

Принципы диетотерапии саркопенического ожирения

Е.В. Павловская^{✉1,2}, О.А. Кисляк³, А.В. Стародубова^{1,3}

¹ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Москва, Россия;

²ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия;

³ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (Пироговский Университет), Москва, Россия

Аннотация

Питание, наряду с физической активностью, играет ключевую роль в возникновении и прогрессировании саркопенического ожирения (СО), что определяет важность диетологических вмешательств в комплексных программах профилактики и лечения этого заболевания. Классический подход к диетотерапии ожирения, который заключается в снижении энергетической ценности рациона, сопровождается снижением массы тела за счет как жирового, так и безжирового компонентов. У пожилых пациентов с СО снижение массы тела негативно отражается не только на количестве мышечной массы, но и на функции мышц. Перспективным подходом к диетотерапии этой формы ожирения является качественная модификация структуры диеты, используемой для снижения массы тела. Клиническая роль конкретных компонентов рациона питания, пищевых продуктов и моделей питания в целом, которые позволяют эффективно бороться с СО, остается малоизученной. Известна необходимость достаточного потребления белка высокого качества и аминокислот с разветвленной цепью для стабилизации и увеличения мышечной массы, при этом рекомендуемые нормы потребления белка у пациентов с СО различного возраста продолжают обсуждаться. Показано, что в пожилом и старческом возрасте на фоне снижения потребности в энергии увеличивается потребность в белке. Роль ω -3 полиненасыщенных жирных кислот, витамина D, кальция и полифенолов в лечении СО может быть обусловлена их противовоспалительным действием, а также, возможно, активацией функций митохондрий и регуляцией процессов миогенеза. Разработка и назначение специализированных пищевых продуктов, содержащих как белок, аминокислоты с разветвленной цепью, так и другие ключевые пищевые вещества, позволит повысить эффективность терапии СО. В обзоре суммированы современные диетологические подходы при СО.

Ключевые слова: ожирение, саркопения, белок, лейцин, витамин D, полиненасыщенные жирные кислоты, полифенолы

Для цитирования: Павловская Е.В., Кисляк О.А., Стародубова А.В. Принципы диетотерапии саркопенического ожирения. Терапевтический архив. 2025;97(7):571–579. DOI: 10.26442/00403660.2025.07.203270

© ООО «КОНСИЛИУМ МЕДИКУМ», 2025 г.

REVIEW

Principles of diet therapy for sarcopenic obesity: A review

Elena V. Pavlovskaya^{✉1,2}, Oxana A. Kislyak³, Antonina V. Starodubova^{1,3}

¹Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia;

²Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;

³Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University), Moscow, Russia

Abstract

Nutrition and physical activity play a key role in the onset and progression of sarcopenic obesity (SO). Therefore, dietary interventions are essential in comprehensive programs to prevent and treat this condition. The classic approach to obesity diet therapy, which is to reduce the caloric value of the diet, is associated with a decrease in body weight due to both fat and fat-free components. In elderly patients with SO, a reduction in body weight impacts not only the muscle mass but also muscle function. A promising approach to diet therapy for this type of obesity is qualitative modification of the diet structure used for weight loss. The clinical role of specific components of diets, foods, and overall dietary patterns that are effective for CO treatment remains poorly understood. Sufficient intake of high-quality protein and branched-chain amino acids is known to stabilize and increase muscle mass, and recommended protein intakes in patients with SO of different ages continue to be discussed. It has been shown that in the elderly and senile age, the need for energy decreases; however, the need for protein increases. The role of ω -3 polyunsaturated fatty acids, vitamin D, calcium, and polyphenols in the treatment of SO may be due to their anti-inflammatory effect, as well as, possibly, activation of mitochondrial functions and regulation of myogenesis processes. Developing and using specialized foods containing proteins, branched-chain amino acids, and other key nutrients can improve the effectiveness of SO therapy. The review summarizes modern nutritional approaches to SO.

Keywords: obesity, sarcopenia, protein, leucine, vitamin D, polyunsaturated fatty acids, polyphenols

For citation: Pavlovskaya EV, Kislyak OA, Starodubova AV. Principles of diet therapy for sarcopenic obesity: A review. *Terapevticheskii Arkhiv* (Ter. Arkh.). 2025;97(7):571–579. DOI: 10.26442/00403660.2025.07.203270

Информация об авторах / Information about the authors

[✉]Павловская Елена Вячеславовна – д-р мед. наук, вед. науч. сотр. отд-ния педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и диетотерапии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», проф. каф. диетологии и нутрициологии ФГБОУ ДПО РМАНПО. E-mail: elena_pavlovsky@rambler.ru

Кисляк Оксана Андреевна – д-р мед. наук, проф., проф. каф. факультетской терапии Института клинической медицины ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» (Пироговский Университет)

Стародубова Антонина Владимировна – д-р мед. наук, доц., зам. дир. по научной и лечебной работе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», зав. каф. факультетской терапии Института клинической медицины ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» (Пироговский Университет)

[✉]Elena V. Pavlovskaya. E-mail: elena_pavlovsky@rambler.ru; ORCID: 0000-0002-4505-397X

Oxana A. Kislyak. ORCID: 0000-0002-2028-8748

Antonina V. Starodubova. ORCID: 0000-0001-9262-9233

Введение

Саркопеническое ожирение (СО) – это клиническое и функциональное состояние, определяемое как сочетание ожирения и саркопении [1]. Ожирение и саркопении в комплексе оказывают двойное негативное действие на организм. СО патогенетически связано с инсулинорезистентностью, гормональными нарушениями и сниженной физической активностью. Дисбаланс адипокинов, обладающих провоспалительным действием, и противовоспалительных миокинов приводит к формированию и поддержанию хронического низкоинтенсивного воспаления. Эти факторы связаны с нарушением активности мышц, накоплением внутримышечного жира и снижением синтеза белка и могут приводить к катаболизму мышц.

С начала XXI в. СО рассматривается как важная медико-социальная проблема. Избыток жировой массы и дефицит массы скелетной мускулатуры (МСМ) сопровождаются повышением риска развития хронических неинфекционных заболеваний, ведущими из которых являются сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ), сахарный диабет 2-го типа, некоторые виды злокачественных новообразований. Важнейшее клиническое значение имеет ассоциация СО с ССЗ, обусловленная атеросклеротическими изменениями на фоне хронического воспалительного процесса, резистентности к инсулину и окислительного стресса [2]. В недавних исследованиях продемонстрирована независимая связь СО с инфарктом миокарда, нарушениями сердечного ритма, диастолической дисфункцией и кальцификацией коронарных артерий [3–5]. Помимо повышения риска ССЗ, в отдельных работах показана связь СО с более высокими показателями сердечно-сосудистой смертности [6].

Показатели распространенности СО широко варьируют в зависимости от возраста, пола и используемых критериев диагностики. По результатам когортного исследования «Голландские линии жизни» (Dutch Lifelines) с участием лиц в возрасте от 18 до 90 лет, общая распространенность СО составила 1,4% у женщин и 0,9% – у мужчин с повышением после 50 лет до уровня 16,7% у лиц 80–89 лет [7]. СО характерно для лиц пожилого и старческого возраста, поскольку представляет собой один из физиологических процессов, сопровождающих старение организма. На фоне повышения доли представителей этой возрастной группы в общемировой популяции, пролонгирования периода трудовой и социальной активности растет необходимость поддержания максимально возможного уровня здоровья и качества жизни (КЖ) пожилых людей. Однако в процессе старения уменьшается мышечная масса, и к концу жизни человек теряет более 1/3 массы мышц по сравнению с пиковыми значениями, приходящимися приблизительно на 20-летний возраст [8]. По данным S. Purcell и соавт., среди лиц старше 65 лет СО имеют от 0,1 до 85,3% мужчин и от 0 до 80,4% женщин [9]. В метаанализе 50 исследований с участием 86 285 человек СО регистрировалось у 11% лиц старше 60 лет [10].

Лечение СО у пациентов всех возрастных групп необходимо начинать как можно раньше в связи с высоким риском социально значимых заболеваний и выраженным негативным влиянием на КЖ. Несмотря на наличие эффективных методов лечения ожирения, терапия его саркопенической формы представляет собой сложную задачу. Большинство подходов к лечению СО к настоящему времени не обладают достаточной степенью доказательности.

В качестве потенциальных медикаментозных агентов при СО исследуется ряд препаратов. Селективные модуляторы андрогенных рецепторов способны активировать рецепторы к андрогенам в костной и мышечной ткани, что приводит

к андрогензависимому увеличению массы мышц [11]. В исследованиях *in vitro* ингибиторы рецепторов к миостатину и активину вызывают увеличение массы и силы мышц, а также чувствительности к инсулину [12]. В перспективе для лечения СО могут быть использованы мезенхимальные стволовые клетки [13]. У мужчин с ожирением патогенетически обоснованным является назначение препаратов тестостерона в связи с его способностью повышать силу и массу мышц, однако результаты клинических исследований данного метода терапии сегодня неоднозначны [14, 15].

В настоящий момент единственным ключевым общепризнанным методом лечения пациентов с СО является немедикаментозная терапия, включая диетотерапию и оптимизацию физической активности. В связи с этим принципы лечебного питания при этом состоянии должны быть известны терапевтам, кардиологам, эндокринологам, гериатрам и другим специалистам.

Снижение избыточной массы тела у лиц с ожирением позволяет улучшить метаболическое здоровье. Согласно рекомендациям по лечебному питанию в Российской Федерации пациентам с ожирением показано «ограничение калорийности рациона с ее редукцией на 25–40% (500–1000 ккал/сут) от физиологической потребности с учетом пола, возраста, уровня физической активности», степень редукции также может зависеть от степени ожирения, наличия сопутствующих заболеваний и других факторов [16]. С целью снижения массы тела на определенный период может назначаться низкокалорийная диета (НКД), энергетическая ценность которой составляет примерно 1500–1600 ккал/сут, содержание белка – 70–80 г/сут, жиров – 40–50 г/сут, углеводов – 130–200 г/сут [17]. У лиц пожилого возраста более целесообразно назначать основной вариант диеты с суточным потреблением энергии 2170–2400 ккал, белка – 85–90 г, жиров – 70–80 г, углеводов – 300–330 г [17].

В настоящее время считается, что при необходимости назначения диеты со сниженной энергетической ценностью суточный дефицит энергии не должен превышать 500 ккал для достижения цели по снижению массы тела на 5–10% в течение 6 мес и более.

У пациентов с СО классические подходы к снижению массы тела, включающие использование НКД, сопровождаются неблагоприятными изменениями состава тела со снижением не только жировой массы, но и безжировых компонентов, в первую очередь МСМ. Показано, что на фоне использования НКД и основного варианта диеты у коморбидных пациентов пожилого и старческого возраста в условиях стационара примерно 25% потерянной массы тела представлено тощей массой [18]. Снижение массы тела у пожилых пациентов с СО негативно отражается также на функции мышц [19]. Высокая скорость редукции массы тела на фоне медикаментозной терапии или после бариатрических операций может сопровождаться еще более выраженным снижением мышечной массы [20]. Таким образом, существующие диетологические подходы к лечению ожирения, сочетающегося с саркопенией, требуют пересмотра.

Развитие СО ассоциировано с влиянием различных пищевых факторов, в том числе с неадекватной структурой рациона: повышением потребления простых углеводов (добавленных сахаров), снижением квоты белка, дефицитом овощей, фруктов, рыбы и др. Очевидно, что диетотерапия с обеспечением адекватного уровня потребления макро- и микронутриентов является ключевым подходом к лечению пациентов с СО.

Перспективным методом лечения СО является качественная модификация структуры рациона, используемо-

го для снижения массы тела. Результаты многочисленных исследований показали эффективность дотации ряда пищевых веществ на питание пациентов с этой формой ожирения. Наиболее изученным макронутриентом, оказывающим протективное влияние на мышечную массу, является белок, в особенности с высоким содержанием лейцина, также исследовано действие ω -3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), отдельных витаминов, микроэлементов и минорных биологически активных веществ пищи.

Белок является ключевым объектом внимания при оценке фактического питания у лиц с СО. Достаточное потребление белка необходимо для сохранения и увеличения массы мышц на фоне диетологических мероприятий, направленных на снижение жировой массы тела. Нормы потребления белка у лиц пожилого и старческого возраста в настоящее время являются предметом обсуждения. Несмотря на то, что при старении снижается физиологическая потребность в энергии и некоторых пищевых веществах, потребность в белке в этот возрастной период увеличивается [21, 22]. В соответствии с рекомендациями Европейского общества по клиническому питанию и обмену веществ (European Society for Clinical Nutrition and Metabolism), людям пожилого возраста необходимо потребление белка в количестве 1,2–1,5 г на 1 кг массы тела в сутки [23]. Согласно методическим рекомендациям «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» минимальная потребность в белке составляет 0,83 г на 1 кг массы тела [24].

Хотя потребление белка в соответствии с рекомендуемыми нормами может быть достаточным для поддержания массы тела, однако этот подход у лиц с ожирением может сопровождаться снижением мышечной массы на фоне диетотерапии. По результатам недавних систематических обзоров и метаанализов продемонстрирована различная клиническая эффективность увеличения квоты белка в рационе пациентов с СО. В некоторых из них показано, что изолированное применение специализированных пищевых продуктов, являющихся источником белка (белковых добавок), не сопровождается благоприятными изменениями состава тела [25, 26], что, однако, противоречит результатам, полученным в других исследованиях.

В большинстве исследований диетологическое вмешательство сочеталось с физическими упражнениями. Метаанализ 74 рандомизированных контролируемых исследований (РКИ) показал, что высокое потребление белка у взрослых (<65 лет – $\geq 1,6$ г/кг/сут, ≥ 65 лет – 1,2–1,6 г/кг/сут) при условии обеспечения выполнения физических упражнений в силовом режиме сопровождается увеличением безжировой массы и силы мышц нижней половины тела [27]. В обзоре K. Sheah и соавт. (2023 г.), включавшем 6 исследований, в которых изучали эффективность белковых добавок и физических упражнений у лиц пожилого возраста с СО, потребление белка варьировало от 1,0 до 1,8 г/кг в группах вмешательства, физические упражнения проводились по 1 ч 2–3 раза в неделю. Показано позитивное влияние дотации сывороточного белка на показатели саркопении и массы тела у лиц с СО, при этом сочетание повышенного потребления белка с тренировками в силовом режиме оказывало дополнительную пользу в сохранении безжировой массы [28]. Другой обзор и метаанализ указывает, что физические тренировки изолированно или в сочетании с дотацией белка увеличивают мышечную массу, силу мышц по данным кистевой динамометрии, снижают жировую массу и окружность талии у лиц с саркопенией [19].

Доказано, что тренировки в силовом режиме и достаточное потребление белка обладают синергическим действием в отношении саркопении [29, 30]. Кроме того, вмешательства, сочетающие тренировки и дотацию белка, обладают дополнительными положительными эффектами, включая улучшение маркеров воспаления, липидного профиля крови, уровня гликемии, и позволяют сохранить мышечную массу на фоне снижения массы тела у пациентов с СО [31]. В обзоре С. Liao и соавт. продемонстрировано, что при сочетании дотации белка с тренировками в силовом режиме у лиц пожилого возраста возрастает масса и сила мышц независимо от исходной массы тела [32].

Источник белка может иметь большое значение для сохранения мышечной массы, поскольку существуют доказательства, что белок животного происхождения обладает более выраженным анаболическим действием, чем растительный белок [33]. Различие анаболического эффекта между растительным и животным белком может быть обусловлено различным аминокислотным составом, в том числе относительно низким содержанием лейцина в белке растительного происхождения.

Известно, что для стимулирования синтеза мышечного белка в пожилом возрасте эффективно использование сывороточного белка [34]. Это действие может определяться содержанием эссенциальных аминокислот, необходимых для синтеза белка мышц [35, 36]. Лейцин – аминокислота с разветвленной цепью (branched-chain amino acid – ВСAA), содержащаяся в сывороточном белке – играет ключевую роль в повышении синтеза белка мышечной ткани. Возможность применения ВСAA у пожилых пациентов для профилактики и лечения саркопении является актуальной темой, которая продолжает активно изучаться [37]. Лейцин напрямую влияет на анаболизм скелетных мышц через активацию сигнального пути mTORC1 [38, 39]. В систематическом обзоре и метаанализе Z. Xu и соавт. (2015 г.) показана способность лейцина стимулировать синтез белка в мышцах, а также повышать общую безжировую массу и безжировую массу нижних конечностей у пожилых людей [40].

Потребление 2,0–2,5 г/сут лейцина повышает постпрандиальный синтез белка в мышцах у лиц пожилого возраста [34]. Доказана эффективность сывороточного белка и лейцина в качестве нутритивной поддержки при СО [31, 41–43]. В обзоре E. Cereda и соавт. (2022 г.) показали, что обогащение рациона сывороточным белком, лейцином и витамином D является эффективным методом лечения у пожилых с саркопенией и предлагается в качестве терапии 1-й линии не только для улучшения клинических исходов, но и для повышения экономической эффективности лечения [44].

E. Samajani и соавт. показали, что назначение высокобелковой диеты пожилым женщинам с ожирением (белок 1,4 г/кг идеальной массы тела) с содержанием 18 г сывороточного белка, включая 4,1 г лейцина, приводило к снижению абсолютных значений жировой массы с сохранением безжировой массы. Через 45 дней лечения у пациентов значительно увеличилась сила и функция мышц, а также гликемический контроль [43]. В исследовании Ю.Г. Чехониной и соавт. (2022 г.) продемонстрировано, что дотация 26 г белка высокого качества пациентам пожилого возраста с ожирением, находящимся на НКД, позволила добиться повышения массы мышц на фоне значимой редукции жирового компонента [45].

K. Sheah и соавт. (2023 г.) полагают, что сохранению МСМ у лиц с СО помогает умеренное потребление белка (1–1,3 г/кг/сут). Более высокое содержание белка в раци-

оне (1,4 г/кг и выше) должно применяться с осторожностью [28]. У пожилых пациентов СО часто сопровождается широким спектром коморбидной патологии, в том числе хронической болезнью почек [46]. В связи с этим на старте и в период проведения диетотерапии с повышенным количеством белка (высокобелковая диета) следует оценивать функцию почек и при выявлении нарушений давать индивидуальные рекомендации по потреблению белка.

Возможность воздействия ПНЖК на СО обусловлена их ролью в коррекции метаболических нарушений и модификации компонентного состава тела. В числе перспективных пищевых веществ рассматриваются ω -3 ПНЖК: эйкозапентаеновая кислота (ЭПК) и докозагексаеновая кислота (ДГК), а также азелаиновая кислота (АК), относящаяся к семейству ω -9 ПНЖК. ДГК препятствует снижению МСМ в результате хронического воспаления, сопровождающего ожирение [47, 48]. В исследовании *in vivo* на мышцах показано, что дотация ДГК снижает уровень маркеров воспаления и накопление липидов в миоцитах [49]. Экспрессия генов, связанных с биогенезом митохондрий, *PGC-1 α* , *TFAM* и *NRF-1*, в мышечных клетках C2C12 повышается в присутствии ДГК, указывая на способность этой ПНЖК регулировать процессы как миогенеза, так и липолиза [48]. ЭПК, в свою очередь, может улучшать функцию мышц и снижать их повреждение [50]. Так, у крыс с потерей мышечной массы, индуцированной воспалением, назначение ЭПК сопровождалось снижением показателей фактора некроза опухоли α и повышением уровня белка MyoD, регулирующего функцию миофибрилл и процессы миогенеза [51]. Кроме того, ЭПК оказывает влияние на метаболизм жировой ткани. Так, в исследовании *in vivo* у мышей, получавших высокожировую диету, при дотации ЭПК значительно снижались масса тела, жировая масса, размер адипоцитов и инфильтрация жировой ткани макрофагами [52]. АК способна модулировать массу мышц и размер адипоцитов. В процессе увеличения МСМ данная ПНЖК стимулирует биогенез митохондрий и уменьшает дисфункцию мышц. Повышение потребления АК способствует снижению накопления липидов, что регулирует гидролиз триглицеридов в жировой ткани [53]. Установлено, что ω -3 ПНЖК стимулируют эффекты ферментов пероксисом и митохондрий, отвечающих за β -окисление жирных кислот, и способны повышать экспрессию гена ацил-СоА-оксидазы – ведущего фермента, определяющего β -окисление жирных кислот в пероксисомах [54], также ω -3 ПНЖК повышают активность карнитин-пальмитоил трансферазы II, которая облегчает транспорт жирных кислот в митохондрии для β -окисления [55].

Развитие СО ассоциировано с недостаточным уровнем потребления ряда витаминов и минеральных веществ, наиболее изученными из которых являются витамины А, D, К, В₂, кальций и магний. Обогащение рациона витамином D – один из перспективных подходов к лечению пациентов с СО. Данный витамин участвует в регуляции метаболизма жировой и мышечной ткани [56] и способствует повышению функциональной активности мышц путем активизации метаболизма митохондрий. Достаточный уровень кальцитриола (активной формы витамина D) позволяет поддерживать нормальную концентрацию паратиреоидного гормона, избыток которого приводит к снижению мышечной силы [57, 58]. Одним из клинических эффектов витамина D является защита от интерлейкин-6-индуцированного воспаления [59].

Дефицит витамина D сопровождается отложением жира в различных органах и тканях, включая скелетные

мышцы, повышает риск воспаления и инсулинорезистентности [60]. Известно, что у лиц пожилого возраста дефицит данного витамина приводит к снижению силы мышц, что повышает риск падений и переломов [61].

Результаты доклинических исследований показали, что витамин D оказывает направленное действие на ряд патогенетических звеньев ожирения, улучшая функции митохондрий, снижая выраженность окислительного стресса и хронического воспаления. Вместе с тем, несмотря на ассоциацию дефицита витамина D с СО, эффективность его назначения лицам с этой патологией до настоящего времени не имеет достаточной доказательной базы. В метаанализе К. Prokopidis и соавт. (2022 г.), включавшем 10 РКИ, показано, что дополнительный прием витамина D не повышает массу мышц, не улучшает силу мышц и физическую работоспособность у пожилых [62]. В другом метаанализе (2021 г.), включавшем 8 РКИ, продемонстрировано, что сочетание назначения витамина D с оптимизацией потребления белка способствует увеличению силы мышц, но не влияет на МСМ и физическую работоспособность [63].

Согласно российским рекомендациям физиологическая потребность в витамине D для лиц старше 65 лет составляет 20 мкг/сут (800 МЕ) [24]. В международном консенсусе 2021 г. лицам пожилого возраста рекомендуется потребление витамина D в составе обогащенных пищевых продуктов и БАД в дозе, обеспечивающей поддержание сыровороточного уровня 25(ОН)D \geq 50 нг/мл [64].

Витамин К принимает участие в энергетическом обмене и процессах липолиза [59]. Менахинон-4, одна из форм витамина К, улучшает функцию митохондрий путем стимулирования транспорта электронов и повышения продукции АТФ. В исследовании *in vitro* в мышечных клетках под действием менахинона-4 снижалась секреция лактатдегидрогеназы, которая является маркером повреждения мышц и саркопении [65]. Физиологическая потребность в витамине К для взрослых – 120 мкг/сут [24].

Кальций играет важную роль в профилактике и лечении саркопении [66]. Адекватное потребление кальция необходимо для обеспечения сокращения мышечных волокон и поддержания мышечной силы [67]. Доказана взаимосвязь между потреблением кальция и МСМ [68]. Достаточное потребление кальция также повышает минеральную плотность костной ткани, снижает риск остеопороза, сопутствующего СО. Физиологическая потребность в кальции для лиц старше 65 лет – 1200 мг/сут [24].

Нельзя исключить, что потребление с пищей магния также может способствовать поддержанию адекватного количества и нормальной функции мышц. Роль магния в профилактике саркопении обусловлена его непосредственным участием в метаболизме мышечной ткани и опосредованным влиянием на хроническое воспаление, которое является фактором риска снижения массы и силы мышц [69]. Выявлена обратная ассоциация между потреблением с пищей магния и наличием СО [70]. Физиологическая потребность в магнии для взрослых – 420 мг/сут [24].

Недостаточное потребление витамина В₂ (рибофлавина) ассоциировано с повышением риска СО в 1,366 раза, также риск СО возрастает при недостатке в рационе витамина С [71]. Мужчины с СО потребляют с пищей меньше витамина А, чем мужчины с нормальным составом тела [72]. У пожилых женщин выявлена ассоциация между концентрацией каротиноидов в крови и индикаторами снижения мышечной массы. Протективную роль этих витаминов в отношении мышечной массы объясняют их антиоксидантными свойствами, поскольку показана

ассоциация окислительного стресса и снижения массы/силы мышц у лиц пожилого возраста [73]. Норма потребления рибофлавина у взрослых составляет 1,8 мг/сут, или 0,75 мг/1000 ккал, витамина С – 100 мг/сут, витамина А – 900 мкг рет. экв./сут для мужчин и 800 мкг рет. экв./сут – для женщин [24].

Рекомендации по повышению потребления пищи с высоким содержанием антиоксидантов с целью повышения массы, силы мышц и физической работоспособности основаны на включении в рацион пищевых волокон, витаминов А, микроэлементов и полифенолов, поступающих из различных пищевых источников [74]. Высокое содержание антиоксидантов в пище, в том числе по результатам оценки антиоксидантного индекса, сопровождается снижением частоты саркопении. Традиционно в оценку антиоксидантного индекса включается определение цинка, селена, витаминов А, С, Е и каротиноидов. Активно изучается взаимосвязь между приемом этих веществ, антиоксидантным индексом пищи и массой, силой мышц, наличием саркопении [75].

Полифенолы являются перспективными пищевыми веществами для включения в диетотерапию СО. Клинические эффекты полифенолов в отношении СО: способность активировать функции митохондрий, снижать накопление липидов, противовоспалительное и антиоксидантное действие.

Одним из наиболее изученных пищевых веществ в лечении ожирения и саркопении является экстракт зеленого чая (ЭЗЧ) и содержащиеся в нем вещества: катехины, эпикатехины и эпигаллокатехина галлат (ЭГКГ). ЭЗЧ активирует функцию мышц и способствует снижению массы тела. Он не только препятствует снижению массы мышц и улучшает их функцию, но также повышает пролиферацию сателлитных мышечных клеток [76]. Показано, что 15-дневный курс ЭЗЧ в дозе 500 мг/сут снижает уровень маркеров мышечного повреждения и способствует восстановлению мышц после физических упражнений [77]. ЭГКГ стимулирует транслокацию GLUT4 и влияет на восстановление нарушенных функций мышц. Транслокация GLUT4 способствует не только купированию инсулинорезистентности, но и формированию депо гликогена в мышцах, повышая их выносливость [78]. Антиоксидантная активность ЭГКГ, транслокация GLUT4, активация сигнального пути 5'АМФ-активируемой протеинкиназы, регулирующего метаболизм глюкозы и снижение синтеза жирных кислот, приводит к снижению массы тела при увеличении МСМ [79, 80].

Влияние ЭЗЧ на мышечную и жировую массу тела в значительной степени обусловлено участием в регуляции активности миокинов. Так, в исследовании R. Bagheri и соавт. (2020 г.) показано, что дотация ЭЗЧ лицам с ожирением на фоне физических упражнений в силовом режиме сопровождалась повышением уровня ирисина в сыворотке и значимым снижением массы тела, процента жировой массы и количества висцерального жира [80].

Катехин и эпикатехин, содержащиеся в ЭЗЧ, являются ингибиторами миостатина [81, 82]. В группе мужчин, получавших эпикатехин, после силовой тренировки показано значимо более выраженное снижение концентрации миостатина по сравнению с группой плацебо [82]. ЭГКГ повышает уровень фоллистатина, являющегося антагонистом миостатина и способствующего активизации синтеза мышечного белка. Показано также, что ЭГКГ играет ключевую роль в экспрессии фактора MEF2A (myocyte-enhancing factor), необходимого для регуляции роста мышц и утилизации глюкозы [83].

Олигонол (низкомолекулярный полифенол, выделенный из плодов личи), обладает способностью регулиро-

вать функции митохондрий, улучшая качество скелетных мышц [84, 85]. Выявлена эффективность олигонола в снижении массы тела и улучшении липидного профиля сыворотки крови у женщин с ожирением [86]. Олигонол повышает активность АМФ-активируемой протеинкиназы и экспрессию рецептора, активируемого пролифераторами пероксисом-1, ингибируя накопление липидов в мышечной ткани [84]. Кроме того, этот полифенол активирует сигнальный путь фосфо-mTOR (mammalian target of rapamycin) и связанные с ним пути и стимулирует экспрессию факторов транскрипции FOXO (forkhead box protein O1) и MuRF-1 (muscle ring-finger protein-1), препятствующих атрофии мышечной ткани. Олигонол также влияет на экспрессию PGC-1 α (peroxisome proliferator-activated receptor γ coactivator 1- α) и NRF2 (nuclear factor erythroid 2-related factor 2), которые ассоциированы с биогенезом митохондрий [87]. Таким образом, олигонол обладает терапевтическим потенциалом в отношении СО, поскольку способствует снижению накопления липидов без потери МСМ, регулирует обмен белка и функцию митохондрий.

Зеленый кардамон, растение семейства имбирных, потенциально способен противодействовать развитию СО [88]. При изучении клинической эффективности зеленого кардамона у лиц с ожирением и неалкогольной жировой болезнью печени показано, что дотация его экстракта в дозе 1000 мг/сут курсом 3 мес сопровождается повышением уровня ирисина, холестерина липопротеидов высокой плотности, чувствительности к инсулину, а также снижением уровня инсулина, триглицеридов, холестерина липопротеидов низкой плотности и степени стеатоза печени [89]. Терпинеол, компонент масла зеленого кардамона, обладает потенциальной способностью снижать уровень провоспалительных цитокинов интерлейкина-6 и фактора некроза опухоли α , участвующих в патогенезе ожирения [90]. Лимонен, циклический монотерпен, содержащийся в зеленом кардамоне, стимулирует дифференцировку остеобластов и купирует эффект ингибиторов белка p38, препятствующих восстановлению мышц после повреждения [91]. Лимонен также обладает антиоксидантным действием, снижая уровень супероксиддисмутазы после мышечного повреждения [92].

Существуют эпидемиологические данные, указывающие на пользу более высокого потребления фруктов и овощей для улучшения физической работоспособности, профилактики и лечения ожирения. Например, в 4-м Национальном обследовании здоровья и питания в Южной Корее (KNHANES IV) частое потребление фруктов было связано с низким риском саркопении у пожилых людей (мужчин и женщин), а частое потребление овощей – с низким риском саркопении у пожилых мужчин. Частое употребление и овощей, и фруктов сопровождалось снижением риска саркопении на 68% у пожилых мужчин [93].

Согласно метаанализу 2023 г. потребление овощей и фруктов связано со снижением риска саркопении у людей старше 60 лет, однако эта закономерность не подтверждена результатами когортных исследований [94]. Защитные эффекты повышенного потребления овощей и фруктов связывают с высоким содержанием в них пищевых волокон и антиоксидантов (витамина С, β -каротина и др.), которые, в свою очередь, позволяют бороться с окислительным стрессом [93].

Есть сведения о значимости не только отдельных пищевых веществ или продуктов, но и рациона питания или модели питания (пищевой паттерна) в целом, соблюдения принципов здорового питания в профилактике и лечении саркопении и ожирения. Считается, что строгое соблю-

дение средиземноморской диеты благоприятно влияет на функцию мышц и состав тела. Средиземноморская модель питания имеет преимущественно растительный характер, для нее характерно повышение потребления бобовых, цельнозерновых продуктов, фруктов, овощей и ограничение – мяса, рыбы и яиц. В кросс-секционном исследовании представлено, что у людей старше 50 лет приверженность средиземноморской диете была положительно ассоциирована с результатами кистевой динамометрии и массой скелетных мышц конечностей [95], аналогичные данные получены и в других наблюдательных исследованиях. Однако встречаются и противоречащие этому результаты. Самая высокая степень приверженности этой диетической модели связана с самой низкой вероятностью выявления низкой мышечной силы и саркопении [95]. Вместе с тем интервенционные исследования, подтверждающие эффективность данных стратегий, в настоящий момент отсутствуют.

Еще одно активное развивающееся научно-практическое направление – изучение диетологических вмешательств, позволяющих повлиять на состав микробиоты, для улучшения мышечной массы и функции, а также состава тела у пациентов с саркопенией или СО [74]. Показано, что изменение микробиоты кишечника посредством снижения числа определенных бактерий, фекальной трансплантации и потребления различных пищевых продуктов напрямую влияет на «фенотипы мускулатуры». Про-, пребиотики, короткоцепочечные жирные кислоты и продукты, содержащие бактерии (например, определенные штаммы *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*), рассматриваются как потенциально новые методы лечения для сохранения или увеличения мышечной массы и физической работоспособности. Потенциальные механизмы влияния микробиома на мышцы опосредованы через энергетический обмен, метаболизм белка, липидов и глюкозы, процессы воспаления, функциональное состояние нервно-мышечных соединений и митохондрий [96, 97].

Существует точка зрения, согласно которой роль диетологических вмешательств в коррекции СО не так велика, как роль физических упражнений, но значение питания в улучшении состава тела и силы мышц нельзя недооценивать [98]. Оптимальная терапия СО требует сочетания физических упражнений с диетотерапией [59]. Физическая активность оказывает влияние на патогенетические механизмы как саркопении, так и ожирения, повышая чувствительность к инсулину, уменьшая апоптоз клеток скелетных мышц и выраженность хронического воспаления [99]. Оптимизация физической активности – неотъемлемая часть немедикаментозной терапии СО, однако единый подход к данному вопросу в настоящее время отсутствует. Согласно клиническим рекомендациям по лечению ожирения у взрослых «всем лицам с избыточной массой тела и ожирением показаны регулярные аэробные физические упражнения продолжительностью не менее 150 мин в неделю» с возможным увеличением до 420 мин в неделю [100]. Вместе с тем как наличие саркопенического ожирения, так и пожилой возраст пациентов требуют модификации данного подхода. Всемирная организация здравоохранения рекомендует лицам пожилого возраста еженедельно не менее 150 мин аэробной физической активности умеренной и высокой интенсивности, а также 3 раза в неделю и более многокомпонентной физической активности с включением силовых тренировок умеренной и высокой интенсивности [101].

Большое значение в ситуации лечения пожилого пациента приобретают тренировочные программы с учетом индивидуальных особенностей. Одним из принципов до-

зирования физической активности при саркопении является последовательное возрастание интенсивности упражнений для эффективной адаптации мышц к нагрузкам и снижения риска травм [102].

Заключение

Таким образом, целью лечения СО является увеличение массы мышц на фоне снижения общей и жировой массы тела. С этой целью рекомендовано сбалансированное ограничение калорийности рациона с обеспечением адекватного потребления белка на фоне высокой приверженности соблюдению принципов здорового питания и включение в рацион определенных пищевых продуктов/групп пищевых продуктов с высоким содержанием антиоксидантов (овощей и фруктов).

Результаты многочисленных исследований доказали эффективность дотации ряда пищевых веществ, что способствует оптимизации состава тела и клинко-метаболического статуса у лиц с СО. Специализированные пищевые продукты, содержащие белок, лейцин, обогащенные витамином D и кальцием, рекомендуется широко применять у пожилых пациентов, страдающих СО. Эффективность лечения может повысить обогащение рациона ω -3 ПНЖК и растительными полифенолами.

Очевидно, что питание и диетотерапия играют ключевую роль в профилактике и лечении СО. Однако еще предстоит в полной мере оценить вклад питания в формирование СО, влияние на прогноз, КЖ и изучить долгосрочные эффекты различных диетологических вмешательств, в том числе в составе комплексных программ с включением физических упражнений. Это позволит актуализировать и уточнить рекомендации по питанию для пациентов, страдающих или подверженных риску СО.

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure of interest. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования. Данная работа проводилась в рамках выполнения темы государственного задания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» №FGMF-2025-0003 «Разработка и внедрение инновационных диетологических технологий в системе медицинской реабилитации для пациентов с алиментарно-зависимыми (неинфекционными) заболеваниями».

Funding source. This study was conducted as part of the research for the State Assignment of the Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety No. FGMF-2025-0003, "Development and Implementation of Innovative Dietary Technologies in the Medical Rehabilitation System for Patients with Alimentary-Dependent (non-Infectious) Diseases".

Список сокращений

АК – азелаиновая кислота
 ДГК – докозагексаеновая кислота
 КЖ – качество жизни
 МСМ – масса скелетной мускулатуры
 НКД – низкокалорийная диета
 ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты
 РКИ – рандомизированное контролируемое исследование

СО – саркопеническое ожирение
 ССЗ – сердечно-сосудистое заболевание
 ЭГКГ – эпигаллокатехина галлат
 ЭЗЧ – экстракт зеленого чая
 ЭПК – эйкозапентаеновая кислота
 ВСАА (branched-chain amino acid) – аминокислота с разветвленной цепью

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Donini LM, Busetto L, Bischoff SC, et al. Definition and diagnostic criteria for sarcopenic obesity: ESPEN and EASO Consensus Statement. *Obes Facts*. 2022;15(3):321-35. DOI:10.1159/000521241
- Di Pino A, DeFronzo RA. Insulin resistance and atherosclerosis: Implications for insulin-sensitizing agents. *Endocr Rev*. 2019;40(6):1447-67. DOI:10.1210/er.2018-00141
- Chung GE, Park HE, Lee H, et al. Sarcopenic obesity is significantly associated with coronary artery calcification. *Front Med (Lausanne)*. 2021;8:651961. DOI:10.3389/fmed.2021.651961
- Sato R, Okada K, Akiyama E, et al. Impact of sarcopenic obesity on long-term clinical outcomes after ST-segment elevation myocardial infarction. *Atherosclerosis*. 2021;335:135-41. DOI:10.1016/j.atherosclerosis.2021.08.038
- Yoo JH, Park SW, Jun JE, et al. Relationship between low skeletal muscle mass, sarcopenic obesity and left ventricular diastolic dysfunction in Korean adults. *Diabetes Metab Res Rev*. 2021;37(1):e3363. DOI:10.1002/dmrr.3363
- Farmer RE, Mathur R, Schmidt AF, et al. Associations between measures of sarcopenic obesity and risk of cardiovascular disease and mortality: A cohort study and mendelian randomization analysis using the UK Biobank. *J Am Heart Assoc*. 2019;8(13):e011638. DOI:10.1161/JAHA.118.011638
- Wagenaar CA, Dekker LH, Navis GJ. Prevalence of sarcopenic obesity and sarcopenic overweight in the general population: The lifelines cohort study. *Clin Nutr*. 2021;40(6):4422-9. DOI:10.1016/j.clnu.2021.01.005
- Мисникова И.В., Ковалева Ю.А., Климина Н.А. Саркопеническое ожирение. *Русский медицинский журнал*. 2017;(1):24-9 [Misnikova IV, Kovaleva YuA, Klimina NA. Sarcopenic obesity. *Russian Medical Journal*. 2017;(1):24-9 (in Russian)].
- Purcell SA, Mackenzie M, Barbosa-Silva TG, et al. Prevalence of sarcopenic obesity using different definitions and the relationship with strength and physical performance in the Canadian Longitudinal Study of Aging. *Front Physiol*. 2021;11:583825. DOI:10.3389/fphys.2020.583825
- Gao Q, Mei F, Shang Y, et al. Global prevalence of sarcopenic obesity in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr*. 2021;40(7):4633-41. DOI:10.1016/j.clnu.2021.06.009
- von Haehling S, Anker SD. Treatment of cachexia: An overview of recent developments. *J Am Med Dir Assoc*. 2014;15(12):866-72. DOI:10.1016/j.jamda.2014.09.007
- Lee SJ. Myostatin: A skeletal muscle chalone. *Annu Rev Physiol*. 2023;85:269-91. DOI:10.1146/annurev-physiol-012422-112116
- Cai Z, Liu D, Yang Y, et al. The role and therapeutic potential of stem cells in skeletal muscle in sarcopenia. *Stem Cell Res Ther*. 2022;13(1):28. DOI:10.1186/s13287-022-02706-5
- O'Connell MD, Roberts SA, Srinivas-Shankar U, et al. Do the effects of testosterone on muscle strength, physical function, body composition, and quality of life persist six months after treatment in intermediate-frail and frail elderly men? *J Clin Endocrinol Metab*. 2011;96(2):454-8. DOI:10.1210/jc.2010-1167
- Ng Tang Fui M, Prendergast LA, Dupuis P, et al. Effects of testosterone treatment on body fat and lean mass in obese men on a hypocaloric diet: A randomized controlled trial. *BMC Med*. 2016;14(1):153. DOI:10.1186/s12916-016-0700-9
- Нутрициология и клиническая диетология. Под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020 (Серия «Национальные руководства») [Nutritsiologiya i klinicheskaia dietologiya. Pod red. VA Tutel'iana, DB Nikitiuka. Moscow: GEOTAR-Media, 2020 (Seria «Natsionalnye rukovodstva») (in Russian)].
- О мерах по совершенствованию лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях Российской Федерации: приказ Минздрава России №330 от 05.08.2003. Режим доступа: <https://base.garant.ru/12132439/?ysclid=ma0wd4tag1495515658>. Ссылка активна на 16.01.2025 [O merakh po sovershenstvovaniuu lechebnogo pitaniia v lechebno-
- profilakticheskikh uchrezhdeniakh Rossiiskoi Federatsii: prikaz Minzdrava Rossii No. 330 ot 05.08.2003. Available at: <https://base.garant.ru/12132439/?ysclid=ma0wd4tag1495515658>. Accessed: 16.01.2025 (in Russian)].
- Стародубова А.В., Вараева Ю.Р., Косюра С.Д., Ливанцова Е.Н. Проблемы оптимального питания пациентов пожилого и старческого возраста с коморбидной патологией на фоне ожирения. *Терапевтический архив*. 2019;91(10):19-27 [Starodubova AV, Varaeva YuR, Kosyura SD, Livantsova EN. Problems of optimal nutrition of elderly and senile patients with comorbidities against obesity. *Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.)*. 2019;91(10):19-27 (in Russian)]. DOI:10.26442/00403660.2019.10.000143
- Hita-Contreras F, Bueno-Notivol J, Martínez-Amat A, et al. Effect of exercise alone or combined with dietary supplements on anthropometric and physical performance measures in community-dwelling elderly people with sarcopenic obesity: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Maturitas*. 2018;116:24-35. DOI:10.1016/j.maturitas.2018.07.007
- Bužga M, Pekar M, Uchytíl J, et al. Prevention of sarcopenia in patients with obesity after bariatric and metabolic surgery: The effect of programmed training on the muscle tissue and anthropometric functions – A randomized controlled trial (SarxOb study protocol). *Biomol Biomed*. 2023;23(2):191-7. DOI:10.17305/bjbm.2022.7786
- Morley JE, Argiles JM, Evans WJ, et al. Society for sarcopenia, cachexia, and wasting disease. Nutritional Recommendations for the Management of Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc*. 2010;11(6):391-6. DOI:10.1016/j.jamda.2010.04.014
- Bauer J, Biolo G, Cederholm T, et al. Evidence-based recommendations for optimal dietary protein intake in older people: A position paper from the PROT-AGE Study Group. *J Am Med Dir Assoc*. 2013;14(8):542-59. DOI:10.1016/j.jamda.2013.05.021
- Volkert D, Beck AM, Cederholm T, et al. ESPEN practical guideline: Clinical nutrition and hydration in geriatrics. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2022;41(4):958-89. DOI:10.1016/j.clnu.2022.01.024
- Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации Минздрава России 2.3.1.0253–21. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021 [Normy fiziologicheskikh potrebnosti v energii i pishchevykh veshchestvakh dlia razlichnykh grupp naseleniia Rossiiskoi Federatsii. Metodicheskie rekomendatsii Minzdrava Rossii 2.3.1.0253–21. Moscow: Federal'naia sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelei i blagopoluchia cheloveka, 2021 (in Russian)].
- Jang YJ. The effects of protein and supplements on sarcopenia in human clinical studies: how older adults should consume protein and supplements. *J Microbiol Biotechnol*. 2023;33(2):143-50. DOI:10.4014/jmb.2210.10014
- Kamińska MS, Rachubińska K, Grochans S, et al. The impact of whey protein supplementation on sarcopenia progression among the elderly: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 2023;15(9):2039. DOI:10.3390/nu15092039
- Nunes EA, Colenso-Semple L, McKellar SR, et al. Systematic review and meta-analysis of protein intake to support muscle mass and function in healthy adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022;13(2):795-810. DOI:10.1002/jcsm.12922
- Cheah KJ, Cheah LJ. Benefits and side effects of protein supplementation and exercise in sarcopenic obesity: A scoping review. *Nutr J*. 2023;22(1):52. DOI:10.1186/s12937-023-00880-7
- Martone AM, Marzetti EAO, Calvani R, et al. Exercise and protein intake: a synergistic approach against sarcopenia. *Biomed Res Int*. 2017;2017:2672435. DOI:10.1155/2017/2672435
- Li L, He Y, Jin N, et al. Effects of protein supplementation and exercise on delaying sarcopenia in healthy older individuals in asian and non-asian countries: A systematic review and meta-analysis. *Food Chem X*. 2022;13:100210. DOI:10.1016/j.fochx.2022.100210

31. Nabuco HCG, Tomeleri CM, Fernandes RR, et al. Effect of whey protein supplementation combined with resistance training on body composition, muscular strength, functional capacity, and plasma-metabolism biomarkers in older women with sarcopenic obesity: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Clin Nutr ESPEN*. 2019;32:88-95. DOI:10.1016/j.clnesp.2019.04.007
32. Liao CD, Tsao JY, Wu YT, et al. Effects of protein supplementation combined with resistance exercise on body composition and physical function in older adults: A systematic review and metaanalysis. *Am J Clin Nutr*. 2017;106(4):1078-91. DOI:10.3945/ajcn.116.143594
33. Vliet V, Burd NA, van Loon LJ. The skeletal muscle anabolic response to plant- versus animal-based protein consumption. *J Nutr*. 2015;145(9):1981-91. DOI:10.3945/jn.114.204305
34. Wall BT, Hamer HM, de Lange A, et al. Leucine co-ingestion improves post-prandial muscle protein accretion in elderly men. *Clin Nutr*. 2013;32(3):412-9. DOI:10.1016/j.clnu.2012.09.002
35. Lee SY, Lee HJ, Lim JY. Effects of leucine-rich protein supplements in older adults with sarcopenia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Gerontol Geriatr*. 2022;102:104758. DOI:10.1016/j.archger.2022.104758
36. Gilmartin S, O'Brien N, Giblin LA-O. Whey for sarcopenia: Can whey peptides, hydrolysates or proteins play a beneficial role? *Foods*. 2020;9(6):750. DOI:10.3390/foods9060750
37. Курмаев Д.П., Булгакова С.В., Тренева Е.В., и др. Возможности применения аминокислот с разветвленными боковыми цепями (BCAA) для лечения и профилактики саркопении у пациентов пожилого и старческого возраста (обзор литературы). *Acta Biomedica Scientifica*. 2023;8(3):106-14 [Kurmayev DP, Bulgakova SV, Treneva EV, et al. Possibilities of using branched-chain amino acids for the treatment and prevention of sarcopenia in elderly and old patients (literature review). *Acta Biomedica Scientifica*. 2023;8(3):106-14 (in Russian)]. DOI:10.29413/ABS.2023-8.3.11
38. Cruz B, Oliveira A, Viana LR, et al. Leucine-rich diet modulates the metabolomic and proteomic profile of skeletal muscle during cancer cachexia. *Cancers*. 2020;12(7):1880. DOI:10.3390/cancers12071880
39. Borack MS, Volpi E. Efficacy and safety of leucine supplementation in the elderly. *J Nutr*. 2016;146(12):2625S-9S. DOI:10.3945/jn.116.230771
40. Xu Z-R, Tan Z-J, Zhang Q, et al. The effectiveness of leucine on muscle protein synthesis, lean body mass and leg lean mass accretion in older people: A systematic review and meta-analysis. *Br J Nutr*. 2015;113(1):25-34. DOI:10.1017/S0007114514002475
41. Kim H, Kim M, Kojima N, et al. Exercise and nutritional supplementation on community-dwelling elderly Japanese women with sarcopenic obesity: A randomized controlled trial. *J Am Med Dir Assoc*. 2016;17(11):1011-9. DOI:10.1016/j.jamda.2016.06.016
42. Kemmler W, Kohl M, Freiberger E, et al. Effect of whole-body electromyostimulation and / or protein supplementation on obesity and cardiometabolic risk in older men with sarcopenic obesity: The randomized controlled FranSO trial. *BMC Geriatr*. 2018;18(1):70. DOI:10.1186/s12877-018-0759-6
43. Camajani E, Persichetti A, Watanabe MA-O, et al. Whey protein, L-leucine and vitamin D supplementation for preserving lean mass during a low-calorie diet in sarcopenic obese women. *Nutrients*. 2022;14(9):1884. DOI:10.3390/nu14091884
44. Cereda E, Pisati R, Rondanelli M, Caccialanza R. Whey protein, leucine- and vitamin-D-enriched oral nutritional supplementation for the treatment of sarcopenia. *Nutrients*. 2022;14(7):1524. DOI:10.3390/nu14071524
45. Чехонина Ю.Г., Гаппарова К.М., Ворожко И.В., Сокольников А.А. Оценка эффективности диетотерапии с модификацией белкового компонента у пациентов пожилого возраста с ожирением. *Вопросы диетологии*. 2022;12(4):5-10 [Chekhonina YuG, Gapparova KM, Vorozhko IV, Sokolnikov AA. Evaluation of the effectiveness of diet therapy with protein modification in elderly patients with obesity. *Nutrition*. 2022;12(4):5-10 (in Russian)]. DOI:10.20953/2224-5448-2022-4-5-10
46. Микаелян А.А., Вараева Ю.Р., Лискова Ю.В., и др. Саркопения и хроническая сердечная недостаточность. Часть 2. *Лечебное дело*. 2023;3:42-9 [Mikaelyan AA, Varaeva YuR, Liskova YuV, et al. Sarcopenia and chronic heart failure. Part 2. *Lechebnoe Delo*. 2023;3:42-9 (in Russian)]. DOI:10.24412/2071-5315-2023-12984
47. Soni N, Ross AB, Scheers N, et al. The omega-3 fatty acids EPA and DHA, as a part of a murine high-fat diet, reduced lipid accumulation in brown and white adipose tissues. *Int J Mol Sci*. 2019;20(23):5895. DOI:10.3390/ijms20235895
48. Lee MS, Shin Y, Moon S, et al. Effects of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on mitochondrial DNA replication and PGC-1alpha gene expression in C(2)C(12) muscle cells. *Prev Nutr Food Sci*. 2016;21(4):317-22. DOI:10.3746/pnf.2016.21.4.317
49. Felix-Soriano E, Sainz N, Fernandez-Galilea M, et al. Chronic docosahexaenoic acid supplementation improves metabolic plasticity in subcutaneous adipose tissue of aged obese female mice. *J Nutr Biochem*. 2023;111:109153. DOI:10.1016/j.jnutbio.2022.109153
50. Ochi E, Tsuchiya Y. Eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) in muscle damage and function. *Nutrients*. 2018;10(5):552. DOI:10.3390/nu10050552
51. Castellero E, Martin AI, Lopez-Menduina M, et al. Eicosapentaenoic acid attenuates arthritis-induced muscle wasting acting on atrogen-1 and on myogenic regulatory factors. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2009;297(5):R1322-31. DOI:10.1152/ajpregu.00388.2009
52. LeMieux MJ, Kalupahana NS, Scoggin S, Moustaid-Moussa N. Eicosapentaenoic acid reduces adipocyte hypertrophy and inflammation in diet-induced obese mice in an adiposity-independent manner. *J Nutr*. 2015;145(3):411-7. DOI:10.3945/jn.114.202952
53. Thach TT, Wu C, Hwang K, Lee SJ. Azelaic acid induces mitochondrial biogenesis in skeletal muscle by activation of olfactory receptor 544. *Front Physiol*. 2020;11:329. DOI:10.3389/fphys.2020.00329
54. Ukropec J, Reseland JE, Gašperiková D, et al. The hypotriglyceridemic effect of dietary n-3 FA is associated with increased-oxidation and reduced leptin expression. *Lipids*. 2003;38(10):1023-9. DOI:10.1007/s11745-006-1156-z
55. Yang W, Lee JW, Kim Y, et al. Increased omega-3 fatty acid intake is inversely associated with sarcopenic obesity in women but not in men, based on the 2014-2018 Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *J Clin Med*. 2020;9(12):3856. DOI:10.3390/jcm9123856
56. Cipriani C, Pepe J, Piemonte S, et al. Vitamin D and its relationship with obesity and muscle. *Int J Endocrinol*. 2014;2014:841248. DOI:10.1155/2014/841248
57. de Brito Galvao JF, Nagode LA, Schenck PA, Chew DJ. Calcitriol, calcidiol, parathyroid hormone, and fibroblast growth factor-23 interactions in chronic kidney disease. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2013;23(2):134-62. DOI:10.1111/vec.12036
58. Khundmiri SJ, Murray RD, Lederer E. PTH and Vitamin D. *Compr Physiol*. 2016;6(2):561-601. DOI:10.1002/cphy.c140071
59. Kim YC, Ki SW, Kim H, et al. Recent advances in nutraceuticals for the treatment of sarcopenic obesity. *Nutrients*. 2023;15(17):3854. DOI:10.3390/nu15173854
60. Di Filippo L, De Lorenzo R, Giustina A, et al. Vitamin D in osteosarcopenic obesity. *Nutrients*. 2022;14(9):1816. DOI:10.3390/nu14091816
61. Hassan-Smith ZK, Jenkinson C, Smith DJ, et al. 25-hydroxyvitamin D₃ and 1,25-dihydroxyvitamin D₃ exert distinct effects on human skeletal muscle function and gene expression. *PLoS One*. 2017;12(2):e0170665. DOI:10.1371/journal.pone.0170665
62. Prokopidis K, Giannos P, Katsikas Triantafyllidis K, et al. Effect of vitamin D monotherapy on indices of sarcopenia in community-dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022;13(3):1642-52. DOI:10.1002/jcsm.12976
63. Gkekas NK, Anagnostis P, Paraschou V, et al. The effect of vitamin D plus protein supplementation on sarcopenia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Maturitas*. 2021;145:56-63. DOI:10.1016/j.maturitas.2021.01.002
64. Giustina A, Bouillon R, Dawson-Hughes B, et al. Vitamin D in the older population: A consensus statement. *Endocrine*. 2023;79(1):31-44. DOI:10.1007/s12020-022-03208-3
65. Rønning SB, Pedersen ME, Berg RS, et al. Vitamin K2 improves proliferation and migration of bovine skeletal muscle cells in vitro. *PLoS One*. 2018;13(4):e0195432. DOI:10.1371/journal.pone.0195432
66. Tieland M, Trouwborst I, Clark BC. Skeletal muscle performance and ageing. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2018;9(1):3-19. DOI:10.1002/jcsm.12238
67. Kirk B, Zanker J, Duque G. Osteosarcopenia: Epidemiology, diagnosis, and treatment-facts and numbers. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2020;11(3):609-18. DOI:10.1002/jcsm.12567
68. van Dronkelaar C, van Velzen A, Abdelrazek M, et al. Minerals and sarcopenia: The role of calcium, iron, magnesium, phosphorus, potassium, selenium, sodium, and zinc on muscle mass, muscle strength, and physical performance in older adults: A systematic review. *J Am Med Dir Assoc*. 2018;19(1):6-11.e3. DOI:10.1016/j.jamda.2017.05.026
69. Welch AA, Kelaiditi E, Jennings A, et al. Dietary magnesium is positively associated with skeletal muscle power and indices of muscle mass and may attenuate the association between circulating C-reactive protein and muscle mass in Women. *J Bone Miner Res*. 2016;31(2):317-25. DOI:10.1002/jbmr.2692
70. Petermann-Rocha F, Chen M, Gray SR, et al. Factors associated with sarcopenia: A cross-sectional analysis using UK Biobank. *Maturitas*. 2020;133:60-7. DOI:10.1016/j.maturitas.2020.01.004

71. Abiri B, Hosseinpanah F, Seifi Z, et al. The implication of nutrition on the prevention and improvement of age-related sarcopenic obesity: A systematic review. *J Nutr Health Aging*. 2023;27(10):842-52. DOI:10.1007/s12603-023-1986-x
72. Son J, Yu Q, Seo JS. Sarcopenic obesity can be negatively associated with active physical activity and adequate intake of some nutrients in Korean elderly: Findings from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (2008–2011). *Nutr Res Pract*. 2019;13(1):47-57. DOI:10.4162/nrp.2019.13.1.47
73. Semba RD, Blum C, Guralnik JM, et al. Carotenoid and vitamin E status are associated with indicators of sarcopenia among older women living in the community. *Aging Clin Exp Res*. 2003;15(6):482-7. DOI:10.1007/BF03327377
74. Cailleaux PE, Déchelotte P, Coëffier M. Novel dietary strategies to manage sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2024;27(3):234-43. DOI:10.1097/MCO.0000000000001023
75. Chen H, Wu D, Chen Y, et al. Association between the composite dietary antioxidant index and sarcopenia among United States adults: A cross-sectional study. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2025;49(1):103-11. DOI:10.1002/jpen.2697
76. Alway SE, Bennett BT, Wilson JC, et al. Green tea extract attenuates muscle loss and improves muscle function during disuse, but fails to improve muscle recovery following unloading in aged rats. *J Appl Physiol (1985)*. 2015;118(3):319-30. DOI:10.1152/jappphysiol.00674.2014
77. da Silva W, Machado AS, Souza MA, et al. Effect of green tea extract supplementation on exercise-induced delayed onset muscle soreness and muscular damage. *Physiol Behav*. 2018;194:77-82. DOI:10.1016/j.physbeh.2018.05.006
78. Ueda-Wakagi M, Hayashibara K, Nagano T, et al. Epigallocatechin gallate induces GLUT4 translocation in skeletal muscle through both PI3K- and AMPK-dependent pathways. *Food Funct*. 2018;9(8):4223-33. DOI:10.1039/c8fo00807h
79. Casanova E, Salvado J, Crescenti A, Gibert-Ramos A. Epigallocatechin gallate modulates muscle homeostasis in type 2 diabetes and obesity by targeting energetic and redox pathways: A narrative review. *Int J Mol Sci*. 2019;20(3):532. DOI:10.3390/ijms20030532
80. Bagheri R, Rashidlamir A, Ashtary-Larky D, et al. Effects of green tea extract supplementation and endurance training on irisin, pro-inflammatory cytokines, and adiponectin concentrations in overweight middle-aged men. *Eur J Appl Physiol*. 2020;120(4):915-23. DOI:10.1007/s00421-020-04332-6
81. Sabarathinam S, Rajappan Chandra SK, Satheesh S. Network pharmacology based pharmacokinetic assessment and evaluation of the therapeutic potential of catechin derivatives as a potential myostatin inhibitor: A special view on Sarcopenic Obesity. *Nat Prod Res*. 2023;38(5):856-60. DOI:10.1080/14786419.2023.2191197
82. Mafi F, Biglari S, Ghardashi Afousi A, Gaeini AA. Improvement in Skeletal Muscle Strength and Plasma Levels of Follistatin and Myostatin Induced by an 8-Week Resistance Training and Epicatechin Supplementation in Sarcopenic Older Adults. *J Aging Phys Act*. 2019;27(3):384-91. DOI:10.1123/japa.2017-0389
83. Sepulveda PV, Lamon S, Hagg A, et al. Evaluation of follistatin as a therapeutic in models of skeletal muscle atrophy associated with denervation and tenotomy. *Sci Rep*. 2015;5:17535. DOI:10.1038/srep17535
84. Liu HW, Chen YJ, Chang YC, Chang SJ. Oligonol, a low-molecularweight polyphenol derived from lychee, alleviates muscle loss in diabetes by suppressing atrogen-1 and MuRF1. *Nutrients*. 2017;9(9):1040. DOI:10.3390/nu9091040
85. Chang YC, Chen YT, Liu HW, et al. Oligonol alleviates sarcopenia by regulation of signaling pathways involved in protein turnover and mitochondrial quality. *Mol Nutr Food Res*. 2019;63(10):e1801102. DOI:10.1002/mnfr.201801102
86. Bahijri SM, Ajabnoor G, Hegazy GA, et al. Supplementation with oligonol, prevents weight gain and improves lipid profile in overweight and obese Saudi females. *Curr Nutr Food Sci*. 2018;14(2):164-70. DOI:10.2174/1573401313666170609101408
87. Kim JH, Lee H, Kim JM, et al. Effect of oligonol, a lychee-derived polyphenol, on skeletal muscle in ovariectomized rats by regulating body composition, protein turnover, and mitochondrial quality signaling. *Food Sci Nutr*. 2022;10(4):1184-94. DOI:10.1002/fsn3.2750
88. Yahyazadeh, R, Ghasemzadeh Rahbardo M, Razavi BM, et al. The effect of *Elettaria cardamomum* (cardamom) on the metabolic syndrome: Narrative review. *Iran J Basic Med Sci*. 2021;24(11):1462-9. DOI:10.22038/IJBMS.2021.54417.12228
89. Daneshi-Maskooni M, Keshavarz SA, Qorbani M, et al. Green cardamom supplementation improves serum irisin, glucose indices, and lipid profiles in overweight or obese non-alcoholic fatty liver disease patients: A double-blind randomized placebo-controlled clinical trial. *BMC Complement Altern Med*. 2019;19(1):59. DOI:10.1186/s12906-019-2465-0
90. Sousa GM, Cazarin CBB, Marostica Junior MR, et al. The effect of alpha-terpineol enantiomers on biomarkers of rats fed a high-fat diet. *Heliyon*. 2020;6(4):e03752. DOI:10.1016/j.heliyon.2020.e03752
91. Soundharajan I, Kim DH, Srisesharam S, et al. Limonene promotes osteoblast differentiation and 2-deoxy-d-glucose uptake through p38MAPK and Akt signaling pathways in C2C12 skeletal muscle cells. *Phytomedicine*. 2018;45:41-8. DOI:10.1016/j.phymed.2018.03.019
92. Santos MMB, Filho LFS, De Souza JB, et al. Topical application of (S)-(-)-limonene is as effective as phonophoresis for improving oxidative parameters of injured skeletal muscle in rats. *Naunyn Schmiedeberg's Arch Pharmacol*. 2020;393(12):2293-300. DOI:10.1007/s00210-020-01941-y
93. Kim J, Lee Y, Kye S, et al. Association of vegetables and fruits consumption with sarcopenia in older adults: The Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Age Ageing*. 2015;44(1):96-102. DOI:10.1093/ageing/afu028
94. Hong SH, Bae YJ. Association of dietary vegetable and fruit consumption with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 2024;16(11):1707. DOI:10.3390/nu16111707
95. Mazza E, Ferro Y, Maurotti S, et al. Association of dietary patterns with sarcopenia in adults aged 50 years and older. *Eur J Nutr*. 2024;63(5):1651-62. DOI:10.1007/s00394-024-03370-6
96. Liu C, Cheung WH, Li J, et al. Understanding the gut microbiota and sarcopenia: A systematic review. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2021;12(6):1393-407. DOI:10.1002/jcsm.12784
97. Bilski J, Pierzchalski P, Szczepanik M, et al. Multifactorial mechanism of sarcopenia and sarcopenic obesity. Role of physical exercise, microbiota and myokines. *Cells*. 2022;11(1):160. DOI:10.3390/cells11010160
98. Xu J, Hu Q, Li J, et al. Effects of non-pharmacological interventions on patients with sarcopenic obesity: A meta-analysis. *PLoS One*. 2023;18(8):e0290085. DOI:10.1371/journal.pone.0290085
99. Alizadeh Pahlavani H. Exercise therapy for people with sarcopenic obesity: Myokines and adipokines as effective actors. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2022;13:811751. DOI:10.3389/fendo.2022.811751
100. Ожирение. Клинические рекомендации. 2024. Режим доступа: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/28_3. Ссылка активна на 16.01.2025 [Ozhirenije. Klinicheskie rekomendatsii. 2024. Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/28_3. Accessed: 16.01.2025 (in Russian)].
101. Рекомендации ВОЗ по вопросам физической активности и малоподвижного образа жизни. Краткий обзор. Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2021 [Rekomendatsii VOZ po voprosam fizicheskoi aktivnosti i malopodvizhnogo obraza zhizni. Kratkii obzor. Zheneva: Vsemirnaia organizatsiia zdavookhraneniia, 2021 (in Russian)].
102. Поленова Н.В., Вараева Ю.Р., Погонченкова И.В., и др. Физическая активность при саркопении: реабилитационные подходы в профилактике и лечении возрастной патологии мышечной ткани. *Вопросы куртологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2023;100(2):52-60 [Polenova NV, Varaeva YuR, Pogonchenkova IV, et al. Physical activity in sarcopenia: Rehabilitation approaches in prevention and treatment of age-related muscle disorders. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2023;100(2):52-60 (in Russian)]. DOI:10.17116/kurort202310002152

Статья поступила в редакцию / The article received: 03.02.2025



OMNIDOCTOR.RU