

УДК 616.379-008.64-055.2-053.9:615.47
DOI 10.24412/2312-2935-2022-5-219-236

БИОИМПЕДАНСНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА ТЕЛА ЖЕНЩИН ПОЖИЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА

Д.П. Курмаев¹, С.В. Булгакова¹, Е.В. Тренева¹, И.С. Четверикова¹, О.В. Косарева¹, Л.А. Шаронова¹, Ю.А. Долгих¹, С.К. Мусиенко²

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Самара

²ГБУЗ Калининградской области «Городская больница №2», г. Калининград

Актуальность. Сахарный диабет 2 типа – это метаболическое заболевание, ассоциированное с нарушением выработки инсулина и инсулинорезистентностью, распространенность которого увеличивается в процессе старения. Это заболевание сопровождается ухудшением метаболизма углеводов, липидов и белков, накоплением конечных продуктов гликирования, а также изменением композиционного состава тела. Ассоциированные с сахарным диабетом 2 типа ожирение и саркопения могут служить причиной снижения качества жизни и инвалидности. Представляет интерес оценка параметров биоимпедансного анализа состава тела гериатрических пациентов с сахарным диабетом 2 типа.

Цель: определить корреляционные взаимосвязи биоимпедансного фазового угла с антропометрическими, клинико-лабораторными и параметрами состава тела, а также изменения этих параметров между группами женщин пожилого и старческого возраста.

Материал и методы. В наше исследование включены 139 женщин с сахарным диабетом 2 типа, в возрасте от 65 до 87 лет, средний возраст $72,7 \pm 5,4$ лет, из них 99 пожилого возраста, 40 старческого возраста.

Результаты. У женщин с сахарным диабетом 2 типа на фоне старения наблюдается снижение доли скелетно-мышечной массы и индекса скелетно-мышечной массы, без статистически значимых изменений доли и индекса жировой массы. Как у пожилых, так и у старых женщин отмечено ожирение по антропометрическим параметрам и по результатам биоимпедансного анализа состава тела. Выявлены статистически значимые корреляции биоимпедансного фазового угла с основным обменом веществ, удельным обменом веществ, возрастом, уровнем глюкозы крови, максимальным уровнем глюкозы, колебаниями уровня глюкозы.

Заключение. Биоимпедансный анализ состава тела является современным, точным и информативным методом, который может применяться у гериатрических пациентов с сахарным диабетом 2 типа. У женщин пожилого и старческого возраста выявлены признаки ожирения и снижения параметров массы скелетной мускулатуры на фоне старения в сочетании с сахарным диабетом 2 типа. Обнаружены статистически значимые корреляции биоимпедансного фазового угла с антропометрическими, клинико-лабораторными и параметрами состава тела.

Ключевые слова: биоимпедансный анализ, фазовый угол, гериатрия, сахарный диабет 2 типа, ожирение, пожилой возраст, старческий возраст, женщины, саркопения

BIOIMPEDANCE ANALYSIS OF THE BODY COMPOSITION IN ELDERLY AND OLD WOMEN WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS

*Kurmaev D.P.¹, Bulgakova S.V.¹, Treneva E.V.¹, Chetverikova I.S.¹, O.V. Kosareva, L.A.¹
Sharonova¹, Yu.A. Dolgikh¹, S.K. Musienko²*

¹*Samara State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Samara*

²*State budgetary healthcare institution of the Kaliningrad region «City Hospital No. 2»,
Kaliningrad*

Rationale. Type 2 diabetes mellitus is a metabolic disease associated with impaired insulin production and insulin resistance, the prevalence of which increases with aging. This disease is accompanied by a deterioration in the metabolism of carbohydrates, lipids and proteins, the accumulation of advanced glycation end products, as well as a change in body composition. Obesity and sarcopenia associated with type 2 diabetes can cause a decrease in quality of life and disability. It is of interest to evaluate the parameters of bioimpedance analysis of the body composition of geriatric patients with type 2 diabetes mellitus.

Aim: to determine the correlation relationships of the bioimpedance phase angle with anthropometric, clinical-laboratory and body composition parameters, as well as changes in these parameters between groups of elderly and old women.

Material and methods. Our study included 139 women with type 2 diabetes, aged 65 to 87 years, mean age 72.7 ± 5.4 years, of which 99 were elderly, 40 were old.

Results. Women with type 2 diabetes experience a decrease in the percentage of skeletal muscle mass and the index of skeletal muscle mass with aging, without statistically significant changes in the percentage and index of fat mass. Both elderly and old women showed obesity in anthropometric parameters and according to the results of bioimpedance analysis of body composition. Statistically significant correlations of the bioimpedance phase angle with basal metabolism, specific metabolism, age, blood glucose level, maximum glucose level, glucose level fluctuations were revealed.

Conclusions. Bioimpedance analysis of body composition is a modern, accurate and informative method that can be used in geriatric patients with type 2 diabetes. Elderly and old women showed signs of obesity and a decrease in skeletal muscle mass parameters with aging in combination with type 2 diabetes mellitus. Statistically significant correlations of the bioimpedance phase angle with anthropometric, clinical, laboratory and body composition parameters were found.

Keywords: bioimpedance analysis, phase angle, geriatrics, type 2 diabetes mellitus, obesity, elderly age, old age, women, sarcopenia.

Введение. Сахарный диабет 2 типа (СД2) представляет собой широко распространенное в современном мире неинфекционное метаболическое заболевание, ассоциированное с многочисленными осложнениями, снижением качества жизни, инвалидизацией и преждевременной смертью [1]. Частота встречаемости этого заболевания в популяции увеличивается с возрастом и особенно велика у гериатрических пациентов [2]. С

СД2 у лиц пожилого и старческого возраста ассоциированы старческая астения, саркопения, хроническая болезнь почек [1, 3].

СД2 сопровождается ухудшением метаболизма углеводов, липидов и белков, накоплением конечных продуктов гликирования, а также изменением композиционного состава тела. На фоне СД2 происходит увеличение содержания жировой ткани в составе тела пациентов [4, 5]. Кроме того, отмечена ассоциация СД2 с уменьшением массы скелетной мускулатуры [4, 6, 7, 8].

Саркопения часто встречается среди лиц старших возрастных групп, и считается одним из гериатрических синдромов [9]. Ожирение и саркопения часто сосуществуют одновременно, так как имеют ряд общих патогенетических механизмов. Ожирение может независимо привести к потере мышечной массы и функции из-за негативного воздействия метаболических нарушений, зависящих от жировой ткани, таких как окислительный стресс, воспаление и резистентность к инсулину, каждое из которых негативно влияют на мышечную массу. С другой стороны, саркопения может непосредственно способствовать накоплению жира за счет снижения общего расхода энергии, и, следовательно, ожирение и саркопения могут синергически усиливать друг друга [10].

Таким образом, необходима одновременная диагностика содержания мышечной и жировой ткани в организме, что может быть проведено с помощью исследования композиционного состава тела.

Одним из методов исследования композиционного состава тела является биоимпедансный анализ (BIA). Несмотря на то, что впервые принцип BIA разработал Томассет еще в 1962 году [11], современные приборы для биоимпедансного анализа обогатились новыми аппаратными программными алгоритмами, и способны проводить измерения на нескольких частотах переменного тока, что позволяет получать новые параметры, недоступные для аппаратов старого поколения [12]. Одним из таких параметров является биоимпедансный фазовый угол (фазовый угол, PhA).

Рядом авторов отмечена ассоциация саркопении с низкими значениями биоимпедансного фазового угла [13, 14]. Фазовый угол ассоциирован с целостностью клеточных мембран организма, интенсивностью обмена веществ и метаболическим здоровьем организма в целом. PhA снижается с возрастом, на фоне старения организма, мальнутриции, полиморбидной патологии [15]. Tanaka S. et al. (2019) отмечена ассоциация низкого PhA с синдромом старческой астении [16]. Таким образом, фазовый угол является

полезным и информативным биомаркером в диагностике многих заболеваний и патологических состояний. Однако пороговые точки отсечения в алгоритмах для диагностики саркопении, старческой астении отличаются в разных исследованиях в зависимости от национального, этнического, территориального, гендерного признаков. Всё ещё предстоит разработать и валидизировать прогностические математические модели и программные алгоритмы, которые могли бы универсально применяться для диагностики саркопении и старческой астении с использованием параметров биоимпедансного анализа, в том числе фазового угла.

Представляет интерес исследование параметров биоимпедансного анализа состава тела женщин пожилого и старческого возраста, страдающих сахарным диабетом 2 типа.

Цель исследования: определить корреляционные взаимосвязи биоимпедансного фазового угла с антропометрическими, клинико-лабораторными и параметрами состава тела, а также изменения этих параметров между группами женщин пожилого и старческого возраста.

Материал и методы. В наше одномоментное поперечное исследование включены 139 женщин с сахарным диабетом 2 типа, в возрасте от 65 до 87 лет, средний возраст $72,7 \pm 5,4$ лет, из них 99 – пожилого возраста (первая группа), 40 – старческого возраста (вторая группа). По данным анамнеза и опроса пациентов определяли стаж заболевания СД2, минимальные и максимальные уровни гликемии, размах колебаний уровня гликемии (разность между максимальным и минимальным уровнями). Всем пациентам проводили измерение антропометрических параметров: рост, масса тела, индекс массы тела (ИМТ), окружность талии, окружность бедер, соотношение талия/бедра. Оценку нутритивного статуса проводили с использованием шкалы оценки питания (MNA). Всем пациентам проводили общий и биохимический анализ крови. Диагностику синдрома старческой астении проводили с помощью скринингового опросника «Возраст не помеха». Биоимпедансный анализ состава тела исследовали с помощью аппаратного комплекса «ABC-02» (Медасс, Россия) по стандартной методике. Статистическая обработка результатов исследования выполнялась с использованием программного пакета SPSS 21. Переменные с нормальным распределением представлены в виде среднего арифметического значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$), переменные с отличным от нормального распределением – в виде медианы и квартилей ($Me [LQ; HQ]$). Для сравнения групп использовали дисперсионный анализ ANOVA, апостериорные сравнения проводили с помощью критерия

Тьюки; для непараметрических межгрупповых сравнений переменных использовали критерий Манна-Уитни. Корреляционный анализ проводили с использованием критерия Спирмена. Уровень статистической значимости принимали $p < 0,05$.

Результаты. Сравнение антропометрических параметров, результатов опросника «Возраст не помеха», нутритивного статуса представлено в таблице 1.

Таблица 1

Антропометрические параметры, оценка старческой астении и питания у женщин пожилого и старческого возраста.

<i>Параметр</i>	<i>1 группа Пожилые (n=99)</i>	<i>2 группа Старые (n=40)</i>	<i>p1-2</i>
Возраст (M ± SD), лет	69,9 ± 2,8	79,7 ± 3,7	<0,001
Стаж диабета (M ± SD), лет	12,0 [5,0; 17,0]	15,0 [9,0; 24,0]	0,028
Рост (M ± SD), м	1,59 ± 0,06	1,58 ± 0,05	0,080
Масса тела (M ± SD), кг	84,2 ± 16,2	77,6 ± 15,6	0,021
ИМТ (M ± SD), кг/м ²	33,19 ± 6,26	30,98 ± 5,59	0,058
Окружность талии (M ± SD), см	110,1 ± 14,2	107,4 ± 15,6	0,376
Окружность бедер (M ± SD), см	119,5 ± 13,6	114,9 ± 13,2	0,079
Шкала оценки питания MNA (Me [LQ; HQ]), баллы	23,5 [22,0; 25,0]	22,5 [21,5; 24,5]	0,192

Как следует из таблицы 1, различия по среднему возрасту пациентов в первой и второй группах были статистически значимые. Медианные значения стажа сахарного диабета 2 типа в группе старых женщин на 3 года больше, чем в группе пожилых ($p = 0,028$). Средняя масса тела старых женщин была статистически значимо меньше, чем в группе пожилых. Остальные антропометрические параметры не имели статистически значимых различий между группами. Индекс массы тела составил $33,19 \pm 6,26$ кг/м² в группе пожилых женщин, по сравнению с $30,98 \pm 5,59$ кг/м² в группе старых женщин, и соответствует ожирению первой степени в обеих группах. Средние значения окружности талии и окружности бедер выше референсных значений и подтверждают наличие ожирения по антропометрическим критериям. Нутритивный статус, по шкале MNA, не проявил статистически значимых межгрупповых различий.

Сравнение параметров биоимпедансного анализа состава тела между группами женщин пожилого и старческого возраста представлено в таблице 2.

Таблица 2

Параметры биоимпедансного анализа состава тела у женщин пожилого и старческого возраста.

<i>Параметр</i>	<i>1 группа Пожилые (n=99)</i>	<i>2 группа Старые (n=40)</i>	<i>p1-2</i>
Фазовый угол ($M \pm SD$), градус	$5,40 \pm 0,62$	$5,02 \pm 0,55$	0,001
Доля жировой массы ($M \pm SD$), %	$38,2 \pm 6,9$	$36,0 \pm 7,0$	0,077
Доля скелетно-мышечной массы ($M \pm SD$), %	$41,7 \pm 3,9$	$39,6 \pm 2,6$	0,002
Основной обмен ($M \pm SD$), ккал	1428 ± 98	1358 ± 94	<0,001
Удельный обмен ($M \pm SD$), ккал/м ²	$781,9 \pm 54,6$	$777,5 \pm 54,9$	0,664
Индекс жировой массы ($M \pm SD$), кг/м ²	$13,04 \pm 4,47$	$11,48 \pm 4,18$	0,057
Индекс скелетно-мышечной массы ($M \pm SD$), кг/м ²	$8,39 \pm 1,09$	$7,73 \pm 0,98$	0,001

Согласно данным таблицы 2, у старых пациенток, по сравнению с пожилыми, отмечены следующие изменения параметров биоимпедансного анализа состава тела. Отмечено снижение фазового угла с $5,40 \pm 0,62$ до $5,02 \pm 0,55$ градусов ($p = 0,001$). Доля скелетно-мышечной массы, а также индекс скелетно-мышечной массы статистически значимо снизились в группе женщин старческого возраста. При этом доля жировой массы как в группе пожилых женщин ($38,2 \pm 6,9\%$), так и в группе старых женщин ($36,0 \pm 7,0\%$) свидетельствует о наличии ожирения. Доля скелетно-мышечной массы составляет $41,7 \pm 3,9\%$ в группе пожилых женщин, по сравнению с $39,6 \pm 2,6\%$ – в группе старых женщин.

Выявлено снижение основного обмена в группе старых женщин ($p < 0,001$), в то время как удельный обмен не изменился. Доля жировой массы и индекс жировой массы снизились в группе женщин старческого возраста, однако без статистической значимости по сравнению с группой пожилых женщин.

Сравнение лабораторных параметров женщин пожилого и старческого возраста представлено в таблице 3.

Таблица 3

Лабораторные параметры у женщин пожилого и старческого возраста.

<i>Параметр</i>	<i>1 группа Пожилые (n=99)</i>	<i>2 группа Старые (n=40)</i>	<i>p1-2</i>
Эритроциты (M ± SD), 10 ¹² /л	4,41 ± 0,37	4,31 ± 0,38	0,285
Средний объем эритроцита (M ± SD), фл	87,78 ± 5,96	88,32 ± 4,97	0,777
Гемоглобин (M ± SD), г/л	131,5 ± 12,1	129,2 ± 11,5	0,424
Гематокрит (M ± SD), %	38,7 ± 3,7	38,1 ± 3,5	0,517
Лейкоциты (M ± SD), 10 ⁹ /л	6,96 ± 2,14	7,04 ± 1,84	0,835
Тромбоциты (M ± SD), 10 ⁹ /л	225,8 ± 53,3	214,8 ± 50,2	0,361
СОЭ (M ± SD), мм/час	23,7 ± 12,0	24,5 ± 10,2	0,700
Глюкоза (M ± SD), ммоль/л	8,45 ± 3,05	8,02 ± 3,01	0,595
Гликированный гемоглобин (M ± SD), %	7,79 ± 1,81	7,75 ± 1,77	0,894
Креатинин (M ± SD), мкмоль/л	89,2 ± 18,0	97,2 ± 25,8	0,068
Общий белок (M ± SD), г/л	69,3 ± 4,1	67,9 ± 3,4	0,084
Мочевая кислота (M ± SD), мкмоль/л	311,9 ± 54,3	335,8 ± 63,1	0,037
Общий холестерин (M ± SD), ммоль/л	5,42 ± 1,11	5,28 ± 0,91	0,476
Минимальный уровень глюкозы (Me [LQ; HQ])	6,5 [5,8; 8,0]	6,0 [5,8; 8,0]	0,902
Максимальный уровень глюкозы (Me [LQ; HQ])	9,2 [7,6; 12,0]	10,5 [8,0; 15,0]	0,211
Колебания уровня глюкозы (Me [LQ; HQ])	3,0 [2,0; 4,8]	4,1 [2,0; 7,0]	0,132

Согласно данным таблицы 3, у пациентов обеих групп отмечены высокие значения СОЭ, 23,7 ± 12,0 мм/час – в группе пожилых, против 24,5 ± 10,2 мм/час – в группе старых женщин, без статистически значимых межгрупповых различий ($p > 0,05$). Уровень глюкозы крови и гликированного гемоглобина был, соответственно, 8,45 ± 3,05 ммоль/л и 7,79 ± 1,81 % в группе пожилых, по сравнению с 8,02 ± 3,01 ммоль/л и 7,75 ± 1,77 % - в группе старых женщин, без статистически значимых межгрупповых различий ($p > 0,05$). Креатинин крови, общий белок и общий холестерин находились в пределах референсных значений в обеих группах. Содержание мочевой кислоты статистически значимо увеличилось с 311,9 ± 54,3 мкмоль/л в группе пожилых женщин, по сравнению с 335,8 ± 63,1 мкмоль/л в группе старых женщин ($p = 0,037$). Медианные значения минимальных и максимальных уровней глюкозы, а также размах колебаний уровня глюкозы по данным анамнеза не проявили статистически значимых межгрупповых различий.

Корреляции биоимпедансного фазового угла с антропометрическими, клинико-лабораторными и параметрами состава тела представлены в таблице 4.

Таблица 4

Корреляции биоимпедансного фазового угла с антропометрическими, клинико-лабораторными и параметрами состава тела

<i>Параметры</i>	<i>Фазовый угол</i>	
	<i>R</i>	<i>P</i>
Возраст	-0,398	0,001
Индекс массы тела	-0,051	0,531
Окружность талии	-0,151	0,102
Окружность бедер	-0,130	0,162
Основной обмен	0,484	<0,001
Удельный обмен	0,596	<0,001
Индекс жировой массы	-0,067	0,469
Индекс скелетно-мышечной массы	0,088	0,342
Шкала оценки питания MNA	0,128	0,166
Глюкоза крови	-0,186	0,044
Гликированный гемоглобин	-0,122	0,188
Стаж диабета	-0,182	0,049
Минимальный уровень глюкозы	0,043	0,647
Максимальный уровень глюкозы	-0,211	0,022
Колебания уровня глюкозы	-0,268	0,003

Согласно данным таблицы 4, отмечены статистически значимые корреляции PhA со следующими параметрами: положительные корреляции – основной обмен ($R = 0,484$; $p < 0,001$), удельный обмен ($R = 0,596$; $p < 0,001$); отрицательные корреляции – возраст ($R = -0,398$; $p = 0,001$), глюкоза крови ($R = -0,186$; $p = 0,044$), стаж диабета ($R = -0,182$; $p = 0,049$), максимальный уровень глюкозы ($R = -0,211$; $p = 0,022$), колебания уровня глюкозы ($R = -0,268$; $p = 0,003$).

Обсуждение. Сахарный диабет представляет собой группу метаболических заболеваний, обусловленных множественными причинами, характеризующихся высоким уровнем глюкозы в крови. СД2 по частоте составляет около 90% из общего количества пациентов с сахарным диабетом, характеризуется нарушением секреции инсулина и инсулинорезистентностью [2]. Для СД2 характерно развитие различных осложнений, приводящих к снижению качества жизни, инвалидизации, отягощению сопутствующей полиморбидной патологии. Наряду с макрососудистыми и микрососудистыми нарушениями, саркопения рассматривается рядом авторов как осложнение СД2 [3, 6]. Саркопения у

пациентов с СД2 возникает вследствие действия целого ряда факторов: резистентность к инсулину, гипергликемия, инфильтрация липидов в мышечную ткань, хроническое воспаление, окислительный стресс, диабетическая нефропатия [7, 17, 18].

Старение является независимым немодифицируемым фактором риска снижения массы мускулатуры с возрастом [19, 20], на фоне сопутствующего СД2 потеря мышечной массы усугубляется. Так, Leenders M. et al. (2013) было выявлено, что развитие сахарного диабета 2 типа приводит к ускоренному снижению массы, силы и функции скелетных мышц [21]. В Японии Hamasaki H. et al. (2017) было проведено ретроспективное когортное исследование, включившее 1282 пациента пожилого и старческого возраста с сахарным диабетом 2 типа. Авторами было показано, что саркопения у диабетиков связана с более высокой частотой госпитализаций, риском неблагоприятных сердечно-сосудистых событий и смертностью [22]. Эксперты Европейской рабочей группы по саркопении во втором пересмотре рекомендаций (EWGSOP2) подтверждают негативное влияние хронической патологии, в том числе СД2, на уменьшение скелетно-мышечной массы [8]. По мнению Pereira S. et al. (2008), инсулинорезистентность, развивающаяся при сахарном диабете 2 типа, влияет на белково-энергетический обмен. При этом снижается синтез белков мышечной ткани [23]. Таким образом, данный механизм может приводить к снижению скелетно-мышечной массы и развитию синдрома саркопении [3].

В научной работе Мисниковой И.В. с соавт. (2018) была показана возможность оценки мышечной и жировой массы тела больных с СД2 с помощью двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DEXA) [4]. Однако данный метод диагностики состава тела, хотя и считается «золотым стандартом», сопровождается лучевой нагрузкой на пациента, кроме того достаточно дорогостоящий и не всегда широко применимый в обычной клинической практике [12]. Альтернативным методом является биоимпедансный анализ состава тела, который обладает высокой диагностической точностью, чувствительностью и специфичностью, более дешевый в применении и не оказывающий лучевой нагрузки на пациента [15, 24].

В нашем исследовании обнаружено снижение доли скелетно-мышечной массы, а также индекса скелетно-мышечной массы у старых женщин по сравнению с пожилыми, что согласуется с данными литературы. Доля скелетно-мышечной массы, а также индекс скелетно-мышечной массы статистически значимо снизились в группе женщин старческого

возраста. При этом доля жировой массы как в группе пожилых женщин ($38,2 \pm 6,9\%$), так и в группе старых женщин ($36,0 \pm 7,0\%$) свидетельствует о наличии ожирения.

Согласно шкале оценки притания MNA ($>23,5$ баллов – нормальный пищевой статус; $17-23,5$ баллов – риск недостаточности питания), медианные значения составили 23,5 баллов в группе пожилых, и 22,5 баллов – в группе старых женщин. То есть, по нашим данным, в группе старых женщин MNA приближается к диапазону риска недостаточности питания, несмотря на антропометрические и биоимпедансометрические признаки ожирения. Возможной причиной такого ожирения, кроме СД2, является гиподинамия.

По нашим данным, доля скелетно-мышечной массы составляет $41,7 \pm 3,9\%$ в группе пожилых женщин, по сравнению с $39,6 \pm 2,6\%$ – в группе старых женщин. Эти параметры свидетельствуют о достаточной массе скелетной мускулатуры. Однако для постановки диагноза саркопении, требуется измерение мышечной силы и функции, и данных биоимпедансного анализа недостаточно для того чтобы подтвердить или отвергнуть саркопению.

Важным параметром биоимпедансного анализа является фазовый угол. По данным ряда авторов, отмечена ассоциация низких значений PhA с возрастом, полиморбидностью, старческой астенией, саркопенией [13, 14, 15, 16].

В нашем исследовании фазовый угол составил $5,40 \pm 0,62$ градусов в группе пожилых женщин, по сравнению с $5,02 \pm 0,55$ градусов в группе старых женщин ($p=0,001$). Выявлены статистически значимые корреляции PhA с рядом антропометрических, лабораторных параметров и композиционным составом тела. Так, положительные корреляции PhA с уровнем основного обмена веществ ($R = 0,484$; $p < 0,001$) и с уровнем удельного обмена веществ ($R = 0,596$; $p < 0,001$), выявленная в нашем исследовании, подтверждается данными литературы. Установлено, что фазовый угол ассоциирован с целостностью клеточных мембран организма, интенсивностью обмена веществ и метаболическим здоровьем организма в целом [15]. Таким образом, на фоне увеличения интенсивности основного и удельного обмена веществ наблюдается увеличение PhA.

В нашей работе выявлена отрицательная корреляционная связь PhA с возрастом пациентов ($R = -0,398$; $p = 0,001$), что говорит о ухудшении состояния клеточных мембран и метаболизма на фоне старения. Однако средние значения фазового угла даже в группе женщин старческого возраста составили $5,02 \pm 0,55$ градусов, что говорит о достаточных

компенсаторных возможностях организма обследованных пациентов даже на фоне имеющегося сахарного диабета 2 типа.

Нами выявлены отрицательные корреляции PhA с уровнем глюкозы крови ($R = -0,186$; $p = 0,044$), стажем сахарного диабета ($R = -0,182$; $p = 0,049$), максимальным уровнем глюкозы ($R = -0,211$; $p = 0,022$), колебаниями уровня глюкозы ($R = -0,268$; $p = 0,003$). Следовательно, гипергликемия, длительный стаж СД2 в анамнезе, высокий максимальный уровень и размах колебаний глюкозы в анамнезе являются неблагоприятными прогностическими признаками ухудшения метаболического здоровья.

Заключение. Биоимпедансный анализ состава тела является современным, точным и информативным методом, который может применяться у гериатрических пациентов с сахарным диабетом 2 типа. У женщин пожилого и старческого возраста выявлены признаки ожирения и снижения параметров массы скелетной мускулатуры на фоне старения в сочетании с сахарным диабетом 2 типа. Обнаружены статистически значимые корреляции биоимпедансного фазового угла с антропометрическими, клинико-лабораторными и параметрами состава тела.

Список литературы

1. Булгакова С.В., Четверикова И.С., Тренева Е.В., Курмаев Д.П. Старческая астения и сахарный диабет типа 2: два взаимосвязанных состояния? Клиническая геронтология. 2022;28(3-4):60-67. <https://doi.org/10.26347/1607-2499202203-04060-067>.
2. Saeedi P., Petersohn I., Salpea P. et al. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. Diabetes Res. Clin. Pract. 2019;157:107843. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2019.107843>.
3. Trierweiler H., Kisielwicz G., Hoffmann Jonasson T. et al. Sarcopenia: a chronic complication of type 2 diabetes mellitus. Diabetol. Metab. Syndr. 2018;10:25. <https://doi.org/10.1186/s13098-018-0326-5>.
4. Мисникова И.В., Ковалева Ю.А., Климина Н.А., Полякова Е.Ю. Оценка мышечной и жировой массы у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа по результатам двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии. Альманах клинической медицины. 2018;46(3):222-232. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2018-46-3-222-232>.

5. Wang Y., Rimm E.B., Stampfer M.J. et al. Comparison of abdominal adiposity and overall obesity in predicting risk of type 2 diabetes among men. *Am. J. Clin. Nutr.* 2005;81(3):555-563. <https://doi.org/10.1093/ajcn/81.3.555>.
6. Онучина Ю.С., Гурьева И.В. Взаимосвязь саркопении и сахарного диабета типа 2. *Эндокринология: новости, мнения, обучение.* 2018;7(4):32-41. <https://doi.org/10.24411/2304-9529-2018-14004>.
7. Ai Y., Xu R., Liu L. The prevalence and risk factors of sarcopenia in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Diabetol. Metab. Syndr.* 2021;13(1):93. <https://doi.org/10.1186/s13098-021-00707-7>.
8. Cruz-Jentoft A.J., Bahat G., Bauer J. et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2019;48(1):16-31. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>.
9. Cruz-Jentoft A.J., Landi F., Topinková E., Michel J.P. Understanding sarcopenia as a geriatric syndrome. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 2010;13(1):1-7. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e328333c1c1>.
10. Donini L.M., Busetto L., Bischoff S.C. et al. Definition and Diagnostic Criteria for Sarcopenic Obesity: ESPEN and EASO Consensus Statement. *Obes. Facts.* 2022;15(3):321-335. <https://doi.org/10.1159/000521241>.
11. Thomasset M.A. [Bioelectric properties of tissue. Impedance measurement in clinical medicine. Significance of curves obtained]. *Lyon Medical.* 1962;94:107-118. French.
12. Kim M., Shinkai S., Murayama H., Mori S. Comparison of segmental multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of body composition in a community-dwelling older population. *Geriatr. Gerontol. Int.* 2015;15(8):1013-1022. <https://doi.org/10.1111/ggi.12384>.
13. Yamada M., Kimura Y., Ishiyama D. et al. Phase Angle Is a Useful indicator for Muscle Function in Older Adults. *J. Nutr. Health Aging.* 2019;23(3):251-255. <https://doi.org/10.1007/s12603-018-1151-0>.
14. 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>.
15. Курмаев Д.П., Булгакова С.В., Захарова Н.О. Биоимпедансный фазовый угол как маркер саркопении у женщин старческого возраста с полиморбидной патологией. *Альманах клинической медицины.* 2021;49(4):245-253. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2021-49-026>.

16. Tanaka S., Ando K., Kobayashi K. et al. Low Bioelectrical Impedance Phase Angle Is a Significant Risk Factor for Frailty. *Biomed. Res. Int.* 2019;2019:6283153. <https://doi.org/10.1155/2019/6283153>.
17. Bianchi L., Volpato S. Muscle dysfunction in type 2 diabetes: a major threat to patient's mobility and independence. *Acta Diabetol.* 2016;53(6):879-889. <https://doi.org/10.1007/s00592-016-0880-y>.
18. Yoon J.W., Ha Y.C., Kim K.M. et al. Hyperglycemia is associated with impaired muscle quality in older men with diabetes: the Korean Longitudinal Study on Health and Aging. *Diabetes Metab. J.* 2016;40(2):140-146. <https://doi.org/10.4093/dmj.2016.40.2.140>.
19. Курмаев Д.П., Булгакова С.В., Захарова Н.О. Что первично: старческая астения или саркопения? (обзор литературы). *Успехи геронтологии.* 2021;34(6):848-856. <https://doi.org/10.34922/AE.2021.34.6.005>.
20. St-Onge M.P., Gallagher D. Body composition changes with aging: the cause or the result of alterations in metabolic rate and macronutrient oxidation? *Nutrition.* 2010;26(2):152-155. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2009.07.004>.
21. Leenders M., Verdijk L.B., van der Hoeven L. et al. Patients with type 2 diabetes show a greater decline in muscle mass, muscle strength, and functional capacity with aging. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 2013;14(8):585-592. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.02.006>.
22. Hamasaki H., Kawashima Y., Katsuyama H. et al. Association of handgrip strength with hospitalization, cardiovascular events, and mortality in Japanese patients with type 2 diabetes. *Sci. Rep.* 2017;7(1):7041. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07438-8>.
23. Pereira S., Marliss E.B., Morais J.A. et al. Insulin resistance of protein metabolism in type 2 diabetes. *Diabetes.* 2008;57(1):56-63. <https://doi.org/10.2337/db07-0887>.
24. Achamrah N., Colange G., Delay J. et al. Comparison of body composition assessment by DXA and BIA according to the body mass index: A retrospective study on 3655 measures. *PLoS One.* 2018;13(7):e0200465. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200465>.

References

1. Bulgakova S.V., Chetverikova I.S., Treneva E.V., Kurmaev D.P. Starcheskaya asteniya i sakharnyy diabet tipa 2: dva vzaimosvyazannykh sostoyaniya? [Senior asthenia and type 2 diabetes: two related conditions?]. *Klinicheskaya gerontologiya* [Clinical Gerontology]. 2022;28(3-4):60-67. (In Russian) <https://doi.org/10.26347/1607-2499202203-04060-067>.

2. Saeedi P., Petersohn I., Salpea P. et al. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Res. Clin. Pract.* 2019;157:107843. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2019.107843>.
3. Trierweiler H., Kisielwicz G., Hoffmann Jonasson T. et al. Sarcopenia: a chronic complication of type 2 diabetes mellitus. *Diabetol. Metab. Syndr.* 2018;10:25. <https://doi.org/10.1186/s13098-018-0326-5>.
4. Misnikova I.V., Kovaleva Yu.A., Klimina N.A., Polyakova E.Yu. Otsenka myshechnoy i zhirovoy massy u patsiyentov s sakharnym diabetom 2-go tipa po rezul'tatam dvukhenergeticheskoy rentgenovskoy absorbttsiometrii [Assessment of muscle and fat mass in type 2 diabetes mellitus patients by Dual-Energy X-ray Absorptiometry]. *Al'manakh klinicheskoy meditsiny* [Almanac of Clinical Medicine]. 2018;46(3):222-232. (In Russian) <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2018-46-3-222-232>.
5. Wang Y., Rimm E.B., Stampfer M.J. et al. Comparison of abdominal adiposity and overall obesity in predicting risk of type 2 diabetes among men. *Am. J. Clin. Nutr.* 2005;81(3):555-563. <https://doi.org/10.1093/ajcn/81.3.555>.
6. Onuchina Yu.S., Gurieva I.V. Vzaimosvyaz' sarkopenii i sakharnogo diabeta tipa 2 [Association of sarcopenia and type 2 diabetes mellitus]. *Endokrinologiya: novosti, mneniya, obucheniye* [Endocrinology. News. Opinions. Training]. 2018;7(4):32-41. (In Russian) <https://doi.org/10.24411/2304-9529-2018-14004>.
7. Ai Y., Xu R., Liu L. The prevalence and risk factors of sarcopenia in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Diabetol. Metab. Syndr.* 2021;13(1):93. <https://doi.org/10.1186/s13098-021-00707-7>.
8. Cruz-Jentoft A.J., Bahat G., Bauer J. et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2019;48(1):16-31. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>.
9. Cruz-Jentoft A.J., Landi F., Topinková E., Michel J.P. Understanding sarcopenia as a geriatric syndrome. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 2010;13(1):1-7. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e328333c1c1>.
10. Donini L.M., Busetto L., Bischoff S.C. et al. Definition and Diagnostic Criteria for Sarcopenic Obesity: ESPEN and EASO Consensus Statement. *Obes. Facts.* 2022;15(3):321-335. <https://doi.org/10.1159/000521241>.

11. Thomasset M.A. [Bioelectric properties of tissue. Impedance measurement in clinical medicine. Significance of curves obtained]. Lyon Medical. 1962;94:107-118. French.
12. Kim M., Shinkai S., Murayama H., Mori S. Comparison of segmental multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of body composition in a community-dwelling older population. Geriatr. Gerontol. Int. 2015;15(8):1013-1022. <https://doi.org/10.1111/ggi.12384>.
13. Yamada M., Kimura Y., Ishiyama D. et al. Phase Angle Is a Useful indicator for Muscle Function in Older Adults. J. Nutr. Health Aging. 2019;23(3):251-255. <https://doi.org/10.1007/s12603-018-1151-0>.
14. 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>.
15. Kurmaev D.P., Bulgakova S.V., Zakharova N.O. Bioimpedansnyy fazovyy ugol kak marker sarkopenii u zhenshchin starchykh s polimorbidnoy patologiyey [Bioimpedance phase angle as a marker of sarcopenia in elderly women with multiple comorbidities]. Al'manakh klinicheskoy meditsiny [Almanac of Clinical Medicine]. 2021;49(4):245-253. (In Russian) <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2021-49-026>.
16. Tanaka S., Ando K., Kobayashi K. et al. Low Bioelectrical Impedance Phase Angle Is a Significant Risk Factor for Frailty. Biomed. Res. Int. 2019;2019:6283153. <https://doi.org/10.1155/2019/6283153>.
17. Bianchi L., Volpato S. Muscle dysfunction in type 2 diabetes: a major threat to patient's mobility and independence. Acta Diabetol. 2016;53(6):879-889. <https://doi.org/10.1007/s00592-016-0880-y>.
18. Yoon J.W., Ha Y.C., Kim K.M. et al. Hyperglycemia is associated with impaired muscle quality in older men with diabetes: the Korean Longitudinal Study on Health and Aging. Diabetes Metab. J. 2016;40(2):140-146. <https://doi.org/10.4093/dmj.2016.40.2.140>.
19. Kurmaev D.P., Bulgakova S.V., Zakharova N.O. Chto pervichno: starcheskaya asteniya ili sarkopeniya? (obzor literatury) [What Is Primary: Frailty Or Sarcopenia? (Literature Review)]. Uspekhi gerontologii [Advances in Gerontology]. 2021;34(6):848-856. (In Russian) <https://doi.org/10.34922/AE.2021.34.6.005>.

20. St-Onge M.P., Gallagher D. Body composition changes with aging: the cause or the result of alterations in metabolic rate and macronutrient oxidation? *Nutrition*. 2010;26(2):152-155. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2009.07.004>.
21. Leenders M., Verdijk L.B., van der Hoeven L. et al. Patients with type 2 diabetes show a greater decline in muscle mass, muscle strength, and functional capacity with aging. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 2013;14(8):585-592. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.02.006>.
22. Hamasaki H., Kawashima Y., Katsuyama H. et al. Association of handgrip strength with hospitalization, cardiovascular events, and mortality in Japanese patients with type 2 diabetes. *Sci. Rep.* 2017;7(1):7041. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07438-8>.
23. Pereira S., Marliss E.B., Morais J.A. et al. Insulin resistance of protein metabolism in type 2 diabetes. *Diabetes*. 2008;57(1):56-63. <https://doi.org/10.2337/db07-0887>.
24. Achamrah N., Colange G., Delay J. et al. Comparison of body composition assessment by DXA and BIA according to the body mass index: A retrospective study on 3655 measures. *PLoS One*. 2018;13(7):e0200465. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200465>.

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 – ассистент кафедры эндокринологии и гериатрии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; E-mail: geriatry@mail.ru; ORCID: 0000-0003-4114-5233; SPIN: 2179-5831.

Булгакова Светлана Викторовна – д.м.н., доцент, заведующий кафедрой эндокринологии и гериатрии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; E-mail: osteoporosis63@gmail.com; ORCID: 0000-0003-0027-1786; SPIN: 9908-6292.

Тренева Екатерина Вячеславовна – к.м.н., доцент кафедры эндокринологии и гериатрии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; E-mail: eka1006@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-0097-7252; SPIN: 3522-7865.

Четверикова Ирина Сергеевна – аспирант кафедры эндокринологии и гериатрии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; E-mail: chetverikova_irina@list.ru; ORCID: 0000-0001-7519-7360; SPIN: 8137-5494.

Косарева Ольга Владиславовна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры эндокринологии и гериатрии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; E-mail: o.v.kosareva@samsmu.ru; ORCID: 0000-0002-5754-1057; SPIN: 4696-4149.

Шаронова Людмила Александровна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры эндокринологии и гериатрии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; E-mail: l.a.sharanova@samsmu.ru; ORCID: 0000-0001-8827-4919; SPIN: 9055-3594.

Долгих Юлия Александровна – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры эндокринологии и гериатрии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; E-mail: yu.a.dolgikh@samsmu.ru; ORCID: 0000-0001-6678-6411; SPIN: 3266-3933.

Мусиенко Сергей Константинович – врач - гериатр, заместитель главного врача по медицинской части государственного бюджетного учреждения здравоохранения Калининградской области «Городская больница №2», 236034, Россия, г. Калининград, ул. Дзержинского, 147, e-mail: musiyenkosk@gmail.com, ORCID 0000-0002-3553-362X

Information about authors

Dmitry P. Kurmaev – assistant of Department of endocrinology and geriatrics of «Samara state medical university» of the Russian Ministry of Health; 443099, Samara, Chapaevskaya st., 89; E-mail: 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 of «Samara state medical university» of the Russian Ministry of Health; 443099, Samara, Chapaevskaya st., 89; E-mail: osteoporosis63@gmail.com; ORCID: 0000-0003-0027-1786; SPIN: 9908-6292.

Ekaterina V. Treneva – MD, Ph.D. (Medicine), assistant of professor of Department of endocrinology and geriatrics of «Samara state medical university» of the Russian Ministry of Health; 443099, Samara, Chapaevskaya st., 89; E-mail: eka1006@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-0097-7252; SPIN: 3522-7865.

Irina S. Chetverikova – Postgraduate, Department of endocrinology and geriatrics of «Samara state medical university» of the Russian Ministry of Health, 443099, Samara, Chapaevskaya st., 89; E-mail: chetverikova_irina@list.ru; ORCID: 0000-0001-7519-7360; SPIN: 8137-5494.

Olga V. Kosareva – PhD (Medicine), assistant of professor of department of endocrinology and geriatrics of «Samara state medical university» of the Russian Ministry of Health; 443099, Samara, Chapaevskaya st., 89; E-mail: o.v.kosareva@samsmu.ru; ORCID: 0000-0002-5754-1057; SPIN: 4696-4149.

Lyudmila A. Sharonova – PhD (Medicine), assistant of professor of department of endocrinology and geriatrics of «Samara state medical university» of the Russian Ministry of Health; 443099, Samara, Chapaevskaya st., 89; E-mail: l.a.sharanova@samsmu.ru; ORCID: 0000-0001-8827-4919; SPIN: 9055-3594.

Yuliya A. Dolgikh – PhD (Medicine), assistant of department of endocrinology and geriatrics of «Samara state medical university» of the Russian Ministry of Health; 443099, Samara, Chapaevskaya st., 89; E-mail: yu.a.dolgikh@samsmu.ru; ORCID: 0000-0001-6678-6411; SPIN: 3266-3933.

Musienko Sergey Konstantinovich – geriatrician, deputy chief physician for the medical part of the state budgetary healthcare institution of the Kaliningrad region «City Hospital No. 2», 236034, Russia, Kaliningrad, st. Dzerzhinsky, 147, e-mail: musiyenkosk@gmail.com, ORCID 0000-0002-3553-362X

Статья получена: 01.09.2022 г.
Принята к публикации: 29.12.2022 г.