

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АНТРОПОЛОГИЯ / BIOLOGICAL ANTHROPOLOGY

Научная статья / Research Article

<https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-26-1-7>

УДК/UDC 572.5; 7

## Методические вопросы биоимпедансного анализа: сопоставимость оборудования и влияние электродов на результат измерений

С.Г. Руднев <sup>1</sup>✉, А.В. Анисимова <sup>2</sup>, Е.З. Година <sup>3</sup>, Л.В. Задорожная <sup>3</sup>, Е.Ю. Пермякова <sup>3</sup>,  
И.А. Хомякова <sup>3</sup>, А.Г. Сипатрова <sup>4</sup>, А.В. Зубко <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Институт вычислительной математики имени Г.И. Марчука Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Институт биологии гена Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Российская Федерация

<sup>4</sup> Независимый исследователь

<sup>5</sup> Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения Министерства здравоохранения России, Москва, Российская Федерация

✉ [rdnv2019@yandex.ru](mailto:rdnv2019@yandex.ru)

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Различия биоимпедансного оборудования и электродов, методик измерений и встроенных алгоритмов обработки данных ставят под сомнение согласованность получаемых оценок состава тела. Цель исследования – анализ сопоставимости данных биоимпедансных измерений при использовании различных биоимпедансных анализаторов и электродов, в том числе применяемых в российских центрах здоровья.

**Материал и методы.** Проводились биоимпедансные измерения 20 взрослых добровольцев (10 женщин и 10 мужчин) в возрасте от 21 года до 54 лет с использованием четырёх инструментов: ABC-01 «Медасс» (ООО НТЦ «Медасс», Москва), Диамант-АИСТ (ООО «Диамант», Санкт-Петербург), прототипа биоимпедансного анализатора в составе аппаратно-программного комплекса «Здоровье-Экспресс» с кардиоусилителем ЭК6Ц-03-«КАРДи2/4» (ООО «МКС», Москва, Зеленоград) и Tanita MC-780MA (Tanita, Япония). При измерениях анализатором ABC-01 «Медасс» использовали восемь типов одноразовых биоадгезивных электродов: Ambu White Sensor 0415M (Ambu, Дания), Bianostic AT (Data Input, Германия), Eurotrode PFR2034 (Pirrone srl, Италия), F9049/RU2234TAV (FIAB, Италия), Schiller biotabs 23×34 мм (Schiller, Швейцария), Skintact RT-34 (Leonhard Lang GmbH, Австрия), Top Trace MedTab (Ceracarta, Италия), 2100 Swaro-tab (Tyrolmed, Австрия). При измерениях анализаторами Диамант-АИСТ и Здоровье-Экспресс использовали по два типа многоразовых электродов – производства ООО «Диамант» и ООО «МКС». Электрические свойства биоадгезивных электродов оценивали на основе сэндвич-теста. Сравнение данных, полученных при измерении добровольцев с использованием различных биоимпедансных анализаторов и электродов, выполняли на основе критерия знаковых рангов Вилкоксона для парных наблюдений и однофакторного дисперсионного анализа при пороговом уровне значимости  $p=0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Проведённое исследование выявило наличие значимых межинструментальных различий биоэлектрических параметров и оценок состава тела. Максимальные различия средних значений признаков между анализаторами ABC-01 «Медасс», Диамант-АИСТ и Tanita MC-780MA для тощей и жировой массы составили 2,8 кг для мужчин и 2,2 кг для женщин, а для процентного содержания жира в массе тела – 3,9% для мужчин и 3,7% для женщин. Для прототипа анализатора состава тела Здоровье-Экспресс наблюдались существенные отклонения оценок состава тела от оценок, полученных с использованием анализаторов других типов. Данные биоимпедансных измерений анализатором ABC-01 «Медасс» с использованием наиболее часто применяемых в российских центрах здоровья типов одноразовых биоадгезивных электродов были хорошо согласованы между собой несмотря на широкую вариацию их электрических свойств (собственный импеданс электродов был в диапазоне от 96,8 Ом для 2100 Swaro-tab до 694,3 Ом для Eurotrode PFR2034). В сравнении с эталонными

электродами Vianostic AT, собственный импеданс которых составил 18,9 Ом, в подгруппах женщин и мужчин наблюдалось небольшое, но значимое завышение фазового угла (в среднем, на 0,15 градуса), а в подгруппе мужчин – также небольшое, но значимое завышение тощей и занижение жировой массы (в среднем, на 0,3-0,4 кг). При сравнении многоцветных электродов от ООО «Диамант» и ООО «МКС» значимых различий биоэлектрических параметров и оценок состава тела в группе обследованных не выявлено.

**Заключение.** Для прямого сопоставления результатов измерений с использованием различных биоимпедансных анализаторов необходима их предварительная взаимная калибровка. Данные, получаемые в центрах здоровья при измерениях анализатором ABC-01 «Медасс» с использованием рассмотренных типов одноразовых электродов при условии соблюдения методики измерений, можно объединять и анализировать совместно. Многоцветные электроды для биоимпедансных измерений производства ООО «Диамант» и ООО «МКС» практически взаимозаменяемы.

**Ключевые слова:** биологическая антропология; биоимпеданс; биоимпедансное оборудование; биоимпедансометрия; электроды; состав тела; фазовый угол

**Финансирование.** Исследование было выполнено в ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России в рамках проекта Российского научного фонда № 20-15-00386 (рук. В.И. Стародубов).

**Благодарности.** Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В.Ломоносова (Година Е.З., Задорожная Л.В., Хомякова И.А., Пермякова Е.Ю.). Авторы благодарят руководство и сотрудников ООО «Медицинские компьютерные системы» (г. Зеленоград), и лично И.С. Решетникова и Д.А. Прилуцкого, за помощь в организации и проведении исследования.

**Для цитирования:** Руднев С.Г., Анисимова А.В., Година Е.З., Задорожная Л.В., Пермякова Е.Ю., Хомякова И.А., Сипатрова А.Г., Зубко А.В. Методические вопросы биоимпедансного анализа: сопоставимость оборудования и влияние электродов на результат измерений // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2026. № 1. С. 85-103. <https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-26-1-7>

## Methodological issues of bioimpedance analysis: comparability of instruments and the impact of electrodes on measurement outcomes

Sergey G. Rudnev <sup>1</sup>✉, Anna V. Anisimova <sup>2</sup>, Elena Z. Godina <sup>3</sup>, Lyudmila V. Zadorozhnaya <sup>3</sup>, Ekaterina Yu. Permiakova <sup>3</sup>, Irina A. Khomyakova <sup>3</sup>, Anastasia G. Sipatrova <sup>4</sup>, Aleksandr V. Zubko <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Marchuk Institute of Numerical Mathematics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Institute of Gene Biology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

<sup>4</sup> Independent researcher

<sup>5</sup> Russian Research Institute of Health, Moscow, Russian Federation

✉ [rdnv2019@yandex.ru](mailto:rdnv2019@yandex.ru)

### ABSTRACT

**Introduction.** The differences between bioimpedance instruments, electrodes, measurement techniques, and data processing algorithms raise questions about the consistency of bioimpedance data and body composition estimates. This study aims to compare the results of measurements taken with various bioimpedance devices and electrode types, including those used in Russian health centers.

**Material and methods.** Bioimpedance measurements were conducted on 20 adult volunteers, 10 women and 10 men, aged between 21 and 54 years. Four instruments were used in the study: ABC-01 "Medas" (SRC Medas, Moscow), Diamant-AIST (Diamant LLC, St.

Petersburg), the prototype bioimpedance analyzer as part of the "Zdorovye-Express" hardware and software system with EK6C-03-"CARDi2/4" cardio amplifier (Medical Computer Systems LLC, Moscow, Zelenograd) and Tanita MC-780MA (Tanita, Japan). Eight types of disposable electrodes were used with the ABC-01 "Medas" instrument: Ambu White Sensor 0415M (Ambu, Denmark), Bianostic AT (Data Input, Germany), Eurotrode PFR2034 (Pirrone srl, Italy), F9049 / RU2234 TAB (FIAB, Italy), Schiller Biotabs 23x34 mm (Schiller, Switzerland), Skintact RT-34 (Leonhard Lang GmbH, Austria), TopTrace MedTab (Ceracarta, Italy), and 2100 Swaro-tab (Tyrolmed, Austria). Two types of reusable electrodes, manufactured by Diamant LLC and Medical Computer Systems (MCS) LLC, were used with the Diamant-AIST and Zdorovye-Express instruments. Electric properties of the bioadhesive electrodes were assessed using a sandwich test. A comparison of the data obtained from volunteers using different bioimpedance instruments and electrodes was conducted using the Wilcoxon signed rank test for paired observations, as well as one-way analysis of variance, with a significance level set at  $p=0.05$ .

**Results and discussion.** Our study showed the presence of significant inter-instrument differences in bioelectrical parameters and body composition estimates. The maximum difference in the average value of fat-free mass and body fat between the ABC-01 "Medas", Diamant-AIST and Tanita MC-780MA instruments was 2.8 kg for men and 2.2 kg for women, whereas for the percentage body fat it was 3.9% for men and 3.7% for women. There were also significant deviations in body composition estimates obtained with the Zdorovye-Express analyzer compared to estimates from the other instruments. The BIA measurements data using the ABC-01 "Medas" instrument and the types of disposable bioadhesive electrodes commonly used in Russian Health Centers were in good agreement, despite the wide variation in electrical properties of the electrodes (their intrinsic impedance ranged from 96.8 ohm for 2100 Swaro-tab to 694.3 ohm for Eurotrode PFR2034). However, compared to the reference Bianostic AT electrodes, which had an intrinsic impedance of 18.9 ohm, the subgroups of women and men showed an average overestimation of 0.15 degrees in phase angle, while the subgroup of men also showed an overestimation in fat-free mass and an underestimation in fat mass, averaging between 0.3 and 0.4 kilograms. When comparing the reusable electrodes from Diamant LLC and MCS LLC, there were no significant differences in the bioelectrical parameters or body composition estimates in the study group.

**Conclusion.** To directly compare the results of measurements from different BIA instruments, their preliminary mutual calibration is necessary. The bioimpedance data obtained in Russian Health Centers using the ABC-01 "Medas" instrument and the specified types of disposable bioadhesive electrodes can be combined and analyzed together subject to the measurement procedure being followed. The reusable electrodes for bioimpedance measurements produced by Diamant LLC and Medical Computer Systems LLC are effectively interchangeable.

**Keywords:** biological anthropology; bioimpedance; bioimpedance instruments; bioimpedance examination technique; electrodes; body composition; phase angle

**Funding.** The study was performed at the Federal State Budgetary Institution "RIH" ("Russian Research Institute of Health") of the Ministry of Health of the Russian Federation within the framework of the Russian Science Foundation project No. 20-15-00386 (directed by V.I. Starodubov).

**Acknowledgements.** The study was conducted under the state assignment of Lomonosov Moscow State University (Godina E.Z., Zadorozhnaya L.V., Khomyakova I.A., Permiakova E.Yu.). The authors would like to thank the management and staff of Medical Computer Systems LLC (Zelenograd), and personally I.S. Reshetnikov and D.A. Prilutsky, for their help in organizing and conducting the study.

**For citation:** Rudnev S.G., Anisimova A.V., Godina E.Z., Zadorozhnaya L.V., Permiakova E.Yu., Khomyakova I.A., Sipatrova A.G., Zubko A.V. Methodological issues of bioimpedance analysis: comparability of instruments and the impact of electrodes on measurement outcomes. *Lomonosov Journal of Anthropology*. 2026 (1), pp. 85-103. <https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-26-1-7>

## Введение

Наиболее распространённым скрининговым методом оценки состава тела в биологических и медицинских исследованиях в настоящее время является биоимпедансный анализ – сравнительно простой и надёжный неинвазивный метод, обладающий меньшей в сравнении с антропометрией зависимостью результатов измерений от квалификации исследователя. Наличие многочисленных данных биоимпедансных измерений во многих странах мира привело к появлению проекта разработки международной базы данных биоимпедансометрии с целью их объединения и совместного использования (Silva et al., 2023). Вместе с тем известно, что результаты таких измерений могут существенно варьировать между разными анализаторами ввиду различий способов измерения, применения разных частот переменного тока, электродных систем и формул для оценки состава тела (Сипатрова с соавт., 2023; Ward, 2009; Tinsley et al., 2020; Bennett et al., 2024). Другой потенциальной причиной вариативности данных является использование различных типов одноразовых биоадгезивных электродов (Nescolarde et al., 2016; Dupertuis et al., 2022). В России основным источником массовых данных биоимпедансных измерений являются центры здоровья, где, в основном, применяются отечественные анализаторы состава тела производства ООО «Диамант» (г. Санкт-Петербург) и ООО НТЦ «Медасс» (г. Москва). С первыми обычно используются многоразовые электроды собственной разработки, а со вторыми – одноразовые биоадгезивные электроды различных наименований. По нашей оценке, в 2010-2019 гг. в центрах здоровья до 90% измерений анализаторами ABC-01 и ABC-02 «Медасс» было выполнено с одноразовыми электродами F9049 (FIAB, Италия) и Schiller biotabs 22×34 mm (Schiller, Швейцария); кроме того, применялись, в порядке убывания частоты, электроды Top Trace Medtab (Ceracarta, Италия), Skintact RT-34 (Leonhard Lang GmbH, Австрия), Eurotrode PFR2034 (Pirrone srl, Италия) и другие (Rudnev et al., 2022). Различия биоимпедансного оборудования и электродов, методик измерений и встроенных алгоритмов обработки данных ставят под сомнение сопоставимость получаемых оценок состава тела.

*Цель исследования* – анализ сопоставимости данных биоимпедансных измерений при

использовании различных биоимпедансных анализаторов и электродов, в том числе применяемых в российских центрах здоровья.

## Материалы и методы

На базе ООО «МКС» (Москва, Зеленоград) в ноябре 2020 года проводилось обследование 20 здоровых добровольцев (10 женщин и 10 мужчин) в возрасте от 21 года до 54 лет. Биоимпедансные измерения являлись частью более общей программы измерений, включающей антропометрическое обследование по стандартной методике (Бунак, 1941; Негашева, 2017) с измерением жировых складок, используемых для оценки соматотипа по схеме Хит-Картера (Carter, Heath, 1990) тремя различными типами калиперов и скользящим циркулем (Пермякова с соавт., 2021). При подготовке к обследованию испытуемые соблюдали нормальный режим сна и бодрствования, накануне и в день измерений избегали интенсивных физических упражнений и не принимали алкогольные напитки, в день измерений не курили и не пили кофе.

Массу тела (МТ) определяли на напольных медицинских весах Seca 285 (Seca, Германия), длину тела (ДТ) – с использованием антропометра GPM (DKSH, Швейцария), а обхватные размеры тела – пластиковой сантиметровой лентой Hoehchst mass (Германия). Остальные размерные признаки определяли с использованием антропометрических инструментов GPM. Рассчитывали индекс массы тела (ИМТ) как отношение массы тела к квадрату длины тела ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ).

Выполняли измерения каждого обследованного четырьмя биоимпедансными анализаторами в следующей последовательности: Tanita MC-780MA (Tanita, Япония), прототипом биоимпедансного анализатора в составе аппаратно-программного комплекса «Здоровье-Экспресс» с кардиоусилителем ЭК6Ц-03-«КАРДи2/4» (ООО «Медицинские компьютерные системы», Москва, Зеленоград), Диамант-АИСТ (ООО «Диамант», Санкт-Петербург) и ABC-01 «Медасс» (ООО НТЦ «Медасс», Москва).

Измерения на весах-анализаторе Tanita MC-780MA (Tanita, Япония) выполняли по стандартной методике в положении стоя с измерением биоэлектрических параметров и оценкой параметров состава тела на основе встроенных алгоритмов обработки данных (Available at: <https://guidebaze.com/document/686695/>

tanita-mc-780ma-fitness-equipment-28.html. Accessed: 09.06.2025). Указанное устройство имеет постоянную электродную систему, встроенную в платформу весов и поручни анализатора, а измерения проводятся на частотах переменного тока 5, 50 и 250 кГц по полисегментной схеме. Фазовый угол импеданса рассчитывали в градусах как умноженный на  $180^\circ/\pi$  арктангенс отношения реактивного (X50) и активного (R50) сопротивлений при измерении на правой стороне тела (между правой кистью и правой стопой) на частоте 50 кГц. Для нивелирования влияния напольных весов анализатора на результаты последующих сравнений жировую массу (ЖМ) рассчитывали как разность значений МТ, измеренных на напольных медицинских весах Seca 285 (Seca, Германия), и биоимпедансной оценки тощей массы (ТМ). Процентное содержание жира в массе тела (%ЖМ) вычисляли по формуле  $\%ЖМ = ЖМ/МТ \times 100\%$ .

Измерения на основе прототипа биоимпедансного анализатора в составе аппаратно-программного комплекса «Здоровье-Экспресс» (ООО «МКС», Москва, Зеленоград) (Аппаратно-программный комплекс «Здоровье-Экспресс», URL: <https://mks.ru/product/zdex/>, дата обращения – 09.06.2025) с кардиоусилителем ЭКБЦ-03-«КАРДи2/4» выполняли в диапазоне частот тока от 5 до 100 кГц с шагом измерения 1 кГц, а биоимпедансным анализатором Диамант-АИСТ (ООО «Диамант», Россия) – при частоте тока 28 и 115 кГц с использованием многоцветных ЭКГ электродов в положении обследуемого лёжа на горизонтальной непроводящей поверхности с руками и ногами, отведёнными в стороны под углом 30 градусов. Электроды устанавливали дистально на обе голени и оба предплечья при плотном их прилегании к коже (Руководство по эксплуатации «Диамант-АИСТ», URL: <https://diamant.spb.ru/documents/4>, дата обращения – 09.06.2025): на голених – непосредственно выше медиальной и латеральной лодыжек, а на предплечьях – на уровне шиловидного отростка лучевой кости. При установке электродов смачивали электроды и кожу обследуемого физраствором. Оценки состава тела получали с использованием встроенных алгоритмов обработки данных. Для обоих типов анализаторов выполняли по одному измерению с электродной системой анализатора Диамант-АИСТ и с электродной системой производства ООО МКС (рис. 1).



Рисунок 1. Многоцветные электроды для биоимпедансных измерений производства ООО «Диамант» (слева) и ООО «МКС» (справа)  
Figure 1. Reusable electrodes for bioimpedance measurements manufactured by Diamant LLC (left) and MCS LLC (right)



Рисунок 2. Самоклеящиеся биоадгезивные электроды, использованные при измерениях биоимпедансным анализатором ABC-01 «Медас»: 1 – Ambu White Sensor 0415M (Ambu, Дания), 2 – Bianostic AT (Data Input, Германия), 3 – Eurotrode PFR2034 (Pirrone srl, Италия), 4 – F9049/RU2234TAB (FIAB, Италия), 5 – Schiller biotabs 23×34 мм (Schiller, Швейцария), 6 – Skintact RT-34 (Leonhard Lang GmbH, Австрия), 7 – Top Trace MedTab (Ceracarta, Италия), 8 – 2100 Swaro-tab (Tyrolmed, Австрия)  
Figure 2. Bioadhesive electrodes used in measurements with the ABC-01 "Medas" bioimpedance instrument: 1 – Ambu White Sensor 0415M (Ambu, Denmark), 2 – Bianostic AT (Data Input, Germany), 3 – Eurotrode PFR2034 (Pirrone srl, Italy), 4 – F9049/RU2234TAB (FIAB, Italy), 5 – Schiller biotabs 23×34 mm (Schiller, Switzerland), 6 – Skintact RT-34 (Leonhard Lang GmbH, Austria), 7 – Top Trace MedTab (Ceracarta, Italy), 8 – 2100 Swaro-tab (Tyrolmed, Austria)

Измерения анализатором ABC-01 «Медасс» (ООО НТЦ «Медасс», Россия) проводили в стандартном отведении «запястье-голеностоп» на правой стороне тела в положении обследуемого лёжа на горизонтальной непроводящей поверхности с руками и ногами, отведёнными в стороны под углом 30 градусов (Смирнов с соавт., 2009). Пару измерительных электродов крепили на линиях сочленения костей предплечья и кисти, а также голени и стопы соответственно, а токопроводящих электродов – на 4–5 см дистальнее. Измерения проводили с использованием восьми типов одноразовых биоадгезивных электродов (рис. 2): Ambu White Sensor 0415M (Ambu, Дания), Bianostic AT (Data Input, Германия), Eurotrode PFR2034 (Pirrone srl, Италия), F9049/RU2234TAB (FIAB, Италия), Schiller biotabs 23×34 мм (Schiller, Швейцария), Skintact RT-34 (Leonhard Lang GmbH, Австрия), Top Trace MedTab (Ceracarta, Италия), 2100 Swaro-tab (Tyrolmed, Австрия).

Все указанные типы биоадгезивных электродов за исключением электродов Bianostic AT (Data Input, Германия) имеют общее предназначение и маркируются как ЭКГ электроды, а последние были специально разработаны для биоимпедансных измерений и поэтому использовались нами в качестве эталона для сравнения. (Электроды Bianostic AT имеют большую площадь поверхности, что обеспечивает более равномерное изменение электрического поля в участке соприкосновения электрода с кожей пациента, и обладают оптимальными биоадгезивными свойствами.) Последовательность применения электродов определялась для каждого обследованного индивидуально. Для первых восьми измерений она была сформирована с использованием генератора случайных чисел (Available at: <https://www.random.org/integer-sets>. Accessed: 09.06.2025) для нивелирования возможного влияния порядка использования электродов на результаты сравнения. Вслед за серией из восьми измерений с разными типами электродов проводилось контрольное девятое измерение с электродами первого типа из сгенерированной последовательности. Таким образом, для каждого обследованного было проведено по 9 измерений анализатором ABC-01 «Медасс» с указанным порядком смены электродов. В перерывах между измерениями при наличии следов токопроводящего геля от предыдущего измерения участок крепления

электродов очищали спиртовым тампоном. Фиксировали результаты измерений активного (R50) и реактивного (X50) сопротивлений импеданса на частоте 50 кГц. Фазовый угол импеданса рассчитывали в градусах как умноженный на  $180^\circ/\pi$  арктангенс отношения реактивного (X50) и активного (R50) сопротивлений. ТМ определяли на основе оценки содержания воды в организме (СВО) с учётом относительного постоянства гидратации тощей массы по формуле  $TM = CBO/0,732$ . При этом СВО (кг) рассчитывали по формулам  $CBO = 0,3963 \times DT^2/R50 + 0,143 \times MT + 8,399$  для мужчин, и  $CBO = 0,3821 \times DT^2/R50 + 0,1052 \times MT + 8,3148$  для женщин (Kushner, Schoeller, 1986). Жировую массу (ЖМ) рассчитывали как разность значений МТ и ТМ. Процентное содержание жира в массе тела (%ЖМ) вычисляли по формуле  $\%ЖМ = ЖМ/МТ \times 100\%$ .

С использованием анализатора ABC-01 «Медасс» определяли электрические свойства одноразовых биоадгезивных электродов на основе сэндвич-теста (Available at: <https://data-input.de/bia/english/service/testing-electrodes.php>. Accessed: 09.06.2025). Для этого из пары электродов каждого типа изготавливали «сэндвич» путем соединения покрытых электропроводящим гелем сторон вдоль длинной оси электродов таким образом, что места крепления зажимов электродной системы анализатора оказывались на противоположных сторонах «сэндвича». Зажимы токопроводящих электродов красного цвета, а также измерительных электродов чёрного цвета, крепили в противоположных углах «сэндвича». Всего измеряли по 5 «сэндвичей» из одноразовых электродов каждого типа: по 2 пары «свежих» электродов (из только что вскрытой герметичной упаковки с актуальным сроком годности), и по 3 пары «менее свежих» электродов из вскрытых 5 месяцев назад упаковок той же партии после хранения в сухом тёмном месте при комнатной температуре. Фиксировали результаты измерений активного (R50) и реактивного (X50) сопротивлений «сэндвичей» на частоте 50 кГц.

Результаты биоимпедансных измерений автоматически сохранялись в памяти анализаторов с последующей выгрузкой данных (в случае анализатора ABC-01 «Медасс») или их ручным переносом (в остальных случаях) в Excel.

Обследование добровольцев проводили при содействии ООО «Медицинские компьютерные системы» (г. Зеленоград) на базе указанной

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

Показатели/ Measurements	Мужчины / Males (N=10)				Женщины / Females (N=10)			
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max
Возраст, лет Age, years	31,1	7,7	21,0	48,8	35,9	10,1	24,4	53,7
Длина тела, см Height, cm	174,1*	6,9	167,8	188,1	162,9	6,0	154,2	172,6
Масса тела, кг Body mass, kg	75,0*	11,9	61,5	97,3	59,6	10,9	46,0	75,3
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> BMI, kg/m <sup>2</sup>	24,8	3,8	20,7	32,0	22,5	3,9	18,5	31,3
ΣЖС, мм ΣSKF, mm	53,9	22,9	20,0	89,4	50,1	21,4	27,4	96,8

Примечания. ΣЖС – суммарная толщина кожно-жировых складок под лопаткой, на плече сзади, над подвздошным гребнем и на середине голени сзади.

\* – Значимые различия между подгруппами женщин и мужчин (P<0,01).

Notes. ΣSKF – the sum of subscapular, triceps, suprailiac, and calf skinfolds.

\* – Significant differences between the subgroups of men and women (P<0.01).

организации, а измерения одноразовых биоадгезивных электродов – в лаборатории ауксологии человека НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В.Ломоносова. Все измерения выполняли в стандартизованных условиях в закрытом помещении при комнатной температуре.

Проверку нормальности распределений оценивали на основе критерия Колмогорова-Смирнова. Сравнение данных, полученных с использованием различных биоимпедансных анализаторов и электродов, выполняли на основе критерия знаковых рангов Вилкоксона для парных наблюдений и однофакторного дисперсионного анализа при пороговом уровне значимости  $p=0,05$ .

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

Подгруппы обследованных женщин и мужчин значительно отличались по длине и массе тела (табл. 1). Средние значения ИМТ и суммарной толщины кожно-жировых складок, используемых для оценки соматотипа по схеме Хит-Картера, в

указанных подгруппах значительно не различались. При этом у мужчин среднее значение ИМТ соответствовало верхней границе, а у женщин – середине интервала нормальных значений признака. Средние значения соматотипа (3,9-5,9-2,0 для мужчин и 3,5-4,7-2,4 для женщин) соответствовали эндомезоморфному типу телосложения.

При использовании анализатора ABC-01 «Медасс» в подгруппах обследованных женщин и мужчин результаты измерений активного, реактивного сопротивлений и фазового угла для различных типов одноразовых биоадгезивных электродов были близки между собой (табл. 2). Небольшие, но значимые различия наблюдались, в основном, только при сравнениях с электродами Bianostic AT, для которых средние значения фазового угла были несколько ниже, чем для других типов одноразовых электродов (различия в пределах  $0,16^\circ$  в подгруппе мужчин и  $0,14^\circ$  в подгруппе женщин). Данные измерений величин R50 (Z28 в случае анализатора Диамант-АИСТ), X50 (там, где это применимо) и фазового угла, соответственно, анализаторами Диамант-АИСТ и Здоровье-Экспресс значительно различались между собой и с другими анализаторами состава тела. При этом результаты измерений не зависели от типа используемых многофазовых электродов (значимые различия отсутствовали). Данные измерений анализатором Tanita MC-780MA значительно различались с другими анализаторами состава тела за исключением показателя X50 в подгруппе мужчин, для которого

**Таблица 2. Измеренные значения активного, реактивного сопротивлений и фазовый угол импеданса в группе обследованных для различных биоимпедансных анализаторов и электродов, М (SD)**

**Table 2. Measured values of the resistance, reactance, and phase angle in the study group for the examined bioimpedance instruments and electrodes, M (SD)**

Типы электродов/ Types of electrodes	R50, Ом/ohm		X50, Ом/ohm		Фазовый угол, град./ Phase angle, degree	
	♂ (N=10)	♀ (N=10)	♂ (N=10)	♀ (N=10)	♂ (N=10)	♀ (N=10)
ABC-01 «Медасс»/ ABC-01 "Medas"						
Ambu White Sensor 0415M	500,0 (69,3)	618,6 (68,2)	64,3 (9,5)	62,8 (8,8)	7,33 (0,34) <sup>a</sup>	5,82 (0,70) <sup>a</sup>
Bianostic AT	504,6 (66,9)	623,8 (67,0)	63,8 (9,2)	62,1 (8,6)	7,21 (0,35)	5,70 (0,70)
Eurotrode PFR2034	500,9 (69,4)	622,4 (68,1)	64,0 (9,9)	63,1 (9,1)	7,28 (0,34)	5,80 (0,71) <sup>a</sup>
FIAB F9049/RU2234TAB	497,7 (64,0) <sup>a</sup>	622,7 (61,1)	64,1 (9,6)	63,5 (8,8) <sup>a,d</sup>	7,33 (0,36) <sup>a</sup>	5,83 (0,71) <sup>a</sup>
Schiller biotabs 23×34 мм	498,3 (66,0) <sup>a</sup>	624,7 (67,3)	64,4 (8,8)	63,7 (9,0) <sup>a,c,d</sup>	7,37 (0,40) <sup>a</sup>	5,84 (0,70) <sup>a</sup>
Skintact RT-34	498,0 (72,1) <sup>a</sup>	623,5 (64,0)	64,1 (9,7)	63,3 (8,6) <sup>a</sup>	7,35 (0,35) <sup>a</sup>	5,81 (0,69) <sup>a</sup>
Top Trace MedTab	500,8 (70,7)	617,7 (64,2) <sup>a</sup>	64,0 (9,9)	63,0 (8,9) <sup>a</sup>	7,28 (0,35)	5,84 (0,71) <sup>a</sup>
2100 Swaro-tab	497,2 (69,9) <sup>a,b</sup>	619,5 (66,2)	64,1 (9,7)	62,5 (8,7)	7,35 (0,36) <sup>a,b</sup>	5,77 (0,66) <sup>a</sup>
Диамант-АИСТ*/ Diamant-AIST						
Производство ООО «Диамант» Manufactured by Diamant LLC	230,7 (26,4) <sup>e</sup>	282,9 (33,6) <sup>e</sup>	–	–	8,96 (0,23) <sup>e</sup>	7,69 (0,57) <sup>e</sup>
Производство ООО «МКС» Manufactured by Medical Computer Systems LLC	229,1 (26,9) <sup>e</sup>	282,7 (34,8) <sup>e</sup>	–	–	9,00 (0,27) <sup>e</sup>	7,74 (0,56) <sup>e</sup>
Здоровье-Экспресс**/ Zdorovye-Express						
Производство ООО «МКС» Manufactured by Medical Computer Systems LLC	21,3 (2,9) <sup>e</sup>	22,4 (2,7) <sup>e</sup>	6,1 (1,5) <sup>e</sup>	8,3 (1,8) <sup>e</sup>	16,1 (4,0) <sup>e</sup>	20,3 (3,2) <sup>e</sup>
Производство ООО «Диамант» Manufactured by Diamant LLC	21,9 (2,9) <sup>e</sup>	22,5 (2,6) <sup>e</sup>	5,9 (1,2) <sup>e</sup>	8,0 (1,5) <sup>e</sup>	15,2 (2,8) <sup>e</sup>	19,6 (2,0) <sup>e</sup>
Tanita MC-780MA/ Tanita MC-780MA						
Встроенная электродная система Embedded electrode system	544,9 (76,6) <sup>e</sup>	651,5 (69,6) <sup>e</sup>	64,1 (9,9) <sup>f</sup>	60,7 (7,1) <sup>e</sup>	6,71 (0,23) <sup>e</sup>	5,34 (0,59) <sup>e</sup>

Примечания. R50 – активное сопротивление на частоте 50 кГц, X50 – реактивное сопротивление на частоте 50 кГц.

\* – Указаны значения модуля импеданса и фазового угла при измерениях на частоте 28 кГц.

\*\* – Указаны значения R50, X50 и фазового угла туловища.

<sup>a,b,c,d</sup> – Значимые различия в сравнении с электродами Bianostic AT, Top Trace MedTab, Ambu White Sensor 0415M и 2100 Swaro-tab, соответственно (P<0,05).

<sup>e</sup> – Значимые различия в сравнении с другими типами анализаторов (P<0,05).

<sup>f</sup> – Значимые различия в сравнении с анализатором Здоровье-Экспресс (P<0,05).

Notes. R50 is the resistance at a frequency of 50 kHz, X50 is the reactance at a frequency of 50 kHz.

\* – the measurements of the impedance modulus and phase angle at a frequency of 28 kHz.

\*\* – The values of R50, X50, and the phase angle of the trunk are shown here.

<sup>a,b,c,d</sup> – Significant differences as compared to measurements using Bianostic AT, TopTrace MedTab, Ambu White Sensor 0415M and 2100 Swaro-tab electrodes, respectively (P<0.05).

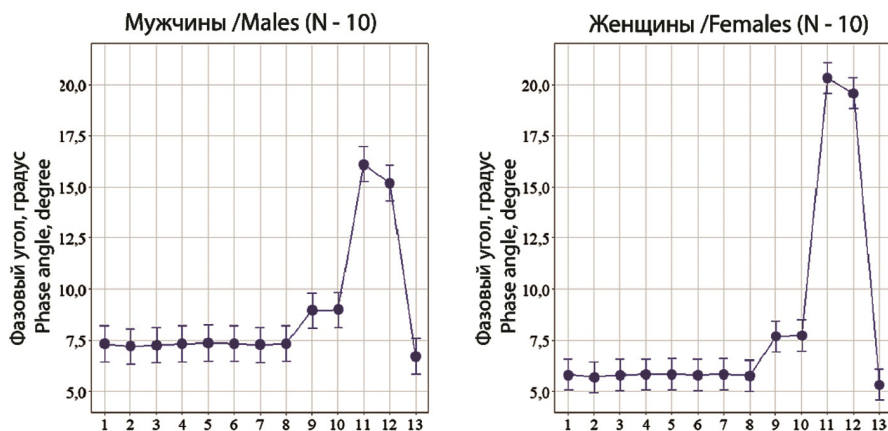
<sup>e</sup> – Significant differences as compared to other instruments (P<0.05).

<sup>f</sup> – Significant differences as compared to Zdorovye-Express instrument (P<0.05).

статистически значимые межинструментальные различия наблюдались только с результатами измерений анализатором Здоровье-Экспресс (табл. 2).

Для величины R50 наиболее высокие корреляции наблюдались в подгруппах обследованных для данных измерений анализаторами ABC-01 «Медасс» и Tanita MC-780MA (R=0,98-

0,99). Также указанные данные высоко коррелировали с результатами измерений модуля импеданса Z28 анализатором Диамант-АИСТ (R=0,93-0,98). Корреляции данных измерений анализатором Здоровье-Экспресс с данными от других анализаторов были менее выраженными (R=0,38-0,70). Аналогичные уровни корреляций наблюдались для величины X50. Для фазового угла



**Рисунок 3.** Интервальные оценки фазового угла в группе обследованных при измерениях с использованием биоимпедансных анализаторов ABC-01 «Медасс» (1-8), Диамант-АИСТ (9-10), Здоровье-Экспресс (11-12), Tanita MC-780MA (13) и электродов: Ambu White Sensor (1), Bianostic AT (2), Eurotrode PFR2034 (3), F9049/RU2234TAB (4), Schiller biotabs 23×34 мм (5), Skintact RT-34 (6), Top Trace MedTab (7), 2100 Swaro-tab (8), пр-ва ООО «Диамант» (9, 12) и ООО «МКС» (10, 11). Показаны 95% доверительные интервалы для средних, рассчитанные для средне-взвешенного стандартного отклонения

**Figure 3.** Interval estimates of phase angle in the study group, as assessed using bioimpedance instruments ABC-01 "Medas" (1-8), Diamant-AIST (9-10), Zdorovye-Express (11-12), Tanita MC-780MA (13), and electrodes Ambu White Sensor (1), Bianostic AT (2), Eurotrode PFR2034 (3), F9049/RU2234TAB (4), Schiller biotabs 23×34 mm (5), Skintact RT-34 (6), Top Trace MedTab (7), 2100 Swaro-tab (8), as well as those manufactured by Diamant LLC (9, 12) and Medical Computer Systems LLC (10, 11). The 95% confidence intervals for the average values calculated using the weighted average standard deviation are shown

соответствующие корреляции данных измерений анализаторами ABC-01 «Медасс» и Tanita MC-780MA ( $R=0,84-0,99$ ) и в сравнении с анализатором Диамант-АИСТ ( $0,75-0,98$ ) в целом соответствовали данным для R50 и X50, при этом в подгруппе мужчин наблюдались положительные ( $R=0,03-0,37$ ), а в подгруппе женщин – отрицательные ( $R$  в пределах от  $-0,14$  до  $-0,54$ ) незначимые корреляции фазового угла туловища при измерениях анализатором Здоровье-Экспресс с фазовым углом всего тела при измерениях другими анализаторами состава тела. На рисунке 3 показаны интервальные оценки фазового угла с использованием различных анализаторов и электродов в подгруппах обследованных женщин и мужчин.

Оценки параметров состава тела анализатором ABC-01 «Медасс» для различных типов одноразовых биоадгезивных электродов высоко коррелировали между собой ( $R=0,99$ ) и хорошо соответствовали друг другу (табл. 3). Значимые парные различия между ними отсутствовали за исключением ряда сравнений с электродами Bianostic AT, и в одном случае – при сравнении электродов Top Trace MedTab и 2100 Swaro-tab

для показателя %ЖМ в подгруппе мужчин. Разность средних значений признаков для всех типов одноразовых биоадгезивных электродов в подгруппах женщин и мужчин, как правило, колебалась в пределах  $0,1-0,2$  кг для ТМ и ЖМ, и  $0,2-0,4\%$  для %ЖМ. В подгруппе женщин отсутствовали значимые различия оценок состава тела, полученных с использованием анализатора Диамант-АИСТ, от данных ABC-01 «Медасс» и Tanita MC-780MA, а в подгруппе мужчин наблюдались значимые различия с анализаторами других типов за исключением случая применения электродов Bianostic AT при использовании анализатора ABC-01 «Медасс» (табл. 3). При этом наблюдался высокий уровень парных корреляций данных измерений между указанными анализаторами ( $R=0,89-0,99$ ). Результаты оценок состава тела с использованием анализатора Здоровье-Экспресс существенно отличались от оценок, полученных с использованием анализаторов других типов при несколько более низком уровне соответствующих парных корреляций ( $R=0,59-0,99$ ). Интервальные оценки ТМ и %ЖМ с использованием различных анализаторов и электродов в рассматриваемых подгруппах показаны на рисунках 4 и 5.

**Таблица 3. Оценки состава тела в группе обследованных для различных биоимпедансных анализаторов и электродов, М (SD)**  
**Table 3. Body composition estimates in the study group for the examined bioimpedance instruments and electrodes, M (SD)**

Типы электродов/ Types of electrodes	ТМ (тощая масса), кг FFM (fat-free mass), kg		ЖМ (жировая масса), кг BF (body fat), kg		%ЖМ (процентное содержание жира в массе тела) %BF (percentage body fat)	
	♂ (N=10)	♀ (N=10)	♂ (N=10)	♀ (N=10)	♂ (N=10)	♀ (N=10)
ABC-01 «Медасс»/ ABC-01 "Medas"						
Ambu White Sensor 0415M	59,5 (6,9) <sup>a</sup>	42,6 (4,1)	15,5 (7,3) <sup>a</sup>	17,0 (7,6)	20,0 (6,8) <sup>a</sup>	27,4 (7,5)
Bianostic AT	59,2 (6,7)	42,4 (4,0)	15,8 (7,6)	17,2 (8,0)	20,4 (7,1)	27,9 (8,0)
Eurotrode PFR2034	59,5 (7,0)	42,4 (4,1)	15,5 (7,4)	17,1 (7,6)	20,0 (7,1)	27,7 (7,5)
FIAB F9049/RU2234TAB	59,6 (6,7) <sup>a</sup>	42,4 (3,9)	15,4 (7,4) <sup>a</sup>	17,2 (7,8)	19,8 (6,8) <sup>a</sup>	27,7 (7,8)
Schiller biotabs 23×34 мм	59,6 (6,9) <sup>a</sup>	42,4 (4,0)	15,4 (7,4) <sup>a</sup>	17,2 (7,8)	19,9 (6,9) <sup>a</sup>	27,8 (7,7)
Skintact RT-34	59,7 (7,0) <sup>a</sup>	42,4 (3,9)	15,3 (7,4) <sup>a</sup>	17,2 (7,9)	19,8 (7,0) <sup>a</sup>	27,7 (7,9)
Top Trace MedTab	59,5 (7,1)	42,6 (4,0) <sup>a</sup>	15,5 (7,2)	17,0 (7,9)	20,0 (6,8)	27,3 (8,0)
2100 Swaro-tab	59,7 (7,0) <sup>a</sup>	42,5 (4,0)	15,3 (7,1) <sup>a</sup>	17,0 (7,9)	19,7 (6,7) <sup>a,b</sup>	27,5 (7,9)
Диамант-АИСТ/ Diamant-AIST						
Производство ООО «Диамант» Manufactured by Diamant LLC	58,0 (6,1) <sup>c</sup>	43,9 (5,6) <sup>d</sup>	17,2 (7,5) <sup>c</sup>	15,8 (6,1) <sup>d</sup>	22,2 (6,5) <sup>c</sup>	25,8 (5,2) <sup>d</sup>
Производство ООО «МКС» Manufactured by Medical Computer Systems LLC	58,1 (6,0) <sup>c</sup>	43,8 (5,7) <sup>d</sup>	17,0 (7,6) <sup>c</sup>	15,8 (6,1) <sup>d</sup>	22,0 (6,6) <sup>c</sup>	25,7 (5,2) <sup>d</sup>
Здоровье-Экспресс/ Zdorovye-Express						
Производство ООО «МКС» Manufactured by Medical Computer Systems LLC	54,0 (6,5) <sup>c</sup>	50,2 (5,0) <sup>c</sup>	21,0 (12,2) <sup>c</sup>	9,2 (9,6) <sup>c</sup>	26,9 (12,5) <sup>c</sup>	13,7 (12,8) <sup>c</sup>
Производство ООО «Диамант» Manufactured by Diamant LLC	52,4 (6,4) <sup>c</sup>	50,2 (4,7) <sup>c</sup>	22,6 (10,9) <sup>c</sup>	9,3 (9,4) <sup>c</sup>	29,1 (10,3) <sup>c</sup>	13,8 (12,5) <sup>c</sup>
Tanita MC-780MA/ Tanita MC-780MA						
Встроенная электродная система Embedded electrode system	60,8 (7,8) <sup>a,d</sup>	44,6 (5,3) <sup>f</sup>	14,3 (8,5) <sup>a,g</sup>	15,0 (7,1) <sup>f</sup>	18,3 (8,8) <sup>a,g</sup>	24,2 (7,7) <sup>f</sup>

Примечания. ТМ – тощая масса, ЖМ – жировая масса, %ЖМ – процентное содержание жира в массе тела.

<sup>a,b</sup> – Значимые различия в сравнении с электродами Bianostic AT и Top Trace MedTab, соответственно, в рассматриваемой подгруппе (P<0,05).

<sup>c</sup> – Значимые различия в сравнении с анализаторами Здоровье-Экспресс, Tanita MC-780MA и ABC-01 «Медасс» за исключением электродов Bianostic AT (P<0,05).

<sup>d</sup> – Значимые различия в сравнении с анализатором Здоровье-Экспресс (P<0,05).

<sup>e</sup> – Значимые различия в сравнении с другими типами анализаторов (P<0,05).

<sup>f</sup> – Значимые различия в сравнении с анализаторами ABC-01 «Медасс» и Здоровье-Экспресс (P<0,05).

<sup>g</sup> – Значимые различия в сравнении с анализаторами Диамант-АИСТ и Здоровье-Экспресс (P<0,05).

Notes. FFM – fat-free mass, BF – body fat, %BF – percentage body fat.

<sup>a,b</sup> – Significant differences as compared to measurements using Bianostic AT and TopTrace MedTab electrodes, respectively, in the considered subgroup (P<0.05).

<sup>c</sup> – Significant differences as compared to Zdorovye-Express, Tanita MC-780MA and ABC-01 "Medas" instruments except for Bianostic AT electrodes (P<0.05).

<sup>d</sup> – Significant differences as compared to Zdorovye-Express instrument (P<0.05).

<sup>e</sup> – Significant differences as compared to other instruments (P<0.05).

<sup>f</sup> – Significant differences as compared to ABC-01 "Medas" and Zdorovye-Express instruments (P<0.05).

<sup>g</sup> – Significant differences as compared to Diamant-AIST and Zdorovye-Express instruments (P<0.05).

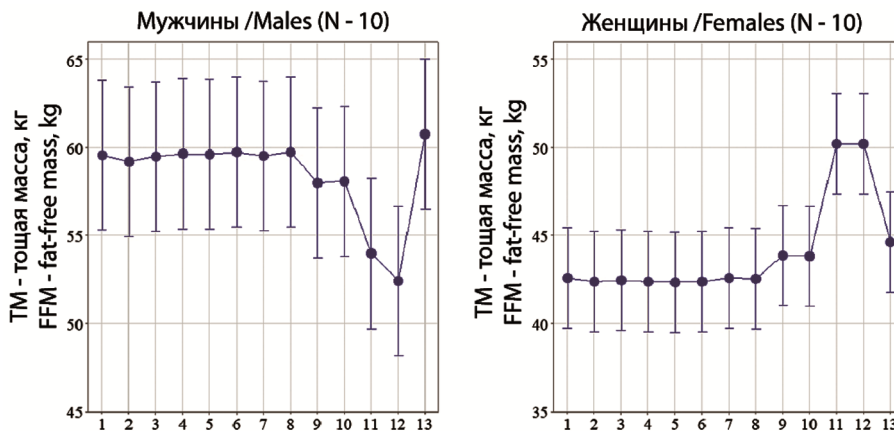


Рисунок 4. Интервальные оценки ТМ в группе обследованных при измерениях с использованием биоимпедансных анализаторов ABC-01 «Медасс» (1-8), Диамант-АИСТ (9-10), Здоровье-Экспресс (11-12), Tanita MC-780MA (13) и электродов: Ambu White Sensor (1), Bianostic AT (2), Eurotrode PFR2034 (3), F9049/RU2234TAB (4), Schiller biotabs 23×34 мм (5), Skintact RT-34 (6), Top Trace MedTab (7), 2100 Swaro-tab (8), пр-ва ООО «Диамант» (9, 12) и ООО «МКС» (10, 11). Показаны 95% доверительные интервалы для средних, рассчитанные для средневзвешенного стандартного отклонения

Figure 4. Interval estimates of FFM in the study group, as assessed using bioimpedance instruments ABC-01 "Medas" (1-8), Diamant-AIST (9-10), Zdorovye-Express (11-12), Tanita MC-780MA (13), and electrodes Ambu White Sensor (1), Bianostic AT (2), Eurotrode PFR2034 (3), F9049/RU2234TAB (4), Schiller biotabs 23×34 mm (5), Skintact RT-34 (6), Top Trace MedTab (7), 2100 Swaro-tab (8), as well as those manufactured by Diamant LLC (9, 12) and Medical Computer Systems LLC (10, 11). The 95% confidence intervals for the average values calculated using the weighted average standard deviation are shown

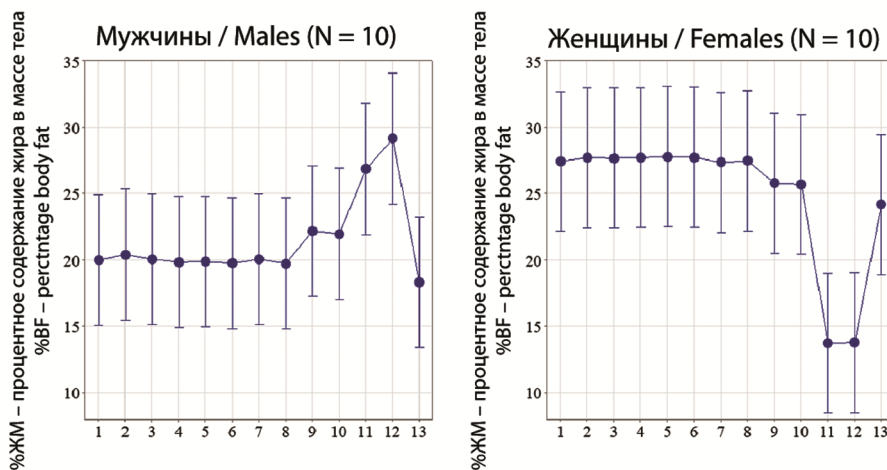


Рисунок 5. Интервальные оценки %ЖМ в группе обследованных при измерениях с использованием биоимпедансных анализаторов ABC-01 «Медасс» (1-8), Диамант-АИСТ (9-10), Здоровье-Экспресс (11-12), Tanita MC-780MA (13) и электродов: Ambu White Sensor (1), Bianostic AT (2), Eurotrode PFR2034 (3), F9049/RU2234TAB (4), Schiller biotabs 23×34 мм (5), Skintact RT-34 (6), Top Trace MedTab (7), 2100 Swaro-tab (8), пр-ва ООО «Диамант» (9, 12) и ООО «МКС» (10, 11). Показаны 95% доверительные интервалы для средних, рассчитанные для средневзвешенного стандартного отклонения

Figure 5. Interval estimates of %FM in the study group, as assessed using bioimpedance instruments ABC-01 "Medas" (1-8), Diamant-AIST (9-10), Zdorovye-Express (11-12), Tanita MC-780MA (13), and electrodes Ambu White Sensor (1), Bianostic AT (2), Eurotrode PFR2034 (3), F9049/RU2234TAB (4), Schiller biotabs 23×34 mm (5), Skintact RT-34 (6), Top Trace MedTab (7), 2100 Swaro-tab (8), as well as those manufactured by Diamant LLC (9, 12) and Medical Computer Systems LLC (10, 11). The 95% confidence intervals for the average values calculated using the weighted average standard deviation are shown

**Таблица 4. Электрические сопротивления пар одноразовых биоадгезивных электродов («сэндвичей») при измерениях анализатором ABC-01 «Медасс» на частоте 50 кГц, М (SD)**  
**Table 4. Intrinsic values of R50 and X50 for the pairs of disposable bioadhesive electrodes ("sandwiches") as measured with the ABC-01 "Medas" instrument at a frequency of 50 kHz, M (SD)**

Типы электродов/ Types of electrodes	R50, Ом/ohm			X50, Ом/ohm		
	1	2	3	1	2	3
Ambu White Sensor 0415M	136,1 (7,8)	173,9 (8,7)	158,8 (22,0)	36,7 (13,2)	117,3 (37,0)	85,1 (51,8)
Bianostic AT	10,8 (1,1)	24,2 (9,1)	18,8 (10,3)	1,5 (0,1)	1,5 (0,2)	1,5 (0,1)
Eurotrode PFR2034	617,4 (25,1)	745,5 (63,7)	694,2 (84,3)	4,3 (0,1)	9,9 (2,7)	7,6 (3,6)
FIAB F9049/RU2234TAB	259,2 (11,2)	302,7 (6,8)	285,3 (25,0)	2,5 (0,1)	3,8 (0,4)	3,2 (0,8)
Schiller biotabs 23×34 мм	148,2 (11,7)	143,7 (5,1)	145,5 (7,3)	172,4 (56,9)	235,3 (17,7)	210,1 (46,4)
Skintact RT-34	111,4 (7,4)	167,3 (8,1)	144,9 (31,4)	10,5 (1,8)	80,6 (2,3)	52,5 (38,5)
Top Trace MedTab	288,9 (15,5)	317,6 (22,9)	306,1 (23,9)	1,5 (0,3)	2,4 (0,2)	2,0 (0,5)
2100 Swaro-tab	95,8 (2,5)	97,4 (4,9)	96,8 (3,8)	1,4 (0,1)	1,2 (0,1)	1,3 (0,1)

Примечание. R50 – активное сопротивление на частоте 50 кГц, X50 – реактивное сопротивление на частоте 50 кГц.

1 – измерения «свежих» (сразу после вскрытия герметичной упаковки) пар электродов (N=2); 2 – измерения «менее свежих» (через 5 месяцев после хранения вне герметичной упаковки) пар электродов (N=3); 3 – объединённые данные (N=5).

Note. R50 is the resistance at a frequency of 50 kHz, X50 is the reactance at a frequency of 50 kHz.

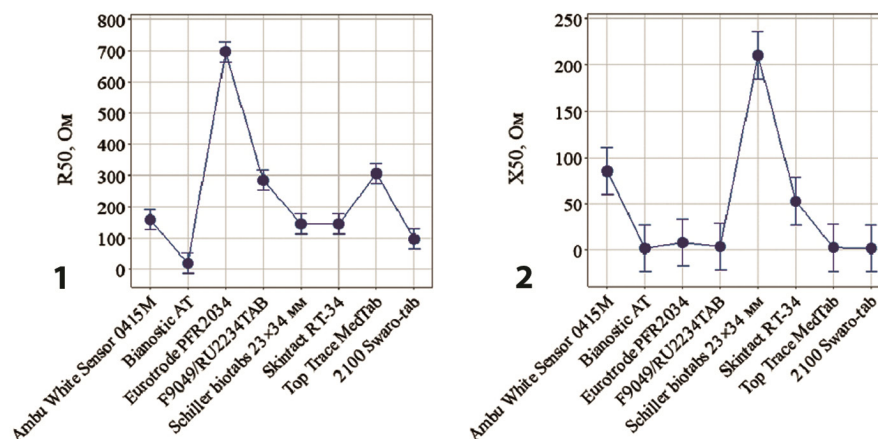
1 – measurements of "fresh" (immediately after opening the sealed packing) pairs of electrodes (N=2); 2 – measurements of "less fresh" (5 months after storage outside the sealed packing) pairs of electrodes (N=3); 3 – combined data (N=5).

Наблюдалась широкая вариация электрических свойств рассматриваемых типов одноразовых биоадгезивных электродов в сэндвич-тесте (табл. 4). В сравнении с электродами Bianostic AT, значения R50 «сэндвичей» из остальных электродов были многократно (значимо) выше и образовывали неоднородную группу. Значения X50 для ряда электродов (2100 Swaro-tab, Top Trace Medtab, FIAB F9049/RU2234TAB и Eurotrode PFR2034) были близки к эталонным, а для других электродов сильно отличались от эталонных значений (табл. 4 и рис. 6). При этом наблюдаемые значения R50 и X50 «сэндвичей» плохо коррелировали между собой: например, для электродов Eurotrode PFR2034 при минимальных значениях X50 значения R50 были максимальны, достигая порядка 700 Ом, а «сэндвичи» из электродов Schiller biotabs 23×34 мм при умеренных значениях R50 имели наибольшие значения X50 (порядка 200 Ом). Из таблицы 4 также следует, что хранение электродов вне упаковки приводило к увеличению модуля их собственного электрического сопротивления.

## Обсуждение

Несмотря на удобство применения, практическую значимость и широкую распространённость биоимпедансного анализа состава тела, существуют методические трудности объединения и обобщения данных биоимпедансных исследований, ввиду различий способов измерения, применения разных частот переменного тока, электродных систем, формул для оценки состава тела (Сипатрова с соавт., 2023; Ward, 2009; Tinsley et al., 2020; Bennett et al., 2024) и типов одноразовых биоадгезивных электродов (Nescolarde et al., 2016; Dupertuis et al., 2022). Полученные нами результаты выявили ряд значимых расхождений измеренных значений импеданса и оценок состава тела между анализаторами ABC-01 «Медасс», Диамант-АИСТ, Здоровье-Экспресс и Tanita MC-780MA.

При сопоставлении анализаторов ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ измеренные значения импеданса анализатором ABC-01 «Медасс» были примерно вдвое выше (табл. 2), что объясняется различиями схем измерений (на правой стороне тела в первом случае, и по обеим сторонам тела одновременно – во втором). Можно



**Рисунок 6.** Интервальные оценки активного ( $R_{50}$ , 1) и реактивного ( $X_{50}$ , 2) сопротивлений «сэндвичей» из одноразовых биоадгезивных электродов для объединённых данных ( $N=5$ ) при измерениях анализатором ABC-01 «Медасс» на частоте 50 кГц. Показаны 95% доверительные интервалы для средних, рассчитанные для средневзвешенного стандартного отклонения

**Figure 6.** Interval estimates of the resistance ( $R_{50}$ , 1) and reactance ( $X_{50}$ , 2) of "sandwiches" from disposable bioadhesive electrodes for combined data ( $N=5$ ), measured with the ABC-01 "Medas" instrument at a frequency of 50 kHz. The 95% confidence intervals for the average values calculated using the weighted average standard deviation are shown

также отметить более высокие значения фазового угла, получаемые анализатором Диамант-АИСТ. Некоторый вклад в наблюдаемые различия может вносить используемая частота измерений, отличная от традиционно применяемой частоты 50 кГц. Кроме того, анализатор Диамант-АИСТ, по-видимому, не является фазочувствительным (URL: <https://diamant.spb.ru/documents/4>, дата обращения – 09.06.2025), поэтому оценка фазового угла для данного анализатора не является прямой. В подгруппе мужчин наблюдались значимые различия показателей состава тела между указанными анализаторами для всех типов одноразовых электродов, кроме Bianostic AT, а в подгруппе женщин значимые различия отсутствовали (табл. 3), при этом наблюдаемые расхождения были близки к границе уровня значимости. Подробное сравнение анализаторов ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ для расширенной выборки проводилось нами ранее (Сипатрова с соавт., 2023), там же получена формула взаимного пересчёта измеренных значений импеданса для указанных анализаторов.

Измерения анализатором ABC-01 «Медасс», в сравнении с анализатором Tanita MC-780MA, характеризовались более низкими значениями  $R_{50}$  и более высокими значениями фазового угла, а в подгруппе женщин – более высокими значениями  $X_{50}$  ( $p < 0,05$ ), таблица 2.

Разность средних значений  $R_{50}$  составила 40-48 Ом в подгруппе мужчин и 28-34 Ом в подгруппе женщин, а фазового угла – 0,3-0,5 град. Эти различия объясняются сочетанием двух факторов: различиями положения тела во время измерений (лёжа и стоя, соответственно) и схемы измерений (запястье-голеностоп и кисть-стопа). Аналогичные различия средних значений абсолютных сопротивлений (42 Ом) наблюдались при парных измерениях анализаторами ABC-01 «Медасс» и Tanita BC-418MA в группе мужчин 18-22 лет по данным Российского исследования детского здоровья (РИДЗ) (Rudnev et al., 2020). Как отмечалось выше, корреляции измеренных значений биоэлектрических параметров между анализаторами ABC-01 «Медасс» и Tanita MC-780MA были высоки ( $R=0,98-0,99$  для  $R_{50}$ ,  $R=0,97-0,99$  для  $X_{50}$  и  $R=0,84-0,99$  для фазового угла). Аналогичный результат был представлен в работе Г. Тинсли с соавт. (Tinsley et al., 2020) при сравнении многочастотного анализатора mBCA 515/514 (Seca, Германия) и устройства биоимпедансной спектроскопии SFB7 (Impedimed, Австралия), измеряющих в положении стоя и лёжа соответственно. При этом высокая корреляция значений активного сопротивления ( $R > 0,96$ ) наблюдалась во всём рассматриваемом диапазоне частот от 3 до 1000 кГц, а реактивного сопротивления и фазового угла ( $R > 0,92$ ) – до

частот порядка 150 кГц. Разность абсолютных значений признаков составила порядка 9-14% для величины активного сопротивления, при этом для более низких частот значения реактивного сопротивления и фазового угла были выше для анализатора SFB7, а для более высоких частот – для анализатора mBCA 515/514 (от 150 кГц и выше для реактивного сопротивления и от 500 кГц и выше для фазового угла). По результатам исследования мультиэтнической выборки детей, подростков и взрослых людей от 6 до 89 лет (Rush et al., 2006), различия R50 при измерениях в положении стоя и лёжа с использованием одноразовых биоадгезивных электродов и единой схемы измерений запястье-голеностоп составляют, в среднем, от 8 до 20 Ом в зависимости от возраста и пола. В подгруппе женщин различия оценок состава тела между анализаторами ABC-01 «Медасс» и Tanita MC-780MA были статистически значимы для всех типов одноразовых биоадгезивных электродов, а в подгруппе мужчин – только для электродов Bionostic AT (табл. 3), что свидетельствует о существенной роли выбора одноразовых электродов в оценке межинструментальных различий в биоимпедансных исследованиях.

В подгруппе мужчин наблюдались значимые различия оценок состава тела между анализаторами Диамант-АИСТ и Tanita MC-780MA (различия средних составили -2,8 кг для ТМ, +2,9 кг для ЖМ и +3,9% для %ЖМ). В подгруппе женщин оценки состава тела анализатором Диамант-АИСТ были согласованы с оценками, полученными анализаторами ABC-01 «Медасс» и Tanita MC-780MA, находились между ними и значимо от них не отличались (см. табл. 3 и рис. 4 справа).

Результаты оценки состава тела анализатором Здоровье-Экспресс сильно расходились с данными, полученными каждым из других рассматриваемых типов анализаторов (табл. 3), что наводит на мысль о необходимости уточнения встроенных алгоритмов оценки состава тела. Использованный нами графический протокол биоимпедансных измерений анализатора Здоровье-Экспресс из первично измеряемых показателей содержал только биоэлектрические параметры туловища, поэтому корреляции их с одноимёнными измеряемыми параметрами всего тела для других анализаторов были ожидаемо невысоки. Только биоимпедансный измеритель Здоровье-Экспресс из рассмотренных нами

анализаторов является устройством биоимпедансной спектроскопии и, таким образом, для повышения точности оценки параметров состава тела в данном случае можно использовать не только измеряемые, но и оцениваемые по модели Коула значения импеданса на нулевой и бесконечной частотах. Пример сопоставления оценок состава тела, получаемых с использованием нескольких устройств биоимпедансной спектроскопии, дан в работе (Ward, 2009).

В идеале, верифицированные для различных биоимпедансных анализаторов формулы и алгоритмы оценки состава тела должны нивелировать их конструктивные особенности и различия в применяемых схемах измерений, а, в свою очередь, применение рекомендованных формул без учёта специфики используемого анализатора и методики измерений может приводить к грубым ошибкам оценки состава тела в сравнении с эталонными методами (Bennett et al., 2024). В этой связи отметим, что исследований по разработке новых или проверки применимости уже имеющихся формул оценки состава тела на основе прямого сравнения с эталонными методами в различных популяциях для отечественного биоимпедансного оборудования не проводилось. Как показано в классической работе В. Чамлиа с соавт. (Chumlea et al., 2002), при использовании однотипных анализаторов, использующих одинаковые методики измерений, межинструментальные различия измеряемых показателей могут быть минимальны, и можно рассчитывать на применимость единых формул оценки состава тела. На этом принципе построены алгоритмы оценки состава тела, реализованные в программном обеспечении биоимпедансного анализатора ABC-01 «Медасс», конструкция которого близка к конструкции классического анализатора RJL-101 (RJL Systems, США) и его европейской реплики BIA 101 (Akern, Италия), а применяемая методика измерений соответствует общим рекомендациям для четырёхэлектродных измерений на правой стороне тела в положении обследуемого лёжа на спине (Смирнов с соавт., 2009; Bioelectrical impedance analysis... 1996; Kyle et al., 2004).

При сравнении данных измерений анализатором ABC-01 «Медасс» с использованием наиболее часто применяемых в центрах здоровья типов одноразовых биоадгезивных электродов F9049 (FIAB, Италия), Schiller biotabs 22×34 mm (Schiller, Швейцария), Top Trace Medtab

(Ceracarta, Италия), Skintact RT-34 (Leonhard Lang GmbH, Австрия), Eurotrode PFR2034 (Pirrone srl, Италия) и других были получены близкие, практически совпадающие значения электрических сопротивлений, фазового угла и оценок состава тела (табл. 2 и 3). Указанное соответствие имело место несмотря на широкую вариацию электрических свойств электродов (табл. 4 и рис. 6). В отличие от этого, при использовании электродов Bianostic AT в группе обследованных наблюдалось небольшое, но значимое снижение фазового угла (в среднем, на 0,15 градуса), а в подгруппе мужчин – небольшое, но значимое снижение оценки тощей и увеличение оценки жировой массы (в среднем, на 0,3-0,4 кг). В медицинской практике для биоимпедансных измерений рекомендуется использовать одноразовые биоадгезивные электроды с площадью контактной поверхности от 4 см<sup>2</sup> и выше (Kyle et al., 2004). Данному условию удовлетворяли все рассмотренные нами типы одноразовых (и многоразовых) электродов, при этом электроды Bianostic AT имели примерно вдвое большую площадь поверхности в сравнении с другими (рис. 2). Качество электродов принято оценивать на основе измерения их собственного электрического сопротивления: считается, что идеальный электрод должен иметь как можно меньшее сопротивление, малое по сравнению с сопротивлением увлажнённой кожи человека (Boone, Holder, 1996). На сайте немецкой компании Data Input, выпускающей биоимпедансное оборудование и электроды Bianostic AT, приводится мнение, что собственное активное сопротивление электродов для биоимпедансных измерений в сэндвич-тесте не должно превышать 30 Ом, а реактивное сопротивление – 1 Ом (Available at: <https://data-input.de/bia/english/service/testing-electrodes.php>. Accessed: 09.06.2025). Электроды Bianostic AT, в целом, удовлетворяли этим требованиям (табл. 4). В статье (Boone, Holder, 1996) предельные значения импеданса электродов определяются как 100-200 Ом. Из рассмотренных нами электродов, помимо Bianostic AT, данному условию удовлетворяли только электроды Ambu White Sensor 0415M, Schiller biotabs 23×34 мм, Skintact RT-34 и 2100 Swaro-tab, при этом электроды Ambu White Sensor 0415M и Schiller biotabs 23×34 мм имели необычно высокие значения X50. Наихудшим качеством обладали электроды Eurotrode PFR2034, иногда дававшие отказы при измерениях (в этом случае проводилось повтор-

ное измерение с электродом того же типа), значения собственного импеданса которых превышали 600 Ом (табл. 4). Тем не менее, как уже отмечалось выше, получаемые с использованием применяемых в центрах здоровья одноразовых электродов измеренные значения импеданса обследованных и оценки состава тела были близки между собой, а для электродов Bianostic AT наблюдался небольшой, но значимый сдвиг средних значений признаков. В целом, серьезные отличия электрических свойств большинства наименований поставляемых в Россию одноразовых биоадгезивных электродов от эталонных электродов и наличие спроса означают перспективность разработки и производства отечественных одноразовых биоадгезивных электродов высокого качества для ЭКГ и биоимпедансных измерений. Данные, представленные в таблице 4, также наглядно показывают, что в результате длительного хранения электродов вне герметичной упаковки качество их снижается.

В статье Л. Несколард с соавт. (Nescolarde et al., 2016) рассматривалось потенциальное влияние различий в свойствах одноразовых биоадгезивных электродов на результаты биоимпедансных измерений 35 взрослых людей в положении лёжа по стандартной схеме запястье-голеностоп. Были проанализированы 3 типа ЭКГ электродов язычкового типа с клеящей электропроводящей поверхностью прямоугольной формы (как в нашем исследовании) и 6 типов кнопочных ЭКГ электродов прямоугольной, квадратной или круглой формы с защёлкой. Качество электродов было выше, чем в нашем исследовании (7 из 9 типов электродов имели собственное сопротивление на частоте 50 кГц в пределах 30 Ом, но в одном случае собственное сопротивление превышало 600 Ом). Для электродов Covidien-Kendall/31050522 (Covidien-Kendall, США) и Ambu/SU-00-C (Ambu, Дания) с крайними значениями собственного сопротивления (10,9 Ом и 665,4 Ом) были показаны выраженные различия эллипсов рассеяния обследованной выборки в координатах R50/ДТ, X50/ДТ, что может иметь диагностическое значение и показывает критическую важность использования электродов должного качества в методике векторного анализа биоимпеданса. В работе И. Дюпертуй с соавт. (Dupertuis et al., 2022) проводилось сопоставление трёх различных типов одноразовых биоадгезивных ЭКГ электродов с электродами Bianostic AT в группе из 24 обследо-

**Таблица 5. Изменение электрических параметров и оценок состава тела между начальным и заключительным измерением обследованных анализатором ABC-01 «Медасс» на частоте 50 кГц, М (SD)**

**Table 5. Changes in electrical parameters and body composition estimates between the initial and final measurements of subjects examined using the ABC-01 "Medas" instrument at a frequency of 50 kHz, M (SD)**

Параметр Parameters	R50, Ом/ohm	X50, Ом/ohm	Фазовый угол, град./ Phase angle, de- gree	ТМ (тощая масса), кг FFM (fat-free mass), kg	ЖМ (жировая мас- са), кг BF (body fat), kg	%ЖМ (процентное содержание жира в массе тела) %BF (percentage body fat)
Изменение Changes	9,13 (7,40)	2,11 (1,75)	0,10 (0,13)	-0,42 (0,42)	0,43 (0,42)	0,67 (0,54)

Примечания. R50 – активное сопротивление на частоте 50 кГц, X50 – реактивное сопротивление на частоте 50 кГц, ТМ – тощая масса, ЖМ – жировая масса, %ЖМ – процентное содержание жира в массе тела.

Notes. R50 is the resistance at a frequency of 50 kHz, X50 is the reactance at a frequency of 50 kHz, FFM – fat-free mass, BF – body fat, %BF – percentage body fat.

дованных для частот 5, 50 и 100 кГц при измерениях в положении лёжа по стандартной схеме запястье-голеностоп. Для соответствующих частот в указанной группе отсутствовали значимые различия активного сопротивления между различными электродами. На частоте 50 кГц два типа электродов, Ambu Blue Sensor SU-00-C (Ambu, Дания) и 3M Red Dot 2330 (Solventum Corp., США), показали значимые различия X50 и фазового угла в сравнении с Bianostic AT, при этом для электродов Ambu Blue Sensor SU-00-C также наблюдались значимые различия по индексам тощей, жировой массы и %ЖМ (на -0,2 кг/м<sup>2</sup>, -0,3 кг/м<sup>2</sup> и +1,4% соответственно).

Для устранения влияния многократных измерений анализатором ABC-01 «Медасс» со сменой одноразовых биоадгезивных электродов на результат их сравнения (что может приводить к изменению электрических свойств кожного покрова в участках соприкосновения электродов с кожей и к перераспределению жидкости в организме в результате увеличения длительности обследования) нами применялся рандомизированный порядок применения электродов разных наименований. Данные об изменениях электрических сопротивлений, фазового угла и параметров состава тела между начальным и заключительным измерением (9-м по счёту, с тем же электродом) с использованием анализатора ABC-01 «Медасс» приведены в таблице 5. Средняя длительность интервала времени между начальным и заключительным измерением обследованного составила 14,5±10,2 мин. Значимые корреляции между амплитудой измене-

ния указанных величин и длительностью серии измерений отсутствовали. Результаты оценки изменений величины R50 хорошо согласуются с данными Э. Раш с соавт. (Rush et al., 2006): при 11-минутном мониторинге параметров биоимпеданса у 10 испытуемых в положении лёжа (без замены одноразовых электродов) во всех случаях наблюдалось некоторое увеличение R50, а максимальный прирост показателя не превышал 9 Ом. По данным А. Роос с соавт. (Roos et al., 1991), при нахождении в положении лёжа в течение одного часа прирост R50 при биоимпедансных измерениях взрослого человека составляет порядка 17 Ом.

При сравнении многоцветных электродов для биоимпедансных измерений от ООО «Диамант» и ООО «МКС» значимых межэлектродных различий биоэлектрических параметров и оценок состава тела в группе обследованных при измерениях как анализатором Диамант-АИСТ, так и Здоровье-Экспресс, выявлено не было, что говорит о взаимозаменяемости указанных электродов. Многоцветные электроды производства ООО «МКС» были несколько легче и компактнее. По нашему опыту, они удобнее крепились на запястьях и голеностопах независимо от комплекции обследованных, но были относительно хрупкими. Многоцветные электроды от ООО «Диамант» требовали больше времени на подготовку к применению и менее удобно крепились на запястьях и голеностопах, особенно у людей с ожирением и недостаточным весом, а при активном использовании пружины электродов заметно ослабевали. Отметим, что одним из глав-

ных источников методической погрешности биоимпедансного анализа состава тела является положение электродов во время измерений: смещение электрода на 1 см от должного положения приводит к изменению активного сопротивления на 2% (Bioelectrical impedance analysis... 1996), что в нашем случае даёт погрешность оценки тощей массы порядка 0,6–0,7 кг в подгруппе мужчин и 0,4–0,5 кг в подгруппе женщин. Поэтому надёжность фиксации многоразовых электродов на должных участках тела является существенной характеристикой их качества.

В практике биоимпедансного анализа состава тела чаще всего применяются либо одноразовые биоадгезивные электроды (для измерений в положении лёжа), либо постоянные электроды, встроенные в конструкцию анализатора (для измерений в положении стоя), а идея применения многоразовых электродов, как в случае анализаторов Диамант-АИСТ и Здоровье-Экспресс, используется довольно редко – в том числе, из соображений увеличения риска распространения инфекций и затрат времени на подготовку к измерениям. Оригинальная и удобная для стандартизации измерений по схеме «всё тело» конструкция многоразовых электродов была разработана компанией InBody Corp. (Ю. Корея) для анализатора InBody S10.

Ограничением настоящего исследования является сравнение данных измерений только на частоте 50 кГц (а в случае анализатора Диамант-АИСТ – 28 кГц), традиционно используемой для оценки большинства параметров состава тела в биоимпедансных исследованиях. В статье И. Дюпертюи с соавт. (Dupertuis et al., 2022) при измерениях на частотах 5, 50 и 100 кГц наблюдались более выраженные значимые расхождения реактивного сопротивления и фазового угла для электродов Ambu Blue Sensor SU-00-C с малой площадью поверхности электропроводящего геля для крайних частот 5 и 100 кГц, чем для частоты 50 кГц, по сравнению с Bianostic AT (порядка +11% для частоты 5 кГц и -28% для частоты 100 кГц). За пределами нашей работы также осталась характеристика согласованности изменений биоэлектрических параметров и оценок состава тела с использованием рассмотренных биоимпедансных анализаторов и электродов при различных вмешательствах, примеры таких исследований можно найти в статьях (Tinsley et al., 2020; Stratton et al., 2021).

## Выводы

Проведённое исследование выявило значимые расхождения биоэлектрических параметров и оценок состава тела между рассмотренными разновидностями биоимпедансных анализаторов, что означает необходимость их взаимной калибровки для получения сопоставимых результатов. Данные, получаемые в центрах здоровья при измерениях анализатором ABC-01 «Медасс» с использованием рассмотренных типов одноразовых электродов при условии соблюдения методики измерений, можно объединять и анализировать совместно. Многоразовые электроды для биоимпедансных измерений производства ООО «Диамант» и ООО «МКС» практически взаимозаменяемы.

## Список литературы

- Бунак В.В. Антропометрия. М.: Учпедгиз. 1941. 368 с.  
Негашева М.А. Основы антропометрии. М: Экон-Информ, 2017. 216 с.  
Пермякова Е.Ю., Сипатрова А.Г., Година Е.З., Анисимова А.В., Задорожная Л.В. с соавт. О качестве измерений кожно-жировых складок калиперами и скользящим циркулем // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2021. № 2. С. 5–25. <https://doi.org/10.32521/2074-8132.2021.2.005-020>  
Сипатрова А.Г., Година Е.З., Пермякова Е.Ю., Анисимова А.В., Зубко А.В., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела с использованием анализаторов ABC-01 «Медасс» и Диамант-АИСТ: результаты сравнения // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2023. № 2. С. 70–81. <https://doi.org/10.32521/2074-8132.2023.2.070-081>  
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.  
Bennett J.P., Cataldi D., Liu Y.E., Kelly N.N., Quon B.K. et al. Variations in bioelectrical impedance devices impact raw measures comparisons and subsequent prediction of body composition using recommended estimation equations. *Clin. Nutr. ESPEN*, 2024, 63, pp. 540–550. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2024.07.009>  
Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1996, 64(3 Suppl.), pp. 524S–532S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/64.3.524S>  
Boone K.G., Holder D.S. Effect of skin impedance on image quality and variability in electrical impedance tomography: a model study. *Med. Biol. Eng. Comput.*, 1996, 34 (5), pp. 351–354. <https://doi.org/10.1007/BF02520003>  
Carter J.E.L., Heath B.H. *Somatotyping: development and applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 520 p.  
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.  
<https://doi.org/0.1038/sj.ijo.0802167>

Dupertuis Y.M., Pereira A.G., Karsegard V.L., Hemmer A., Biolley E. et al. Influence of the type of electrodes in the assessment of body composition by bioelectrical impedance analysis in the supine position. *Clin. Nutr.*, 2022, 41 (11), pp. 2455–2463. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.09.008>

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.  
<https://doi.org/10.1093/ajcn/44.3.417>

Kyle U.G., Bosaeus I., De Lorenzo A.D., Deurenberg P., Elia M. et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin. Nutr.*, 2004, 23 (6), pp. 1430–1453. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.09.012>

Nescolarde L., Lukaski H., De Lorenzo A., de-Mateo-Silleras B., Redondo-Del-Río M.P., Camina-Martín M.A. Different displacement of bioimpedance vector due to Ag/AgCl electrode effect. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2016, 70 (12), pp. 1401–1407. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.121>

Roos A.N., Westendorp R.G.J., Froehlich M. Tetrapolar body impedance is influenced by body posture and plasma sodium concentration. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 1991, 46 (1), pp. 53–60.

Rudnev S., Burns J.S., Williams P.L., Lee M.M., Korrück S.A. et al. Comparison of bioimpedance body composition in young adults in the Russian Children's Study. *Clin. Nutr. ESPEN*, 2020, 35 (1), pp. 153–161.  
<https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2019.10.007>

Rudnev S.G., Starunova O.A., Godina E.Z., Ivanova A.E., Zubko A.V., Starodubov V.I. The Russian bioimpedance database: an update. *J. Electr. Bioimp.*, 2022, 13, pp. 66–72. <https://doi.org/10.2478/joeb-2022-0010>

Rush E.C., Crowley J., Freitas I.F., Luke A. Validity of hand-to-foot measurement of bioimpedance: standing compared with lying position. *Obesity*, 2006, 14 (2), pp. 252–257. <https://doi.org/10.1038/oby.2006.32>

Silva A.M., Campa F., Stagi S., Gobbo L.A., Buffa R. et al. The bioelectrical impedance analysis (BIA) international database: aims, scope, and call for data. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2023, 77 (12), pp. 1143–1150.  
<https://doi.org/10.1038/s41430-023-01310-x>

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.  
<https://doi.org/10.1038/s41430-020-00811-3>

Tinsley G.M., Moore M.L., Silva A.M., Sardinha L.B. Cross-sectional and longitudinal agreement between two multifrequency bioimpedance devices for resistance, reactance, and phase angle values. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2020, 74 (6), pp. 900–911. <https://doi.org/10.1038/s41430-019-0496-8>

Ward L.C. Inter-instrument comparison of bioimpedance spectroscopic analysers. *Open Med. Devices J.*, 2009, 1, pp. 3–10. <https://doi.org/10.2174/1875181400901010003>

## References

Bennett J.P., Cataldi D., Liu Y.E., Kelly N.N., Quon B.K. et al. Variations in bioelectrical impedance devices impact raw measures comparisons and subsequent prediction of body composition using recommended estimation equations. *Clin. Nutr. ESPEN*, 2024, 63, pp. 540–550. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2024.07.009>

Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1996, 64(3 Suppl.), pp. 524S–532S.  
<https://doi.org/10.1093/ajcn/64.3.524S>

Boone K.G., Holder D.S. Effect of skin impedance on image quality and variability in electrical impedance tomography: a model study. *Med. Biol. Eng. Comput.*, 1996, 34 (5), pp. 351–354. <https://doi.org/10.1007/BF02520003>

Bunak V.V. *Antropometry*. Moscow, Uchpedgiz Publ., 1941. 368 p. (In Russ.).

Carter J.E.L., Heath B.H. *Somatotyping: development and applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 520 p.

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.  
<https://doi.org/0.1038/sj.ijo.0802167>

Dupertuis Y.M., Pereira A.G., Karsegard V.L., Hemmer A., Biolley E. et al. Influence of the type of electrodes in the assessment of body composition by bioelectrical impedance analysis in the supine position. *Clin. Nutr.*, 2022, 41 (11), pp. 2455–2463. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.09.008>

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.  
<https://doi.org/10.1093/ajcn/44.3.417>

Kyle U.G., Bosaeus I., De Lorenzo A.D., Deurenberg P., Elia M. et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin. Nutr.*, 2004, 23 (6), pp. 1430–1453. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.09.012>

Negashcheva M.A. *Anthropometry basics*. Moscow, Ekon-Inform Publ., 2017, 216 p. (In Russ.).

Nescolarde L., Lukaski H., De Lorenzo A., de-Mateo-Silleras B., Redondo-Del-Río M.P., Camina-Martín M.A. Different displacement of bioimpedance vector due to Ag/AgCl electrode effect. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2016, 70 (12), pp. 1401–1407. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.121>

Permiakova E.Yu., Sipatrova A.G., Godina E.Z., Anisimova A.V., Zadorozhnaya L.V. et al. On the quality of skinfold measurements using skinfold and sliding calipers. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya*, 2021, 2, pp. 5–25. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.32521/2074-8132.2021.2.005-020>

Roos A.N., Westendorp R.G.J., Froehlich M. Tetrapolar body impedance is influenced by body posture and plasma sodium concentration. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 1991, 46 (1), pp. 53–60.

Rudnev S., Burns J.S., Williams P.L., Lee M.M., Korrück S.A. et al. Comparison of bioimpedance body composition in young adults in the Russian Children's Study. *Clin. Nutr. ESPEN*, 2020, 35 (1), pp. 153–161.  
<https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2019.10.007>

Rudnev S.G., Starunova O.A., Godina E.Z., Ivanova A.E., Zubko A.V., Starodubov V.I. The Russian bioimpedance database: an update. *J. Electr. Bioimp.*, 2022, 13, pp. 66–72. <https://doi.org/10.2478/joeb-2022-0010>

Rush E.C., Crowley J., Freitas I.F., Luke A. Validity of hand-to-foot measurement of bioimpedance: standing compared with lying position. *Obesity*, 2006, 14 (2), pp. 252–257. <https://doi.org/10.1038/oby.2006.32>

Silva A.M., Campa F., Stagi S., Gobbo L.A., Buffa R. et al. The bioelectrical impedance analysis (BIA) international database: aims, scope, and call for data. *Eur. J.*

*Clin. Nutr.*, 2023, 77 (12), pp. 1143–1150.  
<https://doi.org/10.1038/s41430-023-01310-x>

Sipatrova A.G., Godina E.Z., Permiakova E.Yu., Anisimova A.V., Zubko A.V., Rudnev S.G. Bioimpedance assessment of body composition using ABC-01 "Medas" and Diamant-AIST instruments: a comparison. *Lomonosov Journal of Anthropology (Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya)*, 2023, 2, pp. 70–81. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.32521/2074-8132.2023.2.070-081>

Smirnov A.V., Kolesnikov V.A., Nikolaev D.V., Eryukova T.A. ABC-01 "Medas": Analyzer for the Assessment of Body Fluids Balance with Software (User Manual). Moscow, SRC Medas Publ., 2009. 38 p. (In Russ.).

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.  
<https://doi.org/10.1038/s41430-020-00811-3>

Tinsley G.M., Moore M.L., Silva A.M., Sardinha L.B. Cross-sectional and longitudinal agreement between two multifrequency bioimpedance devices for resistance, reactance, and phase angle values. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2020, 74 (6), pp. 900–911. <https://doi.org/10.1038/s41430-019-0496-8>

Ward L.C. Inter-instrument comparison of bioimpedance spectroscopic analysers. *Open Med. Devices J.*, 2009, 1, pp. 3–10. <https://doi.org/10.2174/1875181400901010003>

## Информация об авторах/ Information about the authors

Руднев Сергей Геннадьевич, доц., к.ф.-м.н.,  
Институт вычислительной математики имени  
Г.И. Марчука Российской академии наук, Москва,  
Российская Федерация;  
[rdnv2019@yandex.ru](mailto:rdnv2019@yandex.ru),  
<https://orcid.org/0000-0001-5437-8429>

Анисимова Анна Викторовна, Институт биологии гена  
Российской академии наук, Москва, Российская Федерация;  
[aniat83@gmail.com](mailto:aniat83@gmail.com),  
<https://orcid.org/0000-0003-4584-4867>

Година Елена Зиновьевна, проф., д.б.н., НИИ и Музей  
антропологии, Московский государственный университет  
имени М.В.Ломоносова, Москва, Российская Федерация;  
[egodina@rambler.ru](mailto:egodina@rambler.ru),  
<https://orcid.org/0000-0002-0692-420X>

Задорожная Людмила Викторовна, к.б.н., НИИ и Музей  
антропологии, Московский государственный университет  
имени М.В.Ломоносова, Москва, Российская Федерация;  
[mumla@rambler.ru](mailto:mumla@rambler.ru),  
<https://orcid.org/0000-0002-3143-3226>

Пермякова Екатерина Юрьевна, к.б.н., НИИ и Музей  
антропологии, Московский государственный университет  
имени М.В.Ломоносова, Москва, Российская Федерация;  
[ekaterinapermyakova@gmail.com](mailto:ekaterinapermyakova@gmail.com),  
<https://orcid.org/0000-0002-6490-4004>

Хомякова Ирина Анатольевна, к.б.н., НИИ и Музей  
антропологии, Московский государственный университет  
имени М.В.Ломоносова, Москва, Российская Федерация;  
[irina-khomyakova@yandex.ru](mailto:irina-khomyakova@yandex.ru),  
<https://orcid.org/0000-0002-2811-2034>

Сипатрова Анастасия Григорьевна,  
[sipatrovaana@gmail.com](mailto:sipatrovaana@gmail.com),  
<https://orcid.org/0000-0003-3679-1898>

Зубко Александр Владимирович, к.м.н., Центральный науч-  
но-исследовательский институт организации и Информа-  
тизации здравоохранения Министерства здравоохранения  
России, Москва, Российская Федерация;  
[zalexandrae@gmail.com](mailto:zalexandrae@gmail.com),  
<https://orcid.org/0000-0001-8958-1400>

Rudnev Sergey G., associate professor, Ph.D.,  
Marchuk Institute of Numerical Mathematics, Russian Academy  
of Sciences, Moscow, Russian Federation;  
[rdnv2019@yandex.ru](mailto:rdnv2019@yandex.ru),  
<https://orcid.org/0000-0001-5437-8429>

Anisimova Anna V., Institute of Gene Biology, Russian Academy  
of Sciences, Moscow, Russian Federation;  
[aniat83@gmail.com](mailto:aniat83@gmail.com),  
<https://orcid.org/0000-0003-4584-4867>

Godina Elena Z., professor, D.Sci., Anuchin Research Institute  
and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State  
University, Moscow, Russian Federation;  
[egodina@rambler.ru](mailto:egodina@rambler.ru),  
<https://orcid.org/0000-0002-0692-420X>

Zadorozhnaya Lyudmila V., Ph.D., Anuchin Research Institute  
and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State  
University, Moscow, Russian Federation;  
[mumla@rambler.ru](mailto:mumla@rambler.ru),  
<https://orcid.org/0000-0002-3143-3226>

Permiakova Ekaterina Yu., Ph.D., Anuchin Research Institute  
and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State  
University, Moscow, Russian Federation;  
[ekaterinapermyakova@gmail.com](mailto:ekaterinapermyakova@gmail.com),  
<https://orcid.org/0000-0002-6490-4004>

Khomyakova Irina A., Ph.D., Anuchin Research Institute and  
Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State  
University, Moscow, Russian Federation;  
[irina-khomyakova@yandex.ru](mailto:irina-khomyakova@yandex.ru),  
<https://orcid.org/0000-0002-2811-2034>

Sipatrova Anastasia G., [sipatrovaana@gmail.com](mailto:sipatrovaana@gmail.com),  
<https://orcid.org/0000-0003-3679-1898>

Zubko Aleksandr V., Ph.D., Russian Research Institute of Health,  
Moscow, Russian Federation;  
[zalexandrae@gmail.com](mailto:zalexandrae@gmail.com),  
<https://orcid.org/0000-0001-8958-1400>

Поступила в редакцию 23.07.2025.  
Получена после доработки 27.08.2025.  
Принята к публикации 27.08.2025.

Received 23.07.2025.  
Revised 27.08.2025.  
Accepted 27.08.2025.