

УДК 616.74-007.23:616.379-008.64-053

DOI: 10.55531/2072-2354.2023.23.2.66-73

САРКОПЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА: ФАКТОРЫ РИСКА

С.В. Булгакова, Д.П. Курмаев, Е.В. Тренева, Л.А. Шаронова, Ю.А. Долгих, О.В. Косарева, И.В. Макаров

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России (Самара, Россия)

Для цитирования: Булгакова С.В., Курмаев Д.П., Тренева Е.В., Шаронова Л.А., Долгих Ю.А., Косарева О.В., Макаров И.В. Саркопения у пациентов пожилого возраста с сахарным диабетом 2 типа: факторы риска. *Аспирантский вестник Поволжья*. 2023;23(2):66-73. doi: 10.55531/2072-2354.2023.23.2.66-73

■ Сведения об авторах

Булгакова С.В. – д-р мед. наук, доцент, заведующая кафедрой эндокринологии и гериатрии. ORCID: 0000-0003-0027-1786

E-mail: s.v.bulgakova@samsmu.ru

Курмаев Д.П. – канд. мед. наук, ассистент кафедры эндокринологии и гериатрии. ORCID: 0000-0003-4114-5233

E-mail: d.p.kurmaev@samsmu.ru

Тренева Е.В. – канд. мед. наук, доцент кафедры эндокринологии и гериатрии. ORCID: 0000-0003-0097-7252

E-mail: e.v.trenea@samsmu.ru

Шаронова Л.А. – канд. мед. наук, доцент кафедры эндокринологии и гериатрии. ORCID: 0000-0001-8827-4919

E-mail: l.a.sharounova@samsmu.ru

Долгих Ю.А. – канд. мед. наук, ассистент кафедры эндокринологии и гериатрии. ORCID: 0000-0001-6678-6411

E-mail: yu.a.dolgikh@samsmu.ru

Косарева О.В. – канд. мед. наук, доцент кафедры эндокринологии и гериатрии. ORCID: 0000-0002-5754-1057

E-mail: o.v.kosareva@samsmu.ru

Макаров И.В. – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой хирургии Института педиатрии. ORCID: 0000-0002-1068-3330

E-mail: i.v.makarov@samsmu.ru

Рукопись получена: 27.03.2023

Рецензия получена: 03.05.2023

Решение о публикации: 04.05.2023

■ Аннотация

Цель – определение факторов риска саркопении у пациентов пожилого возраста с сахарным диабетом 2 типа (СД2).

Материал и методы. В исследование вошло 395 пациентов пожилого возраста (средний возраст $65,1 \pm 2,7$ года) с СД2. В группу вероятной саркопении ($n = 185$) вошли участники с низкой мышечной силой, в контрольную группу ($n = 210$) – без саркопении. Всем участникам определяли антропометрические показатели, глюкозу крови натощак, гликированный гемоглобин (HbA1c), альбумин, креатинин, композиционный состав тела, силу хвата кисти. По дневнику питания рассчитывались общий суточный калораж, количество углеводов, белков и жиров, съеденных в день, а также доля калорий, обеспечиваемых этими макронутриентами.

Результаты. По сравнению с контрольной группой пациенты мужского и женского пола с вероятной саркопенией были старше ($p < 0,001$), имели более низкое соотношение талии и бедер ($p = 0,038$ и $p = 0,018$ соответственно) и ИМТ ($p = 0,001$ и $p < 0,001$ соответственно), рСКФ ($p = 0,030$ и $p = 0,018$ соответственно), содержание минералов в костях ($p < 0,001$), скорость основного обмена ($p = 0,016$ и $p < 0,001$ соответственно), аппендикулярную скелетную мышечную массу ($p = 0,043$ и $p < 0,001$ соответственно), индекс аппендикулярной скелетно-мышечной массы ($p = 0,002$ и $p < 0,001$ соответственно) и качество мышц ($p < 0,001$), высокие глюкозу плазмы натощак ($p = 0,017$ и $p = 0,007$ соответственно) и HbA1c ($p < 0,001$ и $p = 0,004$ соответственно). У мужчин с вероятной саркопенией процент калорий, обеспечиваемый углеводами, был ниже ($p = 0,041$), в то время как процент калорий, обеспечиваемый жирами ($p = 0,012$), был выше, чем в контрольной группе.

Выводы. Многомерный логистический регрессионный анализ показал, что возраст (ОШ = 1,517, 95% ДИ: 1,127-2,043, $p = 0,006$), мужской пол (ОШ = 0,196, 95% ДИ: 0,142-0,271, $p < 0,001$), ИМТ ≥ 28 кг/м² (ОШ = 0,683, 95% ДИ: 0,467-0,998, $p = 0,049$), уровень HbA1c $\geq 10\%$ (ОШ = 1,396, 95% ДИ: 1,018-1,915, $p = 0,038$), диабетическая нефропатия (ОШ = 1,439, 95% ДИ: 1,033-2,006, $p = 0,031$) и снижение уровня сывороточного альбумина (ОШ = 0,917, 95% ДИ: 0,883-0,953, $p < 0,001$) были факторами риска, связанными с низкой мышечной силой у пациентов с СД 2 типа.

■ **Ключевые слова:** сахарный диабет 2 типа, биоимпедансный анализ, композиционный состав тела, саркопения, мышечная сила, мышечная масса, факторы риска.

■ **Конфликт интересов:** не заявлен.

■ Список сокращений

СД2 – сахарный диабет 2 типа; рСКФ – расчетная скорость клубочковой фильтрации; АлАТ – аланинаминотрансфераза; АсАТ – аспаратаминотрансфераза; ИМТ – индекс массы тела, ОТ – окружность талии; ОБ – окружность бедер; ЖМ – жировая масса; АСММ – аппендикулярная скелетно-мышечная масса; ИАСММ – индекс аппендикулярной скелетно-мышечной массы; ОШ – отношение шансов; ДИ – доверительный интервал.

SARCOPENIA IN ELDERLY PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES: RISK FACTORS

**Svetlana V. Bulgakova, Dmitrii P. Kurmaev, Ekaterina V. Treneva,
Lyudmila A. Sharonova, Yuliya A. Dolgikh, Olga V. Kosareva, Igor V. Makarov**

Samara State Medical University (Samara, Russia)

Citation: Bulgakova SV, Kurmaev DP, Treneva EV, Sharonova LA, Dolgikh YuA, Kosareva OV, Makarov IV. Sarcopenia in elderly patients with type 2 diabetes: Risk factors. *Aspirantskiy vestnik Povolzh'ya*. 2023;23(2):66-73. doi: 10.55531/2072-2354.2023.23.2.66-73

■ Information about authors

Svetlana V. Bulgakova – PhD, Associate professor, Head of the Department of endocrinology and geriatrics.

ORCID: 0000-0003-0027-1786 E-mail: s.v.bulgakova@samsmu.ru

Dmitrii P. Kurmaev – PhD, assistant of the Department of endocrinology and geriatrics. ORCID: 0000-0003-4114-5233

E-mail: d.p.kurmaev@samsmu.ru

Ekaterina V. Treneva – PhD, Associate professor, Department of endocrinology and geriatrics. ORCID: 0000-0003-0097-7252

E-mail: e.v.treneva@samsmu.ru

Lyudmila A. Sharonova – PhD, Associate professor, Department of endocrinology and geriatrics. ORCID: 0000-0001-8827-4919

E-mail: l.a.sharonova@samsmu.ru

Yuliya A. Dolgikh – PhD, assistant of the Department of endocrinology and geriatrics. ORCID: 0000-0001-6678-6411

E-mail: yu.a.dolgikh@samsmu.ru

Olga V. Kosareva – PhD, Associate professor, Department of endocrinology and geriatrics. ORCID: 0000-0002-5754-1057

E-mail: o.v.kosareva@samsmu.ru

Igor V. Makarov – PhD, Professor, Head of the Department of surgery of the Institute of Pediatrics.

ORCID: 0000-0002-1068-3330 E-mail: i.v.makarov@samsmu.ru

Received: 27.03.2023

Revision Received: 03.05.2023

Accepted: 04.05.2023

■ Abstract

Aim – to determine the risk factors for sarcopenia in elderly patients with type 2 diabetes (T2DM).

Material and methods. The study included 395 elderly patients with T2DM (mean age 65.1 ± 2.7 years). The probable sarcopenia group ($n = 185$) included participants with low muscle strength, the control group ($n = 210$) included participants without sarcopenia. In all participants we registered the anthropometric indicators; fasting blood glucose; glycated hemoglobin (HbA1c); albumen; creatinine; body composition; handgrip strength. The food diary was used to calculate total daily calories, the amount of carbohydrates, proteins and fats eaten per day, as well as the proportion of calories provided by these macronutrients.

Results. Compared with the controls, the male and female patients with probable sarcopenia were older ($p < 0.001$) and had lower waist-to-hip ratio ($p = 0.038$ and $p = 0.018$, respectively) and BMI ($p = 0.001$ and $p < 0.001$ respectively), eGFR ($p = 0.030$ and $p = 0.018$, respectively), bone mineral content ($p < 0.001$), basal metabolic rate ($p = 0.016$ and $p < 0.001$, respectively), appendicular skeletal muscle mass ($p = 0.043$ and $p < 0.001$, respectively), appendicular musculoskeletal mass index ($p = 0.002$ and $p < 0.001$, respectively) and muscle quality ($p < 0.001$), high fasting plasma glucose ($p = 0.017$ and $p = 0.007$, respectively) and HbA1c ($p < 0.001$ and $p = 0.004$, respectively). In men with probable sarcopenia, the percentage of calories provided by carbohydrates was lower ($p = 0.041$), while the percentage provided by fats ($p = 0.012$) was higher than in the control group.

Conclusion. The multivariate logistic regression analysis showed that age (OR = 1.517, 95% CI: 1.127-2.043, $p = 0.006$), male sex (OR = 0.196, 95% CI: 0.142-0.271, $p < 0.001$), BMI ≥ 28 kg/m² (OR = 0.683, 95% CI: 0.467-0.998, $p = 0.049$), HbA1c level $\geq 10\%$ (OR = 1.396, 95% CI: 1.018-1.915, $p = 0.038$), diabetic nephropathy (OR = 1.439, 95% CI: 1.033-2.006, $p = 0.031$) and decreased serum albumin (OR = 0.917, 95% CI: 0.883-0.953, $p < 0.001$) were risk factors associated with low muscle strength in patients with type 2 diabetes type.

■ **Keywords:** type 2 diabetes mellitus, bioimpedance analysis, body composition, sarcopenia, muscle strength, muscle mass, risk factors.

■ **Conflict of interest:** nothing to disclose.

ВВЕДЕНИЕ

Саркопения является прогрессирующим, генерализованным, возраст-ассоциированным заболеванием скелетных мышц, которое связано с повышенной вероятностью неблагоприятных исходов, включая падения, переломы, инвалидность и летальный исход. Развитие этой патологии предотвратимо при диагностике и лечении на ранней стадии [1]. Первоначально саркопения была определена как уменьшение мышечной массы, связанное со старением. Однако исследования последних десятилетий показали, что снижение мышечной силы было более важным, чем снижение мышечной массы, [2] в прогнозировании заболеваемости и смертности. Это привело к обновлению определения саркопении и диагностических стратегий Европейской рабочей группой по саркопении у пожилых людей (EWGSOP2) в 2018 году [3]. В настоящее время саркопения определяется

как заболевание скелетных мышц, при котором низкая мышечная сила опережает роль низкой мышечной массы в качестве основного негативного определяющего фактора [2]. В частности, при обнаружении низкой мышечной силы саркопения считается вероятной, а подтвержденная саркопения диагностируется по дополнительному наличию низкой массы мышц. Этиология саркопении признана многофакторной, доказана ее связь с полиморбидностью. Известно, что сахарный диабет 2 типа (СД2), распространенное метаболическое заболевание в мировой популяции, приводит к более быстрому снижению мышечной массы, силы и функциональной способности. Считается, что СД2 является важным прогностическим фактором развития саркопении, а наличие саркопении при СД2 представляет повышенный риск возникновения синдрома старческой астении, инвалидности, зависимости от посторонней помощи [4].

В настоящее время изучению метаболических характеристик пациентов с саркопенией и СД2 посвящено множество исследований, но полученные результаты противоречивы.

ЦЕЛЬ

Определение факторов риска саркопении у пожилых пациентов с СД2.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование было включено 395 пожилых пациентов (средний возраст $65,1 \pm 2,7$ года) с СД2, давших добровольное письменное информированное согласие на участие. *Критерии исключения:* тяжелые заболевания печени (цирроз печени или активность аланинаминотрансферазы (АлАТ), аспартатаминотрансферазы в сыворотке крови (АсАТ) более 120 ЕД/л); заболевание почек с расчетной скоростью клубочковой фильтрации (рСКФ) < 60 мл/мин/1,73м²; острые инфекционные и соматические заболевания; когнитивные нарушения, препятствующие участию в исследовании; имплантация металлического стента или кардиостимулятора; оперативное вмешательство, направленное на снижение веса. Согласно рекомендациям EWGSOP2 [3], низкая мышечная сила была идентифицирована как вероятная саркопения. Все участники исследования, стратифицированные по полу, были разделены на две группы: группа вероятной саркопении (с низкой мышечной силой) и контрольная группа (без саркопении, с нормальными мышечной силой, массой и функцией).

Со всеми участниками исследования проводился опрос для сбора жалоб, анамнеза, информации о вредных привычках (курение, употребление алкоголя), анализ пищевого дневника (количество употребляемых в день углеводов, жиров, белка, калорий), антропометрические измерения (рост, вес, индекс массы тела (ИМТ, кг/м²), окружность талии (ОТ), окружность бедер (ОБ), отношение ОТ/ОБ). По ИМТ, согласно критериям Всемирной организации здравоохранения [5], участники были распределены на следующие группы: нормальный вес (ИМТ < 25 кг/м²), избыточный вес ($25 \text{ кг/м}^2 < \text{ИМТ} < 30 \text{ кг/м}^2$) и ожирение (ИМТ $\geq 30 \text{ кг/м}^2$). Композиционный состав тела исследовали с помощью биоимпедансного анализа на аппарате ABC-02 («Медасс», Россия). Определяли следующие параметры: доля жировой массы (% ЖМ), аппендикулярная скелетно-мышечная масса (АСММ), индекс аппендикулярной скелетно-мышечной массы (ИАСММ). Диагностическим критерием низкой мышечной массы принимали снижение ИАСММ менее 7,0 кг/м² у мужчин и менее 5,5 кг/м² у женщин [3]. Силу хвата кисти измеряли с помощью цифрового кистевого динамометра («Мегеон-34090», Россия). Согласно рекомендациям EWGSOP2, критической точкой низкой силы хвата кисти были 27 кг для мужчин и 16 кг для женщин. Качество мышц [6] определяли по соотношению

мышечной силы к массе аппендикулярных скелетных мышц.

Всем участникам определяли общий анализ крови с помощью гематологического анализатора (SYSMEX XN-20 AI, США). Альбумин и креатинин сыворотки, уровень глюкозы в плазме натощак измеряли с помощью автоматического биохимического анализатора (Beckman Coulter AU5400, США). Гликированный гемоглобин (HbA1c) определяли с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (аппарат Premier HB9210, Trinity Biotech, Канзас, США). Скорость клубочковой фильтрации оценивали по уравнению Кокрофта – Голта: $\text{рСКФ} = [(140 - \text{возраст}) \times \text{масса тела (кг)}] / [0,818 \times \text{креатинин (мкмоль/л)}] (*0,85 \text{ у женщин})$.

Все участники вели дневник питания в течение трех дней подряд, включая два рабочих дня и один выходной день. Регистрировался вес каждого вида пищи, съеденной в течение трех дней, затем рассчитывался общий калораж, количество углеводов, белков и жиров, съеденных в день, а также доля калорий, обеспечиваемых этими макронутриентами. Общий калораж корректировался по массе тела, которая рассчитывалась делением общей ежедневной энергии (ккал) на идеальную массу тела (килограмм). Идеальная масса тела рассчитывалась путем вычитания 100 из роста в сантиметрах [7].

Статистический анализ был выполнен с использованием программы SPSS 21.0. Все переменные были проверены на нормальное распределение. Нормально распределенные непрерывные данные представлены как среднее значение \pm стандартное отклонение ($M \pm SD$), а категориальные переменные представлены как абсолютные значения и проценты (%). Т-тест для независимых выборок использовался для сравнения средних значений двух групп, а критерий хи-квадрат использовался для сравнения процентного соотношения. Данные с асимметричным распределением были представлены в виде медианы и квартилей (Me [LQ; HQ]) и сравнены с помощью теста Краскела – Уоллиса. Многомерный логистический регрессионный анализ с использованием пошагового исключения переменных применялся для оценки факторов риска низкой мышечной силы. В многомерный логистический регрессионный анализ были включены следующие переменные: возраст, пол, ИМТ, продолжительность диабета, гликированный гемоглобин, режим лечения, потребление питательных веществ в день, употребление алкоголя в настоящее время и курение в настоящее время. Значение $p < 0,05$ считалось статистически значимым.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исходные характеристики участников исследования представлены в **таблице 1**. По сравнению с контрольной группой пациенты мужского и женского пола с вероятной саркопенией были старше ($p < 0,001$), имели более низкое соотношение талии

Таблица 1 / Table 1

Характеристика участников исследования в группе вероятной саркопении и контрольной группе, стратифицированных по полу

Characteristics of the study participants in the probable sarcopenia group and the control group, stratified by gender

Показатели	Мужчины			Женщины		
	Контрольная группа (n=91)	Группа вероятной саркопении (n=95)	p	Контрольная группа (n=119)	Группа вероятной саркопении (n=90)	p
Возраст (M ± SD), лет	63,3 ± 2,4	66,6 ± 3,3	<0,001	63,1 ± 2,2	66,9 ± 3,1	<0,001
ИМТ (M ± SD), кг/м ²	27,2 ± 3,4	25,3 ± 3,2	0,001	27,0 ± 3,2	25,3 ± 3,5	0,003
< 25 кг/м ²	37 (40,9%)	48 (50,8%)	0,177	49 (41,3%)	40 (44,5%)	0,644
25-30 кг/м ²	42 (46,4%)	40 (41,7%)	0,520	58 (48,7%)	40 (44,5%)	0,548
≥ 30 кг/м ²	12 (12,7%)	7 (7,5%)	0,239	12 (10%)	10 (11%)	0,815
ОТ/ОБ (M ± SD)	0,93 ± 0,06	0,91 ± 0,07	0,038	0,93 ± 0,06	0,91 ± 0,06	0,018
Длительность диабета (Me [LQ; HQ]), лет	10,0 [5,1; 15,4]	10,6 [5,5; 17,8]	0,064	10,2 [5,2; 15,2]	11,2 [6,0; 15,7]	0,085
Курение, n (%)	34 (37,2%)	32 (34,2%)	0,670	3 (2,5%)	4 (4,4%)	0,510
Употребление алкоголя, n (%)	51 (56%)	38 (40,4%)	0,030	9 (7,6%)	3 (3,3%)	0,234
Артериальная гипертензия, n (%)	54 (59,5%)	61 (63,7%)	0,557	65 (54,6%)	55 (61,1%)	0,394
Ишемическая болезнь сердца, n (%)	15 (16,8%)	19 (19,7%)	0,61	18 (15,1%)	24 (26,7%)	0,042
Периферическая нейропатия, n (%)	33 (36,8%)	50 (52,2%)	0,035	49 (41,2%)	37 (41,1%)	0,930
Диабетическая нефропатия, n (%)	27 (30,0%)	43 (45,4%)	0,031	37 (31,1%)	28 (31,1%)	0,988
Пероральные гипогликемические средства, n (%)	73 (79,8%)	63 (66,0%)	0,035	90 (75,6%)	75 (83,3%)	0,186
Инсулиноterapia, n (%)	32 (35,7%)	49 (51,2%)	0,034	164 (38,2%)	40 (36,4%)	0,719

и бедер ($p=0,038$ и $p=0,018$ соответственно) и ИМТ ($p=0,001$ и $p<0,001$ соответственно). В группе вероятной саркопении было больше мужчин, получавших инсулинотерапию ($p=0,034$), имевших в осложнениях диабетическую периферическую нейропатию ($p=0,035$) и диабетическую нефропатию ($p=0,031$), меньше участников мужского пола, получавших пероральные гипогликемические средства ($p=0,035$) по сравнению с контрольной, однако в женской подгруппе таких различий не наблюдалось.

В таблице 2 представлены лабораторные данные обеих групп, стратифицированных по полу. Уровень глюкозы в плазме натощак у мужчин и женщин ($p=0,017$ и $p=0,007$ соответственно) и HbA1c

($p<0,001$ и $p=0,004$ соответственно) были значительно выше в группе с вероятной саркопенией, чем в контрольной. У мужчин с вероятной саркопенией количество эритроцитов ($p<0,001$), уровень гемоглобина ($p<0,001$), гематокрита ($p<0,001$) и сывороточного альбумина ($p<0,001$) были достоверно ниже, тогда как уровень сывороточного креатинина был выше у женщин ($p=0,047$), чем в контрольной группе. pСКФ значительно снизилась как у мужчин, так и у женщин в группе с вероятной саркопенией ($p=0,030$ и $p=0,018$ соответственно) по сравнению с контрольной группой.

Потребление трех основных питательных веществ (белков, жиров и углеводов) в день у пациентов

Таблица 2 / Table 2

Лабораторные показатели в группе вероятной саркопении и в контрольной группе, стратифицированных по полу
Laboratory parameters in the probable sarcopenia group and the control group, stratified by gender

	Мужчины			Женщины		
	Контрольная группа (n=91)	Группа вероятной саркопении (n=95)	p	Контрольная группа (n=119)	Группа вероятной саркопении (n=90)	p
Глюкоза плазмы натощак (M ± SD), ммоль/л	7,6 ± 2,4	8,5 ± 2,7	0,017	7,7 ± 2,7	8,8 ± 3,1	0,007
HbA1c (M ± SD), %	6,9 ± 1,5	7,8 ± 1,7	<0,001	7,4 ± 1,9	8,2 ± 2,0	0,004
Эритроциты (M ± SD), 10 ¹² /л	4,8 ± 0,4	4,5 ± 0,5	<0,001	4,4 ± 0,4	4,3 ± 0,4	0,075
Гемоглобин (M ± SD), г/л	147,7 ± 13,8	138,7 ± 14,1	<0,001	130,8 ± 12,7	130,7 ± 12,4	0,955
Гематокрит (M ± SD), %	43,1 ± 4,7	40,3 ± 4,2	<0,001	38,9 ± 3,7	38,9 ± 3,8	1,000
Альбумин (M ± SD), г/л	43,9 ± 4,2	41,0 ± 3,3	<0,001	42,9 ± 3,9	43,1 ± 3,6	0,705
Креатинин (M ± SD), мкмоль/л	71,4 ± 13,1	71,1 ± 18,6	0,899	55,6 ± 13,4	59,7 ± 16,2	0,047
pСКФ (M ± SD), мл/мин	110,6 ± 30,1	100,8 ± 31,1	0,030	101,7 ± 28,1	89,1 ± 29,1	0,018

Таблица 3 / Table 3

Суточный калораж, потребление белков, жиров, углеводов участниками исследования
Daily calorie intake, consumption of proteins, fats, carbohydrates by study participants

	Мужчины			Женщины		
	Контрольная группа (n=91)	Группа вероятной саркопении (n=95)	p	Контрольная группа (n=119)	Группа вероятной саркопении (n=90)	p
Всего калорий (M ± SD), ккал/день	1916,6 ± 478,1	1965,1 ± 513,7	0,506	1618,6 ± 361,2	1513,4 ± 348,1	0,035
Общее количество калорий с поправкой на массу тела в день (M ± SD), ккал/кг/день	29,1 ± 7,4	32,3 ± 8,1	0,006	29,9 ± 7,1	29,5 ± 7,2	0,689
Потребление белка с поправкой на массу тела (M ± SD), г/кг/день	1,15 ± 0,37	1,14 ± 0,34	0,848	1,12 ± 0,33	1,10 ± 0,34	0,669
Калории по углеводам (M ± SD), %	55,4 ± 8,5	53,0 ± 7,4	0,041	54,1 ± 6,9	53,6 ± 8,8	0,646
Калории по белку (M ± SD), %	16,1 ± 4,2	15,7 ± 3,4	0,475	15,0 ± 3,0	16,0 ± 6,7	0,149
Калории по жиру (M ± SD), %	28,7 ± 7,6	31,4 ± 6,9	0,012	31,1 ± 6,1	31,3 ± 7,2	0,824

с вероятной саркопенией и контрольной групп, стратифицированных по полу, представлены в **таблице 3**. У всех участников с СД2 среднее общее потребление калорий в день составило $29,8 \pm 7,4$ ккал/кг/сут, потребление белка с пищей – $1,13 \pm 0,34$ г/кг/сут, а процент калорий, обеспечиваемый углеводами, белками и жирами, составил $53,8 \pm 7,7\%$, $15,6 \pm 3,9\%$ и $30,8 \pm 6,9\%$ соответственно. У мужчин с вероятной саркопенией процент калорий, обеспечиваемый углеводами, был ниже ($p=0,041$), в то время как процент калорий, обеспечиваемый жирами ($p=0,012$), выше, чем в контрольной группе. В общей калорийности и употреблении белка с поправкой на массу тела между группой с вероятной саркопенией и контрольной группой никакой разницы не было.

Анализ состава тела в группе вероятной саркопении и контрольной группах, стратифицированных по полу, представлен в **таблице 4**. У мужчин и женщин с вероятной саркопенией по сравнению с контрольной группой отмечены значительно более низкие содержание минералов в костях ($p<0,001$), скорость основного обмена ($p=0,016$ и $p<0,001$ соответственно), аппендикулярная скелетная мышечная масса ($p=0,043$ и $p<0,001$ соответственно), индекс аппендикулярной скелетно-мышечной массы ($p=0,002$ и $p<0,001$ соответственно) и качество мышц

($p<0,001$). При этом различий между группами в доле жировой массы в организме не обнаружено.

Многомерный логистический регрессионный анализ показал, что возраст (ОШ = 1,517, 95% ДИ: 1,127-2,043, $p=0,006$), мужской пол (ОШ = 0,196, 95% ДИ: 0,142-0,271, $p<0,001$), ИМТ ≥ 28 кг/м² (ОШ = 0,683, 95% ДИ: 0,467-0,998, $p=0,049$), уровень HbA1c ≥ 10 (ОШ = 1,396, 95% ДИ: 1,018-1,915, $p=0,038$), диабетическая нефропатия (ОШ = 1,439, 95% ДИ: 1,033-2,006, $p=0,031$) и снижение уровня сывороточного альбумина (ОШ = 0,917, 95% ДИ: 0,883-0,953, $p<0,001$) были факторами риска, связанными с низкой мышечной силой у пациентов с СД2 (**таблица 5**).

ОБСУЖДЕНИЕ

Настоящее исследование показало, что мужчины и женщины с СД2 и вероятной саркопенией были намного старше ($p<0,001$), имели более низкий ИМТ ($p=0,001$ и $p<0,001$ соответственно) и высокие глюкозу плазмы натощак ($p=0,017$ и $p=0,007$ соответственно) и HbA1c ($p<0,001$ и $p=0,004$ соответственно), чем пациенты без саркопении. Кроме того, пациенты с СД2 и вероятной саркопенией имели более низкую АСММ ($p=0,006$ и $p<0,001$ соответственно) и ИАСММ ($p=0,007$ и $p<0,001$ соответственно) с более высокой распространенностью низкой мышечной

Таблица 4 / Table 4

Состав тела в группе саркопении и в контрольной группе, стратифицированных по полу
Body composition in the probable sarcopenia group and the control group, stratified by gender

Показатель	Мужчины			Женщины		
	Контрольная группа (n=91)	Группа вероятной саркопении (n=95)	p	Контрольная группа (n=119)	Группа вероятной саркопении (n=90)	p
Доля жировой массы (M ± SD), %	27,0 ± 5,7	26,6 ± 6,6	0,659	35,2 ± 5,7	36,0 ± 6,1	0,331
Содержание минералов в костях (M ± SD), кг	3,9 ± 0,4	3,0 ± 0,4	<0,001	2,5 ± 0,3	2,3 ± 0,3	<0,001
Скорость основного обмена (M ± SD), ккал/день	1569,5 ± 133,1	1518,3 ± 153,1	0,016	1287,7 ± 112,4	1230,1 ± 102,3	<0,001
АСММ (M ± SD), кг	24,6 ± 2,9	23,7 ± 3,1	0,043	19,1 ± 2,5	17,9 ± 2,1	<0,001
ИАСММ (M ± SD), кг/м ²	8,0 ± 0,7	7,7 ± 0,6	0,002	6,9 ± 0,6	6,3 ± 0,7	<0,001
Качество мышц (M ± SD)	12,0 ± 2,6	9,5 ± 2,1	<0,001	12,5 ± 2,4	9,1 ± 1,6	<0,001

Таблица 5 / Table 5

Факторы риска саркопении у пожилых больных СД2, оцененные с помощью многомерного логистического регрессионного анализа
Risk factors for sarcopenia in elderly patients with T2DM assessed by multivariate logistic regression analysis

Показатель	β	SE	Критерий Wald χ^2	P	ОШ (95% ДИ)
Мужской пол	-1,63	0,165	97,886	<0,001	0,196 (0,142-0,271)
Возраст (лет)	0,417	0,152	7,531	0,006	1,517 (1,127-2,043)
ИМТ (кг/м ²)					
<24 кг/м ²	-	-	-	-	1
24-28 кг/м ²	-0,185	0,165	1,261	0,261	0,831 (0,601-1,148)
≥28 кг/м ²	-0,382	0,194	3,875	0,049	0,683 (0,467-0,998)
HbA1c (%)					
<7%					1
7-10%	0,084	0,244	0,12	0,729	1,088 (0,675-1,755)
≥10%	0,334	0,161	4,292	0,038	1,396 (1,018-1,915)
Диабетическая нефропатия	0,364	0,169	4,628	0,031	1,439 (1,033-2,006)
Альбумин	-0,087	0,019	19,87	<0,001	0,917 (0,883-0,953)

массы ($p=0,012$ и $p=0,007$ соответственно) как у мужчин, так и у женщин. Известно, что пациенты с СД2 подвержены высокому риску развития саркопении из-за метаболических нарушений и инсулинорезистентности [4, 8]. Не только значение HbA1c, но и колебания уровня глюкозы были в значительной степени связаны с низкими мышечной массой, силой хвата кисти и скоростью ходьбы [9].

Метаболическим последствием неконтролируемой гипергликемии является катаболизм, который сопровождается распадом мышечного белка и неадекватным расходом энергии, что может привести к снижению мышечной массы и ухудшению мышечной функции [4]. И наоборот, скелетные мышцы не только отвечают за физическую функцию, но и являются метаболически активной тканью [10], являясь крупнейшим органом, ответственным за инсулин-опосредованную утилизацию глюкозы. В связи с этим прогрессирующая потеря скелетных мышц может привести к уменьшению инсулин-опосредованной утилизации глюкозы и усугублению инсулинорезистентности независимо от ожирения при саркопении, что приводит к тяжелой гипергликемии. Таким образом, СД2 является как причиной, так и следствием саркопении из-за изменения мышечной массы, развития локального воспаления, возникшего вследствие накопления меж- и внутримышечной жировой ткани [11].

Кроме того, в нашем исследовании 49,2% мужчин и 55,5% женщин с СД 2 и вероятной саркопенией имели избыточный вес или ожирение. Саркопеническое ожирение – это снижение мышечной массы на фоне избыточного количества жировой ткани. Ожирение усугубляет саркопению, увеличивая инфильтрацию липоцитами мышечной ткани (мышечный стеатоз),

что снижает физическую функцию и усиливает инсулинорезистентность, ухудшая метаболизм глюкозы [12]. Так P. Srikanthan et al. (2010) [13] обнаружили, что саркопения была связана с повышенной инсулинорезистентностью как у людей без ожирения, так и с ожирением, что по крайней мере частично объясняет худший углеводный обмен у пациентов с вероятной саркопенией в нашем исследовании.

В своем исследовании мы наблюдали значительные различия в качестве мышц между двумя группами. Качество мышц в группе с вероятной саркопенией достоверно ниже у мужчин и женщин ($p<0,001$) по сравнению с контрольной группой того же пола. По мнению N.A. Lynch et al. (1999), мышечная сила является важным фактором, определяющим уровень функциональной способности, в качестве альтернативы термин «качество мышц» применяется к соотношению мышечной силы к аппендикулярной скелетно-мышечной массе и используется для оценки мышечной функции при разных размерах тела [6]. Поэтому качество мышц является более точным показателем сократительной функции скелетных мышц, чем мышечная сила, которая в значительной степени зависит от количества мышечной массы. Доказано, что, несмотря на большую мышечную массу, качество мышц было неизменно ниже у пожилых людей с СД2 независимо от пола или исследуемых групп мышц [6].

Известно, что опорно-двигательный аппарат представляет собой целостную систему, при этом костная и мышечная ткани связаны друг с другом химически и метаболически [14]. Наши результаты показали, что содержание минералов в костях у мужчин и женщин с вероятной саркопенией достоверно ниже ($p<0,001$) по сравнению с таковым в группе без саркопении. Это означает, что пациенты с саркопенией и СД2 чаще страдают остеопорозом. Клинически сочетание остеопороза и саркопении у больных СД2 связано с падениями, переломами, потерей независимости, инвалидностью, летальностью [15], предотвращение которых требует своевременных диагностики и начала лечебно-профилактических мероприятий.

Известно, что неправильное питание пациентов с СД2 является фактором риска, приводящим к саркопении [12]. Мы обнаружили, что пациенты с вероятной саркопенией имели более низкие уровни гемоглобина, гематокрита и альбумина у мужчин ($p<0,001$) по сравнению с контрольной группой. Низкий уровень гемоглобина является независимым фактором риска повышения смертности и снижения качества жизни пожилых людей. Снижение сывороточного альбумина и гемоглобина свидетельствует о недостаточном потреблении белка и увеличивает риск смертности. Кроме того, мы обнаружили,

что у большинства участников нашего исследования было несбалансированное питание с чрезмерным общим количеством калорий, дефицитом пищевого белка и чрезмерным потреблением пищевого жира. Недостаточное потребление белка приводит к снижению синтеза мышечного белка, что затрудняет поддержание и восстановления мышечной массы. Имеющиеся данные литературы свидетельствуют о том, что питание играет важную роль в профилактике и лечении саркопении. Однако унифицированного для всех соотношения углеводов, белков и жиров не существует, поэтому распределение макронутриентов при планировании питания должно быть персонифицированным. Большинство международных клинических руководств [16] рекомендует общее потребление калорий для пациентов с СД2 и нормальной массой тела в размере 25–30 ккал/кг/день, для пациентов с избыточным весом и ожирением с целью контроля массы тела – 20–25 ккал/кг/день. Американское руководство ADA говорит о том, что ежедневный калораж пищи должен составлять 1200–1500 ккал для женщин и 1500–1800 ккал для мужчин. Пациентам без диабетической нефропатии необходимо употреблять 1–1,5 г/кг/день белка с пищей или 15–20% от общего количества калорий, с диабетической нефропатией – 0,8 г/кг массы тела в день. Кроме того, высококачественные белковые компоненты, такие как сывороточный белок и другие животные белки, наиболее полезны для профилактики саркопении [16].

Также наше исследование показало, что мужчины и женщины с вероятной саркопенией имели более низкую рСКФ ($p=0,030$ и $p=0,018$ соответственно), чем контрольная группа, что свидетельствует о сниженной почечной функции у пациентов с саркопенией и СД2. Скорость клубочковой фильтрации (СКФ) является важным показателем функции почек и играет важную роль в выявлении, лечении, мониторинге хронического заболевания почек. По данным J.S. Chew-Harris et al. (2014) [17], мышечная масса может быть фактором протекции функции почек. Участники с высокой мышечной массой демонстрировали более высокую рСКФ [17], а их ASMI положительно коррелировал с рСКФ и отрицательно коррелировал с соотношением альбумин / креатинин в моче [18]. Патофизиологический механизм саркопении и нарушения функции почек является многофакторным, включающим в себя инсулинорезистентность [19], дисфункцию эндотелия [20, 21], воспаление, окислительный стресс и активацию ренин-ангиотензин-альдостероновой системы. В связи с высоким риском развития саркопении у больных сахарным диабетом необходимо дальнейшее обследование для оценки почечной дисфункции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. По сравнению с контрольной группой пациенты мужского и женского пола с вероятной саркопенией были старше ($p<0,001$), имели более низкое соотношение талии и бедер ($p=0,038$ и $p=0,018$ соответственно), ИМТ ($p=0,001$ и $p<0,001$ соответственно), высокие уровни глюкозы плазмы натощак ($p=0,017$ и $p=0,007$ соответственно) и HbA1c ($p<0,001$ и $p=0,004$ соответственно).

2. В группе вероятной саркопении было больше мужчин, получавших инсулинотерапию ($p=0,034$), имевших в осложнениях диабетическую периферическую нейропатию ($p=0,035$) и диабетическую нефропатию ($p=0,031$).

3. У мужчин с вероятной саркопенией процент калорий, обеспечиваемый углеводами, был ниже ($p=0,041$), в то время как процент калорий, обеспечиваемый жирами ($p=0,012$), был выше, чем в контрольной группе.

4. У мужчин и женщин с вероятной саркопенией по сравнению с контрольной группой отмечены значительно более низкие содержание минералов в костях ($p<0,001$), скорость основного обмена ($p=0,016$ и $p<0,001$ соответственно), аппендикулярная скелетно-мышечная масса ($p=0,043$ и $p<0,001$ соответственно), индекс аппендикулярной скелетно-мышечной массы ($p=0,002$ и $p<0,001$ соответственно).

5. Многомерный логистический регрессионный анализ показал, что возраст (ОШ = 1,517, 95% ДИ: 1,127–2,043, $p=0,006$), мужской пол (ОШ = 0,196, 95% ДИ: 0,142–0,271, $p<0,001$), ИМТ ≥ 28 кг/м² (ОШ = 0,683, 95% ДИ: 0,467–0,998, $p=0,049$), уровень HbA1c $\geq 10\%$ (ОШ = 1,396, 95% ДИ: 1,018–1,915, $p=0,038$), диабетическая нефропатия (ОШ = 1,439, 95% ДИ: 1,033–2,006, $p=0,031$) и снижение уровня сывороточного альбумина (ОШ = 0,917, 95% ДИ: 0,883–0,953, $p<0,001$) были факторами риска, связанными с низкой мышечной силой у пациентов с СД 2 типа.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Schaap LA, van Schoor NM, Lips P, Visser M. Associations of sarcopenia definitions, and their components, with the incidence of recurrent falling and fractures: the longitudinal aging study Amsterdam. *Biological Sciences and Medical Sciences*. 2018;73(9):1199–1204. <https://doi.org/10.1093/gerona/glx245>
2. Leong DP, Teo KK, Rangarajan S, et al. Prognostic value of grip strength: findings from the prospective urban rural epidemiology (PURE) study. *Lancet*. 2015;386(9990):266–273. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62000-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62000-6)
3. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*. 2019;48(1):16–31. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>
4. Bulgakova SV, Chetverikova IS, Treneva EV, Kurmaev DP. Senior asthenia and type 2 diabetes: two related conditions? *Clinical gerontology*. 2022;28(3-4):60–67. (In Russ.). [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>
5. WHO Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet*. 2004;363(9403):157-163. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)15268-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)15268-3)
 6. Lynch NA, Metter EJ, Lindle RS, et al. Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *Journal of Applied Physiology*. 1999;86(1):188-194. <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.1.188>
 7. He Q, Wang X, Yang C, et al. Metabolic and Nutritional Characteristics in Middle-Aged and Elderly Sarcopenia Patients with Type 2 Diabetes. *J Diabetes Res*. 2020;6973469. <https://doi.org/10.1155/2020/6973469>
 8. Kim KS, Park KS, Kim MJ, et al. Type 2 diabetes is associated with low muscle mass in older adults. *Geriatrics and Gerontology International*. 2014;14:115-121. <https://doi.org/10.1111/ggi.12189>
 9. Ogama N, Sakurai T, Kawashima S, et al. Association of glucose fluctuations with sarcopenia in older adults with type 2 diabetes mellitus. *Journal of Clinical Medicine*. 2019;8(3):319-334. <https://doi.org/10.3390/jcm8030319>
 10. Argiles JM, Campos N, Lopez-Pedrosa JM, et al. Skeletal muscle regulates metabolism via interorgan crosstalk: roles in health and disease. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2016;17(9):789-796. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2016.04.019>
 11. Mesinovic J, Zengin A, de Courten B, et al. Sarcopenia and type 2 diabetes mellitus: a bidirectional relationship. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*. 2019;12:1057-1072. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S186600>
 12. Kurmaev DP, Bulgakova SV, Treneva EV. Sarcopenic obesity – a current problem of modern geriatrics. *Russian Journal of Geriatric Medicine*. 2022;(4):228-235. (In Russ.). [Курмаев Д.П., Булгакова С.В., Тренева Е.В. Саркопеническое ожирение – актуальная проблема современной гериатрии. *Российский журнал гериатрической медицины*. 2022;(4):228-235]. <https://doi.org/10.37586/2686-8636-4-2022-228-235>
 13. Srikanthan P, Hevener AL, Karlamangla AS. Sarcopenia exacerbates obesity-associated insulin resistance and dysglycemia: findings from the national health and nutrition examination survey III. *PLoS One*. 2010;5(5):e10805. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010805>
 14. Pereira FB, Leite AF, De Paula AP. Relationship between pre-sarcopenia, sarcopenia and bone mineral density in elderly men. *Archives of Endocrinology and Metabolism*. 2015;59(1):59-65. <https://doi.org/10.1590/2359-3997000000011>
 15. Kurmaev DP, Bulgakova SV, Treneva EV, et al. Body composition, physical and functional parameters of elderly and old women with type 2 diabetes mellitus and dynapenia. *Current problems of health care and medical statistics*. 2023;(1):224-239. (In Russ.). [Курмаев Д.П., Булгакова С.В., Тренева Е.В., и др. Состав тела, физические и функциональные параметры женщин пожилого и старческого возраста с сахарным диабетом 2 типа на фоне динапении. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2023;(1):224-239]. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2023-1-224-239>
 16. American Diabetes Association. 4. Lifestyle Management: Standards of Medical Care in Diabetes-2018. *Diabetes Care*. 2018;41(Suppl 1):S38-S50. <https://doi.org/10.2337/dc18-S004>
 17. Chew-Harris JS, Florkowski CM, Elmslie JL, et al. Lean mass modulates glomerular filtration rate in males of normal and extreme body composition. *International Medicine Journal*. 2014;44(8):749-756. <https://doi.org/10.1111/imj.12479>
 18. Chung HS, Hwang SY, Choi JH, et al. Effects of low muscle mass on albuminuria and chronic kidney disease in patients with type 2 diabetes: the Korean sarcopenic obesity study (KSOS). *Biological Sciences and Medical Sciences*. 2018;73(3):386-392. <https://doi.org/10.1093/gerona/glx055>
 19. De Cosmo S, Menzaghi C, Prudente S, Trischitta V. Role of insulin resistance in kidney dysfunction: insights into the mechanism and epidemiological evidence. *Nephrology, Dialysis, Transplantation*. 2013;28(1):29-36. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfs290>
 20. Satoh M. Endothelial dysfunction as an underlying pathophysiological condition of chronic kidney disease. *Clinical and Experimental Nephrology*. 2012;16(4):518-521. <https://doi.org/10.1007/s10157-012-0646-y>
 21. Timmerman KL, Volpi E. Endothelial function and the regulation of muscle protein anabolism in older adults. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases*. 2013;23:S44-S50. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2012.03.013>

■ Автор для переписки

Булгакова Светлана Викторовна
Адрес: Самарский государственный медицинский университет,
ул. Чапаевская, 89, г. Самара, Россия, 443099.

■ Corresponding Author

Svetlana V. Bulgakova
Address: Samara State Medical University,
89 Chapaevskaya st., Samara, Russia, 443099.

E-mail: s.v.bulgakova@samsmu.ru