

Для корреспонденции

Пырьева Екатерина Анатольевна – кандидат медицинских наук,
заведующая лабораторией возрастной нутрициологии
ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Адрес: 109240, Россия, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14

Телефон: (495) 698-53-63

E-mail: epyrieva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9110-6753>

Пырьева Е.А., Сафронова А.И.

Роль и место пищевых волокон в структуре питания населения

The role of dietary fibers
in the nutrition
of the population

Pyryeva E.A., Safronova A.I.

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Москва, Россия
Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety,
Moscow, Russia

Одним из важных компонентов пищевого рациона с установленными функциональными свойствами являются пищевые волокна. Оптимальное поступление пищевых волокон в организм вносит существенный вклад в сохранение здоровья, в том числе за счет способности поддерживать функционирование желудочно-кишечного тракта, предупреждать формирование нарушений обмена веществ (избытка массы тела, ожирения, гиперлипидемии), снижать риск сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Обсуждается дозозависимый эффект пищевых волокон, их количественные и качественные характеристики, а также источники в структуре питания современного человека. Представлены различные подходы к нормированию потребления пищевых волокон для различных групп населения, существующие в мировой практике.

Ключевые слова: пищевые волокна, пребиотики, сердечно-сосудистые заболевания, кишечная микробиота, ожирение, питание

Dietary fibers are the important components of the diet with functional properties. The importance of optimal intake of dietary fibers for saving health, gastrointestinal functions, prevention of metabolic disorders (overweight, obesity, hyperlipidemia), reducing the risk of cardiovascular and cancer diseases has been proved. The dose-dependent effect of dietary fibers, their quantitative and qualitative characteristics, as well as food sources in the structure of nutrition are discussed. Different approaches to standardization the consumption of dietary fibers, existing in the world practice, are presented.

Keywords: dietary fibers, prebiotics, cardiovascular diseases, gut microbiota, obesity, nutrition

Для цитирования: Пырьева Е.А., Сафронова А.И. Роль и место пищевых волокон в структуре питания населения // Вopr. питания. 2019. Т. 88, № 6. С. 5–11. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10059

Статья поступила в редакцию 17.10.2019. **Принята в печать** 19.11.2019.

For citation: Pyryeva E.A., Safronova A.I. The role of dietary fibers in the nutrition of the population. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2019; 88 (6): 5–11. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10059 (in Russian)

Received 17.10.2019. **Accepted** 19.11.2019.

Среди глобальных проблем современного общества особо выделяется рост числа неинфекционных заболеваний (НИЗ) и связанных с этим социально-экономических рисков. Известно, что смертность от основных НИЗ составляет 68,5% общей смертности населения и приводит к значимому социально-экономическому ущербу – до 78,7% потерь в экономике РФ. Профилактика признана самым эффективным и экономически целесообразным способом борьбы с НИЗ, обеспечивая успех более чем на 50% [1].

Значительная доля НИЗ обусловлена факторами, связанными с нерациональным питанием и малоподвижным образом жизни. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), недостаточное потребление фруктов и овощей в мире за 1 исследуемый год привело к 2,7 млн смертей, в то время как малоподвижный образ жизни стал причиной меньшего числа смертей – 1,9 млн [2, 3]. В связи с этим совершенствуются подходы к организации питания для различных групп населения, изучается роль отдельных нутриентов, их функциональных возможностей в свете профилактики НИЗ.

В последние годы все большее внимание привлекают пищевые волокна (ПВ) как неотъемлемая составляющая рациона здорового питания. Изучаются качественные характеристики ПВ, их оптимальное количество в рационах питания населения, расширяются представления об их возможностях в функциональном питании. Доказано значение оптимального поступления ПВ для сохранения здоровья, учитывая их роль в поддержании нормального функционирования желудочно-кишечного тракта, профилактике нарушений обмена веществ (избытка массы тела, ожирения, гиперлипидемий), снижении риска развития сердечно-сосудистых (ССЗ) и онкологических заболеваний и др.

К положительным эффектам использования ПВ относят оптимизацию насыщения, замедление эвакуации пищи из желудка на фоне стимуляции моторной функции кишечника, увеличение массы фекалий, удержание воды в просвете кишечника, сорбцию желчных кислот, холестерина, замедление всасывания углеводов, регуляцию популяции кишечной микробиоты, а также

антиоксидантное действие. Все эти эффекты обуславливают возможность включения ПВ в диетологические программы по профилактике и лечению избыточной массы тела и ожирения, метаболического синдрома, желудочно-кишечных, онкологических и ССЗ [4, 5].

Термин «пищевые (диетические) волокна» впервые введен Е.Н. Hipsley в 1953 г. с целью обозначить «остатки растительных клеток, способных противостоять гидролизу, осуществляемому пищеварительными ферментами человека» [5]. Н.С. Trowell и D.P. Burkitt дали определение ПВ как суммы полисахаридов и лигнина, которые не перевариваются эндогенными секретами желудочно-кишечного тракта человека [6].

ПВ также могут классифицироваться с учетом их пищевых источников, физических свойств (водорастворимости, вязкости), степени ферментируемости, химической структуры.

В зависимости от пищевого источника ПВ делятся на ПВ растительного (крахмал картофеля, зеленых бананов и др.) и животного (хитин и хитозан крабов и омаров) происхождения [7].

По растворимости ПВ подразделяют на 2 группы: водорастворимые (пектин, камеди, слизи, некоторые дериваты целлюлозы) и водонерастворимые (целлюлоза, лигнин).

По степени микробной ферментации в толстой кишке выделяют почти полностью ферментируемые ПВ (пектин, камеди, слизи, гемицеллюлоза), частично ферментируемые (целлюлоза) и неферментируемые ПВ (лигнин).

Основные типы ПВ по химическому строению наиболее наглядно представлены на схеме (рис. 1), предложенной М.Д. Ардатской (2010) [5].

Европейское агентство по безопасности пищевой продукции (European Food Safety Authority, EFSA) рассматривает ПВ как сумму полисахаридов и лигнина, которые не перевариваются эндогенными секретами желудочно-кишечного тракта человека. Полисахариды включают некрахмальные полисахариды: целлюлозу, гемицеллюлозу, пектины, гидроколлоиды (камеди, слизи), резистентные олигосахариды (фрукто- и галактоолигосахариды), резистентный крахмал и др. [8].

На сегодняшний день нет единых четких рекомендаций по оптимальному уровню потребления ПВ. EFSA в качестве критерия для определения адекватного потребления ПВ использует их влияние на функции кишечника. Адекватной дозой ПВ в рационе питания взрослого населения эксперты EFSA считают 25 г/сут. Исследования по определению адекватного уровня потребления ПВ для детей ограничены и более противоречивы.

Расчет ПВ, как правило, ведется с учетом энергетической ценности рациона и величины потребления ПВ на уровне 2 г на МДж, что считается адекватным для обеспечения нормальной перистальтики кишечника. При этом потребление ПВ больше 25 г/сут способно обеспечить снижение риска ССЗ и сахарного диабета 2 типа, а также оно позитивно влияет на индекс массы тела [8].

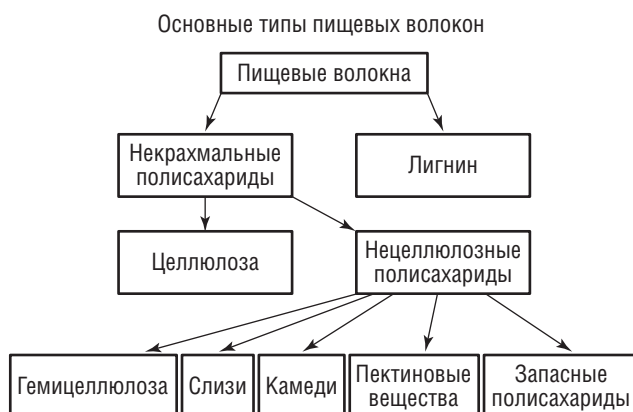


Рис. 1. Основные типы пищевых волокон

Таблица 1. Рекомендуемое потребление пищевых волокон (ПВ) для детей в США с учетом энергетической ценности рациона

Возраст, годы	Энергетическая ценность рациона, ккал	Количество ПВ, г	
		мальчики	девочки
1–3	1372	19	
4–8	1759	25	
9–13	2214/1857	31	26
14–18	2714/1857	38	26

В соответствии с рекомендациями Американской академии педиатрии (American Academy of Pediatrics) потребление ПВ детьми должно находиться в пределах 0,5 г/кг массы тела в сутки и составлять для детей 3–19 лет с нормальной массой тела 7–35 г/сут для мальчиков и 6–29 г/сут для девочек; для подростков с избыточной массой тела и ожирением рекомендуется более высокое потребление ПВ – до 40 г/сут [9]. При этом потребление подростками ПВ свыше 30 г/сут на фоне недостаточного потребления минеральных веществ (кальция, железа, цинка и др.) может приводить к их дефициту, а содержание ПВ в рационе 25 г/сут не дает побочных эффектов даже при дефиците минеральных веществ [10].

В 2002 г. Академией наук США потребление ПВ гармонизировано с энергетической ценностью рациона питания (табл. 1) путем установления уровня 14 г на 1000 ккал, обозначенного как надлежащий, для всех возрастных групп (начиная с детей первого года жизни) [7]. Следует отметить, что эта величина (14 г/1000 ккал) экстраполирована на детей с учетом эпидемиологических данных по снижению риска ишемической болезни сердца у взрослых.

Нормы потребления ПВ для взрослого населения в России, США, Великобритании, Японии и рекомендациях EFSA представлены в табл. 2.

По данным французских исследователей, изучавших влияние потребления ПВ на факторы ССЗ у взрослых в возрасте от 20 до 89 лет (2532 мужчины и 3429 женщин), установлена способность ПВ из зерновых, дополнительно обогащенных этими нутриентами, служить фактором профилактики сердечно-сосудистой патологии и избыточной массы тела [14].

Позитивное влияние ПВ на поддержание оптимальной массы тела было продемонстрировано в анализе CARDIA. В сравнительное исследование вошли результаты 27 клинических исследований, в которых приняли участие 2909 лиц молодого возраста (от 18 до 30 лет), не имевших отклонений в состоянии здоровья. Увеличение поступления ПВ ассоциировалось со снижением энергетической ценности рациона на 10%, а также уровня постпрандиальной гликемии, инсулинемии, холестеринемии и триглицеридемии. При длительном наблюдении установлено снижение синтеза атерогенных липопротеинов, оптимизация массы тела [14].

Значительное количество исследований оценивали связь повышенного потребления ПВ с риском ССЗ [15].

Таблица 2. Нормы потребления пищевых волокон (г/сут)

Группа населения	Россия, 2008 [11]	США, 2010 [10]*	Великобритания, 2011 [12]	Япония, 2015 [13]	EFSA, 2017 [8]
Взрослые	20	30 (м) 21 (ж)	30	≥18–20	25

Примечание. * – данные Institute of Medicine, National Academies; м – мужчины; ж – женщины.

На основании анализа 7 проспективных когортных исследований из базы MEDLINE установлен дозозависимый эффект ПВ в отношении профилактики кардиоваскулярной патологии. Так, у людей с факторами риска развития ССЗ большее количество цельнозерновых продуктов в рационе питания (в среднем 2,5 порции/сут против 0,2 порции/сут) ассоциировалось со снижением числа случаев сердечно-сосудистой патологии на 21% [16].

В крупномасштабном исследовании в Великобритании с участием 5496 мужчин и женщин была подтверждена взаимосвязь между потреблением богатых ПВ цельнозерновых продуктов и риском ожирения, инсулинорезистентности, сахарного диабета 2 типа и субклинических ССЗ. Оценку рисков проводили на основе анализа в крови уровня С-реактивного белка, сывороточного инсулина, глюкозы, а также индекса инсулинорезистентности (НОМА) и глюкозотолерантного теста. Аналогичные исследования подтвердили обратную зависимость между потреблением цельнозерновых продуктов и ожирением, инсулинорезистентностью, тощаковой гипергликемией, впервые диагностированным сахарным диабетом, но не с ССЗ, протекающими субклинически [17–19].

Особый интерес вызывают исследования по влиянию рационов питания с различным уровнем ПВ на состояние кишечной микробиоты. Последняя представляет собой наиболее разнообразное и метаболически активное сообщество организма, состоящее из примерно $3,9 \times 10^{13}$ микробных клеток, что составляет до 95% клеток нашего тела [20]. Микроорганизмы принимают участие в осуществлении различных функций организма человека, включая ферментацию неперевариваемых компонентов, синтез некоторых витаминов, участвуют в обеспечении колонизационной резистентности, иммунологических реакциях, метаболизме холестерина, стимуляции всасывания кальция и др. (рис. 2) [21].

Влияние ПВ на состояние микробиоты кишечника продемонстрировано отдельно для различных видов ПВ. Для большинства ПВ характерно положительное влияние на бифидо- и/или лактобактерии, для некоторых видов – на отдельных представителей условно-патогенной микрофлоры. Например, потребление полидекстры приводит к дозозависимому снижению содержания бактериоидов, ПВ пшеницы – *Cl. perfringens* [22].

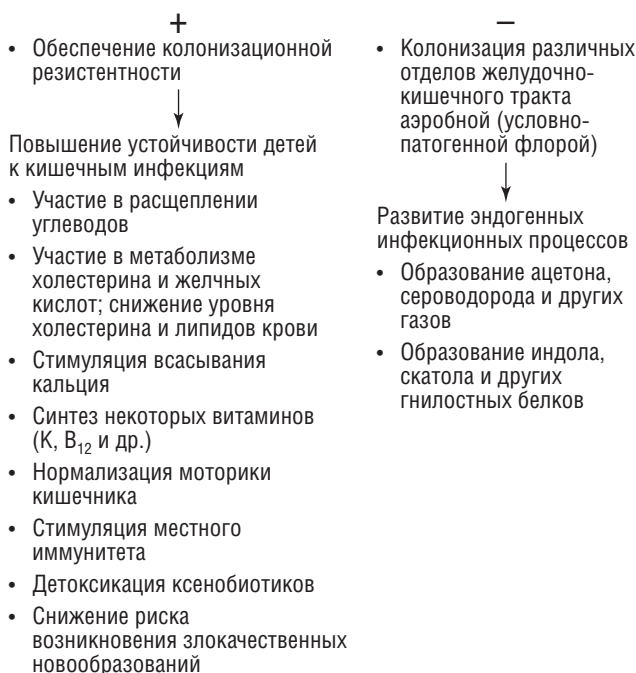


Рис. 2. Роль кишечной микрофлоры

Считается, что ПВ реализуют действие на кишечную микрофлору путем влияния на образование метаболитов короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК), таких как ацетат, пропионат и бутират, обладающих уникальными физиологическими эффектами. Наибольшую эффективность оказывает бутират, являющийся энергетическим источником для колоноцитов, способствующим их пролиферации и дифференцировке. КЦЖК также регулируют абсорбцию кальция и ряда других нутриентов, а также участвуют в регуляции баланса натрия и воды. Их влияние на микрофлору кишечника связано со способностью понижать внутрикишечный pH, что способствует росту бифидо- и лактобактерий и подавляет рост условно-патогенных микроорганизмов [23].

В 2018 г. опубликован метаанализ, который объединил данные электронных баз MEDLINE, EMBASE, CENTRAL и CINAHL, посвященный влиянию ПВ на состав кишечной микробиоты у взрослых. В анализ включено 64 плацебо-контролируемых исследования с вовлечением 2099 участников. Оценивали общее количество бифидо- и лактобактерий, а также концентрацию КЦЖК. Достаточное присутствие в рационе ПВ приводило к большему разнообразию в составе кишечной микробиоты *Bifidobacterium* spp. ($p < 0,00001$) и *Lactobacillus* spp. ($p = 0,02$), а также концентрации фекального бутирата ($p = 0,05$) по сравнению с плацебо или группой с низким содержанием ПВ в рационе. В исследовании были выделены группы, получавшие пребиотики (олигосахариды фруктанового типа), для которых показано значительно более высокое разнообразие *Bifidobacterium* spp. и *Lactobacillus* spp. по сравнению с другими группами ($p < 0,00001$) [24].

В 1970-х гг. высказывалось много предположений о влиянии потребления ПВ на риск развития колоректального рака. Они основывались преимущественно на взаимосвязи частоты развития колоректального рака с национальными особенностями, а также высоким или низким уровнем потребления ПВ. Проводились и интервенционные исследования, которые на тот момент не увенчались успехом [25].

Большое мультицентровое проспективное европейское исследование в области рака и питания (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition, EPIC) с участием около полумиллиона человек из 10 стран выявило связь диеты, обогащенной ПВ, с выживаемостью пожилых людей. Общее потребление ПВ ассоциировалось со снижением риска колоректального рака, ПВ злаковых — риска развития рака желудка. При этом не установлено влияния потребления ПВ на риск развития рака предстательной железы [26–28].

Основными источниками ПВ в питании служат овощи, фрукты, зерновые, бобовые, сухофрукты. «Здоровый рацион должен включать, по меньшей мере, 400 г (5 порций) фруктов и овощей в день...» [29]. Жители США потребляют ПВ около 15 г/сут, потребление ПВ подростками США находится на уровне 12–15 г/сут [30]. В рационе американца самыми популярными источниками ПВ служат мука, зерновые и картофель, в то время как фрукты, бобовые и орехи менее востребованы [31].

В нашей стране суточная потребность населения в ПВ практически во всех регионах удовлетворяется лишь на 1/3 [5], что связано с нарушением структуры питания населения. Основной причиной является недостаточное содержание в рационе основных источников ПВ: фруктов и овощей, продуктов, содержащих цельное зерно, муку грубого помола, отруби, а также тот факт, что используемые в пищу продукты из злаковых (макаронные изделия, хлеб из муки высшего сорта, шлифованный рис, очищенные и обработанные крупы) не являются полноценными источниками ПВ и т.д.

Исследование, проведенное в 38 регионах РФ, выявило существенные нарушения структуры питания и детского населения: снижение потребления свежих овощей (35%) и фруктов (15%), избыточное потребление сахара и кондитерских изделий (65,5%) [32]. В результате этих нарушений у 77% детей сформировался несбалансированный рацион, который характеризует в том числе высокое потребление моно- и дисахаридов при снижении полисахаридов и ПВ [32, 33].

Одним из общепризнанных способов, позволяющих уменьшить дефицит ПВ в питании населения, служит их дополнительное введение в состав пищевой продукции, в первую очередь на зерновой основе. В настоящее время в структуре зерновых продуктов преобладают изделия из пшеничной муки высшего и первого сорта с невысокой пищевой ценностью. Перспективно расширение производства продукции на зерновой основе с оптимальным содержанием ПВ за счет использования овощных и фруктовых порошков, ПВ злаков

и др. Развитие производства обогащенных зерновых продуктов соответствует Основам государственной политики в области здорового питания, Доктрине продовольственной безопасности, Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности.

Современное производство учитывает тенденции нутрициологии. Ассортимент богатых ПВ продуктов на зерновой основе постоянно пополняется за счет использования новых видов сырья, новых вкусовых сочетаний, в том числе новых видов продукции, позволяющей организовать правильный перекус. Примером таких

продуктов могут быть злаковые батончики, производство которых за последние годы значительно выросло. Использование в питании этой группы продуктов позволяет организовать дополнительный прием пищи, который способен обогатить рацион питания отдельными нутриентами, в частности ПВ.

Финансирование. Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Сведения об авторах

Пырьева Екатерина Анатольевна (Pyrieva Ekaterina A.) – кандидат медицинских наук, заведующая лабораторией возрастной нутрициологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Россия)

E-mail: epyrieva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9110-6753>

Сафронова Адиля Ильгизовна (Safronova Adilya I.) – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории возрастной нутрициологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Россия)

E-mail: sai1509@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6023-8737>

Литература

- Бойцов С.А., Чучалин А.Г. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний : рекомендации. М., 2013. 128 с.
- Section «A food and physical activity». An official site of World Health Organization in Russia. URL: <http://www.who.int/diet-physicalactivity/ru/>
- Section «Food». An official site of World Health Organization in Russia. URL: http://www.who.int/child_adolescent_health/topics/prevention_care/child/nutrition/ru/
- Храмцов А.Г., Рябцева С.А., Будкевич Р.О., Ахмедова В.Р., Родная А.Б., Маругина Е.В. Пребиотики как функциональные пищевые ингредиенты: терминология, критерии выбора и сравнительной оценки, классификация // *Вопр. питания*. 2018. Т. 87, № 1. С. 5–17. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10001
- Ардатская М.Д. Клиническое применение пищевых волокон : методическое пособие. М. : 4ТЕ Арт, 2010. 48 с.
- Trowell H.C., Burkitt D.P. The development of the concept of dietary fibre // *Mol. Aspects Med.* 1987. Vol. 9, N 1. P. 7–15. URL: [https://doi.org/10.1016/0098-2997\(87\)90013-6](https://doi.org/10.1016/0098-2997(87)90013-6)
- Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrates, Fiber, Fat, Protein and Amino Acids. Washington, DC : National Academy of Sciences, 2002.
- Dietary Reference Values for Nutrients Summary Report. European Food Safety Authority (EFSA). Approved: 4 December 2017. doi: 10.2903/sp.efsa.2017.e15121.
- Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. Dietary reference intakes: energy, carbohydrates, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. Washington, DC : National Academies Press, 2005.
- US Department of Agriculture and US Department of Health and Human Services. Dietary Guidelines for Americans. 7th ed. Washington, DC : US Government Printing Office, 2010.
- Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации : методические рекомендации. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.
- British Nutrition foundation. Nutrition Requirements. 2016.
- Dietary Reference Intakes for Japanese. 2015. URL: <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10900000-Kenkoukyoku/Overview.pdf>
- Lairon D. Dietary fiber and control of body weight // *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2007. Vol. 17. P. 1–6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2006.07.006>
- Mellen P.B., Walsh T.F., Herrington D.M. Whole grain intake and cardiovascular disease: a meta-analysis // *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2008. Vol. 18, N 4. P. 283–290. doi: 10.1016/j.numecd.2006.12.008
- Lorenzo C., Williams K., Hunt K.J., Haffner S.M. The National Cholesterol Education Program – Adult Treatment Panel III, International Diabetes Federation, and World Health Organization definitions of the metabolic syndrome as predictors of incident cardiovascular disease and diabetes // *Diabetes Care.* 2007. Vol. 30, N 1. P. 8–13.
- Lutsey P.L., Jacobs D.R. Jr, Kori S., Mayer-Davis E., Shea S., Steffen L.M. et al. Whole grain intake and its cross-sectional association with obesity, insulin resistance, inflammation, diabetes and subclinical CVD: The MESA Study // *Br. J. Nutr.* 2007. Vol. 98, N 2. P. 397–405.
- Gibson R., Eriksen R., Chambers E., Gao H., Aresu M., Heard A. et al. Intakes and food sources of dietary fibre and their associations with measures of body composition and inflammation in UK adults: cross-sectional analysis of the airwave health monitoring study // *Nutrients.* 2019. Vol. 11, N 8. Article ID E1839. doi: 10.3390/nu11081839
- Wang Y., Duan Y., Zhu L., Fang Z., He L., Ai D. et al. Whole grain and cereal fiber intake and the risk of type 2 diabetes: a meta-analysis // *Int. J. Mol. Epidemiol. Genet.* 2019. Vol. 10, N 3. P. 38–46.
- Sender R., Fuchs S., Milo R. Revised estimates for the number of human and bacteria cells in the body // *PLoS Biol.* 2016. Vol. 14, N 8. Article ID e1002533. doi: 10.1371/journal.pbio.1002533
- Сафронова А.И., Конь И.Я., Георгиева О.В. Обогащение продуктов детского питания пребиотиками: достижения и проблемы // *Вопр. соврем. педиатрии*. 2013. № 1. С. 87–92.

22. Slavin J. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits // *Nutrients*. 2013. Vol. 5. P. 1417–1435. doi: 10.3390/nu5041417
23. Makki K., Deehan E.C., Walter J., Bäckhed F. The impact of dietary fiber on gut microbiota in host health and disease // *Cell Host Microbe*. 2018. Vol. 23, N 6. P. 705–715. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chom.2018.05.012>
24. So D., Whelan K., Rossi M., Morrison M., Holtmann G., Kelly J.T. et al. Dietary fiber intervention on gut microbiota composition in healthy adults: a systematic review and meta-analysis // *Am. J. Clin. Nutr.* 2018. Vol. 107, N 6. P. 965–983. doi: 10.1093/ajcn/nqy041
25. Lanza E., Yu B., Murphy G., Albert P.S., Chan B., Marshall J.R. et al. The polyp prevention trial continued follow-up study: no effect of a low-fat, high-fiber, high-fruit and vegetable diet on adenoma recurrence eight years after randomization // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 2007. Vol. 16. P. 1745–1752. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-07-0127
26. Bradbury K.E., Appleby P.N., Key T.J. Fruit, vegetable, and fiber intake in relation to cancer risk: findings from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) // *Am. J. Clin. Nutr.* 2014. Vol. 100, suppl. 1. P. 394S–398S. URL: <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.071357>
27. Kliemann N., Murphy N., Viallon V., Freisling H., Tsilidis K.K., Rinaldi S. et al. Predicted basal metabolic rate and cancer risk in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) // *Int. J. Cancer*. 2019 Oct 25. doi: 10.1002/ijc.32753. [Epub ahead of print]
28. Benisi-Kohansal S., Saneei P., Salehi-Marzijarani M., Larijani B., Esmailzadeh A. Whole-grain intake and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies // *Adv. Nutr.* 2016. Vol. 7, N 6. P. 1052–1065. doi: 10.3945/an.115.011635
29. Whole Grains Council. Whole Grain Statistics. URL: <http://www.wholegrainscouncil.org/newsroom/whole-grain-statistics>
30. Slavin J.L. Position of the American Dietetic Association: Health implications of dietary fiber // *J. Am. Diet. Assoc.* 2008. Vol. 108. P. 1716–1731. doi: 10.1016/j.jada.2008.08.007
31. Hoy M.K., Goldman J.D., Sebastian R.S. Fruit and vegetable intake of US adults estimated by two methods: What We Eat In America, National Health and Nutrition Examination Survey 2009–2012 // *Public Health Nutr.* 2016. Vol. 19, N 14. P. 2508–2512. doi: <https://doi.org/10.1017/S1368980016000628>
32. Батулин А.К., Кешабянц Э.Э., Сафронова А.М., Нетребенко О.К. Программирование питанием: питание детей старше года // *Педиатрия. Журн. им. Г.С. Сперанского*. 2013. Т. 92, № 2. С. 92–99.
33. Федеральная служба государственной статистики. Выборочное наблюдение поведенческих факторов, влияющих на состояние здоровья населения 2013. URL: https://www.gks.ru/free_doc/new_site/ZDOR/Sdp2013.Bfs.Publisher/index.html

References

1. Boytsov S.A., Chuchalin A.G. Prevention of chronic noninfectious diseases. Recommendation. Moscow, 2013: 128 p. (in Russian)
2. Section «A food and physical activity». An official site of World Health Organization in Russia. URL: <http://www.who.int/diet-physicalactivity/ru/>
3. Section «Food». An official site of World Health Organization in Russia. URL: http://www.who.int/child_adolescent_health/topics/prevention_care/child/nutrition/ru/
4. Khramtsov A.G., Ryabtseva S.A., Budkevich R.O., Akhmedova V.R., Rodnaya A.B., Marugina E.V. Prebiotics as functional food ingredients: terminology, choice and comparative evaluation criteria, classification. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (1): 5–17. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10001. (in Russian)
5. Ardatskaya M.D. Clinical application of dietary fiber: Methodical manual. Moscow: 4TE Art, 2010: 48 p. (in Russian)
6. Trowell H.C., Burkitt D.P. The development of the concept of dietary fibre. *Mol Aspects Med.* 1987; 9 (1): 7–15. URL: [https://doi.org/10.1016/0098-2997\(87\)90013-6](https://doi.org/10.1016/0098-2997(87)90013-6)
7. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrates, Fiber, Fat, Protein and Amino Acids. Washington, DC: National Academy of Sciences, 2002.
8. Dietary Reference Values for Nutrients Summary Report. European Food Safety Authority (EFSA). Approved: 4 December 2017. doi: 10.2903/sp.efsa.2017.e15121
9. Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. Dietary reference intakes: energy, carbohydrates, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. Washington, DC: National Academies Press, 2005.
10. US Department of Agriculture and US Department of Health and Human Services. Dietary Guidelines for Americans. 7th ed. Washington, DC: US Government Printing Office, 2010.
11. Norms of physiological requirements in energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. Methodical recommendations. Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2009: 36 p. (in Russian)
12. British Nutrition foundation. Nutrition Requirements. 2016.
13. Dietary Reference Intakes for Japanese. 2015. URL: <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10900000-Kenkoukyoku/Overview.pdf>
14. Lairon D. Dietary fiber and control of body weight. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2007; 17: 1–6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2006.07.006>
15. Mellen P.B., Walsh T.F., Herrington D.M. Whole grain intake and cardiovascular disease: a meta-analysis. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2008; 18 (4): 283–90. doi: 10.1016/j.numecd.2006.12.008
16. Lorenzo C., Williams K., Hunt K.J., Haffner S.M. The National Cholesterol Education Program – Adult Treatment Panel III, International Diabetes Federation, and World Health Organization definitions of the metabolic syndrome as predictors of incident cardiovascular disease and diabetes. *Diabetes Care.* 2007; 30 (1): 8–13.
17. Lutsey P.L., Jacobs D.R. Jr, Kori S., Mayer-Davis E., Shea S., Steffen L.M., et al. Whole grain intake and its cross-sectional association with obesity, insulin resistance, inflammation, diabetes and subclinical CVD: The MESA Study. *Br J Nutr.* 2007; 98 (2): 397–405.
18. Gibson R., Eriksen R., Chambers E., Gao H., Aresu M., Heard A., et al. Intakes and food sources of dietary fibre and their associations with measures of body composition and inflammation in UK Adults: cross-sectional analysis of the airwave health monitoring study. *Nutrients.* 2019; 11 (8): E1839. doi: 10.3390/nu11081839
19. Wang Y., Duan Y., Zhu L., Fang Z., He L., Ai D., et al. Whole grain and cereal fiber intake and the risk of type 2 diabetes: a meta-analysis. *Int J Mol Epidemiol Genet.* 2019; 10 (3): 38–46.
20. Sender R., Fuchs S., Milo R. Revised estimates for the number of human and bacteria cells in the body. *PLoS Biol.* 2016; 14 (8): e1002533. doi: 10.1371/journal.pbio.1002533
21. Safronova A.I., Kon I.Ya., Georgieva O.V. Enrichment of products for children food with prebiotics: achievements and challenges *Voprosy sovremennoy pediatrii* [Problems of Modern Pediatrics]. 2013; (1): 87–92. (in Russian)
22. Slavin J. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients.* 2013; 5: 1417–35. doi: 10.3390/nu5041417
23. Makki K., Deehan E.C., Walter J., Bäckhed F. The impact of dietary fiber on gut microbiota in host health and disease. *Cell Host Microbe.* 2018; 23 (6): 705–15. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chom.2018.05.012>
24. So D., Whelan K., Rossi M., Morrison M., Holtmann G., Kelly J.T., et al. Dietary fiber intervention on gut microbiota composition in

- healthy adults: a systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr.* 2018; 107 (6): 965–83. doi: 10.1093/ajcn/nqy041
25. Lanza E., Yu B., Murphy G., Albert P.S., Chan B., Marshall J.R., et al. The polyp prevention trial continued follow-up study: no effect of a low-fat, high-fiber, high-fruit and vegetable diet on adenoma recurrence eight years after randomization. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2007; 16: 1745–52. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-07-0127
 26. Bradbury K.E., Appleby P.N., Key T.J. Fruit, vegetable, and fiber intake in relation to cancer risk: findings from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *Am J Clin Nutr.* 2014; 100 (suppl 1): 394S–8S. URL: <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.071357>
 27. Kliemann N., Murphy N., Viallon V., Freisling H., Tsilidis K.K., Rinaldi S., et al. Predicted basal metabolic rate and cancer risk in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *Int J Cancer.* 2019 Oct 25. doi: 10.1002/ijc.32753. [Epub ahead of print]
 28. Benisi-Kohansal S., Saneei P., Salehi-Marzijarani M., Larijani B., Esmailzadeh A. Whole-grain intake and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Adv Nutr.* 2016; 7 (6): 1052–65. doi: 10.3945/an.115.011635
 29. Whole Grains Council. Whole Grain Statistics. URL: <http://www.wholegrainscouncil.org/newsroom/whole-grain-statistics>
 30. Slavin J.L. Position of the American Dietetic Association: Health implications of dietary fiber. *J Am Diet Assoc.* 2008; 108: 1716–31. doi: 10.1016/j.jada.2008.08.007
 31. Hoy M.K., Goldman J.D., Sebastian R.S. Fruit and vegetable intake of US adults estimated by two methods: What We Eat In America, National Health and Nutrition Examination Survey 2009–2012. *Public Health Nutr.* 2016; 19 (14): 2508–12. doi: <https://doi.org/10.1017/S1368980016000628>
 32. Baturin A.K., Keshabyants E.E., Safronova A.M., Netrebenko O.K. Food programming: nutrition of children over one year. *Pediatrics Journal named after G.N. Speransky*. 2013; 92 (2): 92–9. (in Russian)
 33. Federal State Statistics Service. Selective observation of behavioral factors affecting the health status of the population 2013. URL: https://www.gks.ru/free_doc/new_site/ZDOR/Sdp2013.Bfs.Publisher/index.html. (in Russian)