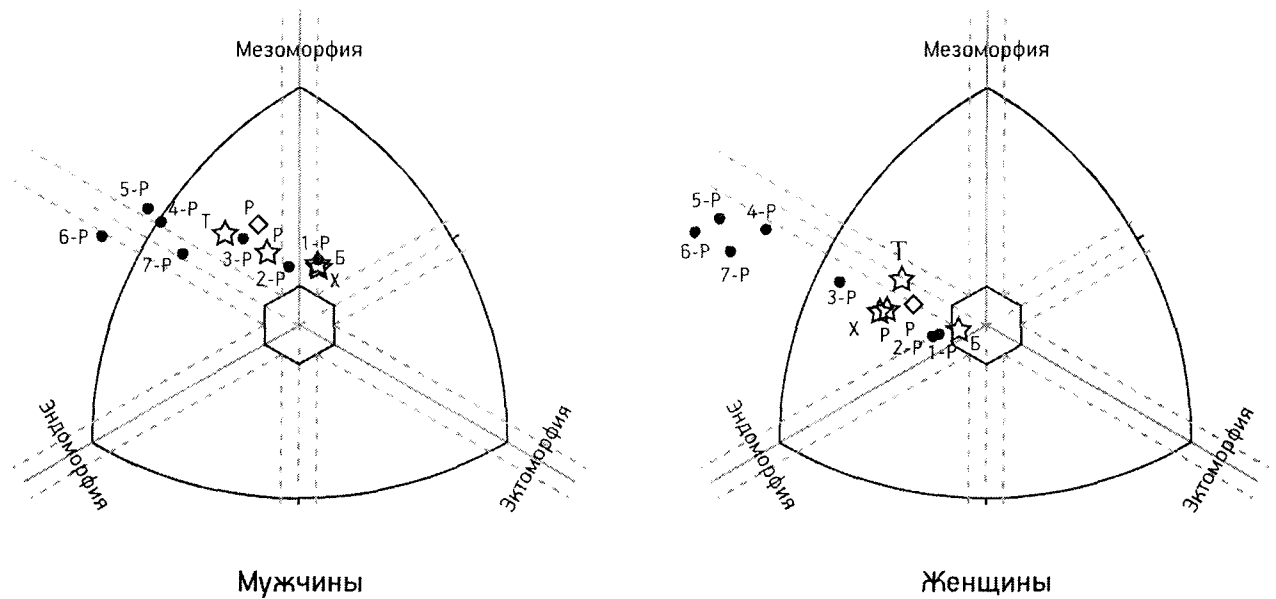


Рис. 2. Соматограммы: медианные соматотипы по Хит—Картеру этнических подгрупп группы обследованных (☆) и возрастных подгрупп русских индивидов (●). Буквы в подписях к данным соответствуют этнической принадлежности (Р — русские, Б — буряты, Т — тувинцы, Х — хакасы); цифры означают количество полных десятилетий в возрасте индивидов рассматриваемой возрастной подгруппы (например, «3-Р» означает подгруппу русских индивидов в возрасте от 30 до 39 лет включительно)

Таблица 4

Медианные соматотипы по Хит—Картеру в этнических подгруппах мужчин и женщин

Этническая группа	Мужчины					Женщины				
	n	Эндо-морфия	Мезо-морфия	Экто-морфия	SAM	n	Эндо-морфия	Мезо-морфия	Экто-морфия	SAM
Русские	1694	3,5 ⁺	4,9 ⁺	2,6 ⁺	2,6	2260	5,1	4,1	2,2	2,9
Буряты	116	2,7 ^{*+}	4,5 ^{*+}	3,3 ^{*+}	1,8	133	3,8 [*]	3,3 [*]	3,0 [*]	2,0
Тувинцы	191	4,1 [*]	5,4 ^{*+}	2,0 [*]	2,5	235	4,5 [*]	4,5	2,0	2,1
Хакасы	167	2,7 ^{*+}	4,5 ^{*+}	3,2 ^{*+}	1,6	188	5,1	4,0	2,0	2,1

Примечание. Здесь и в табл. 5: SAM — средневзвешенное расстояние до выборочного среднего соматотипа.

* Значимые различия в сравнении с подгруппой этнически русских индивидов ($P < 0,05$); ⁺ значимые половые различия ($P < 0,05$).

Таблица 5

Возрастная изменчивость соматотипа по Хит—Картеру в подгруппах русских мужчин и женщин, медианные значения

Возраст, лет	Мужчины					Женщины				
	n	Эндо-морфия	Мезо-морфия	Экто-морфия	SAM	n	Эндо-морфия	Мезо-морфия	Экто-морфия	SAM
16–19	691	2,8 ^{*+}	4,7 ⁺	3,3 ^{*+}	2,3	993	4,4 [*]	3,5	3,0	2,1
20–29	414	3,3 ⁺	4,6 ⁺	3,0	2,2	518	4,6	3,5	3,0	2,2
30–39	155	3,9 ^{*+}	5,3 ^{*+}	2,3 ^{*+}	2,3	112	5,7 [*]	4,7 [*]	1,5 [*]	2,8
40–49	136	5,2 ^{*+}	5,8 [*]	1,2 ^{*+}	2,2	188	6,8 [*]	6,1 [*]	0,4 [*]	2,5
50–59	57	5,3 ^{*+}	6,1 [*]	0,9 ^{*+}	2,3	208	7,9 [*]	6,7 [*]	0,1 [*]	2,4
60–69	146	6,4 ^{*+}	5,8 ^{*+}	0,6 ^{*+}	2,3	122	8,6 [*]	6,7 [*]	0,1 [*]	2,1
70+	95	4,8 ^{*+}	4,9 ⁺	1,4 ^{*+}	2,6	119	7,6 [*]	5,7 [*]	0,1 [*]	2,3

* Значимые различия в сравнении с подгруппой 20–29-летних индивидов того же пола ($P < 0,05$); ⁺ значимые половые различия ($P < 0,05$).

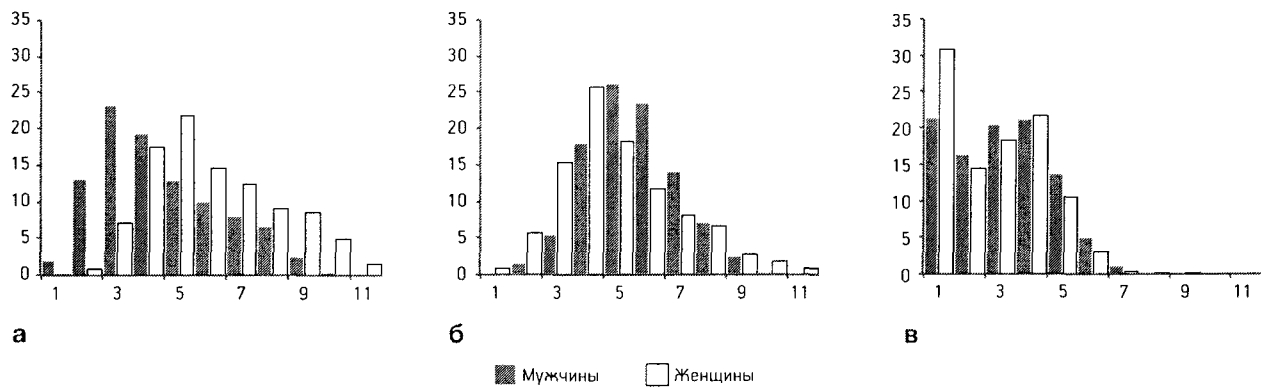


Рис. 3. Распределение значений компонентов соматотипа по Хит—Картеру в подгруппах этнически русских мужчин (темные столбики) и женщин (светлые столбики): а — эндоморфия; б — мезоморфия; в — эктоморфия.

По оси абсцисс — выраженность компонентов в баллах; по оси ординат — доля представителей от общего числа обследованных

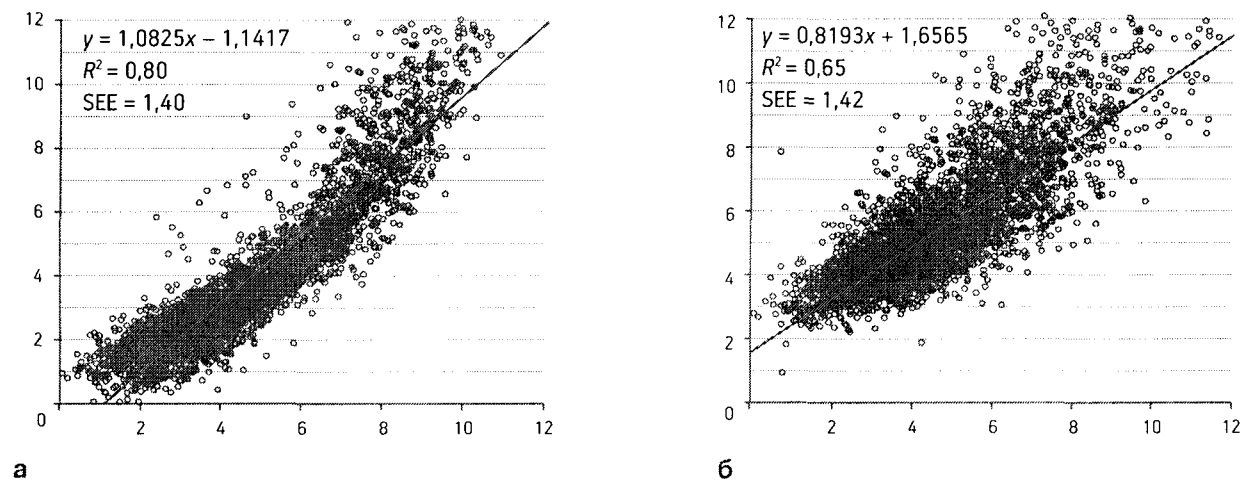


Рис. 4. Соответствие биоимпедансных оценок баллов эндоморфии (а) и мезоморфии (б) по формулам (1) и (2) расчётным антропометрическим значениям признаков в объединённой группе русских мужчин и женщин. Здесь и на рис. 5: по оси абсцисс — антропометрические значения баллов эндоморфии (а), мезоморфии (б); по оси ординат — биоимпедансные оценки баллов эндоморфии (а) и мезоморфии (б)

нием (рис. 3). Распределения значений эктоморфии были скошены влево. Каждый седьмой обследованный (14,2%) имел минимально возможное значение эктоморфии, равное 0,1. Средний возраст таких индивидов (51,3 года, медиана 55 лет) был значимо выше, чем подгруппы в целом, при этом большинство составили женщины (78,2%). Распределения значений эндо- и мезоморфии в подгруппах бурятов и хакасов также имели правосторонний скос, а в подгруппе тувинцев подчинялись нормальному закону.

Точность формул (1) и (2) биоимпедансной оценки первого и второго компонентов соматотипа по Хит—Картеру в объединённой группе русских мужчин и женщин оказалась существенно ниже, чем для референтной группы детей и подростков в работе [9] (рис. 4). При этом коэффициенты детерминации для эндоморфии в подгруппах мужчин и женщин ($R^2 = 0,83$) соот-

ветствовали референтному значению $R^2 = 0,81$ (табл. 6). Коэффициент детерминации для мезоморфии у женщин соответствовал референтным данным ($R^2 = 0,78$ vs 0,81), а в подгруппе мужчин был значительно ниже ($R^2 = 0,60$ vs 0,81). Биоимпедансные оценки эндоморфии при высоких значениях признака росли быстрее, чем линейно (см. рис. 4, а).

Ввиду выраженной половозрастной изменчивости соматотипа (см. рис. 2 и табл. 5) и нелинейного роста регрессионного остатка для эндоморфии (см. рис. 4, а) в структуру регрессионных формул были добавлены новые переменные: пол, возраст и ИМТ² (для эндоморфии). Уточнённые формулы биоимпедансной оценки соматотипа у взрослых людей, построенные для подгруппы русских индивидов ($n = 3954$), имели вид:

Таблица 6

Доли объяснённой дисперсии и стандартные ошибки регрессионных формул (1) и (2) для подгрупп русских мужчин и женщин

Подгруппы	Эндоморфия		Мезоморфия	
	R ²	SEE	R ²	SEE
Мужчины 17–86 лет, n = 1694	0,83	1,00	0,60	1,00
Женщины 16–82 года, n = 2260	0,83	1,63	0,78	1,67
Референтная группа [9]: русские, n = 2364				
Дети, подростки и лица юношеского возраста 7–17 лет	0,81	0,65	0,81	0,54

$$\begin{aligned} \text{ЭНДО}_{\text{БИА}} = & -2837,3/R50 + 0,916 \times \text{ИМТ} - \\ & - 0,0109 \times \text{ИМТ}^2 + 0,013 \times \text{МТ} + \\ & + 0,017 \times \text{возраст, лет} - \\ & - 1,4 \times \text{пол} - 5,95 \end{aligned} \quad (3)$$

(R² = 0,90; SEE = 0,69),

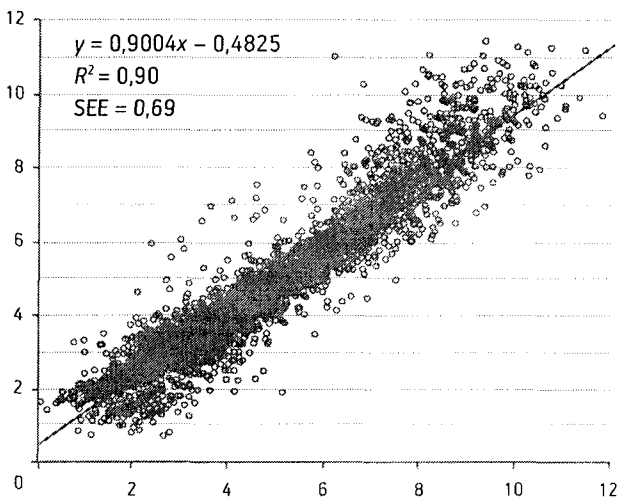
$$\begin{aligned} \text{МЕЗО}_{\text{БИА}} = & 890,8/R50 + 0,5017 \times \text{ИМТ} - \\ & - 0,073 \times \text{МТ} - 0,017 \times \\ & \times \text{возраст, лет} + 1,17 \times \text{пол} - 3,83 \end{aligned} \quad (4)$$

(R² = 0,78; SEE = 0,88),

где пол = 1 (мужской), 0 (женский).

Для подгрупп этнически русских индивидов и хакасов значения R² и SEE для эндоморфии оказались близки к референтным значениям, изложенным в работе [9] (табл. 6, 7). Биоимпедансные оценки мезоморфии оказались в целом менее точны, чем эндоморфии (см. табл. 7).

Формулы (3) и (4) были точнее в возрастном диапазоне 16–40 лет. Случаи значительных расхождений антропометрических и биоимпедансных оценок компонентов соматотипа, как правило, соответствовали области высоких значений признаков (рис. 6).



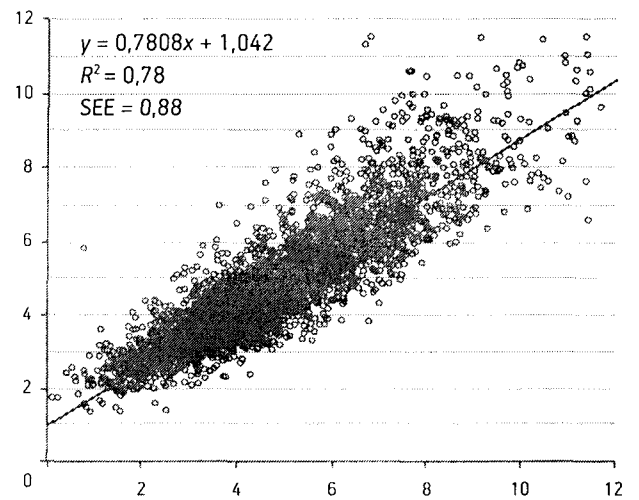
а

Таблица 7

Доли объяснённой дисперсии и стандартные ошибки регрессионных формул (3) и (4) для оценки соматотипа по Хит—Картеру в этнических подгруппах группы обследованных

Подгруппы	Эндоморфия		Мезоморфия	
	R ²	SEE	R ²	SEE
Русские, n = 3954	0,90	0,69	0,78	0,88
мужчины, n = 1694	0,87	0,72	0,71	0,82
женщины, n = 2260	0,90	0,67	0,80	0,92
Буряты, n = 249	0,75	0,98	0,65	0,84
Тувинцы, n = 426	0,78	1,01	0,72	0,80
Хакасы, n = 355	0,89	0,62	0,70	0,72

Несмотря на высокие значения R² для эндоморфии, формула (1) в применении к нашей группе характеризовалась повышенными значениями SEE, более высокими для женщин, что объяснялось систематическим сдвигом биоимпедансных оценок эндоморфии относительно антропометрических расчётных значений признака. Указанный сдвиг сохранялся и для возрастных подгрупп 16–17-летних юношей и девушек (рис. 7, а), т. е. в пределах области применимости формулы (1).



б

Рис. 5. Соответствие биоимпедансных оценок баллов эндоморфии (а) и мезоморфии (б) по формулам (3) и (4) расчётным антропометрическим значениям признаков в объединённой группе русских мужчин и женщин (n = 3954)

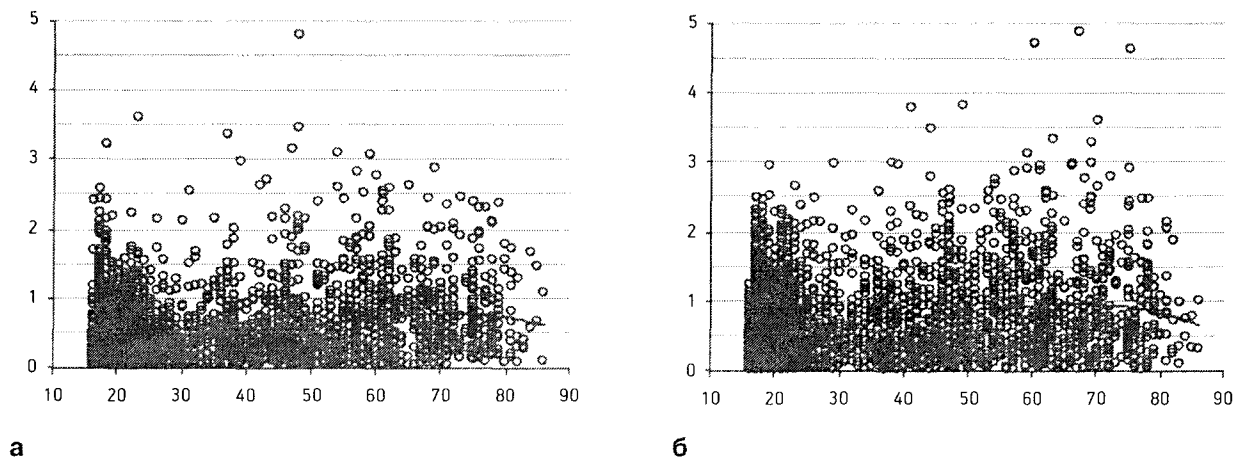


Рис. 6. Диаграммы рассеяния модуля погрешности регрессионных формул (3) и (4) для оценки баллов эндо- (а) и мезоморфии (б) в объединённой группе русских мужчин и женщин в зависимости от возраста. По оси абсцисс — возраст (лет), по оси ординат — модуль погрешности

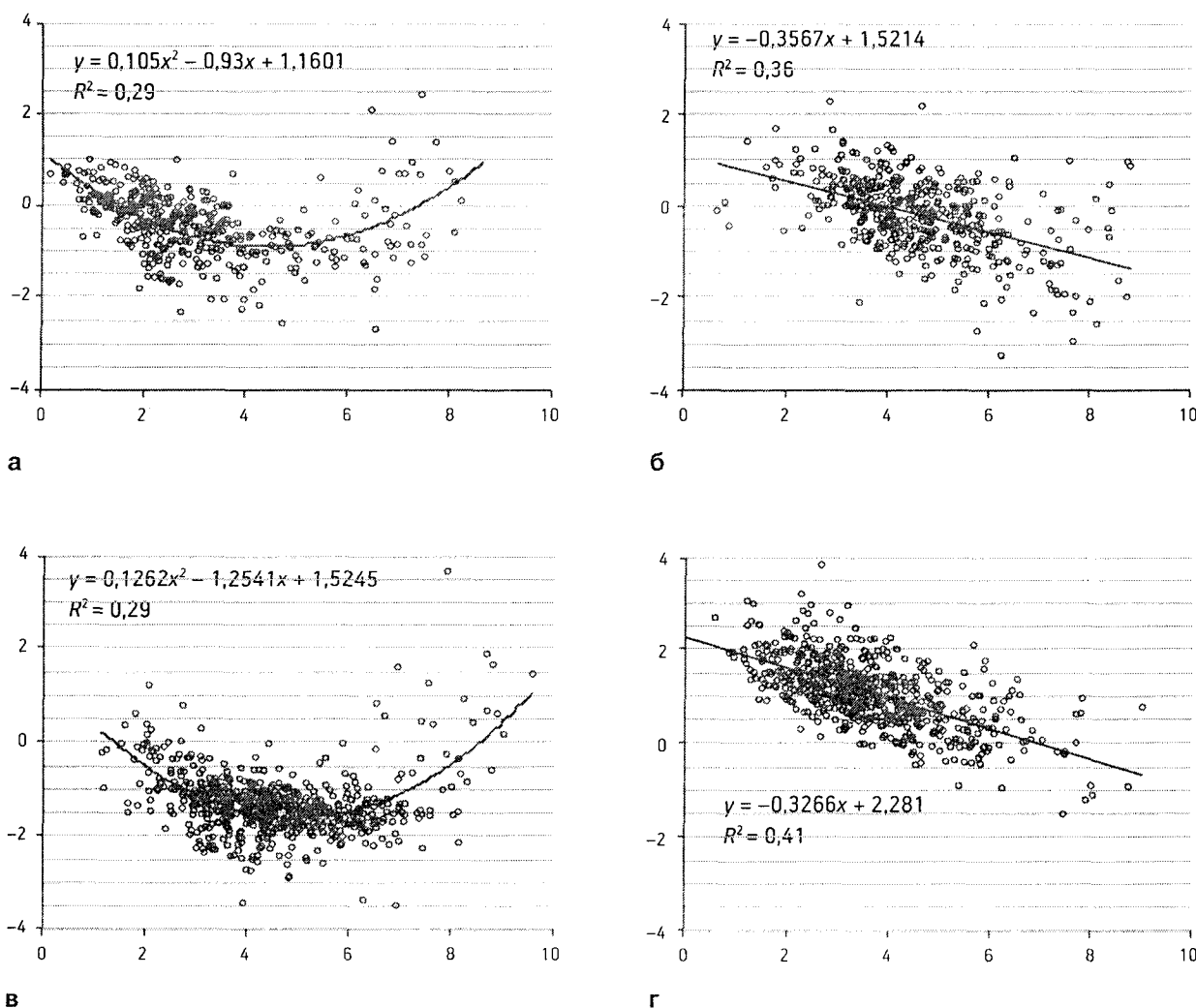


Рис. 7. Регрессионные остатки биоимпедансных оценок баллов эндоморфии (а, в) и мезоморфии (б, г) по формулам (1) и (2) для подгрупп русских юношей (возраст 17 лет, а, б) и девушек (возраст 16–17 лет, в, г).

По оси абсцисс — антропометрические значения баллов эндоморфии (а, в) и мезоморфии (б, г); по оси ординат — регрессионные остатки баллов эндоморфии (а, в) и мезоморфии (б, г) по разнице биоимпедансных и антропометрических данных

Обсуждение полученных данных. Формулы для оценки соматотипа по Хит—Картеру и данные о возрастных изменениях соматотипа получены в работе только для представителей русского этноса, так как для других этносов эти данные недостаточны в силу узкого возрастного диапазона обследованных. В то же время материалы по другим этносам, которые представляют существенный интерес, приведены для сравнения.

Проведённое исследование выявило наличие возрастного тренда среднего соматотипа среди обследованных представителей русского населения Восточной Сибири в сторону увеличения баллов эндо- и мезоморфии при сопутствующем снижении балла эктоморфии. Сходные, но менее выраженные возрастные сдвиги отмечены в зарубежных работах [10, 17]. Средние соматотипы старших возрастных групп на соматограммах описывали полукруг против часовой стрелки с характерным сдвигом в сторону увеличения балла эктоморфии и последующим снижением баллов эндо- и мезоморфии. В аспекте половых различий баллы мезоморфии и эктоморфии (за исключением возрастной группы 20–29 лет) были более выражены у мужчин, а эктоморфии — у женщин. Выраженные половые различия компонентов соматотипа наблюдались и в этнических подгруппах бурятов, тувинцев и хакасов.

Возможной причиной наблюдаемого систематического сдвига биоимпедансных оценок балла эктоморфии относительно антропометрических расчётных значений признака для возрастных подгрупп 16–17-летних юношей и девушек могут служить биологические различия популяций русских детей и подростков Европейской части России и Восточной Сибири. Однако нельзя исключать и возможность смещения антропометрической оценки балла эктоморфии ввиду использования в данном исследовании оригинального калипера-циркуля (Вереск, Россия), не традиционного для рассматриваемой методики оценки типа телосложения. Для обеспечения сопоставимости данных при соматотипировании по Хит—Картеру рекомендуется использовать калиперы Харпенден или Холтейн и отмечается, что некоторые типы калиперов, такие как калипер Ланге, имеют тенденцию к завышению толщины КЖС [11, 15]. В связи с этим отметим, что формулы (1) и (2) были получены в исследовании [9] по данным измерений калипером Таннера—Уайтхауса (GPM), разработанным для детей и подростков на базе калипера Харпенден. Если предположить, что формула (1) для рассмотренной в нашей работе подгруппы 16–17-летних юношей и девушек даёт несмещённую оценку балла эктоморфии, то можно сделать

вывод, что калипер Вереск, подобно калиперу Ланге, завышает толщину КЖС. Сопоставлений калипера Вереск с калиперами других типов, по нашим сведениям, не проводилось. Поэтому указать действительную причину наблюдаемых различий биоимпедансной оценки балла эктоморфии по формуле (1) и антропометрических расчётных значений признака в рамках настоящей работы не представляется возможным. Известно, что регрессионные формулы на основе калиперометрии следует применять с осторожностью, если данные наблюдений были получены с использованием калипера другого типа [14, с. 30].

Отметим, что в подгруппе русских индивидов основной группы КЖС на животе была, как правило, толще, чем над подвздошным гребнем (в среднем на 4,1 мм у мужчин и 4,8 мм у женщин). Таким образом, использовать эти складки взаимозаменяемо при расчёте балла эктоморфии по Хит—Картеру было нельзя, несмотря на высокую коррелированность признаков, вследствие чего применялась формула пересчёта.

Пониженное значение коэффициента детерминации R^2 при описании балла мезоморфии по формуле (2) в подгруппе русских мужчин объясняется использованием приближённой оценки обхвата напряжённого плеча — с учётом того, что медианное расчётное значение экскурсии мышц плеча ЭМП у мужчин было значительно выше, чем у женщин (32,1 и 13,2 мм соответственно).

Повышенное значение стандартной ошибки регрессии SEE при описании балла мезоморфии в подгруппе русских женщин может быть связано с влиянием различий измерений КЖС разными типами калиперов. Если на основе приведённых выше рассуждений предположить, что калипер Вереск завышает толщину складки, то антропометрические расчётные значения мезоморфии будут занижены (ввиду применяемой поправки на толщину складок). При этом снижение будет пропорционально толщине складок, что согласуется с полученными данными о более выраженных различиях баллов мезоморфии в подгруппе девушек, чем в подгруппе юношей.

В результате анализа структуры погрешностей регрессионных формул (1)—(2) при их применении к подгруппе русских индивидов мы получили формулы (3)—(4) биоимпедансной оценки соматотипа у взрослых людей, точность которых для эктоморфии соответствовала, а для мезоморфии была несколько ниже точности формул для детей и подростков. Однако ввиду приведённого замечания для R^2 и из закона суммирования ошибок [3] следует, что при непосредственном измерении всех десяти признаков, необходимых

для определения антропометрического соматотипа по Хит—Картеру, точность расчётных формул для взрослых людей может быть повышена. Отличим их от формул для детей и подростков является зависимость от пола и возраста, а также нелинейная зависимость балла эндоморфии от ИМТ.

В целом полученные формулы (3) и (4) необходимо применять с осторожностью. В то же время, ввиду высокой корреляции антропометрических и биоимпедансных оценок компонентов соматотипа принципиальную возможность надёжной оценки соматотипа у взрослых людей по данным биоимпедансометрии можно считать установленной.

Использование разных типов калиперов, варьирование схем измерений и высокие требования, предъявляемые к квалификации измерителей, затрудняют применение антропометрии при проведении сравнительных эпидемиологических исследований. Это свидетельствует о необходимости широкой стандартизации программ измерений и используемого оборудования, введения системы сертификации специалистов в области антропометрии для обеспечения сопоставимости данных.

Таким образом, в ходе исследования выявлено, что значения средних соматотипов по Хит—Картеру в подгруппах русских мужчин и женщин испытывали однотипные возрастные изменения с одновременным увеличением баллов эндо- и мезоморфии. У мужчин преобладал эндо-мезоморфный, а у женщин — мезо-эндоморфный тип телосложения. В возрасте старше 60 лет в обеих подгруппах наблюдался сдвиг среднего соматотипа в сторону эндоморфии с последующей инволюцией компонентов сомы. Во всех рассмотренных возрастных группах отмечался выраженный половой диморфизм баллов эндо- и мезоморфии, а также эктоморфии (за исключением возрастной группы 20–29 лет).

Впервые показана возможность оценки соматотипа по Хит—Картеру у взрослых людей по данным биоимпедансометрии с точностью, сравнимой с точностью соответствующих формул для детей и подростков. В связи с использованием в настоящем исследовании нетрадиционного для рассматриваемой схемы оценки типа телосложения калипера-циркуля и приближённой оценкой, а не измерением двух из десяти необходимых для соматотипирования по Хит—Картеру антропометрических признаков предложенные формулы для оценки соматотипа у взрослых людей следует применять с осторожностью. Представляет интерес уточнение полученных формул по данным выборочных исследований с использованием

рекомендованных типов калиперов (Харпенден или Холтейн) и непосредственным измерением всех необходимых антропометрических признаков.

Благодарности

Исследование выполнено в ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России при поддержке РФФ (грант № 14-15-01085 для СГР). При проведении расчётов использованы данные антропометрических измерений, полученные при поддержке РФФИ (грант № 16-06-0439-А для ЛВС). Текст рукописи подготовлен авторами совместно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимова А. В., Година Е. З., Руднев С. Г., Свистунова Н. В. Проверка применимости формул для биоимпедансной оценки соматотипа по Хит—Картеру у детей и подростков в различных популяциях // Вестник Моск. ун-та. Серия 23. Антропология. 2016. № 2. С. 28–38.
2. Бунак В. В. Антропометрия. М.: Учпедгиз, 1941.
3. Зайдель А. Н. Элементарные оценки ошибок измерений. Л.: Наука, 1968.
4. Николенко В. Н., Никитюк Д. Б., Чава С. В. Отечественная конституциональная анатомия в аспекте персонализированной медицины // Сеченовский вестник. 2013. № 4 (14). С. 9–17.
5. Олейник Е. А. Соматический статус и дерматоглифическая конституция у спортсменов, занимающихся аэробикой // Уч. зап. ун-та им. П. Ф. Лесгафта. 2013. №4 (98). С. 109–113.
6. Панасюк Т. В. Конституциональная принадлежность как основа прогноза роста и развития детей: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2008.
7. Синдеева Л. В. Закономерности изменчивости состава тела и биологического возраста человека на примере населения Восточной Сибири: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Красноярск, 2014.
8. Смирнов А. В., Колесников В. А., Николаев Д. В., Ерюкова Т. А. ABC-01 «Медасс»: анализатор оценки баланса водных секторов организма с программным обеспечением (руководство пользователя). М.: ИТЦ Медасс, 2009.
9. 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, vol. 54 (Eds. F. Simini, P. Bertemes-Filho). Singapore-Heidelberg: Springer, 2016. P. 80–83.
10. Bailey D. A., Carter J. E. L., Mirwald R. L. Somatotypes of Canadian men and women // Ann. Hum. Biol. 1982. Vol. 54, № 4. P. 813–828.
11. Carter J. E. L., Heath B. H. Somatotyping: development and applications. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
12. Heath B. H., Carter J. E. L. A modified somatotype method // Am. J. Phys. Anthropol. 1967. Vol. 27, N 1. P. 57–74.
13. Koleva M., Nacheva A., Boev M. Somatotype and disease prevalence in adults // Rev. Environ. Health. 2002. Vol. 17, № 1. P. 65–84.
14. Norton K., Whittingham N., Carter L. et al. Measurement techniques in anthropometry, in: K. Norton, T. Olds (Eds.) Anthropometrica: a textbook of body measurements for sports and health courses. Sydney: Univ. of South Wales Press, 2004. P. 25–76.

15. Schmidt P.K., Carter J.E. Static and dynamic differences among five types of skinfold calipers // *Ann. Hum. Biol.* 1990. Vol. 62, N 3. P. 369–388.
16. Sheldon W.H., Stevens S.S., Tucker W.B. *The varieties of human physique: An introduction to constitutional psychology.* N.Y.: Harper & Bros, 1940.
17. Yang L.-T., Wang N., Li Z.-X. et al. Study on the adult physique with the Heath-Carter anthropometric somatotype in the Han of Xi'an, China // *Anat. Sci. Int.* 2016. Vol. 91, № 2. P. 180–187.

Поступила в редакцию 12.08.2016
Получена после доработки 14.02.2017

**CHARACTERISTIC OF AGE-
AND SEX-RELATED VARIABILITY
OF THE HEATH-CARTER SOMATOTYPE
IN ADULTS AND POSSIBILITY
OF ITS BIOIMPEDANCE ASSESSMENT
(AS EXEMPLIFIED BY RUSSIAN POPULATION
OF EASTERN SIBERIA)**

L. V. Sindeyeva¹, S. G. Rudnev²

Data of cross-sectional anthropological study of 3954 ethnically Russian males and females aged 16–86 years living in Eastern Siberia were used to characterize age- and sex-related differences of the Heath—Carter somatotype. Average somatotypes in sub-

groups of Russian males and females showed similar significant age-related changes with parallel increase in endomorphy and mesomorphy components till the age of 60. It was found that endo-mesomorphic body type prevailed in males, while meso-endomorphic type was more common in females. In age groups over 60, in both subgroups, a pronounced shift of an average somatotype in the direction of endomorphy was observed followed by an involution of soma components. In all age groups, marked sex-related differences in endo- and mesomorphy were observed, as well as ectomorphy (except for the age group of 20–29 years). The groups of young Buryats (n = 249), Tuvinians (n = 426) and Khakasses (n = 355) also showed a pronounced sexual dimorphism of somatotype. The possibility of bioimpedance-based assessment of the first and second components of the Heath—Carter somatotype in adults was shown with the precision similar to that of the respective formulae for children and adolescents. Unlike formulae proposed earlier for children and youths, the formulae obtained for adults depend on age and sex, and also there is nonlinear relationship between endomorphy and the body mass index.

Key words: *anthropometry, adults, Heath—Carter somatotype, bioimpedance assessment, age- and sex-related differences*

¹ Department of Human Anatomy and Histology, V.F. Voynoyasenetskiy Krasnoyarsk State Medical University; ² Division of Health Statistics Analysis, Federal Research Institute for Health Organization and Informatics, Moscow