

## О НОВОМ ПРОТОКОЛЕ ОЦЕНКИ СОМАТОТИПА ПО СХЕМЕ ХИТ-КАРТЕРА В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ БИОИМПЕДАНСНОГО АНАЛИЗАТОРА СОСТАВА ТЕЛА

В.А. Колесников<sup>1</sup>, С.Г. Руднев<sup>1,2</sup>, Д.В. Николаев<sup>1,3</sup>, А.В. Анисимова<sup>4</sup>, Е.З. Година<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, Москва

<sup>2</sup>ФГБУН ИВМ РАН, Москва

<sup>3</sup>АО НТЦ «МЕДАСС», Москва

<sup>4</sup>МГУ имени М.В.Ломоносова, НИИ и Музей антропологии, Москва

Для индивидуальной и популяционной характеристики физического развития наряду с традиционными антропометрическими методами применяются различные схемы соматотипирования и способы оценки состава тела. Самым массовым из них, ввиду неинвазивности, портативности, сравнительной надежности получаемых данных и простоты применения, является биоимпедансный анализ. В наших предшествующих работах была установлена возможность оценки соматотипа по Хит-Картеру у детей и подростков 7–17 лет по данным биоимпедансных измерений. Преимуществами биоимпедансного способа оценки соматотипа перед антропометрией являются широкое распространение однотипного биоимпедансного оборудования, оперативность метода и менее строгие требования, предъявляемые к квалификации специалиста, выполняющего измерения.

Цель исследования – автоматизация расчётов соматотипа по Хит-Картеру в рамках биоимпедансного обследования, разработка протокола оценки соматотипа в программном обеспечении биоимпедансного анализатора состава тела, уточнение формул на основе биоимпедансометрии для оценки соматотипа у детей и подростков.

Протокол оценки соматотипа был разработан в программном обеспечении ABC01-0362 биоимпедансного анализатора ABC-01 «МЕДАСС» (НТЦ «МЕДАСС», Москва). Для иллюстрации его возможностей использованы данные антропометрических измерений русских школьников 7–18 лет Москвы, Архангельска, Архангельской области и Элисты (N=3399), полученные сотрудниками НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В.Ломоносова в 2005–2014 гг. Для оценки баллов эндо- и мезоморфии построены уточненные формулы с учетом пола:

Эндоморфия =  $-2875/R50 + 0,625 \times \text{ИМТ} - 0,042 \times \text{МТ} - 0,23 \times \text{Пол} - 2,33$  ( $R^2=0,83$ ,  $SEE=0,65$ );

Мезоморфия =  $1467/R50 + 0,552 \times \text{ИМТ} - 0,096 \times \text{МТ} + 0,59 \times \text{Пол} - 4,22$  ( $R^2=0,86$ ,  $SEE=0,47$ ),

где R50 – активное сопротивление (Ом) на частоте 50 кГц, ИМТ – индекс массы тела ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ), МТ – масса тела (кг), Пол = 1 (мужской), 0 (женский). Построенные формулы отличаются от предложенных ранее повышенной точностью при описании балла мезоморфии. Протокол позволяет группировать, визуализировать данные на соматограмме, анализировать внутригрупповую изменчивость и частотное распределение соматотипов в соответствии с принятой классификацией, экспортировать результаты.

Таким образом, в рамках стандартной процедуры биоимпедансных измерений реализован протокол автоматической оценки соматотипа по Хит-Картеру у детей и подростков. Указанный протокол значительно расширяет возможности биоимпедансного обследования для оценки физического развития и морфологического статуса на индивидуальном и популяционном уровнях.

Ключевые слова: антропология, соматотип по Хит-Картеру, биоимпедансная оценка, дети и подростки, биоимпедансный анализатор состава тела, программное обеспечение

Таблица 1. Общая характеристика основной группы

Этническая группа	Возраст, лет	Размер выборки	Пол	Место измерений	Годы обследования
Русские	7–18	3399	м+ж	Москва (шк. № 17, 51, 72, 149, 704, 1086, 1360, 1455, 1543, N=1832)	2005–2014
				Архангельск (N=357)	2010
				Архангельская область (N=551)	2010
				Элиста (шк. № 2, 3, 4, 21, русская национальная гимназия, N=659)	2011

## Введение

Для индивидуальной и популяционной характеристики физического развития наряду с традиционными антропометрическими методами применяются различные схемы соматотипирования и способы оценки состава тела [Carter, Heath, 1990; Панасюк, 2008; Чтецов с соавт., 2012]. Самым распространенным из них, ввиду неинвазивности, портативности, сравнительной надежности получаемых данных и простоты применения, является биоимпедансный анализ [Franssen et al., 2014]. На первых этапах нашего исследования на основании данных комплексного антропологического обследования и сопутствующей биоимпедансометрии 2364 этнически русских школьников Москвы, Архангельска и Архангельской области была установлена возможность оценки соматотипа по Хит-Картеру у детей и подростков 7–17 лет по данным биоимпедансных измерений [Anisimova et al., 2016]. В дальнейшем была показана применимость предложенных формул биоимпедансной оценки соматотипа в указанном возрастном диапазоне независимо от этно-территориальной принадлежности выборки [Анисимова с соавт., 2016]. Преимуществами биоимпедансного способа оценки соматотипа перед антропометрией являются широкое распространение однотипного биоимпедансного оборудования, оперативность метода и менее строгие требования, предъявляемые к квалификации специалиста, производящего измерения.

Цель исследования – автоматизация расчетов соматотипа по Хит-Картеру в рамках биоимпедансного обследования, разработка протокола оценки соматотипа в программном обеспечении биоимпедансного анализатора, уточнение формул на основе биоимпедансометрии для оценки соматотипа у детей и подростков.

## Материалы и методы

Для иллюстрации возможностей разработанного протокола соматотипирования по Хит-Картеру

в рамках биоимпедансного обследования использованы объединённые данные антропометрических измерений и сопутствующей биоимпедансометрии русских школьников 7–18 лет Москвы, Архангельска, Архангельской области и Элисты (N=3399, основная группа), полученные сотрудниками НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В.Ломоносова в 2005–2014 гг. (табл. 1).

Антропометрические измерения проводились по стандартной методике, принятой в НИИ и Музее антропологии МГУ имени М.В.Ломоносова [Бунак, 1941]. Для расчёта соматотипа по схеме Хит-Картера использовали следующие размерные признаки [Carter, 2002]: длину и массу тела, обхват напряжённого плеча и голени, ширину локтя (поперечный диаметр дистального эпифиза плеча) и колена (поперечный диаметр дистального эпифиза бедра), толщину кожно-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 (производство 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, а поперечные диаметры – скользящим циркулем с точностью до 1 мм. Толщину кожно-жировых складок определяли по методике Н.Ю. Лутовиновой с соавторами [Лутовинова с соавт., 1970] с использованием калипера GPM с точностью до 0,2 мм. Рассчитывали индекс массы тела (ИМТ) как отношение МТ к квадрату ДТ (кг/м<sup>2</sup>).

Соматотип по Хит-Картеру определяется как упорядоченный набор из трёх величин – оценок компонентов сомы, называемых эндоморфия, мезоморфия и эктоморфия, количественно характеризующих уровень развития жировой ткани, скелета и мышц, а также линейность телосложения, соответственно [Heath, Carter, 1967]. Для расчёта компонентов соматотипа использовали рекомендованные формулы [Carter, 2002] на основе антропометрии:

**Эндоморфия** =  $-0,7182 + 0,1451 \times \sum ЖС_k - 0,00068 \times \sum ЖС_k^2 + 0,000014 \times \sum ЖС_k^3$ ,

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

**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 – это разность обхвата напряжённого плеча и толщины кожно-жировой складки на трицепсе (см), а обхват голени с поправкой – это 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 массы тела (кг). В случае если расчётное значение эндо-, мезо- или эктоморфии было меньше 0,1, то принималось значение 0,1.

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 [Смирнов с соавт., 2009].

Все обследования проводились с соблюдением правил биоэтики. В соответствии с законом о персональных данных, полученные данные были деперсонифицированы.

При сопоставлении антропометрических оценок соматотипа с данными биоимпедансометрии стало ясно, что ранее предложенные нами формулы биоимпедансной оценки эндо- и мезоморфии [Anisimova et al., 2016] могут быть уточнены с учетом пола. Уточнение формул проводилось по данным основной группы в пакете программ Minitab 17.3. Рассчитывали долю объяснённой дисперсии  $R^2$  при определении компонентов соматотипа, 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 ( $k = 4$ ),  $x_i$  – значение  $i$ -го наблюдения,  $\bar{x}$  – регрессионная оценка для  $i$ -го наблюдения.

Разработку протокола соматотипирования проводили с учетом соответствующих методических рекомендаций [Carter, 2002]. Полученные данные представляли на соматограмме, служащей двумерным представлением соматотипа, в

координатах  $X = \text{Эктоморфия} - \text{Эндоморфия}$ ;  $Y = 2 \times \text{Мезоморфия} - (\text{Эндоморфия} + \text{Эктоморфия})$ . При этом для оценки баллов эндо- и мезоморфии использовались формулы на основе биоимпедансометрии (см. далее), а для расчета балла эктоморфии – стандартная формула на основе длины и массы тела. Индивидуальный тип телосложения по Хит-Картеру определяли в соответствии с принятой классификацией (табл. 2). Отметим, что разные типы телосложения согласно данной классификации соответствуют положению различных областей на соматограмме.

## Результаты

По данным основной группы ( $N=3399$ ) получены и реализованы в программном обеспечении ABC01-0362 биоимпедансного анализатора состава тела ABC-01 «МЕДАСС» (НТЦ «МЕДАСС», Москва) новые формулы для оценки баллов эндо- и мезоморфии по Хит-Картеру у детей и подростков:

**Эндоморфия** =  $-2875/R50 + 0,625 \times \text{ИМТ} - 0,042 \times \text{МТ} - 0,23 \times \text{Пол} - 2,33$  (1);

**Мезоморфия** =  $1467/R50 + 0,552 \times \text{ИМТ} - 0,096 \times \text{МТ} + 0,59 \times \text{Пол} - 4,22$  (2),

где R50 – активное сопротивление (Ом) на частоте 50 кГц, ИМТ – индекс массы тела ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ), МТ – масса тела (кг), Пол = 1 (мужской), 0 (женский).

Из табл. 3 следует, что полученные формулы отличаются от предложенных в предыдущей работе [Anisimova et al., 2016] улучшенной точностью при описании балла мезоморфии: повышенными значениями  $R^2$  и меньшими значениями SEE.

Протокол оценки соматотипа открывается в главном окне программы ABC01-0362 при нажатии на кнопку «Соматотип» на вкладке «2D модель» (рис. 1). Протокол представляет собой отдельную форму, содержащую диаграмму двумерного представления данных (соматограмма), вкладки с таблицами описания соматотипов для выбранной подгруппы, список обследований пациентов в текущей базе и элементы управления.

Область «Данные» содержит список обследований пациентов и переключатели режимов. Реализована возможность формирования подгрупп с учётом пола и возраста обследованных. При этом границы возрастного интервала можно задавать в годах с точностью до двух знаков после запятой. (Это сделано намеренно в интересах антропологов и врачей с учетом различий в традициях способов формирования возрастных подгрупп.)

**Таблица 2. Классификация типов телосложения по Хит-Картеру [Carter, 2002]**

№ п/п	Тип телосложения	Формальное описание
1	Центральный (central)	Максимум и минимум значений Эндо, Мезо и Экто отличаются не более чем на 1
2	Сбалансированный мезоморфный (balanced mesomorph)	Мезо преобладает. Эндо и Экто отличаются не более чем на 0,5
3	Эктомезоморфный (ectomorphic mesomorph)	Мезо преобладает. Экто больше, чем Эндо+0,5
4	Мезо-экто (mesomorph-ectomorph)	Мезо и Экто отличаются не более чем на 0,5. Значение Эндо меньше
5	Мезоэкторморфный (mesomorphic ectomorph)	Экто преобладает. Мезо больше, чем Эндо+0,5
6	Сбалансированный экторморфный (balanced ectomorph)	Экто преобладает. Эндо и Мезо отличаются не более чем на 0,5
7	Эндоэкторморфный (endomorph-ectomorph)	Экто преобладает. Эндо больше, чем Мезо+0,5
8	Эндо-экто (endomorph-ectomorph)	Эндо и Экто отличаются не более чем на 0,5. Значение Мезо меньше
9	Эктоэндоморфный (ectomorphic endomorph)	Эндо преобладает. Экто больше, чем Мезо+0,5
10	Сбалансированный эндоморфный (balanced endomorph)	Эндо преобладает. Мезо и Экто отличаются не более чем на 0,5
11	Мезоэндоморфный (mesomorphic endomorph)	Эндо преобладает. Мезо больше, чем Экто+0,5
12	Мезо-эндо (mesomorph-endomorph)	Эндо и Мезо отличаются не более чем на 0,5. Значение Экто меньше
13	Эндомезоморфный (endomorph-ectomorph)	Мезо преобладает. Эндо больше, чем Экто+0,5

**Таблица 3. Точность описания компонентов эндоморфии и мезоморфии по Хит-Картеру по формулам (1)-(2) в подгруппах основной группы**

	Москва (N=1832)		Архангельск (N=357)		Арх. обл. (N=551)		Элиста (N=659)		Все (N=3399)	[Anisimova et al., 2016] (N=2364)
	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М+Ж	М+Ж
<i>Эндоморфия</i>										
R <sup>2</sup>	0,81	0,75	0,85	0,86	0,83	0,84	0,88	0,85	0,83	0,81
SEE	0,68	0,70	0,61	0,51	0,52	0,65	0,63	0,65	0,65	0,65
<i>Мезоморфия</i>										
R <sup>2</sup>	0,84	0,85	0,91	0,78	0,83	0,78	0,90	0,87	0,86	0,81
SEE	0,49	0,49	0,36	0,49	0,45	0,51	0,43	0,46	0,47	0,54

По умолчанию включён режим просмотра последних обследований вне зависимости от пола (в открытой базе для каждого пациента при наличии нескольких измерений отображается запись последнего по времени измерения). Также доступны режимы просмотра первичных обследований или всех проведённых измерений. В последнем случае обследования отображаются в виде двухуровневого древовидного списка (рис. 2).

Каждый элемент списка содержит флажок. Если флажок включен, то на соматограмме изо-

бражается точка, соответствующая данному пациенту. При наличии двухуровневого списка корневые флажки иерархически связаны с дочерними. Флажок «Выбрать все» над списком служит для установки или снятия отметки во всех элементах списка. Обследование, отмеченное фокусом выделения, изображается на соматограмме квадратным маркером, а остальные точки – круглыми маркерами. Реализована и обратная связь: если на графике выделить точку, то фокус выделения перемещается на соответствующий элемент списка.

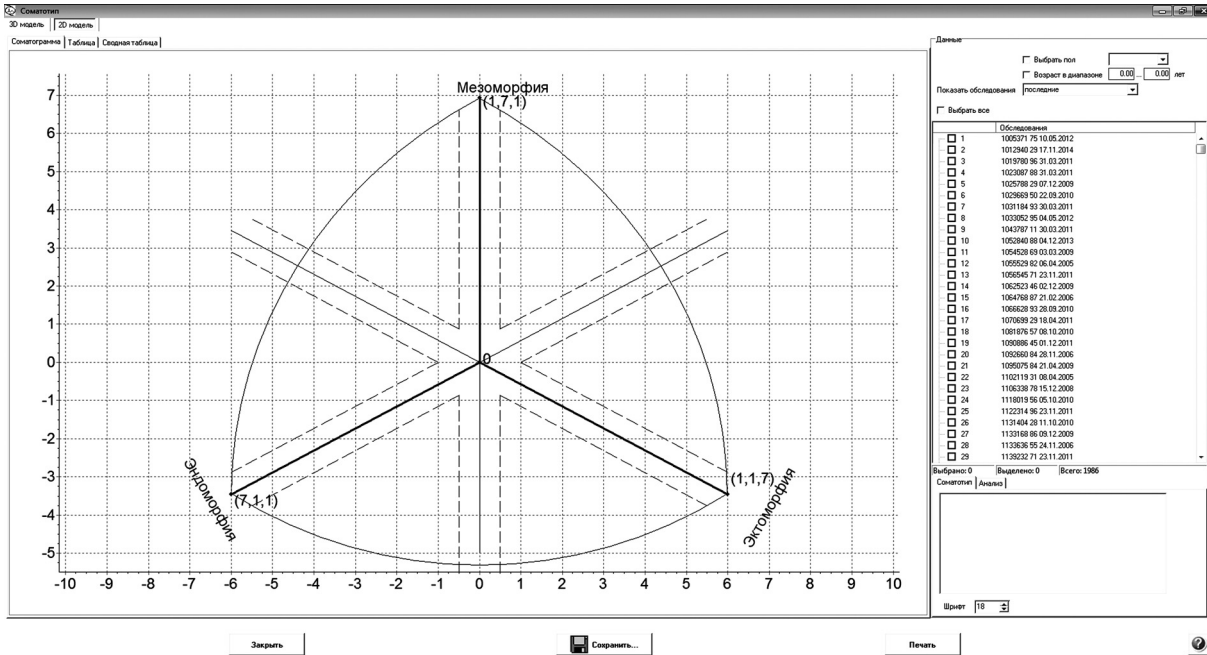


Рис. 1. Исходный вид протокола оценки соматотипа по Хит-Картеру в программе ABC01-0362 биоимпедансного анализатора состава тела ABC-01 «МЕДАСС»

Рис. 2. Протокол оценки соматотипа: двухуровневый список обследований пациентов

The screenshot shows the 'Данные' (Data) panel with a list of examinations. The list includes checkboxes for selection and columns for 'Пациент' (Patient) and 'Обследования' (Examinations).

Выбор	Пациент	Обследования
<input checked="" type="checkbox"/>	Пациент 010213102946 Ж 01.04.1975	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	01.02.2013 10:33:47
<input checked="" type="checkbox"/>	Пациент 010213104315 Ж 23.03.1970	
<input checked="" type="checkbox"/>	2	01.02.2013 10:47:29
<input type="checkbox"/>	3	06.03.2013 12:57:50
<input type="checkbox"/>	4	24.04.2013 14:45:37
<input type="checkbox"/>	Пациент 010213120903 М 16.12.1969	
<input type="checkbox"/>	5	01.02.2013 12:11:46
<input checked="" type="checkbox"/>	Пациент 010213124740 Ж 10.05.1996	
<input checked="" type="checkbox"/>	6	01.02.2013 12:50:22
<input checked="" type="checkbox"/>	Пациент 010213130243 М 04.02.1964	
<input checked="" type="checkbox"/>	7	01.02.2013 13:04:52
<input type="checkbox"/>	Пациент 010213130844 М 26.07.1973	
<input type="checkbox"/>	8	01.02.2013 13:11:05
<input type="checkbox"/>	Пациент 010213134658 М 02.12.1955	
<input type="checkbox"/>	9	01.02.2013 13:49:56

В протоколах оценки соматотипа на рис. 3 и 4 представлены распределения соматотипов для подгрупп мальчиков и девочек основной группы. В сравнении с подгруппой мальчиков, распределение соматотипов у девочек сдвинуто влево и вниз – в сторону увеличения эндоморфии, что соответствует представлениям об особенностях полового диморфизма процессов пубертатного роста. Под списком обследований во вкладке «Соматотип» имеется поле для отображения данных выбранного пациента (рис. 3). Флажок «Шрифт» служит для задания размера подписей на соматограмме. Вкладка «Анализ» под списком обследований пациентов содержит флажки «Медиана» и «Среднее», при включении которых во вкладку и на соматограмме отображаются медианный и средний соматотипы рассматриваемой подгруппы (рис. 4).

Разработанный протокол позволяет строить общую и частотную таблицы распределения типов телосложения для выбранной подгруппы (см. пример на рис. 5). Указанные таблицы можно скопировать в буфер обмена для последующего анализа данных средствами других программ.

Нижняя часть окна протокола оценки соматотипа содержит кнопки управления: «Заккрыть» – закрывает окно протокола без сохранения настроек; «Сохранить» – открывает окно сохранения диаграммы, в котором можно изменить размер шрифта на диаграмме, указать желаемый размер окна и сохранить изображение в форматах jpeg

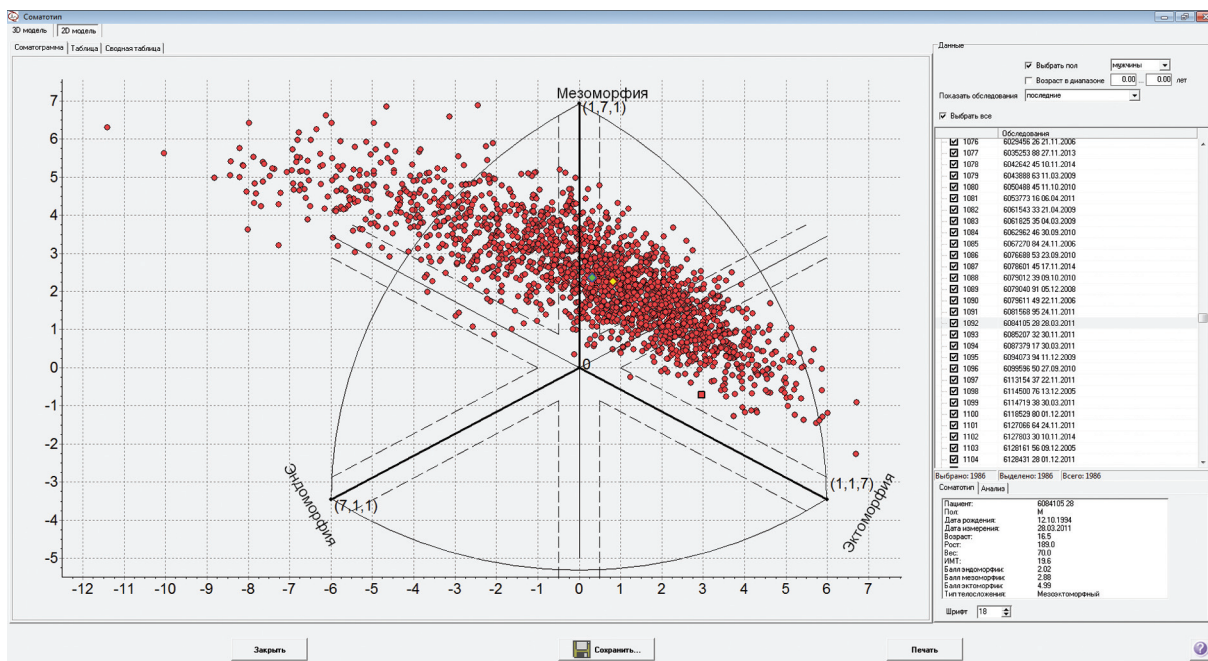


Рис. 3. Протокол оценки соматотипа: распределение соматотипов в подгруппе мальчиков основной группы (N=1986)

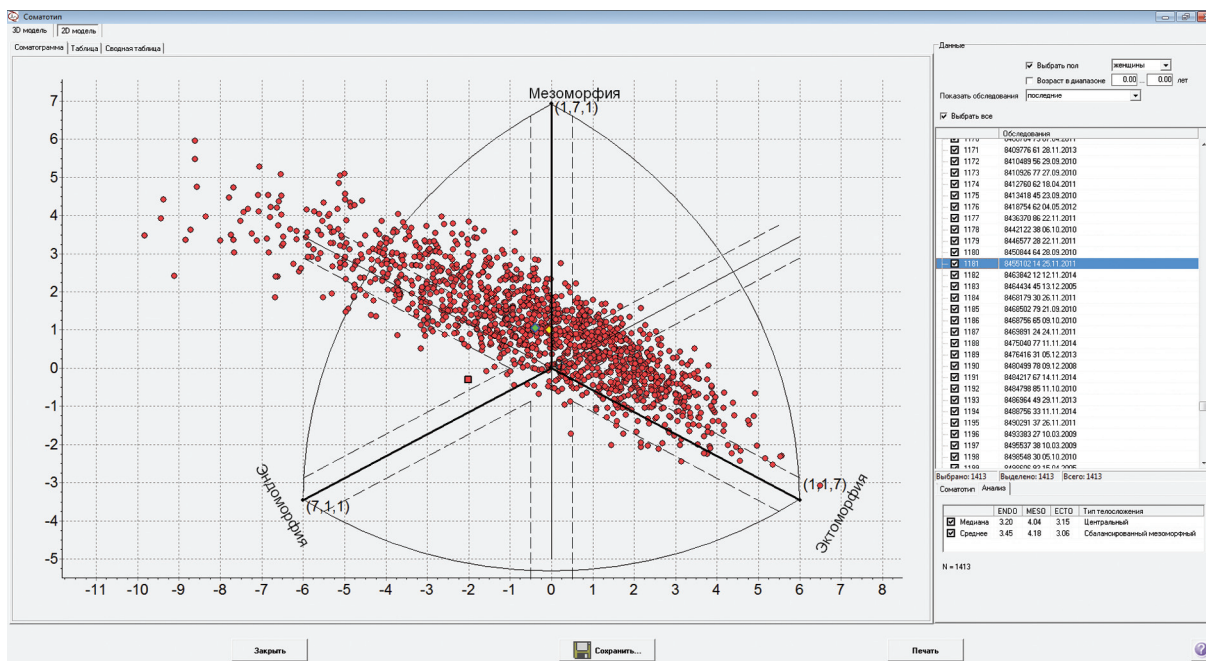


Рис. 4. Протокол оценки соматотипа: распределение соматотипов в подгруппе девочек основной группы (N=1413)

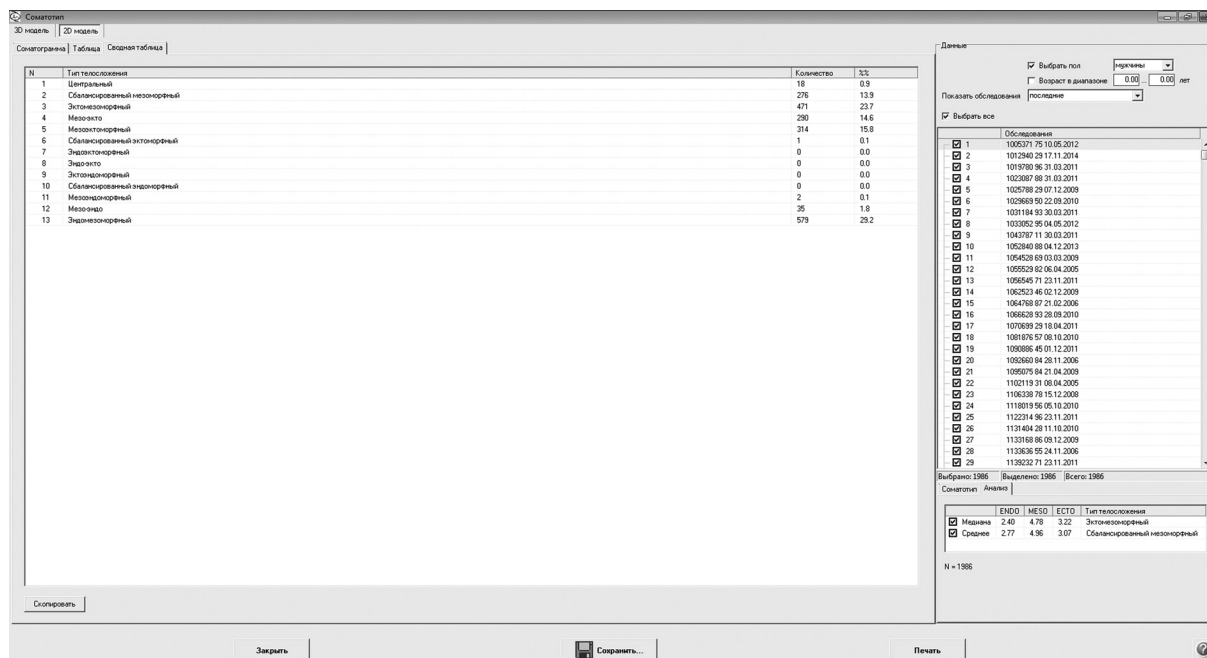


Рис. 5. Протокол оценки соматотипа: частотное распределение типов телосложения по Хит-Картеру в подгруппе мальчиков основной группы (N=1886)

или png в высоком разрешении; «Печать» – открывает протокол печати, содержащий диаграмму в ее текущем виде и данные выбранного обследования.

Для исследователей, утративших исходные базы в форматах разработчика fmd или fmd2, в настоящей версии программы ABC01-0362 имеется возможность импорта данных биоимпедансометрии из формата Excel с последующим повторным анализом данных на основе обновленных протоколов биоимпедансного обследования (в том числе и протокола оценки соматотипа). При последующем экспорте текущей базы данных в таблицу Excel расчётные значения баллов эндо-, мезо- и эктоморфии по Хит-Картеру сохраняются в столбцах ENDO, MESO и ECTO.

В связи с тем, что положению каждой точки на соматограмме могут отвечать разные значения соматотипа, на вкладке «3D модель» протокола соматотипирования реализована возможность трёхмерной визуализации и вращения набора данных с представлением их как в стандартной, так и в других проекциях.

## Обсуждение

Соматотипирование по Хит-Картеру сохраняет актуальность в биологии и медицине при характеристике физического развития, морфоло-

гического статуса [Rajkumar, 2015; Yang, 2016] и решении задач спортивного отбора [Carter, Heath, 1990; Toth et al., 2014]. Значимость оценки соматотипа по Хит-Картеру в эпидемиологических исследованиях обусловлена его ассоциацией с риском развития неинфекционных заболеваний [Koleva et al., 2002]. Преимущество данного способа оценки телосложения перед другими методами соматотипирования заключается в использовании непрерывной оценочной шкалы и применимости для всех национальностей и рас в широком возрастном диапазоне [Heath, Carter, 1967].

Антропометрический способ оценки соматотипа по Хит-Картеру подразумевает использование громоздких расчётных формул (см. раздел «Материалы и методы»). Для упрощения вычислений и анализа соматотипа были разработаны различные программные средства (см., например, [Carter, 2002, с. 18]). Наряду с возможностью статического анализа данных была предложена программа для динамической оценки, планирования и контроля изменений соматотипа под влиянием управляющих воздействий, таких как лечение или физическая нагрузка [Silva et al., 2014].

К недостаткам антропометрической схемы оценки соматотипа относится сравнительная длительность процедуры измерений, а также зависимость результатов от уровня подготовки специалиста, производящего измерения, и типа используемого антропометрического оборудования

[Carter, 2002]. На основании полученных ранее результатов [Anisimova et al., 2016; Анисимова с соавт., 2016] нами разработан и реализован протокол биоимпедансной оценки соматотипа по Хит-Картеру у детей и подростков в программном обеспечении ABC01-0362 биоимпедансного анализатора состава тела ABC-01 «МЕДАСС» (НТЦ «МЕДАСС», Москва).

Биоимпедансный анализ представляет собой оперативный, неинвазивный и сравнительно простой в применении метод оценки состава тела, физического развития и нутритивного статуса, пригодный для скрининговых исследований. При этом результаты биоимпедансометрии в меньшей степени зависят от квалификации исследователя. Возможности протокола включают группировку, двумерную визуализацию расположения соматотипов, характеристику внутригрупповой изменчивости данных, расчет частотного распределения соматотипов и экспорт результатов. Данный протокол может быть использован для популяционной характеристики физического развития и оценки индивидуальных изменений соматотипа под влиянием различных факторов.

Известно, что формулы на основе биоимпедансометрии для оценки соматотипа у детей и подростков общей популяции дают значительную погрешность при их применении к выборкам юных спортсменов и взрослых людей [Анисимова с соавт., 2016]. Для индивидуальной оценки соматотипа в этом случае необходима разработка популяционно-специфических формул. В то же время, используемые нами формулы условно применимы у детей и подростков с перенесенными тяжелыми хроническими заболеваниями – острым лимфобластным лейкозом и опухолями ЦНС [Руднев с соавт., в печати], что свидетельствует о достаточной общности применяемых формул. Принципиальная возможность надежной оценки соматотипа по Хит-Картеру методом биоимпедансометрии у взрослых людей была недавно установлена для русского населения Восточной Сибири в результате сравнения антропометрических оценок соматотипа и данных биоимпедансных измерений на большой выборке [Синдеева, Руднев, в печати].

Исходя из этого, в новых версиях протокола соматотипирования будут реализованы, по мере появления, расчетные формулы оценки соматотипа по Хит-Картеру методом биоимпедансометрии для взрослых людей, отдельных профессиональных, спортивных и клинических групп, а также возможность представления данных на фоне соответствующих референтных значений.

## Выводы

В рамках стандартной процедуры биоимпедансных измерений реализован протокол автоматической оценки соматотипа по Хит-Картеру у детей и подростков. Указанный протокол значительно расширяет возможности биоимпедансного обследования для оценки физического развития и морфологического статуса на индивидуальном и популяционном уровнях.

## Благодарности

Исследование выполнено в ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России при поддержке Российского научного фонда (грант №14-15-01085 для ВАК, СГР и ДВН). При проведении расчетов и для иллюстрации возможностей разработанного программного обеспечения использованы данные комплексного антропологического обследования, полученные сотрудниками НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В.Ломоносова в рамках выполнения бюджетной темы «Современные проблемы биологической изменчивости человека» (номер ЦИТИС АААА-А16-116030210018-7). Авторы благодарят сотрудников лаборатории аукологии человека НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В.Ломоносова: О.А. Гилярову, Л.В. Задорожную, В.В. Зубареву, Е.Ю. Пермякову, Н.В. Свистунову, И.А. Хомякову, принявших участие в обследованиях, а также всех участников измерительных программ.

## Библиография

- 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 Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2016. № 2. С. 28–38.
- Бунак В.В. Антропометрия. М.: Учпедгиз, 1941.
- Лутовина Н.Ю., Уткина М.И., Чтецов В.П. Методические проблемы изучения вариаций подкожного жира // Вопр. антропол., 1970. Вып. 36. С. 32–54.
- 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.
- Руднев С.Г., Цейтлин Г.Я., Вашура А.Ю., Лукина С.С., Румянцев А.Г. Соматотип детей и подростков с онкологическими заболеваниями в состоянии ремиссии и возможности его биоимпедансной оценки // Педиатрия (в печати).
- Синдеева Л.В., Руднев С.Г. Характеристика половозрастной изменчивости соматотипа по Хит-Картеру у взрослых людей и возможности его биоимпедансной



оценки (на примере русского населения Восточной Сибири) // Морфология (в печати).

Смирнов А.В., Колесников В.А., Николаев Д.В., Ерюкова Т.А. АВС-01 «Медасс»: анализатор оценки баланса водных секторов организма с программным обеспечением (руководство пользователя). М.: НТЦ «Медасс», 2009.

Чтецов В.П., Негашева М.А., Лапшина Н.Е. Изучение состава тела у взрослого населения: методические аспекты // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2012. № 2. С. 43–52.

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. DOI:10.1007/978-981-287-928-8\_21.

Carter J.E.L. The Heath-Carter anthropometric somatotype: instruction manual. 2002. URL: <http://www.somatotype.org/Heath-CarterManual.pdf> (дата обращения: 26.09.2016).

Carter J.E.L., Heath B.H. Somatotyping – development and applications. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1990.

Franssen F.M., Rutten E.P., Groenen M.T., Vanfleteren L.E., Wouters E.F., Spruit M.A. New reference values for body composition by bioelectrical impedance analysis in the general population: results from the UK Biobank // J. Am. Med. Dir. Assoc., 2014. Vol. 15. P. 448.e1-6. DOI:10.1016/j.jamda.2014.03.012.

Heath B.H., Carter J.E.L. A modified somatotype method // Am. J. Phys. Anthropol., 1967. Vol. 27, N 1. P. 57–74. DOI:10.1002/ajpa.1330270108. (Русский перевод: Хум Б.Х., Картер Дж.Е.Л. Современные методы соматотипирования. Ч. 2. Модифицированный метод определения соматотипов // Вопросы антропол., 1969. Вып. 33. С. 60–79.)

Koleva M., Nacheva A., Bоеv M. Somatotype and disease prevalence in adults // Rev. Environ. Health. 2002. Vol. 17, N 1. P. 65–84.

Rajkumar R.V. Endomorphy dominance among nonathlete population in all the ranges of body mass index // Int. J. Physiother. Res., 2015. Vol. 3. P. 1068–1074. DOI:10.16965/ijpr.2015.139.

Silva C.A.D., Mendes D.D.S., Oliveira E., Almeida H.A., Ascenso R.M.T. BodyShifter – software to determine and optimize an individual's somatotype // Procedia Technol., 2014. Vol. 16. P. 1456–1461. DOI:10.1016/j.protcy.2014.10.165.

Toth T., Michalikova M., Bednarcikova L., Zivcak J., Kneppo P. Somatotypes in sport // Acta Mechanica et Automatica, 2014. Vol. 8. N 1. P. 27–32. DOI:10.2478/ama-2014-0005.

Yang L.-T., Wang N., Li Z.-X., Liu C., He X., Zhang J.F., Han H., Wen Y.F., Qian Y.H., Xi H.J. Study on the adult physique with the Heath-Carter anthropometric somatotype in the Han of Xi'an, China // Anat. Sci. Int., 2016. Vol. 91. N 2. P. 180–187. DOI:10.1007/s12565-015-0283-0.

Yang L.-T., Wang N., Li Z.-X., Liu C., He X., Zhang J.F., Han H., Wen Y.F., Qian Y.H., Xi H.J. Study on the adult physique with the Heath-Carter anthropometric somatotype in the Han of Xi'an, China // Anat. Sci. Int., 2016. Vol. 91. N 2. P. 180–187. DOI:10.1007/s12565-015-0283-0.

Контактная информация:

Колесников Владимир Александрович:

e-mail: [kolesnikov.home@gmail.com](mailto:kolesnikov.home@gmail.com);

Руднев Сергей Геннадьевич: e-mail: [sergey.rudnev@gmail.com](mailto:sergey.rudnev@gmail.com);

Николаев Дмитрий Викторович: e-mail: [dvn@medass.ru](mailto:dvn@medass.ru);

Анисимова Анна Викторовна:

e-mail: [anna.anisimova@anthropos.msu.ru](mailto:anna.anisimova@anthropos.msu.ru);

Година Елена Зиновьевна: e-mail: [godina@anthropos.msu.ru](mailto:godina@anthropos.msu.ru).

## ON A NEW PROTOCOL OF THE HEATH-CARTER SOMATOTYPE ASSESSMENT USING SOFTWARE FOR BODY COMPOSITION BIOIMPEDANCE ANALYZER

V.A. Kolesnikov<sup>1</sup>, S.G. Rudnev<sup>1,2</sup>, D.V. Nikolaev<sup>1,3</sup>, A.V. Anisimova<sup>4</sup>, E.Z. Godina<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Federal Research Institute for Health Organization and Informatics of Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow*

<sup>2</sup>*Institute of Numerical Mathematics of the Russian Academy of Sciences, Moscow*

<sup>3</sup>*MEDAS Ltd, Moscow*

<sup>4</sup>*Lomonosov Moscow State University, Research Institute and Museum of Anthropology, Moscow*

*Along with traditional anthropometric methods, various schemes of somatotyping and body composition assessment are used for the individual and population characteristics of physical development. Of them, the bioimpedance analysis (BIA) is the most common due to non-invasiveness, portability, relative reliability and ease of use. In our previous work, we have established a possibility of using bioimpedance for the assessment of the Heath-Carter somatotype in children and adolescents. The advantages of bioimpedance somatotyping over anthropometry are widespread use of the same type of BIA analyzers, efficiency, and less stringent requirements for the measurer's qualification.*

*Our aim was to automate the Heath-Carter somatotype evaluation procedure within the bioimpedance study, to develop a somatotype evaluation protocol, and to clarify the formulae of somatotype assessment using bioimpedance in children and adolescents.*

*The protocol of the Heath-Carter somatotyping is developed within the software ABC01-0362 of the ABC-01 'Medas' bioimpedance meter (Medas Ltd, Moscow). For illustration of its potential use, the data of anthropometric measurements of ethnically Russian schoolchildren aged 7–18 years from Moscow, Arkhangelsk, Arkhangelsk region and Elista (N=3399) were used. New formulae are constructed for the evaluation of the endomorphy and mesomorphy components:*

*Endomorphy =  $-2875/R50 + 0.625 \times BMI - 0.042 \times BM - 0.23 \times Sex - 2.33$  ( $R^2=0.83$ ,  $SEE=0.65$ );*

*Mesomorphy =  $1467/R50 + 0.552 \times BMI - 0.096 \times BM + 0.59 \times Sex - 4.22$  ( $R^2=0.86$ ,  $SEE=0.47$ ),*

*where R50 is the resistance (Ohm) at a frequency of 50 kHz, BMI is the body mass index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), BM is the body mass (kg), and Sex is 1 (male) or 0 (female). These formulae are characterized by the increased accuracy for mesomorphy score. The protocol features enable for data grouping, 2D data visualization on the somatogram, the assessment of intragroup variability, frequency distribution of the somatotypes, and data export.*

*Thus, automatic evaluation of the Heath-Carter somatotype in children and adolescents is realized within the standard procedure of bioimpedance measurements. The developed protocol significantly extends the potential of bioimpedance analysis to study physical development and morphological status on individual and population levels.*

**Keywords:** *anthropology, Heath-Carter somatotype, bioimpedance assessment, children and adolescents, bioimpedance meter, software*