

Пищевые волокна как элемент терапии пациентов с сахарным диабетом 2-го типа и сердечно-сосудистыми заболеваниями: простое решение сложной проблемы

Т.Ю. Демидова^{1✉}, <https://orcid.org/0000-0001-6385-540X>, t.y.demidova@gmail.com

Т.Н. Короткова², <https://orcid.org/0000-0002-3684-9992>, tntisha@gmail.com

А.С. Кочина¹, <https://orcid.org/0000-0002-6826-5924>, anna_kochina_@mail.ru

¹ Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1

² Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи; 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, д. 2/14

Резюме

Заболевания сердечно-сосудистой системы часто встречаются в виде коморбидного фона у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа (СД2). Проблема коморбидности при диабете является актуальной в связи с прогрессированием СД2, осложняющего течение любой патологии и повышающего шансы на развитие неблагоприятных сердечно-сосудистых событий. На сегодняшний день медицина располагает инновационными сахароснижающими препаратами, которые доказали свою безопасность и пользу в отношении сердечно-сосудистых заболеваний. Тем не менее высокая сердечно-сосудистая заболеваемость и смертность демонстрируют недостаточную эффективность лекарственной терапии. Отсутствие успешности терапии и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний частично можно объяснить недостаточным ведением работы по устранению модифицируемых факторов риска, таких как гиподинамия, курение, избыточное и неправильное питание. Разработки в области пищевых волокон позволяют рассуждать об их внедрении в рацион питания пациентов с СД2 и сердечно-сосудистой патологией вследствие доказанного положительного влияния на углеводный обмен и сердечно-сосудистые заболевания. Одним из перспективных представителей пищевых волокон является экстракт плодов циамопсиса четырехкрыльничкового. Он продемонстрировал свою эффективность в отношении улучшения углеводного обмена и липидного профиля, модулируя метаболические параметры пациентов с СД2 и снижая риски сердечно-сосудистых заболеваний. Помимо этого, неоспоримыми преимуществами биологически активной добавки на основе экстракта плодов циамопсиса четырехкрыльничкового являются удобная форма применения и отсутствие побочных эффектов.

Ключевые слова: пищевые волокна, сахарный диабет 2-го типа, сердечно-сосудистые заболевания, экстракт плодов циамопсиса четырехкрыльничкового, частично гидролизованная гуаровая камедь

Для цитирования: Демидова Т.Ю., Короткова Т.Н., Кочина А.С. Пищевые волокна как элемент терапии пациентов с сахарным диабетом 2-го типа и сердечно-сосудистыми заболеваниями: простое решение сложной проблемы. *Медицинский совет.* 2022;16(10):104–109. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-10-104-109>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Dietary fiber is a reliable and apparent element of treatment for patients with type 2 diabetes mellitus and cardiovascular diseases: an easy solution to a complicated problem

Tatiana Yu. Demidova^{1✉}, <https://orcid.org/0000-0001-6385-540X>, t.y.demidova@gmail.com

Tatiana N. Korotkova², <https://orcid.org/0000-0002-3684-9992>, tntisha@gmail.com

Anna S. Kochina¹, <https://orcid.org/0000-0002-6826-5924>, anna_kochina_@mail.ru

¹ Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrovityanov St., Moscow, 117997, Russia

² Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 2/14, Ustyinsky proezd, Moscow, 109240, Russia

Abstract

Cardiovascular diseases are a frequent comorbid condition in patients with type 2 diabetes mellitus (t2DM). This problem tends to remain acute because of the progression of t2DM, which increases the chances of cardiovascular events. Medicine today has a range of innovative hypoglycemic drugs, which proved their safety and effectiveness towards diseases of cardiovascular system. However, high cardiovascular mortality demonstrates that the medication is not enough effective. Partly lack of success may be

explained by not enough work with unmodified risk factors, such as physical activity, smoking and excessive and wrong nutrition. Studies about dietary fiber (DF) let us discuss their including in the dietary plan of patients with t2DM and cardiovascular diseases. One of the promising DF types is *Cyamopsis tetragonoloba* extract. It showed its effectiveness concerning carbohydrate metabolism and lipid profile, improving, metabolic features of t2DM patients and lowering the risks of cardiovascular events. What is more, the advantage of *Cyamopsis tetragonoloba* extract is easy to use and has no side effects.

Keywords: dietary fiber, type 2 diabetes mellitus, cardiovascular diseases, partly hydrolyzes guar gum, *Cyamopsis tetragonoloba* extract

For citation: Demidova T.Yu., Korotkova T.N., Kochina A.S. Dietary fiber is a reliable and apparent element of treatment for patients with type 2 diabetes mellitus and cardiovascular diseases: an easy solution to a complicated problem. *Meditsinskiy Sovet*. 2022;16(10):104–109. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-10-104-109>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Заболевания сердечно-сосудистой системы находятся на первом месте среди причин смертности во всем мире. Согласно данным Американской кардиологической ассоциации (American Heart Association), частота сердечно-сосудистых заболеваний среди населения старше 20 лет составляет 49,2% [1]. Не менее актуальной проблемой является сахарный диабет 2-го типа (СД2), который хоть официально и не зарегистрирован в качестве одной из лидирующих причин смерти, является постоянно прогрессирующим заболеванием и способствует развитию тяжелых осложнений. Большое количество пациентов с СД2 страдают патологией сердечно-сосудистой системы. Сочетание этих заболеваний ставит под угрозу активное долголетие пациента.

В настоящее время интенсивное развитие эндокринологии позволяет назначать пациентам противодиабетические препараты, не только направленные на снижение уровня глюкозы, но также обладающие плейотропными эффектами в отношении различных органов и тканей. Тем не менее неутешительная статистика в отношении количества пациентов с сопутствующей патологией сердечно-сосудистой системы, а также количества смертей и острых неблагоприятных сердечно-сосудистых событий демонстрирует недостаточную эффективность диагностики и профилактики, как первичной, так и вторичной, в отношении сердечно-сосудистой системы.

Хорошо известно, что важную роль в управлении СД2, помимо сахароснижающей терапии, играет модификация образа жизни, которая включает в себя коррекцию питания, расширение физической активности и отказ от вредных привычек. Часто этим факторам управления заболеванием уделяется недостаточно внимания. Основной акцент во многих случаях делается на подбор сахароснижающей терапии, при этом важность модификации образа жизни либо недостаточно подчеркивается лечащим врачом, либо не оценивается в должной степени пациентом.

Гиподинамия и неправильное питание являются характерной чертой современного образа жизни, который является наиболее приемлемым для многих людей и позволяет им адаптироваться к нарушенному режиму труда и отдыха, напряженной работе, а также справляться со стрессом. Такие особенности поведения способствуют росту количества пациентов с ожирением и другими метаболическими

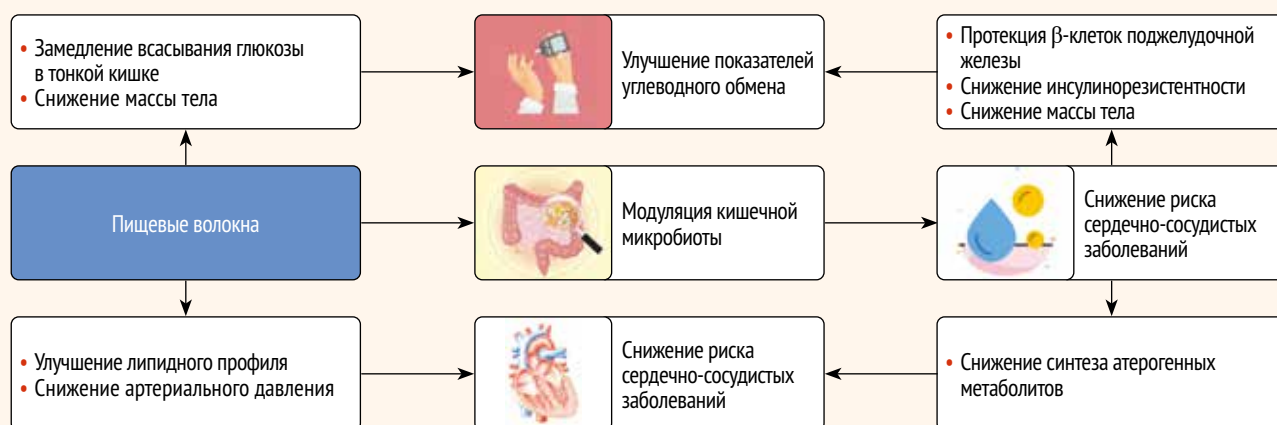
нарушениями. Помимо этого, многочисленные исследования говорят о повышенной встречаемости психических расстройств в связи с недостаточной двигательной активностью, неудовлетворенностью питанием и хроническим стрессом [2]. Несомненно, гиподинамия и несбалансированное питание являются факторами риска множества других хронических заболеваний. Однако особенно важно подчеркнуть, насколько опасно недооценивать влияние сидячего образа жизни для пациентов с уже имеющимися хроническими заболеваниями, в особенности СД2 и сердечно-сосудистой патологией [3].

Если в отношении физической активности есть возможность найти определенные компромиссы с пациентом, например, расширить ее за счет прогулок или других видов активности, которые будут интересны самому пациенту, то в случае пересмотра питания ситуация связана с более выраженными трудностями. Многие пациенты не могут позволить себе отказаться от сытных и недорогих продуктов в пользу достаточного количества овощей и фруктов, богатых пищевыми волокнами (ПВ) и другими питательными веществами. Актуальной задачей современной медицины является убедить пациентов в необходимости коррекции питания для первичной или вторичной профилактики осложнений. Одним из возможных выходов из этой ситуации является добавление к питанию препаратов ПВ.

МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН НА УГЛЕВОДНЫЙ ОБМЕН И СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ СИСТЕМУ

В настоящее время известно несколько механизмов воздействия ПВ на организм. Наиболее целенаправленным действием обладает модификация кишечной микробиоты (КМ) под влиянием ПВ. Свообразным посредником между КМ и организмом пациента являются метаболиты КМ, основные из которых – короткоцепочечные жирные кислоты (КЦЖК). Ацетат, пропионат и бутират, встречающиеся в большем количестве по сравнению с остальными КЦЖК, во многих исследованиях продемонстрировали свое положительное влияние в виде повышения чувствительности к инсулину, снижения постпрандиальной гликемии и гликемии натощак, а также долгосрочное влияние на углеводный обмен в виде снижения гликированного гемоглобина [4].

● **Рисунок 1.** Кардиометаболические эффекты пищевых волокон
 ● **Figure 1.** Cardiometabolic effects of dietary fibers



Кроме этого, представлены данные об улучшении липидного профиля и снижении артериального давления (АД) при приеме ПВ, что уменьшает риск развития и прогрессирования атеросклеротических заболеваний [5].

Также коррекция микробиоты под влиянием ПВ способствует развитию иммунной системы, опосредует активацию иммунных клеток, пролиферацию Т-лимфоцитов и продукцию цитокинов, повышая защитные функции организма, что является особенно важным для пациентов, иммунная система которых ослаблена в силу прогрессирования СД2 [6].

Другим механизмом влияния ПВ на метаболизм и некоторые факторы сердечно-сосудистого риска является изменение физических и химических свойств пищевого содержимого желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Во-первых, этот механизм обеспечивает дополнительное влияние на состав и функции КМ, что также отражается на продукции КЦЖК [7], а во-вторых, способствует регуляции скорости пассажа пищи в ЖКТ. Замедление опорожнения желудка способствует усилению чувства насыщения и, соответственно, коррекции пищевого поведения в сторону уменьшения употребления пищи и снижения массы тела. Регуляция пассажа пищевого комка в кишечнике позволяет влиять на скорость и эффективность усвоения питательных веществ, также способствуя профилактике ожирения (рис. 1) [8].

УПРАВЛЕНИЕ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2-ГО ТИПА С ПОМОЩЬЮ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН

Одним из ярких представителей ПВ является частично гидролизованный экстракт плодов циамопсиса четырехкрыльничкового, который на российском рынке носит название «ОптиФайбер». Циамопсис четырехкрыльничковый (*Cyamopsis tetragonoloba*) выращивался в Индии с древних времен. С 1950-х гг. его плоды стали перерабатывать в гуаровую камедь (ГК) и использовать в качестве пищевой добавки [9]. Несмотря на большое количество положительных эффектов ГК, ее высокая вязкость представляла серьезное препятствие на пути к добавлению этого вида ПВ в продукты питания. Решением проблемы стала переработка ГК в частично гидролизованный вид путем ферментативного гидролиза. «ОптиФайбер» не задерживает воду

из пищи и не обладает вкусом и запахом [10]. По этим причинам добавление частично гидролизованной ГК (ЧГГК) в пищу не связано с рисками или изменением вкусовых характеристик пищи. В 1993 г. экспертами Американского общества экспериментальной биологии (American Society for Experimental Biology) было предложено повсеместное добавление ЧГГК в продукты питания населения [11].

Положительное влияние приема ЧГГК на углеводный обмен неоднократно проиллюстрировано в исследованиях на мышах [12], крысах [13], здоровых добровольцах [14], а также пациентах с инсулиннезависимым СД [15]. Исследование Т. Takahashi et al. продемонстрировало снижение постпрандиальных уровней глюкозы у мышей через 15, 30, 45, 60 и 120 мин после приема ЧГГК. Сравнивались результаты в группах обычного питания, не содержащего ЧГГК, и питания с включением 3,0 и 6,0 г/л ЧГГК. Снижение уровня глюкозы не зависело от дозы употребляемых ПВ, однако в группах мышей, получавших 3,0 и 6,0 г/л ЧГГК, уровни глюкозы были ниже, чем в контрольной группе на протяжении всего исследования, а к 120-й мин оказались почти на 25% меньше, чем в контрольной группе. Исследователи объясняют эффективное снижение постпрандиальной гликемии при приеме ЧГГК уменьшением всасывания глюкозы в тонком кишечнике благодаря вязкости ЧГГК [16].

В исследовании V. Dall'Alba et al. ЧГГК продемонстрировала положительное влияние на параметры углеводного обмена у пациентов с длительным стажем СД2. У 22 пациентов из контрольной группы и 23 пациентов, получавших по 10 г ЧГГК в день, оценивали такие параметры углеводного обмена, как гликированный гемоглобин, окружность талии и масса тела в начале исследования, а затем через 4 и 6 нед. В группе пациентов, которые получали ЧГГК, окружность талии уменьшилась со 103,5 см до 102,1 см, а через 6 нед. от начала терапии ЧГГК составляла 102,3 см. Гликированный гемоглобин у этих же пациентов составлял 6,88% в начале исследования, к 4-й нед. уменьшился до 6,64%, а к 6-й составлял 6,57%. Также в этом исследовании оценивалась суточная экскреция альбумина у пациентов. В группе ЧГГК этот показатель уменьшился с 6,8 до 4,5 мг за 4 нед. и состав-

лял 6,2 мг через 6 нед., что позволяет предположить наличие нефропротективных свойств ЧГГК. При этом единственным изменением, которое коснулось контрольной группы, стало небольшое снижение веса с 77 до 76,2 и 76,1 кг через 4 и 6 нед. соответственно [17].

В исследовании кратковременного влияния ЧГГК в сравнении с питанием без ПВ на углеводный обмен было обнаружено снижение глюкозы и инсулина через 4 ч после приема пищи у пациентов с СД2. Уровень глюкозы составлял $15,9 \pm 2,3$ ммоль/л в группе пациентов, получающих стандартную смесь для энтерального питания, содержащую сахарозу. Показатель глюкозы в группе получивших смесь для энтерального питания с фруктозой оказался равен $12,2 \pm 1,5$ ммоль/л. Значительно более низкие значения были у глюкозы крови в группе пациентов, которым к смеси для энтерального питания с фруктозой была добавлена ЧГГК в количестве 20 г, – $8,9 \pm 1,8$ ммоль/л. Аналогичные результаты наблюдались и в отношении инсулина: показатели составили 692 ± 128 , 556 ± 109 и 448 ± 60 в группах, получающих смесь с сахарозой, фруктозой и фруктозой с добавлением ЧГГК соответственно (рис. 2) [15].

Также в исследованиях отмечается значимое снижение экскреции глюкозы с мочой в группе пациентов, получающих 21 г/сут ЧГГК, по сравнению с плацебо как следствие более эффективного снижения глюкозы крови. В течение 3 мес. наблюдения в контрольной группе было выявлено повышение экскреции глюкозы с мочой с $30,3 \pm 10,2$ до $48,6 \pm 11,3$ г/сут, в то время как в группе ЧГГК было отмечено снижение экскреции глюкозы с мочой с $24,2 \pm 9,8$ до $19,4 \pm 7,0$ г/сут [18].

Опосредованное влияние на углеводный обмен ЧГГК оказывают с помощью модуляции состава и функций КМ. В исследовании M. Velázquez et al. человеческой фекальной микробиоты *in vitro* было продемонстрировано, что общая продукция КЦЖК при добавлении ЧГГК за 24 ч увеличилась в 9 раз (с $5,9 \pm 0,06$ до $54,6 \pm 0,7$ мг/мл), что в 2–4 раза превышает результат 8 других пребиотиков, участвовавших в исследовании. В первые 12 ч количество бутирата возросло в рекордные 17 раз, что также превысило в 2–4 раза подобную эффективность других пребиотиков. Пропионат за 24 ч возрос с $1,9 \pm 0,2$ до $19,8 \pm 0,03$ мг/мл [19]. Повышение

продукции КЦЖК во многих исследованиях было ассоциировано с улучшением параметров углеводного обмена за счет протективного эффекта в отношении инулин-секретирующих β -клеток поджелудочной железы [20] и повышения чувствительности к инсулину [21]. Особый интерес представляет повышение глюконеогенеза вследствие приема ПВ. Сукцинат, образующийся в результате преобразования ПВ микробиотой кишечника, в просвете кишечника превращается в глюкозу, запуская кишечный глюконеогенез, что способствует снижению глюконеогенеза в печени, повышает толерантность к глюкозе и чувствительность к инсулину [17].

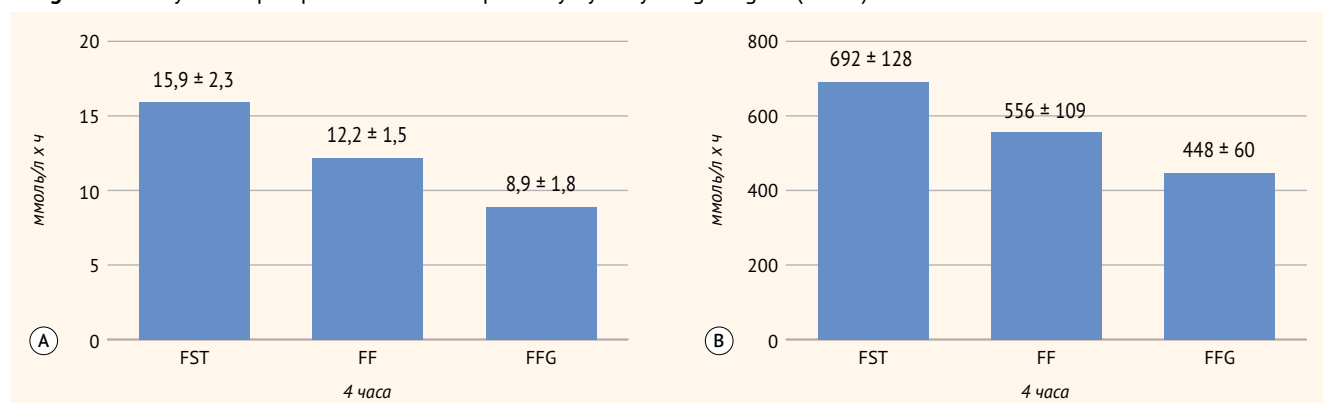
ВЛИЯНИЕ ЧАСТИЧНО ГИДРОЛИЗОВАННОЙ ГУАРОВОЙ КАМЕДИ НА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ СИСТЕМУ

Наиболее очевидным и доказанным в большом количестве исследований механизмом влияния ПВ на сердечно-сосудистую систему является снижение риска и темпов прогрессирования атеросклеротических заболеваний посредством улучшения липидного профиля. Например, T. Yokozawa et al. продемонстрировали снижение общего холестерина и триглицеридов у мышей с нефропатией. Уровень общего холестерина был снижен с $138,0 \pm 17,6$ до $112,0 \pm 8,9$ мг/дл, а уровень триглицеридов снизился с $256,3 \pm 27,3$ до $202,4 \pm 33,9$ мг/дл и приближался, таким образом, к значению, полученному в группе здоровых мышей ($193,0 \pm 2,1$ мг/дл) [22].

В исследовании L.A. Simons et al., рассматривающем изменения липидного обмена у 19 пациентов с первичной гиперхолестеринемией при добавлении к рациону 6 г ГК в сутки, было обнаружено снижение уровня общего холестерина в среднем на 15% за первые 3 мес. (с $7,9 \pm 0,8$ до $6,7 \pm 1,0$ ммоль/л). Этот эффект сохранялся в течение последующих 9 мес. наблюдения. Помимо этого, было зафиксировано снижение холестерина липопротеидов низкой плотности на 20%. Изменений в уровне холестерина липопротеидов высокой плотности не отмечалось [23].

В аналогичном исследовании влияния различных дозировок ЧГГК на липидный обмен было продемонстрирова-

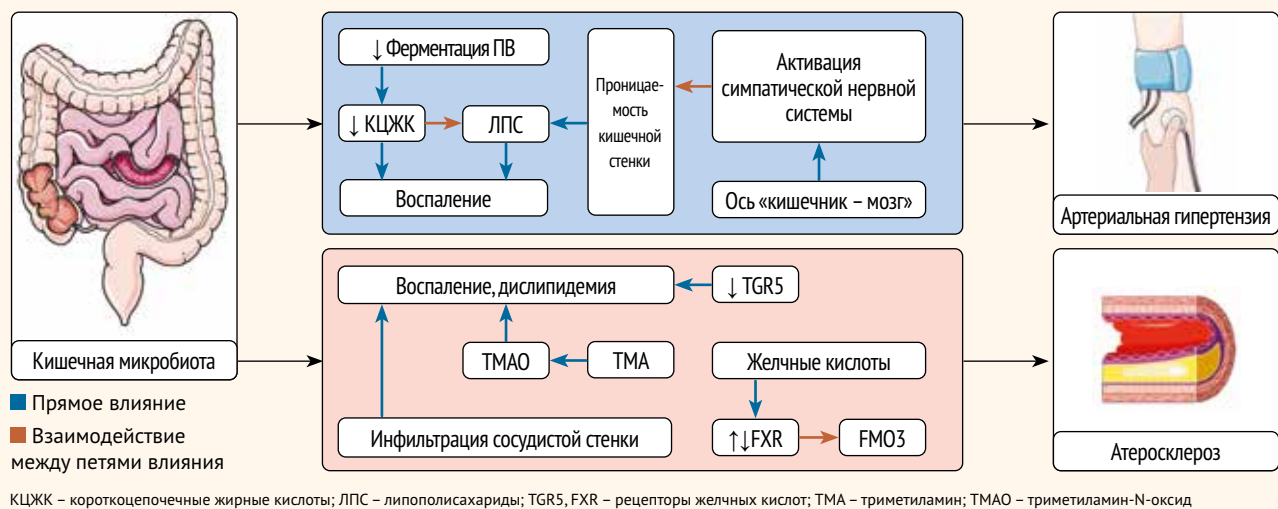
● **Рисунок 2.** Исследование постпрандиального эффекта частично гидролизованной гуаровой камеди
● **Figure 2.** Study of the postprandial effect of partially hydrolyzed guar gum (PHGG)



А) уровни глюкозы крови через 4 ч после приема пищи; В) уровни инсулина через 4 ч после приема пищи

FST – стандартная смесь для энтерального питания, содержащая глюкозу; FF – смесь для энтерального питания, содержащая фруктозу; FFG – смесь, содержащая фруктозу с добавлением 20 г частично гидролизованной гуаровой камеди.

- **Рисунок 3.** Эффекты модуляции кишечной микробиоты в отношении сердечно-сосудистой системы [29]
 ● **Figure 3.** Effects of CM modulation on the cardiovascular system [29]



но снижение уровня общего холестерина пропорционально повышению получаемого количества ПВ. Показатели общего холестерина составили $82,2 \pm 2,0$, $75,4 \pm 1,2$ и $64,0 \pm 4,3\%$ соответственно в контрольной группе, группе получающих 3 и 6% добавку ЧГК к пище [24].

В некоторых исследованиях подчеркивается роль ГК в снижении АД. Например, K. Landin et al. сделали вывод о снижении систолического АД на 5 ± 6 мм рт. ст. и диастолического на 3 ± 2 мм рт. ст. через 3 мес. от начала употребления ГК 25 здоровыми мужчинами, а также снижение систолического и диастолического АД на 6 ± 9 и 3 ± 2 мм рт. ст. соответственно через 6 мес. от начала приема ГК [25].

Интересным преимуществом добавления к рациону ЧГК стало повышение всасывания минералов, в частности кальция и магния. В эксперименте у крыс, которым к рациону добавили ЧГК в количестве 50 г/кг пищи, всасывание как кальция, так и магния было повышено на 10% [26]. Также было отмечено влияние ЧГК на всасывание железа. Исследователи связывают этот эффект с возможным улучшением состояния кишечных ворсинок и повышением их способности к всасыванию [27].

Кроме того, употребление ЧГК оказывает опосредованное влияние на сердечно-сосудистую систему через модуляцию КМ и повышение продукции КЦЖК. КЦЖК подавляют синтез холестерина в печени. Такой вывод был сделан на основании результатов 14-дневного исследования на мышах, которые употребляли в пищу жирные кислоты, в сравнении с группой, которая вообще не получала ПВ с питанием. У первой группы мышей был отмечен значительно сниженный синтез холестерина, а также сниженные плазменные концентрации липидов по сравнению со второй группой [28]. Помимо этого, нормализация состава и количества КМ может быть эффективна в профилактике атеросклероза на молекулярном уровне благодаря снижению синтеза метаболита КМ триметиламин-N-оксида, участвующего в продукции провоспалительных цитокинов, синтезе холестерина и процессах тромбообразования. Также важным кардиопротективным

механизмом является снижение АД вследствие воздействия метаболитов КМ на ось «кишечник – мозг» (рис. 3) [29].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема приверженности пациентов к модификации образа жизни при СД находится на одном из первых мест в современной эндокринологии. Особенно остро эта проблема ощущается среди пациентов с коморбидной патологией. Наиболее часто СД2 сопутствуют сердечно-сосудистые заболевания, что объясняет высокую смертность среди пациентов с СД2. Прием достаточного количества ПВ демонстрирует широкий спектр положительных свойств, включая управление СД2, снижение массы тела, нормализацию процессов пищеварения, коррекцию состава и функций КМ, а также протективные свойства в отношении как сердечно-сосудистой системы, так и почек. Экстракт плодов циамопсиса четырехкрыльникового «ОптиФайбер» представляет собой перспективное дополнение к рекомендациям по изменению образа жизни. Не обладающий посторонним вкусом и запахом и не задерживающий воду в организме, препарат ЧГК «ОптиФайбер» состоит только из одного натурального ингредиента и не имеет побочных эффектов. Ежедневный прием экстракта плодов циамопсиса четырехкрыльникового продемонстрировал свое положительное влияние на контроль гликемии и других параметров углеводного обмена, а также улучшение липидного профиля и профилактику атеросклеротических заболеваний. Учитывая все вышесказанное, добавление к рациону питания пациентов с СД2 и сопутствующей сердечно-сосудистой патологией источника частично гидролизованых ПВ «ОптиФайбер» может быть действенной терапевтической мерой наряду с медикаментозной терапией и другими аспектами коррекции образа жизни.

Поступила / Received 28.02.2022
 Поступила после рецензирования / Revised 12.03.2022
 Принята в печать / Accepted 20.03.2022

Список литературы / References

- Virani S, Alonso A, Aparicio H, Benjamin E, Bittencourt M, Callaway C. et al. American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart Disease and Stroke Statistics-2021 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2021;143(8):e254–e743. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000950>.
- Wang X, Li Y, Fan H. The associations between screen time-based sedentary behavior and depression: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*. 2019;19(1):1524. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7904-9>.
- Lavie C, Ozemek C, Carbone S, Katzmarzyk P, Blair S. Sedentary Behavior, Exercise, and Cardiovascular Health. *Circ Res*. 2019;124(5):799–815. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.118.312669>.
- Tilg H, Moschen A. Microbiota and diabetes: An evolving relationship. *Gut*. 2014;63(9):1513–1521. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2014-306928>.
- Zhang L, Du J, Yano N, Wang H, Zhao Y, Dubielecka P. et al. Sodium Butyrate Protects Against High Fat Diet-Induced Cardiac Dysfunction and Metabolic Disorders in Type II Diabetic Mice. *J Cell Biochem*. 2017;118(8):2395–2408. <https://doi.org/10.1002/jcb.25902>.
- Ардатская М.Д. Роль пищевых волокон в коррекции нарушений микробиоты и поддержании иммунитета. *ПМЖ*. 2020;(12):24–29. Режим доступа: https://www.rmj.ru/articles/gastroenterologiya/Roly_pischevyh_volokon_v_korrekcii_narusheniy_mikrobioty_i_podderzhanii_immuniteta.
- Ардатская М.Д. Role of dietary fiber in correcting microbiota disorders and maintaining immunity. *RMJ*. 2020;(12):24–29. (In Russ.) Available at: https://www.rmj.ru/articles/gastroenterologiya/Roly_pischevyh_volokon_v_korrekcii_narusheniy_mikrobioty_i_podderzhanii_immuniteta.
- Silva Y, Bernardi A, Frozza R. The Role of Short-Chain Fatty Acids From Gut Microbiota in Gut-Brain Communication. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020;11:25. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00025>.
- Ардатская М.Д. Пробиотики, пребиотики и метаболиты в коррекции микробиотических нарушений кишечника. *Медицинский совет*. 2015;(13):94–99. Режим доступа: <https://www.med-sovet.pro/jour/article/view/343>.
- Ардатская М.Д. Probiotics, prebiotics and metabolites in the management of microecological bowel disorders. *Meditsinskiy Sovet*. 2015;(13):94–99. (In Russ.) Available at: <https://www.med-sovet.pro/jour/article/view/343>.
- Ellis P, Wang Q, Rayment P, Ren Y, Ross-Murphy S. Guar gum: agricultural and botanical aspects, physiochemical and nutritional properties, and its use in the development of functional foods. In: Cho S, Dreher M. (eds.). *Handbook of dietary fiber*. New York: Marcel Dekker; 2001, p. 613. Available at: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203904220-36/guar-gum-peter-roy-ellis-qi-wang-phillippa-rament-yilong-ren-simon-ross-murphy>.
- Greenberg N, Sellman D. Partially hydrolyzed guar gum as a source of fiber. *Cereal Foods World*. 1998;43(9):703–707. Available at: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US1997084241>.
- Yoon S, Chu D, Raj Juneja L. Chemical and physical properties, safety and application of partially hydrolyzed guar gum as dietary fiber. *J Clin Biochem Nutr*. 2008;42(1):1–7. <https://doi.org/10.3164/jcbn.2008001>.
- Yamada K, Tokunaga Y, Ikeda A, Ohkura K, Kaku-Ohkura S, Mamiya S. et al. Effect of dietary fiber on the lipid metabolism and immune function of aged Sprague-Dawley rats. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2003;67(2):429–433. <https://doi.org/10.1271/bbb.67.429>.
- Maenaka T, Yokawa T, Ishihara N, Okubo T, Chu D, Nishigaki E. et al. Effects of partially hydrolyzed guar gum on postprandial blood glucose level and disaccharidase. *J Jpn Soc Med Use Func Foods*. 2007;(4):195–201.
- Gu Y, Yamashita T, Suzuki I, Juneja L, Yokawa T. Effect of enzyme hydrolyzed guar gum on the elevation of blood glucose levels after meal. *Med Biol*. 2003;142:19–24. Available at: https://www.researchgate.net/publication/304034095_Effect_of_enzyme_hydrolyzed_guar_gum_on_the_elevation_of_blood_glucose_levels_after_meal.
- Golay A, Schneider H, Bloise D, Vadas L, Assal J. The effect of a liquid supplement containing guar gum and fructose on glucose tolerance in non-insulin-dependent diabetic patients. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 1995;(5):141–148.
- Takahashi T, Yokawa T, Ishihara N, Okubo T, Chu D, Nishigaki E. et al. Hydrolyzed guar gum decreases postprandial blood glucose and glucose absorption in the rat small intestine. *Nutr Res*. 2009;29(6):419–425. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2009.05.013>.
- Dall'Alba V, Silva F, Antonio J, Steemburgo T, Royer C, Almeida J. et al. Improvement of the metabolic syndrome profile by soluble fibre – guar gum – in patients with type 2 diabetes: a randomised clinical trial. *Br J Nutr*. 2013;110(9):1601–1610. <https://doi.org/10.1017/S0007114513001025>.
- Aro A, Uusitupa M, Voutilainen E, Hersio K, Korhonen T, Siitonen O. Improved diabetic control and hypocholesterolaemic effect induced by long-term dietary supplementation with guar gum in type 2 (insulin-independent) diabetes. *Diabetologia*. 1981;21(1):29–33. <https://doi.org/10.1007/BF03216219>.
- Velázquez M, Davies C, Marett R, Slavin J, Feitig J. Effect of oligosaccharides and fibre substitutes on short-chain fatty acid production by human faecal microflora. *Anaerobe*. 2000;6(2):87–92. <https://doi.org/10.1006/anae.1999.0318>.
- Hu S, Kuwabara R, de Haan B, Smink A, de Vos P. Acetate and Butyrate Improve β -cell Metabolism and Mitochondrial Respiration under Oxidative Stress. *Int J Mol Sci*. 2020;21(4):1542. <https://doi.org/10.3390/ijms21041542>.
- Gao Z, Yin J, Zhang J, Ward R, Martin R, Lefevre M, Cefalu W. et al. Butyrate improves insulin sensitivity and increases energy expenditure in mice. *Diabetes*. 2009;58(7):1509–1517. <https://doi.org/10.2337/db08-1637>.
- Yokozawa T, Nakagawa T, Oya T, Okubo T, Juneja L. Green tea polyphenols and dietary fibre protect against kidney damage in rats with diabetic nephropathy. *J Pharm Pharmacol*. 2009;57(6):773–780. <https://doi.org/10.1211/0022357056154>.
- Simon L.A., Gayst S., Balasubramanian S., Ruys J. Long-term treatment of hypercholesterolaemia with a new palatable formulation of guar gum. *Atherosclerosis*. 1982;45(1):101–108. [https://doi.org/10.1016/0021-9150\(82\)90175-7](https://doi.org/10.1016/0021-9150(82)90175-7).
- Minekus M, Jelier M, Xiao J, Kondo S, Iwatsuki K, Kokubo S. et al. Effect of Partially Hydrolyzed Guar Gum (PHGG) on the Bioaccessibility of Fat and Cholesterol. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2005;69(5):932–938. <https://doi.org/10.1271/bbb.69.932>.
- Landin K, Holm G, Tengborn L, Smith U. Guar gum improves insulin sensitivity, blood lipids, blood pressure, and fibrinolysis in healthy men. *Am J Clin Nutr*. 1992;56(6):1061–1065. <https://doi.org/10.1093/ajcn/56.6.1061>.
- Hara H, Nagata M, Ohta A, Kasai T. Increases in calcium absorption with ingestion of soluble dietary fibre, guar gum hydrolysate, depend on the caecum in partially nephrectomized and normal rats. *Br J Nutr*. 1996;76(5):773–784. <https://doi.org/10.1079/bjn19960083>.
- De Vadder F., Kovatcheva-Datchary P., Zitoun C., Duchamp A., Backhed F., Mithieux G. Microbiota-Produced Succinate Improves Glucose Homeostasis via Intestinal Gluconeogenesis. *Cell Metab*. 2016;24(1):151–157. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2016.06.013>.
- Jiamiao H., Shaoling L., Baodong Z., Cheung P. Short-chain fatty acids in control of energy metabolism. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017;58(8):1243–1249. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1245650>.
- Verhaar B., Prodan A., Nieuwdorp M., Muller M. Gut Microbiota in Hypertension and Atherosclerosis: A Review. *Nutrients*. 2020;12(10):2982. <https://doi.org/10.3390/nu12102982>.

Информация об авторах:

Демидова Татьяна Юлевна, д.м.н., профессор, заведующая кафедрой эндокринологии лечебного факультета, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1; t.y.demidova@gmail.com
Короткова Татьяна Николаевна, к.м.н., заведующая лабораторией клинической биохимии, аллергологии и иммунологии, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи; 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, д. 2/14; tantisha@gmail.com
Кочина Анна Сергеевна, аспирант кафедры эндокринологии лечебного факультета, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1; anna_kochina@mail.ru

Information about the authors:

Tatiana Yu. Demidova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Endocrinology, Faculty of Medicine, Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrovityanov St., Moscow, 117997, Russia; t.y.demidova@gmail.com
Tatiana N. Korotkova, Cand. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Clinical Biochemistry, Allergology and Immunology, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 2/14, Ustyinsky proezd, Moscow, 109240, Russia; tantisha@gmail.com
Anna S. Kochina, Postgraduate Student, Department of Endocrinology, Faculty of Medicine, Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrovityanov St., Moscow, 117997, Russia; anna_kochina@mail.ru