

УДК 616.7-009.17-055.2-053.9-616.831-005

DOI 10.24412/2312-2935-2024-1-213-226

## БИОИМПЕДАНСНЫЙ ФАЗОВЫЙ УГОЛ ПРИ САРКОПИИ У ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА

*Д.П. Курмаев<sup>1</sup>, С.В. Булгакова<sup>1</sup>, Е.В. Тренева<sup>1</sup>, Е.В. Ваевская<sup>2</sup>, О.В. Давидян<sup>2</sup>, Ю.В. Химченко<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара

<sup>2</sup>АНО НИМЦ «Геронтология», г. Москва

<sup>3</sup>ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь имени П.В. Мандрыка» Минобороны России, г. Москва

**Введение.** Саркопения – это связанное с возрастом снижение мышечной силы, массы и функции. Риск развития саркопии выше у пациентов с сахарным диабетом 2 типа (СД2), поэтому оценка параметров скелетной мускулатуры особенно важна у пациентов с СД2. Фазовый угол (PhA), который вычисляется в результате анализа параметров биоэлектрического импеданса (BIA), может быть информативным показателем не только мышечной массы, но и функции мышц. Однако клиническое значение PhA у пациентов с СД2 до конца не изучено.

**Цель.** Оценка связи PhA с мышечной массой, мышечной силой и физической работоспособностью у пациентов с СД2.

**Материалы и методы.** В одномоментное поперечное исследование вошли 160 пациентов с СД2 (102 мужчины; 58 женщин) в возрасте от 65 до 89 лет. Исследование композиционного состава тела проводили биоимпедансным методом. Измеряли PhA и индекс аппендикулярной скелетной массы (IASMM) с помощью BIA; силу хвата кисти – кистевым динамометром. Выполняли краткий тест физической производительности (Short Physical Performance Battery, SPPB).

**Результаты.** В одномерном анализе PhA коррелировал с IASMM, силой хвата кисти и показателем SPPB, а в множественном регрессионном анализе PhA коррелировал с IASMM и силой хвата кисти.

**Выводы:** PhA является информативным параметром, связанным с саркопией у гериатрических пациентов с сахарным диабетом 2 типа.

**Ключевые слова:** биоимпедансный анализ, композиционный состав тела, фазовый угол, саркопения, сахарный диабет 2 типа

## BIOIMPEDANCE PHASE ANGLE IN SARCOPENIA IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS

*D.P. Kurmaev<sup>1</sup>, S.V. Bulgakova<sup>1</sup>, E.V. Treneva<sup>1</sup>, E.V. Vaevskaia<sup>2</sup>, O.V. Davidyan<sup>2</sup>, Yu.V. Khimchenko<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Samara State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Samara

<sup>2</sup>Research Medical Centre «GERONTOLOGY», Moscow

<sup>3</sup>Central Military Clinical Hospital n.a. P. V. Mandryka, Moscow

**Background.** Sarcopenia is an age-related decrease in muscle strength, mass, and function. The risk of developing sarcopenia is higher in patients with type 2 diabetes mellitus (DM2), therefore, the assessment of skeletal muscle parameters is especially important in patients with DM2. The phase angle (PhA), which is calculated as a result of the analysis of bioelectric impedance parameters (BIA), can be an informative indicator not only of muscle mass, but also of muscle function. However, the clinical significance of PhA in patients with DM2 has not been fully studied.

**Aim.** Evaluation of the association of PhA with muscle mass, muscle strength and physical performance in patients with DM2.

**Materials and methods.** A single-stage cross-sectional study included 160 patients with DM2 (102 men; 58 women) aged 65 to 89 years. The study of the compositional composition of the body was carried out by the bioimpedance method. PhA and appendicular skeletal mass index (IASMM) were measured using BIA, handgrip strength with a hand dynamometer. A Short Physical Performance Battery (SPPB) test was performed.

**Results.** In the one-dimensional analysis, PhA correlated with IASMM, handgrip strength and SPPB, and in the multiple regression analysis, PhA correlated with IASMM and handgrip strength.

**Conclusions:** PhA is an informative parameter associated with sarcopenia in geriatric patients with type 2 diabetes mellitus.

**Keywords:** bioimpedance analysis, body composition, phase angle, sarcopenia, type 2 diabetes mellitus

**Введение.** Возрастная потеря мышечной массы и снижение мышечной функции и/или физической работоспособности хорошо известны как саркопения [1]. На клиническом уровне саркопения частично совпадает с синдромом старческой астении и возрастным снижением физиологического резерва и гомеостатической способности, что предрасполагает пожилых людей к целому ряду негативных событий, включая падения, заболеваемость, инвалидность, госпитализацию, институционализацию и смертность [2].

Снижение мышечной массы и функций представляет собой серьезную клиническую проблему, особенно у пожилых людей. Например, саркопения при хронической сердечной недостаточности может в конечном итоге привести к истощению тканей и кахексии, что связано с чрезвычайно плохим прогнозом [3].

Некоторые исследования показали, что риск саркопении выше у пациентов с СД2, чем у лиц, не страдающих диабетом, кроме того, саркопения может быть новым осложнением сахарного диабета 2 типа [4, 5, 6]. Таким образом, необходимо оценить мышечную массу и функцию, чтобы предотвратить развитие и/или прогрессирование саркопении, особенно у пациентов с сахарным диабетом 2 типа.

Анализ биоэлектрического импеданса (BIA) – современный метод измерения состава тела, который включает как функциональную, так и морфологическую оценку. Он позволяет измерять различия в электрическом сопротивлении различных тканей (например, жира, мышц и костей) посредством приложения слабого тока к телу. Однако BIA напрямую не измеряет жировые отложения и мышечную массу тела, а вместо этого измеряет импеданс всего тела, то есть сопротивление тела переменному току [7]. Импеданс состоит из двух компонентов: сопротивления ( $R$ ) и реактивного сопротивления ( $X_c$ ).  $R$  определяется количеством внутриклеточной и внеклеточной воды, тогда как  $X_c$  зависит от целостности клеточных мембран. Жировые отложения и мышечная масса тела рассчитываются с использованием  $R$  и  $X_c$  в уравнении регрессии, созданном на основе эталонного метода, такого как разведение изотопов или двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DXA), используемого для измерения состава тела у здоровых людей без дисбаланса жидкости, аномалий формы тела или явных заболеваний [8, 9].

Клинически важным параметром биоэлектрического импеданса является фазовый угол ( $PhA$ ), определяемый как отношение сопротивления ( $R$ , внутриклеточное и внеклеточное сопротивление) к реактивному сопротивлению ( $X_c$ , специфическое сопротивление клеточной мембраны) [10].  $PhA$  можно рассчитать как арктангенс, используя исходные данные  $R$  и  $X_c$  на частоте 50 кГц, следующим образом:  $(X_c/R) \times 180^\circ/\pi$ . Таким образом,  $PhA$  получают непосредственно из BIA без использования уравнения регрессии [11].

Снижение значений  $PhA$ , коррелирующее с возрастом, может быть индикатором снижения массы скелетных мышц и общего состояния здоровья у пожилых [12].  $PhA$  может быть показателем клеточного здоровья и что более высокое значение отражает более высокую целостность клеточных мембран и лучшую функцию клеток [13]. У здоровых взрослых основными факторами, определяющими  $PhA$ , являются возраст, пол и индекс массы тела.  $PhA$  снижается с возрастом из-за уменьшения  $X_c$  из-за потери мышечной массы, и у мужчин  $PhA$  выше, чем у женщин, из-за большей мышечной массы тела [14]. Choi H.N. и соавт. оценили антропометрические данные, состав тела, гликемические параметры и  $PhA$  у пациентов с сахарным диабетом 2 типа и показали связь  $PhA$  с гемоглобином A1c ( $HbA1c$ ) и глюкозой плазмы натощак [15].

Однако связь  $PhA$  со свойствами мышц и физической работоспособностью у пациентов с СД2 еще не изучена.

**Цель исследования:** Оценка связи PhA с мышечной массой, мышечной силой и физической работоспособностью у пациентов с СД2.

**Материалы и методы исследования.** В поперечное одномоментное исследование были включены 160 пациентов с сахарным диабетом 2 типа (СД2) – 102 мужчины и 58 женщин, в возрасте от 65 до 89 лет. Критерии включения: возраст от 65 до 89 лет и значение HbA1c от 5,0 до 7,9%. Критерии исключения: тяжелые нарушения двигательной активности и постельный режим; наличие имплантированного кардиостимулятора; злокачественные новообразования, расчетная скорость клубочковой фильтрации менее 30 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> или тяжелое заболевание печени; отказ пациента от исследования. Всем пациентам были измерены рост и масса тела, рассчитан индекс массы тела (ИМТ). Затем был проведен ВИА с помощью аппарата ABC-02 (Медасс, Россия). Для оценки мышечной массы была рассчитана масса аппендикулярных скелетных мышц (ASMM) как сумма мышечной массы рук и ног. Индекс аппендикулярной скелетной массы мышц (IASMM) определялся как ASMM /рост в квадрате (кг/м<sup>2</sup>). PhA был рассчитан по R и Xc при частоте 50 кГц. Сила хвата кисти измерялась с помощью кистевого динамометра ДК-50 (Россия). Физическая работоспособность оценивалась с помощью теста Short Physical Performance Battery (SPPB) [16].

Статистический анализ был выполнен с помощью программного пакета SPSS версии 21 (IBM, США). Нормальность распределения переменных оценивали с помощью теста нормальности Колмогорова–Смирнова и Шапиро-Уилка. Данные выражены в виде среднего значения и стандартного отклонения. Различия в средних значениях между пациентами мужского и женского пола оценивались с помощью t-критерия Стьюдента. Простой корреляционный анализ был проведен с помощью теста Спирмена, а множественный регрессионный анализ – методом пошагового включения предикторов. Статистическая значимость была определена как значение p менее 0,05.

**Результаты.** Клинические характеристики пациентов приведены в таблице 1. Рост, масса тела, сила хвата кисти, IASMM, PhA были выше у мужчин, чем у женщин.

Результаты корреляционного анализа для оценки связи PhA с другими переменными приведены в таблице 2. Возраст отрицательно коррелировал с PhA, а рост, масса тела, ИМТ, сывороточный альбумин, сила хвата кисти, показатель SPPB и IASMM положительно коррелировал с PhA.

**Таблица 1**

Сравнение параметров пациентов в зависимости от пола

Параметр	Оба пола (n=160)	Мужчины (n=102)	Женщины (n=58)	P-ж
Возраст (M ± SD), лет	69,4 ± 9,8	68,9 ± 10,2	70,4 ± 9,2	0,439
Рост (M ± SD), м	1,63 ± 0,09	1,67 ± 0,06	1,55 ± 0,06	<b>&lt;0,001</b>
Масса тела (M ± SD), кг	67,9 ± 13,0	71,1 ± 12,1	62,1 ± 12,8	<b>&lt;0,001</b>
ИМТ (M ± SD), кг/м <sup>2</sup>	25,44 ± 4,20	25,23 ± 3,96	25,81 ± 4,61	0,398
НbA1c (M ± SD), %	7,04 ± 0,53	7,04 ± 0,52	7,05 ± 0,54	0,785
pСКФ (M ± SD) мл/мин/1,73 м <sup>2</sup>	64,85 ± 15,61	65,02 ± 16,25	64,56 ± 14,59	0,415
Альбумин сыворотки крови (M ± SD), г/дл	4,25 ± 0,32	4,28 ± 0,28	4,19 ± 0,37	0,201
Сила хвата кисти (M ± SD), кг	31,42 ± 9,01	35,88 ± 7,69	23,74 ± 5,10	<b>0,002</b>
SPPB (M ± SD), баллы	11,57 ± 1,63	11,61 ± 1,66	11,52 ± 1,59	0,723
IASMM (M ± SD), кг/м <sup>2</sup>	7,50 ± 1,13	7,92 ± 1,16	6,79 ± 0,59	<b>&lt;0,001</b>
PhA (M ± SD), градус	5,23 ± 0,70	5,44 ± 0,69	4,86 ± 0,55	<b>&lt;0,001</b>

**Таблица 2**

Корреляции фазового угла с другими параметрами

	PhA	p
Возраст	-0,441	<b>0,001</b>
Рост	0,359	<b>0,002</b>
Масса тела	0,446	<b>0,001</b>
ИМТ	0,288	<b>0,009</b>
НbA1c	0,081	0,346
pСКФ	0,083	0,335
Альбумин сыворотки крови	0,352	<b>0,003</b>
Сила хвата кисти	0,521	<b>&lt;0,001</b>
SPPB	0,251	<b>0,008</b>
IASMM	0,508	<b>&lt;0,001</b>

Мы провели множественный регрессионный анализ с поэтапным включением предикторов с PhA в качестве независимой переменной; возрастом, полом, ростом, массой тела, HbA1c, pСКФ, сывороточным альбумином, IASMM, силой хвата кисти и оценкой SPPB. Переменными, выбранными с помощью множественного регрессионного анализа с пошаговым включением, были возраст, пол, рост, сила хвата кисти и IASMM (таблица 3). Множественный коэффициент детерминации (R<sup>2</sup>) для PhA составил 0,545, а скорректированное значение R<sup>2</sup> составило 0,517.

**Таблица 3.** Многомерная регрессия с пошаговым включением переменных для фазового угла.

<i>Переменная: фазовый угол</i>				
<i>Включенные переменные</i>	<i>Частичный коэффициент регрессии</i>	<i>Стандартный частичный коэффициент регрессии</i>	<i>Фактор вариации</i>	<i>p</i>
Константа	8,899			<b>&lt;0,001</b>
Возраст	-0,023	-0,335	1,499	<b>&lt;0,001</b>
Пол	0,631	0,446	2,517	<b>&lt;0,001</b>
Рост	0,041	0,501	3,699	<b>&lt;0,001</b>
Сила хвата кисти	0,021	0,267	2,889	<b>0,031</b>
IASMM	0,207	0,372	1,919	<b>&lt;0,001</b>

**Обсуждение.** Анализ биоэлектрического импеданса – широко используемый неинвазивный метод оценки состава тела, который измеряет электрические характеристики с помощью слабого переменного тока [17]. В общей популяции, PhA увеличивается с возрастом у представителей обоих полов до позднего взросления, а затем уменьшается у пожилых [18, 19].

Результаты Di Vincenzo O. (2019) показывают, что фазовый угол увеличивается на фоне физической тренированности, и укрепление мышц вызывает большее увеличение PhA по сравнению с тренировками на выносливость [17].

В результате проведенной нами научной работы было выявлено, что PhA был выше у мужчин, чем у женщин. Этот результат соответствует литературным данным. Ряд авторов показывают, что во взрослом возрасте и при старении у мужчин PhA стабильно выше, чем у женщин [13, 20].

Нами обнаружено, что PhA отрицательно коррелировал с возрастом и положительно с ростом, массой тела, ИМТ, сывороточным альбумином, силой хвата кисти, SPPB и IASMM. При множественном регрессионном анализе PhA отрицательно коррелировал с возрастом и положительно – с мужским полом, ростом, силой хвата кисти и IASMM.

Ряд исследователей советуют использовать фазовый угол в качестве полезного маркера для прогноза саркопении, старческой астении, инвалидности. Так, по данным статьи «Predictivity of bioimpedance phase angle for incident disability in older adults» (Uemura K., 2020), более низкий фазовый угол независимо от известных факторов риска позволяет прогнозировать инвалидность. Многофакторный регрессионный анализ Кокса показал, что низкий фазовый угол, классифицированный по пороговому значению (мужчины,  $\leq 4,95^\circ$ ; женщины,  $\leq 4,35^\circ$ ), независимо связан с повышенным риском наступления инвалидности (ОР 1,95; 95% ДИ 1,37–2,78). Авторы считают, что фазовый угол, полученный с помощью ВИА, можно использовать как ценный и простой прогностический инструмент для выявления пожилых людей с риском инвалидности [21].

Альбумин является основным внеклеточным поглотителем и антиоксидантом в интерстиции и поставляет аминокислоты для синтеза клеток и матрикса, поэтому сывороточный альбумин является важным маркером состояния клинического питания. После 30 лет мышечная масса и функциональные возможности снижаются, и хотя это снижение происходит медленно, оно ускоряется сопутствующими заболеваниями и связано со снижением уровня сывороточного альбумина [22].

Фактически, потеря мышечной массы была обнаружена, особенно у пожилых пациентов, у которых низкий уровень сывороточного альбумина, несмотря на отсутствие заболеваний почек или печени, что позволяет предположить связь сывороточного альбумина с PhA и мышечной силой [22]. Primo D. et al. была выявлена положительная корреляция между сывороточным альбумином и PhA у лиц с ожирением [23]. PhA связан с общим содержанием белка в организме, мышечной массой и силой хвата кисти. PhA является полезным маркером мышечной массы и функции [24].

В нашем исследовании сывороточный альбумин коррелировал с PhA. Можно предположить, что низкий сывороточный альбумин может влиять на мышечную массу и силу у пациентов с СД2. Необходимы дальнейшие исследования для выяснения клинической значимости поддержания высокого уровня сывороточного альбумина в профилактике саркопении у людей с сахарным диабетом.

Уровень глюкозы в плазме и HbA1c используются в качестве маркеров гликемического контроля, а IASMM и сила хвата кисти обычно используются в качестве маркеров массы и силы мышц соответственно. Согласно консенсусу EWGSOP, как IASMM, так и сила хвата используются для диагностики саркопении [1]. Однако IASMM не получается из необработанных данных, измеренных с помощью ВИА, а представляет собой вычисленное значение с использованием уравнения регрессии, созданного на основе измерений у здоровых людей. PhA является более точным маркером, так как выводится непосредственно из ВИА без дополнительных коэффициентов и формул регрессии [21].

Jun M.H. et al. показали, что уровень PhA ниже у пациентов с сахарным диабетом 2 типа, чем у лиц, не страдающих диабетом, и что различия усиливаются по мере увеличения продолжительности диабета [25]. Наше исследование показало, что у гериатрических пациентов с СД2 PhA связан не только с массой мышц, но и с мышечной силой и физической работоспособностью. Возможно, фазовый угол может быть маркером саркопении в целом.

**Выводы.** PhA является информативным параметром, связанным с саркопенией у гериатрических пациентов с сахарным диабетом 2 типа. Необходимы дальнейшие исследования по применению PhA у гериатрических пациентов.

#### Список литературы

1. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(4):601. <https://doi.org/10.1093/ageing/afz046>
2. Picca A, Calvani R, Cesari M, et al. Biomarkers of Physical Frailty and Sarcopenia: Coming up to the Place?. *Int J Mol Sci*. 2020;21(16):5635. <https://doi.org/10.3390/ijms21165635>
3. Rossignol P, Masson S, Barlera S, et al. Loss in body weight is an independent prognostic factor for mortality in chronic heart failure: insights from the GISSI-HF and Val-HeFT trials. *Eur J Heart Fail*. 2015;17(4):424-433. <https://doi.org/10.1002/ejhf.240>
4. Nakamura K, Yoshida D, Honda T, et al. Midlife and late-life diabetes and sarcopenia in a general older Japanese population: The Hisayama Study. *J Diabetes Investig*. 2021;12(10):1899-1907. <https://doi.org/10.1111/jdi.13550>
5. Wang T, Feng X, Zhou J, et al. Type 2 diabetes mellitus is associated with increased risks of sarcopenia and pre-sarcopenia in Chinese elderly. *Sci Rep*. 2016;6:38937. <https://doi.org/10.1038/srep38937>



6. Izzo A, Massimino E, Riccardi G, Della Pepa G. A Narrative Review on Sarcopenia in Type 2 Diabetes Mellitus: Prevalence and Associated Factors. *Nutrients*. 2021;13(1):183. <https://doi.org/10.3390/nu13010183>
7. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr*. 1988;48(1):16-23. <https://doi.org/10.1093/ajcn/48.1.16>
8. Dey DK, Bosaeus I. Comparison of bioelectrical impedance prediction equations for fat-free mass in a population-based sample of 75 y olds: the NORA study. *Nutrition*. 2003;19(10):858-864. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(03\)00172-2](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(03)00172-2)
9. Genton L, Karsegard VL, Kyle UG, et al. Comparison of four bioelectrical impedance analysis formulas in healthy elderly subjects. *Gerontology*. 2001;47(6):315-323. <https://doi.org/10.1159/000052821>
10. Hirose S, Nakajima T, Nozawa N, et al. Phase Angle as an Indicator of Sarcopenia, Malnutrition, and Cachexia in Inpatients with Cardiovascular Diseases. *J Clin Med*. 2020;9(8):2554. <https://doi.org/10.3390/jcm9082554>
11. Norman K, Stobäus N, Pirlich M, Bösy-Westphal A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis--clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr*. 2012;31(6):854-861. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.05.008>
12. Gunn SM, Halbert JA, Giles LC, et al. Bioelectrical phase angle values in a clinical sample of ambulatory rehabilitation patients. *Dyn Med*. 2008;7:14. <https://doi.org/10.1186/1476-5918-7-14>
13. Basile C, Della-Morte D, Cacciatore F, et al. Phase angle as bioelectrical marker to identify elderly patients at risk of sarcopenia. *Exp Gerontol*. 2014;58:43-46. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2014.07.009>
14. Ko SJ, Cho J, Choi SM, et al. Phase Angle and Frailty Are Important Prognostic Factors in Critically Ill Medical Patients: A Prospective Cohort Study. *J Nutr Health Aging*. 2021;25(2):218-223. <https://doi.org/10.1007/s12603-020-1487-0>
15. Choi HN, Kim KA, Kim YS, Yim JE. Independent Association of Phase Angle with Fasting Blood Glucose and Hemoglobin A1c in Korean Type 2 Diabetes Patients. *Clin Nutr Res*. 2020;9(3):205-212. <https://doi.org/10.7762/cnr.2020.9.3.205>
16. Ткачева О.Н., Котовская Ю.В., Рунихина Н.К. и др. Клинические рекомендации «Старческая астения». *Российский журнал гериатрической медицины*. 2020;(1):11-46. <https://doi.org/10.37586/2686-8636-1-2020-11-46>

17. Di Vincenzo O, Marra M, Scalfi L. Bioelectrical impedance phase angle in sport: a systematic review. *J Int Soc Sports Nutr.* 2019;16(1):49. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0319-2>
18. Torres AG, Oliveira KJF, Oliveira-Junior, et al. Biological determinants of phase angle among Brazilian elite athletes. *Proc Nutr Soc.* 2009;67(OCE8):2018 <https://doi.org/10.1017/S0029665108000062>
19. Koury JC, Trugo NMF, Torres AG. Phase angle and bioelectrical impedance vectors in adolescent and adult male athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(5):798–804. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0397>
20. Barbosa-Silva MC, Barros AJ, Wang J, et al. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *Am J Clin Nutr.* 2005;82(1):49-52. <https://doi.org/10.1093/ajcn.82.1.49>
21. Uemura K, Doi T, Tsutsumimoto K, et al. Predictivity of bioimpedance phase angle for incident disability in older adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2020;11(1):46-54. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12492>
22. Soeters PB, Wolfe RR, Shenkin A. Hypoalbuminemia: Pathogenesis and Clinical Significance. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2019;43(2):181-193. <https://doi.org/10.1002/jpen.1451>
23. Primo D, Izaola O, Gómez JLL, de Luis D. Correlation of the Phase Angle with Muscle Ultrasound and Quality of Life in Obese Females. *Dis Markers.* 2022;2022:7165126. <https://doi.org/10.1155/2022/7165126>
24. Santana NM, Pinho CPS, da Silva CP, Dos Santos NF, Mendes RML. Phase Angle as a Sarcopenia Marker in Hospitalized Elderly Patients. *Nutr Clin Pract.* 2018;33(2):232-237. <https://doi.org/10.1002/ncp.10016>
25. Jun MH, Ku B, Kim J, Kim KH, Kim JU. Mediation effect of the duration of diabetes mellitus on the decrease in bioimpedance phase angles in ethnically Korean people: A multicenter clinical study. *J Diabetes Investig.* 2021;12(5):790-802. <https://doi.org/10.1111/jdi.13399>

### References

1. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2019;48(4):601. <https://doi.org/10.1093/ageing/afz046>
2. Picca A, Calvani R, Cesari M, et al. Biomarkers of Physical Frailty and Sarcopenia: Coming up to the Place?. *Int J Mol Sci.* 2020;21(16):5635. <https://doi.org/10.3390/ijms21165635>

3. Rossignol P, Masson S, Barlera S, et al. Loss in body weight is an independent prognostic factor for mortality in chronic heart failure: insights from the GISSI-HF and Val-HeFT trials. *Eur J Heart Fail.* 2015;17(4):424-433. <https://doi.org/10.1002/ejhf.240>
4. Nakamura K, Yoshida D, Honda T, et al. Midlife and late-life diabetes and sarcopenia in a general older Japanese population: The Hisayama Study. *J Diabetes Investig.* 2021;12(10):1899-1907. <https://doi.org/10.1111/jdi.13550>
5. Wang T, Feng X, Zhou J, et al. Type 2 diabetes mellitus is associated with increased risks of sarcopenia and pre-sarcopenia in Chinese elderly. *Sci Rep.* 2016;6:38937. <https://doi.org/10.1038/srep38937>
6. Izzo A, Massimino E, Riccardi G, Della Pepa G. A Narrative Review on Sarcopenia in Type 2 Diabetes Mellitus: Prevalence and Associated Factors. *Nutrients.* 2021;13(1):183. <https://doi.org/10.3390/nu13010183>
7. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr.* 1988;48(1):16-23. <https://doi.org/10.1093/ajcn/48.1.16>
8. Dey DK, Bosaeus I. Comparison of bioelectrical impedance prediction equations for fat-free mass in a population-based sample of 75 y olds: the NORA study. *Nutrition.* 2003;19(10):858-864. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(03\)00172-2](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(03)00172-2)
9. Genton L, Karsegard VL, Kyle UG, et al. Comparison of four bioelectrical impedance analysis formulas in healthy elderly subjects. *Gerontology.* 2001;47(6):315-323. <https://doi.org/10.1159/000052821>
10. Hirose S, Nakajima T, Nozawa N, et al. Phase Angle as an Indicator of Sarcopenia, Malnutrition, and Cachexia in Inpatients with Cardiovascular Diseases. *J Clin Med.* 2020;9(8):2554. <https://doi.org/10.3390/jcm9082554>
11. Norman K, Stobäus N, Pirlich M, Bosy-Westphal A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis--clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr.* 2012;31(6):854-861. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.05.008>
12. Gunn SM, Halbert JA, Giles LC, et al. Bioelectrical phase angle values in a clinical sample of ambulatory rehabilitation patients. *Dyn Med.* 2008;7:14. <https://doi.org/10.1186/1476-5918-7-14>
13. Basile C, Della-Morte D, Cacciatore F, et al. Phase angle as bioelectrical marker to identify elderly patients at risk of sarcopenia. *Exp Gerontol.* 2014;58:43-46. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2014.07.009>

14. Ko SJ, Cho J, Choi SM, et al. Phase Angle and Frailty Are Important Prognostic Factors in Critically Ill Medical Patients: A Prospective Cohort Study. *J Nutr Health Aging*. 2021;25(2):218-223. <https://doi.org/10.1007/s12603-020-1487-0>
15. Choi HN, Kim KA, Kim YS, Yim JE. Independent Association of Phase Angle with Fasting Blood Glucose and Hemoglobin A1c in Korean Type 2 Diabetes Patients. *Clin Nutr Res*. 2020;9(3):205-212. <https://doi.org/10.7762/cnr.2020.9.3.205>
16. Tkacheva ON, Kotovskaya YuV, Runikhina NK, et al. Klinicheskiye rekomendatsii «Starcheskaya asteniya» [Clinical guidelines on frailty]. *Rossiyskiy zhurnal geriatricheskoy meditsiny* [Russian Journal of Geriatric Medicine]. 2020;(1):11-46. (in Russ.) <https://doi.org/10.37586/2686-8636-1-2020-11-46>
17. Di Vincenzo O, Marra M, Scalfi L. Bioelectrical impedance phase angle in sport: a systematic review. *J Int Soc Sports Nutr*. 2019;16(1):49. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0319-2>
18. Torres AG, Oliveira KJF, Oliveira-Junior, et al. Biological determinants of phase angle among Brazilian elite athletes. *Proc Nutr Soc*. 2009;67(OCE8):2018 <https://doi.org/10.1017/S0029665108000062>
19. Koury JC, Trugo NMF, Torres AG. Phase angle and bioelectrical impedance vectors in adolescent and adult male athletes. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9(5):798–804. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0397>
20. Barbosa-Silva MC, Barros AJ, Wang J, et al. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *Am J Clin Nutr*. 2005;82(1):49-52. <https://doi.org/10.1093/ajcn.82.1.49>
21. Uemura K, Doi T, Tsutsumimoto K, et al. Predictivity of bioimpedance phase angle for incident disability in older adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2020;11(1):46-54. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12492>
22. Soeters PB, Wolfe RR, Shenkin A. Hypoalbuminemia: Pathogenesis and Clinical Significance. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2019;43(2):181-193. <https://doi.org/10.1002/jpen.1451>
23. Primo D, Izaola O, Gómez JLL, de Luis D. Correlation of the Phase Angle with Muscle Ultrasound and Quality of Life in Obese Females. *Dis Markers*. 2022;2022:7165126. <https://doi.org/10.1155/2022/7165126>
24. Santana NM, Pinho CPS, da Silva CP, Dos Santos NF, Mendes RML. Phase Angle as a Sarcopenia Marker in Hospitalized Elderly Patients. *Nutr Clin Pract*. 2018;33(2):232-237. <https://doi.org/10.1002/ncp.10016>

25. Jun MH, Ku B, Kim J, Kim KH, Kim JU. Mediation effect of the duration of diabetes mellitus on the decrease in bioimpedance phase angles in ethnically Korean people: A multicenter clinical study. *J Diabetes Investig.* 2021;12(5):790-802. <https://doi.org/10.1111/jdi.13399>

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Acknowledgments.** The study did not have sponsorship.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interest.

### Сведения об авторах

**Курмаев Дмитрий Петрович** – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры эндокринологии и гериатрии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; E-mail: [geriatry@mail.ru](mailto:geriatry@mail.ru), ORCID: 0000-0003-4114-5233; SPIN: 2179-5831

**Булгакова Светлана Викторовна** – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой эндокринологии и гериатрии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; E-mail: [osteoporosis63@gmail.com](mailto:osteoporosis63@gmail.com), ORCID: 0000-0003-0027-1786; SPIN: 9908-6292

**Тренева Екатерина Вячеславовна** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры эндокринологии и гериатрии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; E-mail: [geriatry@mail.ru](mailto:geriatry@mail.ru), ORCID: 0000-0003-0097-7252; SPIN: 3522-7865

**Ваевская Елена Владиславовна** - научный сотрудник, Автономная некоммерческая организация «Научно-исследовательский медицинский центр «Геронтология» (АНО НИМЦ «Геронтология»), 125371, г. Москва, Волоколамское шоссе, 116, стр. 1, оф. 321, mail: [7247124@gmail.com](mailto:7247124@gmail.com), ORCID: 0009-0001-1054-3055

**Давидян Ованес Вагенович** - кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела клинической геронтологии Автономной некоммерческой организации Научно-исследовательского медицинского центра «Геронтология», 125371, г. Москва, Волоколамское шоссе, 116, стр. 1, оф. 321, e-mail: [doctordavidian@mail.ru](mailto:doctordavidian@mail.ru), ORCID: 0000-0002-1840-4703

**Химченко Юлия Владимировна** – заведующий отделением функциональной диагностики, врач функциональной диагностики, ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь имени П.В. Мандрыка» Минобороны России, 107076, г. Москва, Большая Оленья ул., владение 8 А; e-mail: [60780@bk.ru](mailto:60780@bk.ru), ORCID: 0000-0001-9985-8055

### About the authors

**Dmitry P. Kurmaev** – PhD (Medicine), assistant of department of endocrinology and geriatrics, Samara State Medical University of the Ministry of Health of Russia, 443099, Samara, Chapayevskaya st., 89; E-mail: [geriatry@mail.ru](mailto:geriatry@mail.ru), ORCID: 0000-0003-4114-5233; SPIN: 2179-5831

**Svetlana V. Bulgakova** – MD, PhD, the associate professor, Head of department of endocrinology and geriatrics, Samara State Medical University of the Ministry of Health of Russia, 443099, Samara, Chapaevskaya st., 89; E-mail: [osteoporosis63@gmail.com](mailto:osteoporosis63@gmail.com), ORCID 0000-0003-0027-1786; SPIN: 9908-6292

**Ekaterina V. Treneva** – PhD (Medicine), the associate professor of department of endocrinology and geriatrics, Samara State Medical University of the Ministry of Health of Russia, 443099, Samara, Chapaevskaya st., 89; E-mail: [geriatry@mail.ru](mailto:geriatry@mail.ru), ORCID: 0000-0003-0097-7252; SPIN: 3522-7865

**Vaevskaia Elena Vladislavovna** - Researcher in Department of clinical gerontology, Research Medical Centre «GERONTOLOGY», 125371, Moscow, Volokolamskoe highway, 116, b.1, of. 321, e-mail: [7247124@gmail.com](mailto:7247124@gmail.com), ORCID: 0009-0091-1054-3055

**Davidyan Ovanes Vagenovich** - Candidate of medical Sciences, Senior researcher of the Department of clinical gerontology, Research Medical Centre «GERONTOLOGY», 125371, Moscow, Volokolamskoe highway, 116, b.1, of. 321, e-mail: [doctordavidian@mail.ru](mailto:doctordavidian@mail.ru), ORCID: 0000-0002-1840-4703

**Khimchenko Yuliya Vladimirovna** - Head of the Department of Functional Diagnostics, functional diagnostics doctor, 107076, Moscow, Central Military Clinical Hospital n.a. P. V. Mandryka, Bolshaya Olenya Street, pos. 8 A; e-mail: [60780@bk.ru](mailto:60780@bk.ru), ORCID: 0000-0001-9985-8055

Статья получена: 25.12.2023 г.  
Принята к публикации: 25.03.2024 г.