



БИОЛОГИЧЕСКАЯ АНТРОПОЛОГИЯ

Сипатрова А.Г.¹⁾, Година Е.З.²⁾, Пермякова Е.Ю.²⁾,
Анисимова А.В.²⁾, Зубко А.В.³⁾, Руднев С.Г.⁴⁾

¹⁾ МГУ имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, кафедра антропологии,
Ленинские горы, д. 1, стр. 12. Москва, 119234, Россия

²⁾ МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии,
ул. Моховая, д. 11, Москва, 125009, Россия

³⁾ ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, ул. Добролюбова, д. 11, Москва, 127254, Россия

⁴⁾ ИВМ им. Г.И. Марчука РАН, ул. Губкина, д. 8, Москва, 119333, Россия

БИОИМПЕДАНСНАЯ ОЦЕНКА СОСТАВА ТЕЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНАЛИЗАТОРОВ АВС-01 «МЕДАСС» И ДИАМАНТ-АИСТ: РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ

Введение. Биоимпедансный анализ представляет собой косвенный метод оценки состава тела. Оборудование для биоимпедансных измерений выпускается во многих странах мира, включая Россию, и может отличаться наборами частот переменного тока, схемами измерений и встроеными алгоритмами оценки состава тела. Ввиду этого оценки состава тела, получаемые с использованием различных биоимпедансных анализаторов, могут быть несравнимы, что ограничивает возможность обобщения результатов биоимпедансных исследований. Цель исследования – анализ сопоставимости и возможности совместного использования данных биоимпедансных измерений, получаемых с использованием анализаторов состава тела АВС-01 «Медасс» (ООО НТЦ Медасс, г. Москва) и Диамант-АИСТ (ООО Диамант, г. Санкт-Петербург) у взрослых людей.

Материалы и методы. Были обследованы 185 взрослых добровольцев (107 женщин и 78 мужчин) в возрасте от 18 лет до 61 года по стандартной антропометрической методике и на основе парных измерений биоимпедансными анализаторами состава тела АВС-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ. Сопоставляли оценки тощей (ТМ), жировой массы (ЖМ) и процентного содержания жира в массе тела (%ЖМ). Взаимную калибровку данных проводили на основе регрессионной формулы, описывающей взаимосвязь парных значений импедансов, и последующего применения к преобразованным данным Диамант-АИСТ алгоритма оценки состава тела, реализованного в программном обеспечении анализатора АВС-01 «Медасс».

Результаты. Наблюдались значимые различия медианных значений оценок ТМ, ЖМ и %ЖМ анализаторами АВС-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ. Оценки ТМ у женщин с использованием анализатора АВС-01 «Медасс» были значимо ниже, а ЖМ и %ЖМ – значимо выше в сравнении с данными Диамант-АИСТ. В подгруппе мужчин наблюдались обратные соотношения при сохранении значимых различий между признаками.

Различия парных оценок состава тела для анализатора АВС-01 «Медасс» и преобразованных данных Диамант-АИСТ в подгруппах женщин и мужчин, соответственно, были статистически незначимы. При этом доверительные интервалы для разностей индивидуальных парных оценок состава тела значительно сократились, но остались достаточно велики.

Выводы. Выявлены значимые различия парных оценок тощей, жировой и относительной жировой массы, получаемых с использованием анализаторов ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ у взрослых людей. Установлена возможность взаимной калибровки и совместного анализа данных на групповом уровне.

Ключевые слова: биологическая антропология; биоимпедансный анализ; состав тела; взрослые; парные измерения; сравнение; взаимная калибровка данных

Введение

Биоимпедансный анализ состава тела человека основан на измерении электрического сопротивления различных участков тела и используется для оценки физического развития, анализа выраженности метаболических нарушений у пациентов с признаками избытка, дефицита массы тела, ожирения, отёков, для контроля эффективности тренировочного процесса и других целей [Николаев с соавт., 2009]. Биоимпедансный анализ является косвенным методом определения состава тела. Оценки параметров состава тела в биоимпедансном анализе, как правило, получают на основе линейных регрессионных формул, предикторами в которых могут являться измеренные значения активного или реактивного сопротивлений, индекс активного сопротивления, масса тела, пол, возраст, этническая принадлежность и другие показатели, а коэффициенты упомянутых формул определяют путём сравнения расчётных оценок состава тела с результатами применения эталонных методов [Barone et al., 2022]. Оборудование для биоимпедансных измерений выпускается во многих странах мира, включая Россию, и может отличаться наборами частот переменного тока, схемами измерений и встроенными алгоритмами оценки состава тела. Ввиду популяционной специфичности соответствующих формул и зависимости измеренных значений импеданса от частоты тока и схемы измерений оценки состава тела, получаемые с использованием различных биоимпедансных анализаторов, могут быть несравнимы [Silva et al., 2019; Stratton et al., 2021]. Это ограничивает возможность обобщения результатов биоимпедансных исследований.

Биоимпедансные анализаторы состава тела ABC-01 «Медасс» (ООО НТЦ Медасс, г. Москва) и Диамант-АИСТ (ООО Диамант, г. Санкт-Петербург) применяются в отечественной практике биоимпедансных измерений в медико-

биологических исследованиях наиболее часто (см., например, [Носков с соавт., 2007; Авдеева, Щеглова, 2011; Синдеева, Казакова, 2013; Аверьянова, Максимов, 2016; Гайворонский с соавт., 2017; Тятенкова, Уварова, 2020]). Так, на платформе E-library в полнотекстовом поиске по запросам, содержащим термины «Медасс», «жировая» и «масса», а также «Диамант», «жировая» и «масса», выявлены 1070 и 452 публикации, соответственно. Биоимпедансными анализаторами ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ укомплектовано большинство российских центров здоровья [Руднев с соавт., 2014]. Имеются данные, указывающие на значимые различия парных оценок состава тела, получаемых анализаторами ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ, у мальчиков 15–18 лет, занимающихся интенсивными физическими нагрузками [Жугель, 2022].

В работе Руднева с соавторами [Rudnev et al., 2020] на примере сравнения результатов парных оценок состава тела в группе 236 молодых мужчин от 18 до 22 лет, полученных в продольном исследовании Russian Children Study с использованием биоимпедансных анализаторов состава тела ABC-01 «Медасс» и Tanita BC-480MA (Tanita, Япония), была апробирована идея взаимной калибровки оценок состава тела на основе пересчёта измеренных значений импеданса и применения единого алгоритма оценки состава тела.

Цель исследования – анализ сопоставимости и возможности совместного использования данных биоимпедансных измерений, получаемых с использованием анализаторов состава тела ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ у взрослых людей.

Материалы и методы

Использовались данные комплексных антропометрических обследований 185 условно здоровых добровольцев из общей популяции (из

них 107 женщин и 78 мужчин) в возрасте от 18 лет до 61 года (в среднем 34,2 года), выполненных в 2020 г. на базе ООО «Медицинские компьютерные системы» (г. Зеленоград, N=20), в 2021 г. на базе ПВ ООО «Фирма Техноавиа» (г. Москва, N=85) и в 2022 г. на базе кафедры физического воспитания и спорта, физиологии и безопасности жизнедеятельности Горно-Алтайского государственного университета (г. Горно-Алтайск, N=80) по стандартной методике [Бунак, 1941; Негашева, 2017]. Программы обследований включали парные измерения биоимпедансными анализаторами состава тела ABC-01 «Медасс» (ООО НТЦ Медасс, г. Москва) и Диамант-АИСТ (ООО Диамант, г. Санкт-Петербург).

Длину тела измеряли с использованием антропометра GPM (DKSH, Швейцария). Массу тела измеряли в ООО «Медицинские компьютерные системы» с использованием напольных весов Seca 285 (Seca, Германия), в ПВ ООО «Фирма Техноавиа» и в Горно-Алтайском государственном университете – с использованием напольных весов DEXP SCR-33P (DEXP, Россия) с дискретностью измерений 0,1 кг. Индекс массы тела (ИМТ) определяли как отношение массы тела к квадрату длины тела ($\text{кг}/\text{м}^2$). Популяционный состав выборки был неоднороден и включал представителей европеоидной расы (76%) и южносибирской локальной расы алтае-сааянской группы популяций (19%) [Алексеев, 1974]. Анализ популяционных различий параметров импеданса и состава тела не входил в задачи работы.

Биоимпедансное обследование двухчастотным анализатором ABC-01 «Медасс» осуществляется при частоте переменного тока 5 и 50 кГц с использованием традиционной тетраполярной схемы измерений в положении испытуемых лёжа на спине с креплением одноразовых самоклеящихся электродов в области правого лучезапястного и правого голеностопного суставов [Смирнов с соавт., 2009]. Учитывались результаты измерений с применением электродов F9049/RU2234TAV (FIAV, Италия). Тощую массу (ТМ) определяли на основе оценки объема воды в организме (ОВО) с учётом относительного постоянства гидратации тощей массы у взрослых людей по формуле $\text{ТМ} = \text{ОВО} / 0,732$. При этом ОВО рассчитывали по формулам $\text{ОВО} = 0,3963 \times \text{ДТ}^2 / \text{R50} + 0,143 \times \text{МТ} + 8,399$ для мужчин, и

$\text{ОВО} = 0,3821 \times \text{ДТ}^2 / \text{R50} + 0,1052 \times \text{МТ} + 8,3148$ для женщин [Kushner, Schoeller, 1986], где ДТ – длина тела, МТ – масса тела, а R50 – активное сопротивление, измеренное на частоте 50 кГц. Жировую массу тела (ЖМ) вычисляли как разность между МТ и ТМ, а процентное содержание жира в массе тела (%ЖМ) – как $(\text{ЖМ}/\text{МТ}) \times 100\%$.

Биоимпедансное обследование двухчастотным анализатором Диамант-АИСТ осуществляется при частоте переменного тока 28 и 115 кГц с использованием тетраполярной схемы измерений «верхние конечности–туловище–нижние конечности» с многократными электродами-клипсами, которые устанавливаются дистально на обе голени и оба предплечья, при плотном прилегании электродов к коже [Руководство по эксплуатации ... 2023]. На голени электроды-клипсы устанавливали непосредственно выше медиальной и латеральной лодыжек, а на предплечьях – на уровне шиловидного отростка лучевой кости (рис. 1). Перед проведением измерений место наложения электродов смачивали физраствором. Измерения проводили в положении испытуемых лёжа на спине в горизонтальном положении с руками

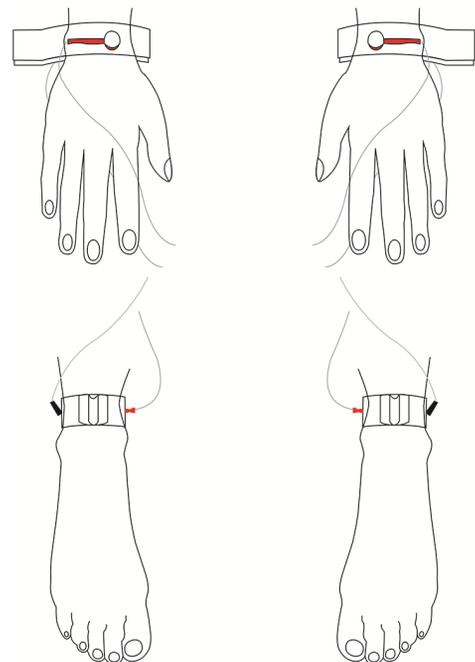


Рисунок 1. Схема установки многократных электродов при измерениях анализатором Диамант-АИСТ, использованная в настоящем исследовании

Figure 1. The scheme of reusable electrodes' placement with the Diamant-AIST instrument

и ногами, разведёнными в стороны под углом 30 градусов. Измеряемыми параметрами являются модули импеданса Z28 и Z115, на основе которых получают оценки состава тела. Точные алгоритмы оценки состава тела для анализатора Диамант-АИСТ в открытой печати не опубликованы.

Парные измерения анализаторами ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ проводили в утренние часы в указанной последовательности через малый промежуток времени.

Сопоставляли измеренные значения импедансов, а также оценки ТМ, ЖМ и %ЖМ, полученные с использованием указанных биоимпедансных анализаторов. Проверку нормальности распределений проводили на основе критерия Колмогорова-Смирнова, межполовые различия оценивали на основе критерия Манна-Уитни, а различия парных биоимпедансных измерений – на основе критерия знаковых рангов Вилкоксона для зависимых данных при пороговом уровне значимости $P = 0,05$. Согласованность парных значений импеданса и биоимпедансных оценок состава тела оценивали на основе корреляций Спирмена и анализа Бланда-Альтмана [Bland, Altman, 1986]. Взаимную калибровку данных биоимпедансометрии проводили путём построения регрессионной формулы, описывающей взаимосвязь парных значений R50 и Z115, и последующего применения к преобразованным значениям Z115 алгоритма оценки состава тела, реализованного в программном обеспечении анализатора ABC-01 «Медасс». Точность регрессионной формулы оценивали на основе коэффициента детерминации (R^2) и стандартной ошибки регрессии (SEE).

Исследование проводилось с одобрения Комиссии по биоэтике биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (заключение №2-ч от 19.11.2020 г.) с осведомлением участников о целях и задачах исследования и подписанием протоколов информированного согласия. Полученные данные были деперсонифицированы. Статистическую обработку данных выполняли в пакетах программ Minitab 21 и MS Excel 2019.

Результаты

Общая антропометрическая характеристика группы обследованных представлена в таблице 1.

Таблица 1. Общая антропометрическая характеристика группы обследованных
Table 1. General anthropometric characteristics of the study sample

Параметр	Женщины (N=107)		Мужчины (N=78)	
	М	SD	М	SD
Возраст, лет	35,6*	12,2	32,2	11,8
МТ, кг	65,2*	14,2	77,1	16,6
ДТ, см	163,2*	6,8	175,1	7,2
ИМТ, кг/м ²	24,5	5,2	25,0	4,6

Примечания. М – среднее значение; SD – среднее квадратическое отклонение; N – численность обследованной группы; * – значимые различия между подгруппами женщин и мужчин ($P < 0,05$).

Notes. M – mean value; SD – standard deviation; N – sample size; * – significant differences between male and female groups ($P < 0.05$).

В подгруппах женщин и мужчин средние значения ИМТ соответствовали верхней границе нормы.

Наблюдались значимые различия медианных значений оценок ТМ, ЖМ и %ЖМ анализаторами ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ (табл. 2). В подгруппе женщин различия медианных значений параметров состава тела составили –2,8 кг для ТМ, +2,5 кг для ЖМ и +4,0% для %ЖМ. В подгруппе мужчин различия были менее выражены и составили +1,5 кг для ТМ, –0,5 кг для ЖМ и –1,4% для %ЖМ. При этом 95%-ные доверительные интервалы для разностей парных оценок состава тела варьировали в широких пределах: от –3 до +8 кг ТМ и от –8 до +5 единиц %ЖМ.

В подгруппе женщин средние различия парных оценок ТМ и, соответственно, %ЖМ были минимальны в области низких значений ТМ и %ЖМ, а с увеличением абсолютных значений признаков различия быстро росли, достигая 4-6 кг ТМ и 5–7 единиц %ЖМ в области высоких значений признаков (рис. 2).

В подгруппе мужчин средние различия парных оценок ТМ и, соответственно, %ЖМ мало зависели от абсолютных значений признаков (рис. 3). Вместе с тем, индивидуальные различия оценок состава тела были велики: они варьировали в пределах от –3 до +8 кг ТМ и от –8 до +5 единиц %ЖМ (рис. 3).

Таблица 2. Исходные оценки состава тела биоимпедансными анализаторами ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ в подгруппах женщин и мужчин

Table 2. The original body composition data by the ABC-01 'Medas' and Diamant-AIST bioimpedance instruments in male and female groups

Параметр	ABC-01 «Медасс»				Диамант-АИСТ			
	Женщины (N=107)		Мужчины (N=78)		Женщины (N=107)		Мужчины (N=78)	
	Me	Q1;Q3	Me	Q1;Q3	Me	Q1;Q3	Me	Q1;Q3
ТМ, кг	42,7*	40,4; 45,8	58,9*	55,0; 65,4	45,2	42,1; 49,0	57,4	52,6; 63,9
ЖМ, кг	20,0*	15,1; 26,1	15,2*	9,0; 21,9	17,5	13,5; 23,4	15,7	11,1; 23,8
%ЖМ	32,2*	26,1; 37,3	19,7*	13,3; 25,3	28,2	24,3; 32,6	21,1	17,4; 27,1

Примечания. Me – медианное значение; Q1;Q3 – межквартильное расстояние; N – численность обследованной группы; * – значимые различия между биоимпедансными анализаторами (P<0,05).

Notes. Me – median value; Q1;Q3 – interquartile range; N – sample size; * – significant inter-instrument differences (P<0.05).

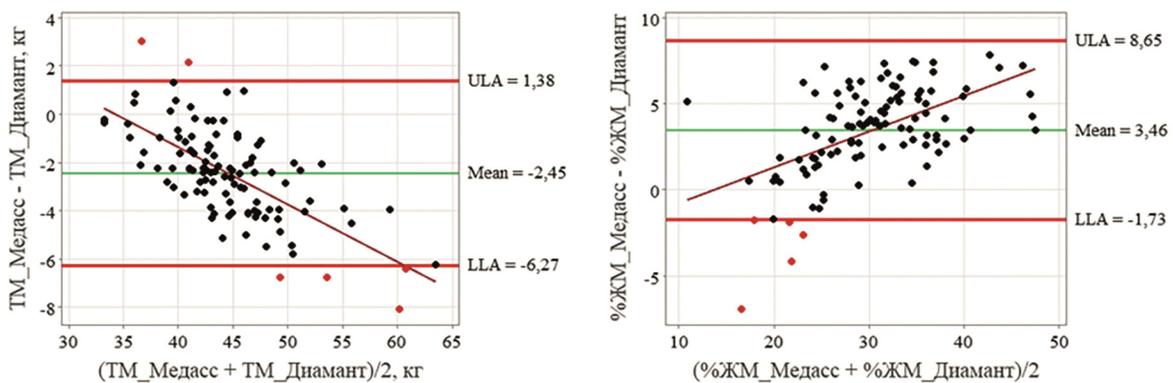


Рисунок 2. Согласованность исходных парных оценок состава тела анализаторами ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ в подгруппе женщин (N=107): анализ Бланда-Альтмана.

Слева – ТМ, справа – %ЖМ

Figure 2. Consistency of the original paired bioimpedance body composition data by the ABC-01 'Medas' and Diamant-AIST instruments in females (N=107): Bland-Altman analysis. Left – fat-free mass, right – percentage body fat

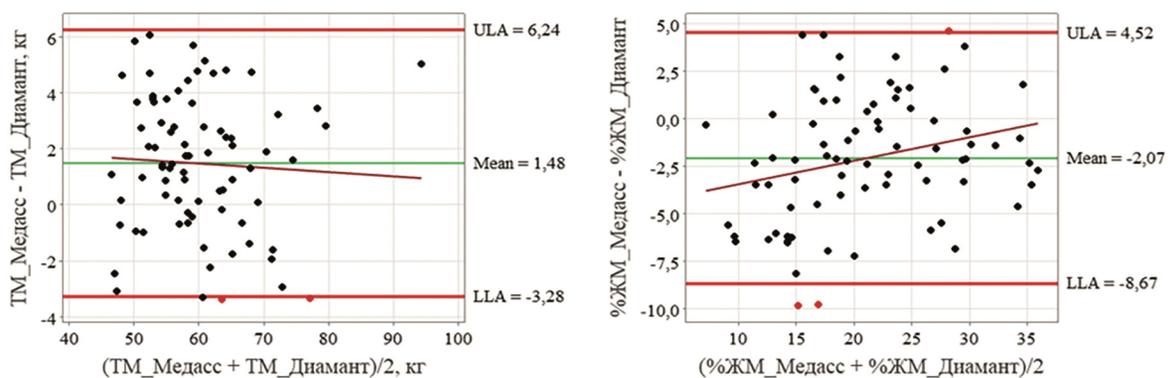


Рисунок 3. Согласованность исходных парных оценок состава тела анализаторами ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ в подгруппе мужчин (N=78): анализ Бланда-Альтмана.

Слева – ТМ, справа – %ЖМ

Figure 3. Consistency of the original paired bioimpedance body composition data by the ABC-01 'Medas' and Diamant-AIST instruments in males (N=78): Bland-Altman analysis. Left – fat-free mass, right – percentage body fat

Парные значения активного сопротивления R50 и модулей импедансов Z28 и Z115, измеренные анализаторами ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ, соответственно, в подгруппах женщин и мужчин высоко коррелировали между собой ($r=0,86-0,94$), при этом несколько выше были корреляции R50 и Z115 ($r=0,91-0,94$). Можно отметить, что парные значения R50 и Z115 отличались примерно в 2 раза, а подгруппе мужчин были свойственны более низкие значения электрических сопротивлений (рис. 4 слева).

Регрессионная формула, описывающая взаимосвязь измеренных значений активного сопротивления R50 и модуля импеданса Z115, имела вид

$$R50 = 2,25 \times Z115 + 54,8 \quad (R^2 = 0,92; \text{SEE} = 26,6 \text{ Ом}), \quad (1)$$

где величины R50 и Z115 измеряются в Омах. Взаимосвязь значений R50 и преобразованных по формуле (1) соответствующих им парных значений Z115 показана на рисунке 4 справа.

Результаты применения алгоритма оценки состава тела, реализованного в программном обеспечении анализатора ABC-01 «Медасс» (см. раздел «Материалы и методы»), к преобразованным по формуле (1) значениям Z115, приведены в таблице 3. Различия парных оценок состава тела для анализатора ABC-01 «Медасс» и преобразованных данных Диамант-АИСТ в подгруппах женщин и мужчин были статистически незначимы, что указывает на сопоставимость таких данных на групповом уровне.

В подгруппе женщин средние различия парных оценок ТМ и, соответственно, %ЖМ были минимальны в широком диапазоне значений ТМ и %ЖМ (рис. 5). При этом 95%-ные доверительные интервалы для разностей парных оценок состава тела уменьшились примерно вдвое (ср. рис. 2 и 5).

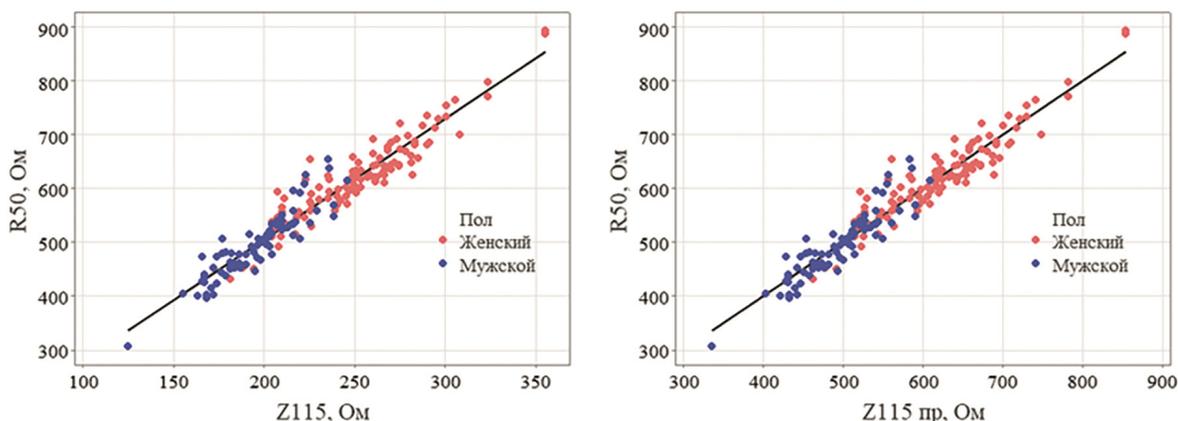


Рисунок 4. Диаграмма рассеяния значений активного сопротивления R50 в зависимости от исходных (слева) и преобразованных по формуле (1) парных значений импеданса Z115 (справа)
Figure 4. Scatter plot of the resistance R50 against the original (left) and converted by the formula (1) impedance Z115 paired values (right)

Таблица 3. Исходные оценки состава тела анализатором ABC-01 «Медасс» и преобразованные данные Диамант-АИСТ в подгруппах женщин и мужчин
Table 3. The original body composition data by the ABC-01 'Medas' instrument and the modified Diamant-AIST instrument data in male and female groups

Параметр	ABC-01 «Медасс»				Диамант-АИСТ			
	Женщины (N=107)		Мужчины (N=78)		Женщины (N=107)		Мужчины (N=78)	
	Me	Q1;Q3	Me	Q1;Q3	Me	Q1;Q3	Me	Q1;Q3
ТМ, кг	42,7	40,4; 45,8	58,9	55,0; 65,4	42,7	40,4; 46,3	59,4	55,1; 64,7
ЖМ, кг	20,0	15,1; 26,1	15,2	9,0; 21,9	20,1	14,4; 26,6	14,9	7,9; 22,6
%ЖМ	32,2	26,1; 37,3	19,7	13,3; 25,3	32,4	26,5; 37,8	19,3	12,9; 26,1

Примечания. Me – медианное значение; Q1;Q3 – межквартильное расстояние; N – численность обследованной группы.

Notes. Me – median value; Q1;Q3 – interquartile range; N – sample size.

Обсуждение

В подгруппе мужчин средние различия парных оценок ТМ были близки к нулю в области средних значений признака, а при уменьшении и увеличении ТМ быстро росли за счёт выраженной линии тренда (рис. 6 слева). Средние значения парных оценок %ЖМ были близки к нулю и мало зависели от абсолютных значений признака (рис. 6 справа). При этом 95%-ные доверительные интервалы для разностей парных оценок состава тела сократились примерно в 1,5 раза (ср. рис. 3 и 6). Заметим, что указанные на рисунке 6 доверительные интервалы можно несколько уменьшить за счёт вычитания линии тренда на левом графике (и ввиду зависимости %ЖМ от ТМ).

Как уже упоминалось выше, биоимпедансный анализ представляет собой косвенный метод оценки состава тела. Ввиду потенциальной важности объединения результатов биоимпедансных исследований сравнению данных, полученных с использованием различных биоимпедансных анализаторов состава тела, посвящено большое количество публикаций (см., например, [Chumlea et al., 2002; Silva et al., 2019; Stratton et al., 2021]). В зависимости от оборудования и рассматриваемой выборки могут наблюдаться как существенные расхождения [Выборная с соавт., 2018; Silva et al., 2019], так и

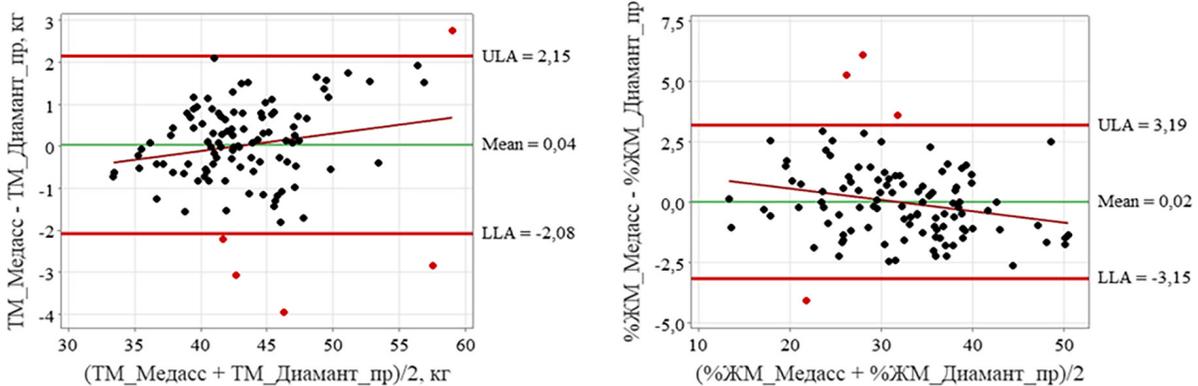


Рисунок 5. Согласованность оценок состава тела анализатором ABC-01 «Медасс» и преобразованных данных Диамант-АИСТ в подгруппе женщин (N=107): анализ Бланда-Альтмана. Слева – ТМ, справа – %ЖМ

Figure 5. Consistency of the original bioimpedance body composition data by the ABC-01 'Medas' instrument and the converted Diamant-AIST instrument data in females (N=107): Bland-Altman analysis. Left – fat-free mass, right – percentage body fat

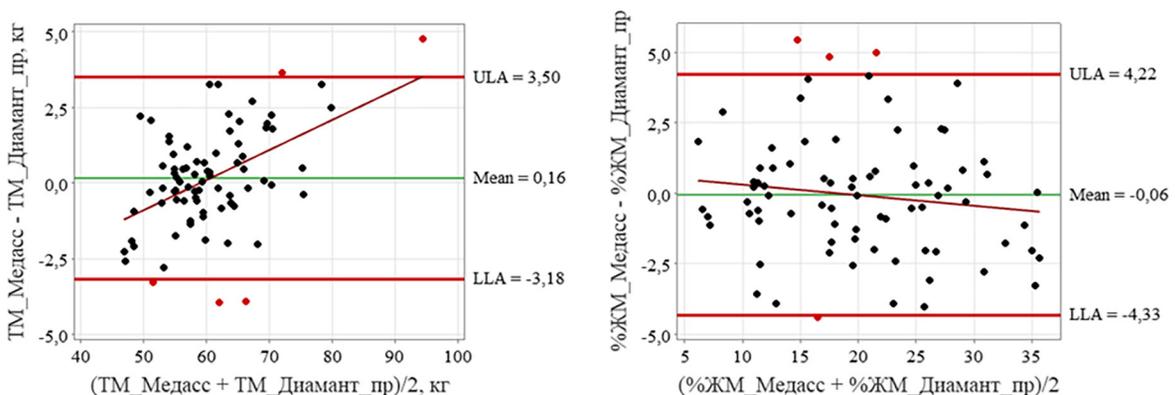


Рисунок 6. Согласованность оценок состава тела анализатором ABC-01 «Медасс» и преобразованных данных Диамант-АИСТ в подгруппе мужчин (N=78): анализ Бланда-Альтмана. Слева – ТМ, справа – %ЖМ

Figure 6. Consistency of the original bioimpedance body composition data by the ABC-01 'Medas' instrument and the converted Diamant-AIST instrument data in males (N=78): Bland-Altman analysis. Left – fat-free mass, right – percentage body fat

сходство получаемых парных оценок состава тела [Chumlea et al., 2002; Ducharme et al., 2022]. В последние годы значительное внимание уделяется сравнению непосредственно измеряемых показателей биоимпедансометрии [Silva et al., 2019; Rudnev et al., 2020; Stratton et al., 2021; Ducharme et al., 2022]. Наибольшие корреляции активных сопротивлений при минимальных абсолютных различиях наблюдаются при использовании однотипных методик измерений и схем расположения электродов. Типичным примером этого служат данные измерений анализаторами RJL-101 (RJL Systems, США) и Valhalla 1990B (Valhalla Scientific, США) в группе из 197 лиц мужского и 235 – женского пола в возрасте от 12 до 65 лет [Chumlea et al., 2002]: парные измерения проводились в положении пациентов лёжа на спине на правой стороне тела при одинаковой локализации одноразовых самоклеящихся электродов ($R^2 = 0,99$). В случае сравнения анализаторов с вертикальным и горизонтальным положением тела пациентов абсолютные различия модулей импедансов могут быть достаточно велики, а корреляции между ними снижаются. Например, при сравнении анализаторов ABC-01 «Медасс» и Tanita BC-418MA в упомянутой выше работе [Rudnev et al., 2020] средние разности значений импедансов в группе молодых мужчин составили 42,2 Ом при $R^2 = 0,91$. В нашем исследовании за счёт разных схем измерений при одинаковом положении тела пациентов (лёжа на спине) парные значения импеданса отличались кратно, примерно в 2 раза, а корреляция осталась на том же уровне ($R^2 = 0,92$).

Ввиду различий алгоритмов биоимпедансной оценки состава тела, часть из которых не публикуется, и высоких корреляций парных значений импедансов удобным способом калибровки данных (при значимых различиях генерируемых оценок состава тела) является соотнесение первично измеряемых величин (компонентов импеданса) с последующим применением единого алгоритма оценки состава тела [Rudnev et al., 2020]. В настоящем исследовании эта идея была использована при сопоставлении анализаторов ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ. Анализ Бланда-Альтмана выявил отсутствие статистически значимых различий средних значений разностей парных оценок тощей, жировой и от-

носительной жировой массы после взаимной калибровки, что свидетельствует о согласованности калиброванных данных на групповом уровне. Вместе с тем, доверительные интервалы для разностей парных оценок состава тела хотя и сократились в 1,5–2 раза, но остались достаточно велики (см. рис. 5 и 6), что говорит об отсутствии взаимозаменяемости данных на индивидуальном уровне. Представляет интерес анализ сопоставимости оценок состава тела анализаторами ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ у детей и подростков.

Даже в отсутствие значимых различий оценок состава тела при использовании различных схем измерений могут различаться парные значения компонентов импеданса [Ducharme et al., 2022]. В такой ситуации идею пересчёта компонентов импеданса можно использовать для калибровки значений фазового угла.

Одна из возможностей применения результатов данного исследования заключается в совместном использовании массовых данных биоимпедансных измерений анализаторами ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ в центрах здоровья для характеристики физического развития и здоровья населения России. Необходимым условием этого является строгое соблюдение методики биоимпедансных измерений. Результаты оценки состава тела анализаторами ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ, как и других устройств с проводной электродной системой, существенно зависят от положения электродов, так как известно, что смещение электродов на 1 см при измерениях по схеме «запястье-голеностоп» приводит к 2%-ному изменению активного сопротивления [National Institutes of Health ... 1994]. В статье Жугеля [2022] были выявлены значимые различия парных оценок состава тела, полученных анализаторами ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ, в группе мальчиков 15–18 лет, занимающихся интенсивными физическими нагрузками. При этом разность оценок абсолютной и относительной жировой массы, равная +3,1 кг и +4,5% соответственно, была противоположна по знаку данным нашего исследования в подгруппе мужчин (–0,5 кг и –1,4% соответственно), что может объясняться как возрастными особенностями выборок и спецификой алгоритмов оценки состава тела, так и

различиями места установки многоразовых электродов. По всей видимости, к методическим аспектам биоимпедансометрии, критически влияющим на результат измерений, в руководствах пользователя необходимо привлекать больше внимания.

Использование многоразовых электродов по сравнению с одноразовыми самоклеящимися электродами привлекает своей экономностью. Однако в нашей практической работе с устройством Диамант-АИСТ после измерения 10–15 пациентов подряд в программе анализатора нередко наблюдались сбои, которые могли быть устранены только после отсоединения электродов, обработки их спиртовым раствором и переподключения. При большом потоке пациентов, насыщенной программе обследования или в полевых условиях это создаёт определённые неудобства. Кроме того, длинные провода с тяжёлыми электродами на концах могли переплетаться между собой даже при наличии специальной стойки для электродной системы, что несколько увеличивало длительность обследования.

Выводы

Выявлены значимые различия парных оценок тощей, жировой и относительной жировой массы, полученных с использованием биоимпедансных анализаторов состава тела АВС-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ, у взрослых людей. Установлена возможность взаимной калибровки и совместного анализа данных на групповом уровне.

Благодарности

Авторы благодарят руководство и сотрудников ООО «Медицинские компьютерные системы» (г. Зеленоград), ПВ ООО «Фирма Техноавиа» (г. Москва) и кафедры физического воспитания и спорта, физиологии и безопасности жизнедеятельности Горно-Алтайского государственного университета (г. Горно-Алтайск) за возможность проведения исследования. Данные измерений в ООО «Медицинские компьютерные системы» и ПВ ООО «Фирма Техноавиа» получены при поддержке Российского научного фон-

да (грант № 20-15-00386). Исследование выполнено в рамках плановой темы АААА-А19-119013090163-2 – «Антропология евразийских популяций (биологические аспекты)» (Година Е.З., Пермьякова Е.Ю, Анисимова А.В.). Работа С.Г. Руднева поддержана Отделением Московского центра фундаментальной и прикладной математики в ИВМ РАН (Соглашение № 075-15-2022-286 с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации).

Библиография

- Авдеева М.В., Щеглова Л.В. Роль центров здоровья в выявлении вредных для здоровья факторов риска и формировании здорового образа жизни // Медицинский академический журнал, 2011. Т. 11. № 4. С. 103–109. DOI: 10.17816/MAJ114103-109.
- Аверьянова И.В., Максимов А.Л. Возрастная динамика основных соматометрических показателей у юношей-студентов уроженцев г. Магадана // Морфология, 2016. Т. 149. № 2. С. 62–67.
- Алексеев В.П. География человеческих рас. М.: Мысль. 1974. 351 с.
- Бунак В.В. Антропометрия. М.: Учпедгиз. 1941. 368 с.
- Выборная К.В., Соколов А.И., Раджаббадиев Р.М., Кобелькова И.В., Лавриненко С.В. с соавт. Сравнение показателей состава тела, полученных с помощью двух различных приборов для биоимпедансометрии. В сб.: Одноразовские морфологические чтения. Сб. научных трудов, посвященный 120-летию со дня рождения профессора Н.И. Одноралова и 100-летию ВГМУ им. Н.Н. Бурденко. Воронеж, 2018. С. 54–58.
- Гайворонский И.В., Ничипорук Г.И., Гайворонский И.Н., Ничипорук Н.Г. Биоимпедансометрия как метод оценки компонентного состава тела человека (обзор литературы) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 11. Медицина, 2017. Т. 12. № 4. С. 365–384.
- Жугель И.М. Сравнительный анализ показателей биоимпедансометрии методом Медасс и Диамант // Forcipe, 2022. Т. 5. Вып. S3. С. 913–914.
- Негашева М.А. Основы антропометрии. М.: Экон-Информ. 2017. 216 с.
- Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука. 2009. 392 с.
- Носков В.Б., Ничипорук И.А., Григорьев А.И. Динамика жидкостных сред и состава тела в условиях длительного космического полета (биоимпедансный анализ) // Авиакосмическая и экологическая медицина, 2007. Т. 4. № 3. С. 3–7.
- Руднев С.Г., Соболева Н.П., Стерликов А.С., Николаев Д.В., Старунова О.А. с соавт. Биоимпедансное исследование состава тела населения России. М.: РИО ЦНИИОИЗ. 2014. 493 с.
- Руководство по эксплуатации Диамант-АИСТ. Электронный ресурс. URL: <https://diamant.spb.ru/documents/4> (дата обращения – 19.01.2023).
- Синдеева Л.В., Казакова Г.Н. Антропометрия и биоимпедансометрия: параллели и расхождения // Фундаментальные исследования, 2013. № 9-3. С. 476–480.

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.: НТЦ Медасс. 2009. 38 с.

Тятенкова Н.Н., Уварова Ю.Е. Распространенность избыточной массы тела и ожирения среди взрослого населения Ярославской области // Ожирение и метаболизм, 2020. Т. 17. № 2. С. 164–170. DOI: 10.14341/omet10284.

Информация об авторах

Сипатрова Анастасия Григорьевна; ORCID ID: 0000-0003-3679-1898; sipatrovaana@gmail.com;

Година Елена Зиновьевна, проф., д.б.н.; ORCID ID: 0000-0002-0692-420X; godina@antropos.msu.ru;

Пермякова Екатерина Юрьевна, к.б.н.; ORCID ID: 0000-0002-6490-4004; ekaterinapermyakova@gmail.com;

Анисимова Анна Викторовна; ORCID ID: 0000-0003-4584-4867; anna.anisimova@antropos.msu.ru;

Зубко Александр Владимирович, к.м.н.; ORCID ID: 0000-0001-8958-1400; zalexandrae@gmail.com;

Руднев Сергей Геннадьевич, доц., к.ф.-м.н.; ORCID ID: 0000-0001-5437-8429; rdnv2019@yandex.ru.

Поступила в редакцию 08.02.2023,
принята к публикации 14.03.2023.

Sipatrova A.G.¹⁾, Godina E.Z.²⁾, Permiakova E.Yu.²⁾,
Anisimova A.V.²⁾, Zubko A.V.³⁾, Rudnev S.G.⁴⁾

¹⁾ *Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Department of Anthropology, Leninskie Gory, 1(12), Moscow, 119234, Russia*

²⁾ *Lomonosov Moscow State University, Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology, Mokhovaya st., 11, Moscow, 125009, Russia*

³⁾ *Russian Research Institute of Health, Dobrolyubova str., 11, Moscow, 127254, Russia*

⁴⁾ *Marchuk Institute of Numerical Mathematics, Russian Academy of Sciences, Gubkin str., 8, Moscow, 119333, Russia*

BIOIMPEDANCE ASSESSMENT OF BODY COMPOSITION USING ABC-01 'MEDAS' AND DIAMANT-AIST INSTRUMENTS: A COMPARISON

Introduction. *Bioelectrical impedance analysis (BIA) is an indirect method of body composition assessment. The equipment for BIA measurements is produced in many countries including Russia and may differ in electrical current frequencies, measurement schemes and built-in algorithms for the evaluation of body composition. In view of this, body composition estimates from various BIA instruments may be inconsistent which limits the ability to combine and generalize BIA data. Our purpose was to analyze the consistency and possibility of joint use of the BIA data obtained using the ABC-01 'Medas' (SRC Medas, Moscow) and Diamant-AIST (LLC Diamant, St. Petersburg) instruments in adults.*

Materials and methods. *185 adult volunteers (107 women and 78 men) aged 18 to 61 years were examined according to the standard anthropometric measurement protocol and on the basis of paired consecutive measurements with the bioimpedance body composition instruments ABC-01 'Medas' and Diamant-AIST. The estimates of fat-free mass (FFM), body fat (BF) and percentage body fat (%BF) were compared. Mutual calibration of the bioimpedance data was carried out based on transformation of the Diamant-AIST data using a conversion formula between the ABC-01 'Medas' and Diamant-AIST resistances and subsequent application the ABC-01 'Medas' body composition assessment algorithm.*

Results. *There were significant differences in the median values of FFM, BF and %BF estimates provided by the ABC-01 'Medas' and Diamant-AIST instruments. The FFM values in females using the ABC-01 'Medas' instrument were significantly lower, and the BF and %BF were significantly higher as compared to the Diamant-AIST data. In males, the inverse relationship was observed while maintaining significant differences between the medians.*

The differences in paired estimates of body composition data provided by the ABC-01 'Medas' instrument and the transformed Diamant-AIST data in males and females, respectively, were statistically insignificant. Also, the confidence intervals for the differences of paired body composition estimates reduced essentially, but still not ensured good consistency of individual body composition data.

Conclusions. Significant differences in paired values of fat-free mass, fat mass and relative body fat using the ABC-01 'Medas' and Diamant-AIST bioimpedance instruments are obtained. The possibility of mutual calibration and joint analysis of the related bioimpedance data at the group level is established.

Keywords: biological anthropology; bioimpedance analysis; body composition; adults; paired measurements; comparison; mutual data calibration

DOI: 10.32521/2074-8132.2023.2.070-081

References

- Avdeeva M.A., Scheglova L.V. Rol' tse ntrov zdorov'ya v vyavlenii vrednykh dlya zdorov'ya faktorov riska i formirovaniy zdorovogo obraza zhizni [The role of health centers in identifying risk factors harmful to health and the formation of a healthy lifestyle]. *Meditsinskii akademicheskii zhurnal* [Medical Academic Journal], 2011, 11 (4), pp. 103-109. (In Russ.). DOI: 10.17816/MAJ114103-109.
- Averyanova I.V., Maksimov A.L. Vozrastnaya dinamika osnovnykh somatometricheskikh pokazatelei u yunoshei-studentov urozhentsev g. Magadana [Age dynamics of the main somatometric parameters in adolescent students born in the city of Magadan]. *Morfologiya* [Morphology], 2016, 149 (2), pp. 62-67. (In Russ.).
- Alekseev V.P. *Geografiya chelovecheskikh ras* [Geography of Human Races]. Moscow, Mysl' Publ., 1974. 351 p. (In Russ.).
- Bunak V.V. *Antropometriya* [Anthropometry]. Moscow, Uchpedgiz Publ., 1941. 368 p. (In Russ.).
- Vybornaya K.V., Sokolov A.I., Radzhabkadiev R.M., Kobel'kova I.V., Lavrinenko S.V. et al. Sravnenie pokazatelei sostava tela, poluchennykh s pomoshch'yu dvukh razlichnykh priborov dlya bioimpedansometrii [Comparison of body composition parameters obtained with two different bioimpedance instruments]. In: *Odnoralovskie morfologicheskie chteniya. Sb. nauchnykh trudov, posvyashchennyi 120-letiyu so dnya rozhdeniya profesora N.I. Odnoralova i 100-letiyu VGMU im. N.N. Burdenko* [Odnoralov morphological readings. Collection of scientific papers dedicated to the 120th anniversary of the birth of Professor N.I. Odnoralov and the 100th anniversary of the Burdenko Russian State Medical University]. Voronezh, 2018, pp. 54-58. (In Russ.).
- Gaivoronskii I.V., Nichiporuk G.I., Gaivoronskii I.N., Nichiporuk N.G. Bioimpedansometriya kak metod otsenki komponentnogo sostava tela cheloveka (obzor literatury) [Bioimpedance analysis as a method of human body composition assessment (a review)]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 11. Meditsina* [Vestnik of Saint-Petersburg University. Series 11. Medicine], 2017, 12 (4), pp. 365-384. (In Russ.).
- Zhugel' I.M. *Sravnitel'nyi analiz pokazatelei bioimpedansometrii metodom Medass i Diamant* [Comparative analysis of the bioimpedance data using Medas and Diamant instruments]. *Forcipe*, 2022, 5 (S3), pp. 913-914. (In Russ.).
- Negasheva M.A. *Osnovy antropometrii* [Anthropometry Basics]. Moscow, Econ-Info Publ., 2017. 216 p. (In Russ.).
- Nikolaev D.V., Smirnov A.V., Bobrinskaya I.G., Rudnev S.G. *Bioimpedantsnyi analiz sostava tela cheloveka* [Bioelectric Impedance Analysis of Human Body Composition]. Moscow, Nauka Publ., 2009. 392 p. (In Russ.).
- Noskov V.B., Nichiporuk I.A., Grigoriev A.I. Dinamika zhidkostnykh sred i sostava tela v usloviyakh dlitel'nogo kosmicheskogo poleta (bioimpedantsnyi analiz) [Dynamics of the body liquids and composition in long-duration space flight (bio-impedance analysis)]. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina* [Aerospace and Environmental Medicine], 2007, 4 (3), pp. 3-7. (In Russ.).
- Rudnev S.G., Soboleva N.P., Sterlikov A.S., Nikolaev D.V., Starunova O.A. s soavt. *Bioimpedantsnoe issledovanie sostava tela naseleniya Rossii* [Bioimpedance Study of Body Composition in the Russian Population]. Moscow, RIO TsNII OIZ Publ., 2014. 493 p. (In Russ.).
- Rukovodstvo po ekspluatatsii Diamant-AIST*. Available at: <https://diamant.spb.ru/documents/4>. Accessed 19.01.2023.
- Sindeeva L.V., Kazakova G.N. Antropometriya i bioimpedansometriya: paralleli i raskhozhdeniya [Anthropometry and bioimpedance analysis: parallels and discrepancies]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 2013, 9 (3), pp. 476-480. (In Russ.).
- Smirnov A.V., Kolesnikov V.A., Nikolaev D.V., Eryukova T.A. *ABC-01 'Medas': analizator otsenki balansa vodnykh sektorov organizma s programmym obespecheniem (rukovodstvo pol'zovatelya)* [ABC-01 'Medas': Analyzer for the Assessment of Body Fluids Balance with Software (User Manual)]. Moscow, NTTs Medas Publ., 2009. 38 p. (In Russ.).
- Tyatenkova N.N., Uvarova Yu.E. Rasprostranennost' izbytochnoi massy tela i ozhireniya sredi vzroslogo naseleniya Yaroslavskoi oblasti [Prevalence of overweight and obesity among the adult population of the Yaroslavl region]. *Ozhirenie i metabolism* [Obesity and Metabolism], 2020, 17 (2), pp. 164-170. (In Russ.). DOI: 10.14341/omet10284.
- Barone M., Losurdo G., Iannone A., Leandro G., Di Leo A., Tretotoli P. Assessment of body composition: intrinsic methodological limitations and statistical pitfalls. *Nutrition*, 2022, 102:111736. DOI: 10.1016/j.nut.2022.111736.
- Bland J.M., Altman D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1986, 327 (8476), pp. 307-310. DOI: 10.1016/S0140-6736(86)90837-8.

Chumlea W.C., Guo S.S., Kuczmarski R.J., Flegal K.M., Johnson C.L. et al. Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *Int. J. Obes.*, 2002, 26 (12), pp. 1596-1609. DOI: 10.1038/sj.ijo.0802167.

Ducharme J.B., Clark C., Houck J.M., Hall H., Gerard-Osborne A., Gibson A. Comparison of supine and vertical bioimpedance measurements in young adults. *Topics Exerc. Sci. Kinesiol.*, 2022, 3(1): 11. Available at: https://digitalscholarship.unlv.edu/scholarship_kin/vol3/iss1/11. Accessed 19.01.2023.

Kushner R.F., Schoeller D.A. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1986, 44(3), pp. 417-424. DOI: 10.1093/ajcn/44.3.417.

National Institutes of Health. *Bioelectrical Impedance Analysis in Body Composition Measurement*. NIH Technology Assessment Conference Statement. December 12–14, 1994. 35 p. Available at: <https://consensus.nih.gov/1994/1994bioelectricimpedancebodyta015pdf.pdf>. Accessed 19.01.2023.

Rudnev S., Burns J.S., Korrick S.A., Hauser R., Williams P.L. et al. Comparison of bioimpedance body composition in young adults in the Russian Children's Study. *Clin. Nutr. ESPEN*, 2020, 35, pp. 153-161. DOI: 10.1016/j.clnesp.2019.10.007.

Silva A.M., Matias C.N., Nunes C.L., Santos D.A., Marini E. et al. Lack of agreement of in vivo raw bioimpedance measurements obtained from two single and multi-frequency bioelectrical impedance devices. *Eur. J. Clin.*

Nutr., 2019, 73 (7), pp. 1077-1083. DOI: 10.1038/s41430-018-0355-z.

Stratton M.T., Smith R.W., Harty P.S., Rodriguez C., Johnson B.A. et al. Longitudinal agreement of four bioimpedance analyzers for detecting changes in raw bioimpedance during purposeful weight gain with resistance training. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2021, 75 (7), pp. 1060-1068. DOI: 10.1038/s41430-020-00811-3.

Information about the Authors

Sipatrova A.G.; ORCID ID: 0000-0003-3679-1898; sipatrovaana@gmail.com;

Godina E.Z., professor, PhD, DSc; ORCID ID: 0000-0002-0692-420X; godina@antropos.msu.ru;

Permiakova E.Yu., PhD; ORCID ID: 0000-0002-6490-4004; ekaterinapermyakova@gmail.com;

Anisimova A.V.; ORCID ID: 0000-0003-4584-4867; anna.anisimova@anthropos.msu.ru;

Zubko A.V., PhD; ORCID ID: 0000-0001-8958-1400; zalexandrae@gmail.com;

Rudnev S.G., associate professor, PhD; ORCID ID: 0000-0001-5437-8429; rdnv2019@yandex.ru.

© 2023. This work is licensed under a CC BY 4.0 license.