

Гидролизат коллагена и его влияние на углеводный обмен и состав тела у женщин с избыточной массой и ожирением: результаты клинического наблюдения.

Авторы: Голодников И.И.¹, Пьяных О.П.², Артемьева И.А.³, Артемьев С.А.³

¹ Клиника КСМТ Креде Эксперто, 109004, Москва, Российская Федерация,

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 125993, г. Москва, Российская Федерация

Клиника Nadassah Medical Moscow – официальный филиал израильского госпиталя Nadassah, 121205, г. Москва, Российская Федерация.

³ Компания производитель ООО «ПЕРВЫЙ ЖИВОЙ КОЛЛАГЕН» 127055, Москва, Российская Федерация

Сведения об авторах:

Голодников Иван Иванович (Ivan I. Golodnikov) – врач-эндокринолог клиники КСМТ Креде Эксперто. Москва, Российская Федерация. E-mail: ivan@eigol.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0935-9004>

Пьяных Ольга Павловна (Olga P. Pyanykh) – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры эндокринологии, ученый секретарь сетевой кафедры ЮНЕСКО по теме «Биоэтика сахарного диабета как глобальная проблема» ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, врач-эндокринолог, диетолог, сомнолог клиники Nadassah Medical Moscow, Москва, Российская Федерация. E-mail: doctor.olga.p@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-5801-0023>

Артемьева Ирина Александровна (Irina A. Artemyeva) - креативный директор ООО ПЕРВЫЙ ЖИВОЙ КОЛЛАГЕН. Москва, Российская Федерация. E-mail: info@collagen-pmt.shop

Артемьев Сергей Александрович (Sergey A. Artemyev) - генеральный директор ООО ПЕРВЫЙ ЖИВОЙ КОЛЛАГЕН. Москва, Российская Федерация E-mail: info@collagen-pmt.shop

Абстракт

Введение

Ожирение и метаболический синдром являются серьезными проблемами здравоохранения, способствующими развитию инсулинорезистентности и сахарного диабета 2 типа. Поиск эффективных методов снижения веса и коррекции инсулинорезистентности остается актуальной задачей современной медицины.

Цель

Оценить влияние гидролизата коллагена на углеводный обмен, инсулинорезистентность и состав тела у женщин с избыточной массой тела и ожирением первой степени.

Материалы и методы

В исследование были включены 20 женщин в возрасте от 35 до 55 лет, разделенных на 2 группы: (1) с нормальной массой тела (n=5) и (2) с избыточной массой тела или ожирением первой степени (n=15). Все участники ежедневно в течение 3 месяцев принимали по 30 грамм гидролизата коллагена бренда Первый Живой Коллаген за 30 минут до завтрака натощак. Проводился биоимпедансный анализ состава тела, а также определяли уровень глюкозы, инсулина и гликированного гемоглобина натощак. Индекс НОМА использовался для оценки инсулинорезистентности.

Результаты

Во 2 группе с ожирением и избыточной массой тела через 3 месяца отмечено статистически значимое снижение жировой массы с 28,8 [26,9; 36,2] до 23,7 [23,3; 36,65] кг; $P=0,001$) и улучшение показателей инсулинорезистентности. Индекс НОМА уменьшился с 2,47 [1,89; 2,85] до 1,63 [1,32; 2,05] ($P=0,012$). В группе 1 с нормальной массой тела отмечена тенденция к снижению количества жировой массы ($P>0,05$).

Заключение

Применение гидролизата коллагена бренда Первый Живой Коллаген у женщин с избыточной массой тела и ожирением способствует снижению жировой массы и улучшению показателей инсулинорезистентности. Гидролизат коллагена может быть рекомендован как дополнение в комплексной терапии для коррекции метаболических нарушений и массы тела.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Источник финансирования – компания «ПЕРВЫЙ ЖИВОЙ КОЛЛАГЕН».

Ключевые слова

гидролизат коллагена, инсулинорезистентность, углеводный обмен, биоимпедансный анализ, индекс НОМА, состав тела, ожирение, избыточная масса тела

Abstract

Introduction

Obesity and metabolic syndrome represent significant public health challenges, contributing to the development of insulin resistance and type 2 diabetes. The search for effective methods of weight loss and correction of insulin resistance remains a critical objective in modern medicine.

Objective

To evaluate the impact of collagen hydrolysate on carbohydrate metabolism, insulin resistance, and body composition in women with overweight and grade 1 obesity.

Materials and Methods

The study included 20 women aged 35 to 55 years, divided into two groups: (1) women with normal body weight (n=5) and (2) women with overweight or grade 1 obesity (n=15). All participants consumed 30 grams of collagen hydrolysate (brand: "PERVYY ZHIVYOY KOLLAGEN") daily for 3 months, 30 minutes before breakfast on an empty stomach. Body composition was assessed using bioimpedance analysis, and fasting glucose, insulin, and glycated hemoglobin levels were measured. The HOMA index was used to evaluate insulin resistance.

Results

In group 2 (overweight and obesity), a statistically significant reduction in fat mass was observed after 3 months, decreasing from 28.8 [26.9; 36.2] kg to 23.7 [23.3; 36.65] kg (P=0.001), along with an improvement in insulin resistance indicators. The HOMA index decreased from 2.47 [1.89; 2.85] to 1.63 [1.32; 2.05] (P=0.012). In group 1 (normal body weight), a trend towards a reduction in fat mass was observed (P>0.05).

Conclusion

The use of collagen hydrolysate (brand: PERVYY ZHIVYOY KOLLAGEN) in women with overweight and obesity promotes fat mass reduction and improves insulin resistance indicators. Collagen hydrolysate can be recommended as a supplement in comprehensive therapy for correcting metabolic disorders and body weight.

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Funding: The study was funded by the company "PERVYY ZHIVYOY KOLLAGEN"

Keywords

collagen hydrolysate, insulin resistance, carbohydrate metabolism, bioimpedance analysis, HOMA index, body composition, obesity, overweight

Введение

Ожирение и метаболический синдром представляют собой одну из наиболее острых проблем современного здравоохранения. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), с 1975 по 2016 год число людей, страдающих ожирением, увеличилось более чем втрое [1, 2]. Одной из ключевых проблем, связанных с ожирением, является инсулинорезистентность — состояние, при котором клетки организма утрачивают способность адекватно реагировать на инсулин. Это приводит к повышению уровня глюкозы в крови, гиперинсулинемии и, в конечном итоге, к развитию сахарного диабета 2 типа (СД) [3]. Наличие ожирения или избыточной массы тела, является основным фактором, способствующим развитию инсулинорезистентности. Золотым стандартом для измерения инсулинорезистентности является метод гиперинсулинемического-эугликемического клэмп-исследования, однако этот метод исследования имеет ограниченное клиническое применение ввиду сложности его проведения. Наибольшее распространение для оценки инсулинорезистентности получили методы НОМА-IR, НОМА2, QUIСKI и соотношение триглицеридов/ЛПВП.

Среди них наиболее удобным является индекс НОМА (Homeostatic Model Assessment). Этот индекс рассчитывается на основе простых лабораторных показателей — уровня глюкозы и инсулина в крови натощак, что делает его доступным и легко применимым в клинической практике. Удобство использования индекса НОМА заключается в его простоте и отсутствии необходимости в сложных и дорогостоящих исследованиях [4].

Коррекция веса за счет ограничения калорийности пищи повышения уровня физической активности является ключевым методом профилактики инсулинорезистентности, так как снижение массы тела приводит к улучшению чувствительности к инсулину и снижению риска развития СД [5]. Потеря 5% массы тела показала улучшение функции β -клеток поджелудочной железы и повышение чувствительности печени и скелетных мышц к инсулину, при этом более значительная потеря веса приводит к постепенному улучшению ключевых нарушений в жировой ткани [6].

Ни одно лекарство не одобрено специально для лечения инсулинорезистентности. Однако такие медицинские препараты для лечения сахарного диабета, как метформин и тиазолидиндионы, являются сенситизаторами инсулина, которые снижают уровень глюкозы в крови, по крайней мере частично, за счет снижения резистентности к инсулину [7].

В последние годы ведутся исследования, направленные на поиск новых методов лечения и профилактики инсулинорезистентности. Одним из перспективных направлений является применение нутриентной поддержки, например, добавление к основному рациону, гидролизата коллагена. В одной из работ изучали влияние коллагеновых пептидов на обмен глюкозы у мышей с сахарным диабетом 2 типа. Было показано, что применение коллагеновых пептидов улучшает показатели глюкозы, инсулина и инсулинорезистентности, а также снижает воспаление и окислительный стресс [8].

Сходные данные были получены в Китае у пациентов с сахарным диабетом 2 типа и гипертонической болезнью. По сравнению с контрольной группой у пациентов значительно снизился уровень глюкозы в крови натощак, HbA1c, диастолического артериального давления, среднего артериального давления, а также было выявлено снижение инсулинорезистентности на фоне приема пептидов коллагена [9].

Биоимпедансный анализ и индекс НОМА были выбраны в качестве основных методов исследования влияния гидролизата коллагена на инсулинорезистентность и параметры состава тела. Биоимпедансный анализ предоставляет возможность точно и неинвазивно оценить изменения в композитном составе тела. Это позволяет объективно отслеживать эффект гидролизата коллагена на метаболические процессы и состав тканей. Индекс НОМА, основанный на лабораторных показателях глюкозы и инсулина натощак, служит удобным и доступным инструментом для оценки степени инсулинорезистентности [10]. Выбор этих методов обусловлен их практичностью, доступностью и информативностью для комплексной оценки метаболических и физиологических изменений.

Цель: оценить влияние гидролизата коллагена на углеводный обмен, инсулинорезистентность и состав тела у женщин с избыточной массой тела и ожирением первой степени.

Материалы и методы

Исследование было одноцентровым, неконтролируемым, динамическим.

Набор и наблюдение пациентов осуществлялись в период с 1 апреля по 4 сентября 2024 года. В наблюдение было включено 20 человек разделенных на 2 группы в зависимости от ИМТ: пациенты с нормальной массой (группа 1) тела N=5, возраст 38 [36; 51,5] лет, ИМТ 20,6 [19,35; 24,1] кг/м², а также 2 группа, которая включала одновременно пациентов с избыточной массой (N=10) и ожирением 1 степени (5 человек), возраст 42 [39; 47] лет, ИМТ 28,5 [27,1; 30,5] кг/м². Данные указаны в формате Медиана [25-й; 75-й перцентиль].

Критериями включения были: возраст от 35 до 55 лет, женский пол, индекс массы тела от 18,5 до 34,99 кг/м²

Критерии исключения: заболевания поджелудочной железы или перенесенные ранее хирургические вмешательства на поджелудочной железе (панкреонекроз, хронический панкреатит, рак головки/тела/хвоста поджелудочной железы), наличие установленного сахарного диабета и других нарушений углеводного обмена («преддиабет» и другие), прием иммуносупрессивной терапии в течение предыдущего года.

Для оценки влияния гидролизата коллагена бренда Первый Живой Коллаген на углеводный обмен, инсулинорезистентность и состав тела пациенты в течение 3 месяцев ежедневно за 30 минут до завтра натощак принимали его по 30 грамм (2 столовые ложки). В состав данного биокомплекса входит коллаген I, II и III типов, эластин аминокислоты (глицин, аланин, валин, лейцин, изолейцин, оксипролин, серин, треонин, пролин, метионин, аспарагиновую, глутаминовую, γ -аминомасляную кислоты, лизин, оксилизин, аргинин, гистидин, тирозин, фенилаланин), макроэлементы (кальций, калий, натрий,

магний), микроэлементы (цинк, железо, медь, алюминий, никель), жирные кислоты (пальмитиновую, стеариновую, олеиновую, линоленовую, линолевую). При изготовлении Живого Коллагена температура не поднимается выше 59 °С, и он не подвергается лиофилизации. Благодаря этому сохраняются структуры коротких пептидных цепочек и тройная спираль вещества. Гидролизат коллагена бренда Первый Живой Коллаген производится из экологически чистого сырья птицы, выращенной без антибиотиков; это обеспечивает ему низкую иммуногенность и хорошую биосовместимость [11].

Все пациенты были обследованы согласно единой схеме: на первом визите у пациентов были определены критерии включения и исключения, собраны жалобы, а также проведен биоимпедансный анализ состава тела (АВС-01 «Медасс»), определены уровни глюкозы, инсулина и гликированного гемоглобина натощак, на втором визите через 43±2 дня определялось отсутствие побочных эффектов, динамика снижения веса, на 3 визите через 46±2 дня проведено заключительное определение состава тела и лабораторных данных. Основной причиной обращения во 2 группе была жалоба на избыточный вес, в 1 группу с нормальным ИМТ были включены здоровые добровольцы, схема 1. Помимо приема коллагена всем участникам исследования было рекомендовано расширить физическую активность минимум до 150 минут в неделю.



Схема 1. Дизайн исследования.

Распределение пациентов на группы по ИМТ было осуществлено согласно критериям Всемирной Организации здравоохранения (ВОЗ): нормальная масса тела 18,50 – 24,99, избыточная масса тела ≥ 25 , ожирение ≥ 30 34,99 кг/м² [12].

Индекс НОМА рассчитывали по формуле (глюкоза (ммоль/л)*инсулин (мкЕд/мл))/22,5.

Для каждой характеристики и критерия были определены следующие статистические параметры: Медиана - число, разделяющее выборку на две равные части; 25 и 75 процентиля: показатели, характеризующие распределение данных.

Статистический анализ: для анализа данных использовалась программа IBM SPSS Statistics 23.0 (IBM, США).

Результаты

Жировая масса

На основе данных БИА были получены данные о количестве жировой ткани в организме пациентов, так оценка ИМТ у некоторых категорий людей (профессиональные спортсмены, бодибилдеры) может дать ложные данные о наличии ожирения/избыточной массы тела, так как их масса обусловлена не жировой тканью, а мышечной. Полученные данные о количестве жировой ткани подтвердили достоверность отнесения пациентов к 1 и 2 группе на основе ИМТ, таблица 1. Во 2 группе пациентов с ожирением и избыточной массой жировая масса занимала практически 40% от всей массы тела.

Показатели	Нормальная масса, N = 5, 1 группа	Избыточная масса + ожирение 1 ст. N = 15, 2 группа	P-значение ²
Возраст, лет	38 [36; 51,5] ¹	42 [39; 47]	0,497
ИМТ, кг/м ²	20,6 [19,35; 24,1]	28,5 [27,1; 30,5]	<0,001
Доля ЖМ, %	26,6 [21,9; 32,8]	37,6 [36,4; 45,3]	<0,001

Таблица 1. Основные характеристики полученной группы.

¹ Медиана [25-й; 75-й процентиль]

² Критерий Манна-Уитни

Во время наблюдения пациентов во 2 группе зафиксировано достоверное *снижение количества жировой ткани* в среднем на $2,8 \pm 0,57$ кг за 3 месяца, медианы динамики количества жировой массы представлены в таблице 2, рис. 1. В 1 группе здоровых добровольцев также выявлена тенденция к снижению жировой массы от 17,6 [11,8; 20] кг на первом визите до 15,9 [12,4; 20,9] кг через 3 месяца, однако статистическая значимость не получена (P= 0,819).

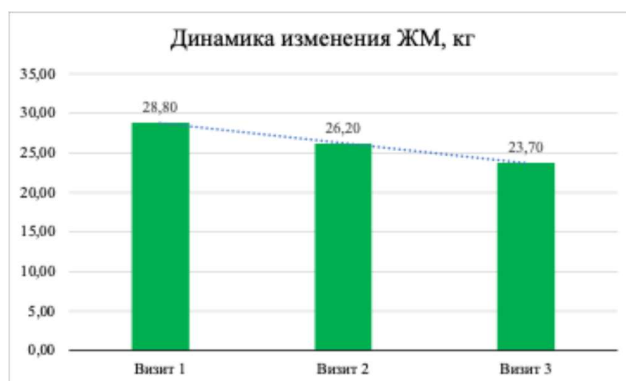


Рисунок 1. Динамика изменения жировой массы в группе 2 с избыточной массой и ожирением.

Таблица 2. Динамика количества жировой ткани по данным БИА.

Показатели	ЖМ, кг, 0 точка	ЖМ, 1,5 месяца	ЖМ, 3 месяца	P-значение
Избыточная масса + ожирение 1 ст.	28,8 [26,9; 36,2]	26,2 [24; 36,3]	23,7 [23,3; 36,65]	0,001 ¹

¹ Критерий Фридмана

Углеводный обмен

На каждом из 3 визитов у пациентов был определен уровень глюкозы, гликированного гемоглобина и инсулина. Для оценки инсулинорезистентности был использован индекс НОМА, основанный на уровне глюкозы и инсулина.

С 1 по 3 визит во 2 группе выявлено статистически значимое *снижение уровня инсулина* с 10,5 [8,74; 12,59] на 1 визите до 8,36 [7,47; 10,58] на 2 визите и до 7,43 [6,38; 8,69] мкЕд/мл на 3 визите, $P=0,007$. Также выявлено *снижение индекса НОМА* с 2,47 [1,89; 2,85] на 1 визите до 1,63 [1,32; 2,05] на 3 визите, $P=0,012$. В группе 1 здоровых добровольцев уровень инсулина и индекс НОМА за период наблюдения статистически значимо не изменились, ввиду исходных значений на низком уровне. Индекс НОМА в 1 группе на 1 визите 1,1 [0,86; 1,25], на 2 визите 1 [0,75; 1,4] и на 3 визите 0,97 [0,9; 1,1], таб. 3 и 4, рис. 2.

Эти данные согласуются с полученными данными по снижению количества жировой ткани, так как именно она вносит наибольший вклад в развитие инсулинорезистентности. При этом нежелательных побочных эффектов, связанных с приемом гидролизата коллагена бренда Первый Живой Коллаген, выявлено не было. Уровень HbA1c остался на одном уровне, исходно 5,5 [5,3; 5,6]% и 5,4 [5,3; 5,5] % на 3 визите во 2 группе, в 1 группе 5,2 [5,2; 5,3] на 1 визите и 5,1 [5,1; 5,38] на 3 визите, статистической значимой разницы не выявлено.

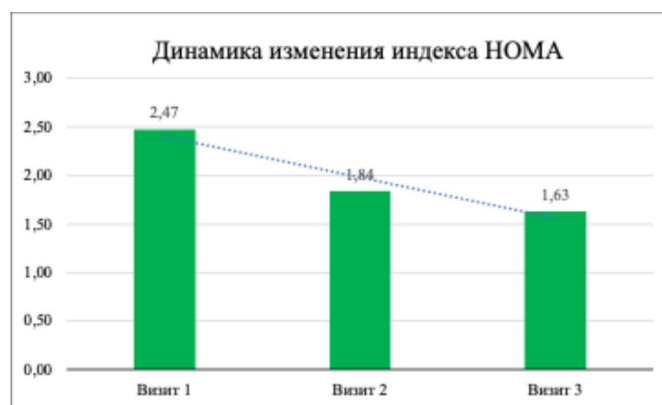


Рис. 2 Динамика изменения индекса НОМА.

Таблица 4. Динамика индекса НОМА

Показатели	Индекс НОМА 0 точка	Индекс НОМА, 1,5 месяца	Индекс НОМА, 3 месяца	P-значение
Норма, 1 группа	1,1 [0,86; 1,25]	1 [0,75; 1,4]	0,97 [0,9; 1,1]	0,174
Избыточная масса + ожирение 1 ст., 2 группа	2,47 [1,89; 2,85]	1,84 [1,71; 2,45]	1,63 [1,32; 2,05]	0,012

Обсуждение

Результаты нашего исследования продемонстрировали положительное влияние гидролизата коллагена бренда Первый Живой Коллаген на углеводный обмен и состав тела у женщин с избыточной массой и ожирением. В течение трех месяцев ежедневного приема препарата наблюдалось достоверное снижение жировой массы и улучшение показателей инсулинорезистентности, что свидетельствует о потенциале данного биокомплекса в профилактике и коррекции метаболических нарушений, связанных с ожирением.

Снижение жировой массы во 2 группе было значимым и составило в среднем $2,8 \pm 0,57$ кг за три месяца. Это согласуется с данными литературы, где показано, что уменьшение массы тела даже на 5% может существенно улучшить чувствительность к инсулину и снизить риск развития сахарного диабета 2 типа. Наши результаты подтверждают возможность использования гидролизата коллагена бренда Первый Живой Коллаген как эффективного дополнения к традиционным методам коррекции веса.

Значимое снижение уровня инсулина и индекса НОМА во 2 группе указывает на улучшение чувствительности к инсулину. Индекс НОМА снизился с 2,47 [1,89; 2,85] до 1,63 [1,32; 2,05], что является существенным показателем в контексте профилактики метаболических нарушений. Это особенно важно, учитывая роль инсулинорезистентности в развитии метаболического синдрома и сахарного диабета 2 типа.

Механизмы положительного влияния гидролизата коллагена бренда Первый Живой Коллаген могут быть связаны с его богатым аминокислотным составом и наличием биоактивных пептидов. Ранее проведенные исследования показали, что коллагеновые пептиды способны улучшать обмен глюкозы, снижать воспаление и окислительный стресс. Кроме того, присутствие в биокомплексе микро- и макроэлементов может оказывать дополнительное благотворное влияние на метаболические процессы.

Важно отметить, что прием гидролизата коллагена бренда Первый Живой Коллаген не сопровождался нежелательными побочными эффектами, что свидетельствует о его безопасности и хорошей переносимости. Это делает его привлекательным для долгосрочного применения в комплексной терапии пациентов с избыточной массой тела и ожирением.

Ограничением нашего исследования является относительно небольшой размер выборки и отсутствие контрольной группы плацебо. Однако полученные данные являются обнадеживающими и указывают на необходимость дальнейших масштабных исследований для подтверждения эффективности.

Таким образом, результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что гидролизат коллагена бренда Первый Живой Коллаген может быть рекомендован в качестве дополнения к стандартным методам коррекции веса и профилактики инсулинорезистентности у женщин с избыточной массой тела и ожирением. Его применение в сочетании с увеличением физической активности и рациональным питанием может улучшить метаболические показатели и снизить риск развития сахарного диабета 2 типа.

Заключение

Результаты нашего исследования показали, что гидролизат коллагена бренда Первый Живой Коллаген оказывает положительное влияние на углеводный обмен и снижает инсулинорезистентность у женщин с избыточной массой тела и ожирением первой степени. Его применение также способствует снижению жировой массы в составе комплексной терапии и изменению образа жизни у лиц с избыточной массой или ожирением.

Список литературы:

1. Всемирная Организация Здравоохранения. Ожирение и избыточный вес
Официальный сайт. Дата обращения: 23.04.2020. Доступно адресу:
<https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
2. Mozumdar A., Liguori G. Persistent increase of prevalence of metabolic syndrome
among U.S. adults: NHANES III to NHANES 1999-2006 // *Diabetes Care*. 2011. V. 34,
№ 1. P. 216-219.
3. Galicia-Garcia U., et al. Pathophysiology of Type 2 Diabetes Mellitus // *Int J Mol Sci*.
2020. V. 21, № 17.
4. Freeman A.M., Acevedo L.A., Pennings N. Insulin Resistance. [Updated 2023 Aug 17].
In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available
from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507839/>.
5. Franz M.J. Weight Management: Obesity to Diabetes // *Diabetes Spectr*. 2017. V. 30, №
3. P. 149-153.
6. Magkos F., et al. Effects of Moderate and Subsequent Progressive Weight Loss on
Metabolic Function and Adipose Tissue Biology in Humans with Obesity // *Cell Metab*.
2016. V. 23, № 4. P. 591-601.
7. American Diabetes Association. Understanding Insulin Resistance. 2024. Available from:
<https://diabetes.org/health-wellness/insulin-resistance>.
8. Zhu C., et al. Effects of marine collagen peptides on glucose metabolism and insulin
resistance in type 2 diabetic rats // *Journal of Food Science and Technology*. 2017. V. 54,
№ 8. P. 2260-2269.
9. Zhu C.-F., et al. Therapeutic Effects of Marine Collagen Peptides on Chinese Patients
With Type 2 Diabetes Mellitus and Primary Hypertension // *The American Journal of the
Medical Sciences*. 2010. V. 340, № 5. P. 360-366.
10. Sasaki N., Ueno Y., Higashi Y. Indicators of insulin resistance in clinical practice //
Hypertension Research. 2024. V. 47, № 4. P. 978-980.
11. О коллагене. Производитель ООО «ПЕРВЫЙ ЖИВОЙ КОЛЛАГЕН». Дата
обращения: 01.09.2024. Доступно адресу: <https://collagen-pmt.ru/pishchevoy-kollagen/>.
12. Пороговое значение ИМТ в соответствии со стандартами ВОЗ. Дата обращения:
01.09.2024 Доступно адресу: https://gateway.euro.who.int/ru/indicators/mn_survey_19-cut-off-for-bmi-according-to-who-standards/#id=32083.

REFERENCES

1. World Health Organization. Obesity and overweight [WEB resource]/official site.
Accessed April 23, 2020. Available from: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
2. Mozumdar A., Liguori G. Persistent increase of prevalence of metabolic syndrome
among U.S. adults: NHANES III to NHANES 1999-2006. *Diabetes Care*.
2011;34(1):216-219.
3. Galicia-Garcia U., et al. Pathophysiology of Type 2 Diabetes Mellitus. *Int J Mol Sci*.
2020;21(17).

4. Freeman A.M., Acevedo L.A., Pennings N. Insulin Resistance. [Updated 2023 Aug 17]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507839/>.
5. Franz M.J. Weight Management: Obesity to Diabetes. *Diabetes Spectr.* 2017;30(3):149-153.
6. Magkos F., et al. Effects of Moderate and Subsequent Progressive Weight Loss on Metabolic Function and Adipose Tissue Biology in Humans with Obesity. *Cell Metab.* 2016;23(4):591-601.
7. American Diabetes Association. Understanding Insulin Resistance. 2024. Available from: <https://diabetes.org/health-wellness/insulin-resistance>.
8. Zhu C., et al. Effects of marine collagen peptides on glucose metabolism and insulin resistance in type 2 diabetic rats. *Journal of Food Science and Technology.* 2017;54(8):2260-2269.
9. Zhu C.-F., et al. Therapeutic Effects of Marine Collagen Peptides on Chinese Patients With Type 2 Diabetes Mellitus and Primary Hypertension. *The American Journal of the Medical Sciences.* 2010;340(5):360-366.
10. Sasaki N., Ueno Y., Higashi Y. Indicators of insulin resistance in clinical practice. *Hypertension Research.* 2024;47(4):978-980.
11. About collagen. Manufacturer OOO "PERVYY ZHIVVOY KOLLOGEN." Available from: <https://collagen-pmt.ru/pishchevoy-kollagen/>.
12. BMI threshold according to WHO standards. Available from: https://gateway.euro.who.int/ru/indicators/mn_survey_19-cut-off-for-bmi-according-to-who-standards/#id=32083.