

УДК 613.21

DOI 10.24412/2312-2935-2025-1-196-212

О ВЛИЯНИИ ФАКТОРА ПИТАНИЯ И ПИЩЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОБИОТЫ КИШЕЧНИКА (ПО ДАННЫМ ЛИТЕРАТУРЫ)

А.В. Ермолаев, Д.О. Горбачев, А.В. Лямин, Н.М. Цунина

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства
здравоохранения Российской Федерации, г. Самара*

Введение. В последние годы в мире отмечается повышенный рост к интересу о влиянии пищевых продуктов при формировании микробиоты кишечника. Отмечается значительный рост исследований кишечной микрофлоры, что во многом обусловлено развитием молекулярной биологии, геномного анализа, технологий высокопроизводительного секвенирования и биоинформатического анализа. Эти достижения позволили нам лучше понять роль “органа”, который раньше игнорировали - кишечной микрофлоры. Одним из новых фундаментальных направлений в гигиене – развитие нутрициологии на стыке микробиологии и гигиены питания на сегодняшний день является одним из приоритетных направлений в развитии профилактической медицины.

Цель исследования – изучение открытых источников с целью формирования полного представления о влиянии пищевого поведения человека на формирование микробиоты кишечника. Цитировано в данном обзоре – 34 отечественных и зарубежных источника.

Материал и методы. Для достижения поставленной цели, нами были применены теоретические научные методы исследования, такие как индукция, дедукция, анализ и синтез. В ходе работы мы собирали и анализировали информацию о том, как фактическое питание влияет на формирование кишечной микробиоты. Оценивалось влияние пребиотиков, пробиотиков, антибиотиков на видовой состав микробиоты. Данный литературный обзор основан на исследовании публикаций, которые представлены в базах данных PubMed, Scopus, Food Science, Technology Abstracts, Google Scholar. Были проанализованы более тысячи систематических обзоров, метаанализов, клинических исследований, в которых описывалась данная проблематика. В систематический анализ нами были включены 34 литературных источника.

Результаты и их обсуждение. В данном литературном обзоре описывается взаимосвязь микробиоты кишечника и питания человека. Определены экзогенных и эндогенных факторы, вызывающие изменения в экосистеме микробиоты кишечника. Описано влияние пребиотиков и пробиотиков при формировании и их влияние на формирование пищевого статуса. Установлена ключевая роль в здоровье человека и ее влияние на возможное возникновение неинфекционных хронических заболеваний.

Заключение. Проведенный анализ научно-литературных данных в данной статье позволил определить и упорядочить важность развития нутрициологии, как мультидисциплинарной науки, значимость рационального питания, понятию микробиома кишечника и влияние на него экзогенных, и эндогенных факторов, определить детерминанты образа жизни, которые могут быть вовлечены в состав микробиоты кишечника. В представленном обзоре перечислены пищевые привычки, влияющие на формирование микробиоты кишечника, а также на некоторых примерах показано их негативное воздействие на здоровье человека.

Ключевые слова: фактор питания, пищевые привычки, расчетные методы, нутриенты, микробита кишечника, профилактика заболеваний, алиментарно-зависимые заболевания, обзор.

ABOUT THE INFLUENCE OF NUTRITION FACTORS AND EATING BEHAVIOR ON THE FORMATION OF INTESTINAL MICROBIOTA (LITERATURE REVIEW)

A.V. Ermolaev, D.O. Gorbachev, A.V. Lyamin, N.M. Tsunina

Samara State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Samara, Russia;

Introduction (relevance). In recent years, the world has seen an increased interest in the influence of foods on the formation of the intestinal microbiota. There has been a significant increase in research on the intestinal microflora, which is largely due to the development of molecular biology, genomic analysis, high-throughput sequencing technologies and bioinformatics analysis. These advances have allowed us to better understand the role of a previously ignored “organ”— the gut microflora. One of the new fundamental directions in hygiene - the development of nutrition at the intersection of microbiology and food hygiene - is currently one of the priority areas in the development of preventive medicine.

The purpose of this study was to examine open sources in order to form a complete picture of the influence of human eating behavior on the formation of intestinal microbiota. Cited in this review - 34 domestic and foreign sources.

Material and methods. To achieve this goal, we used fundamental scientific research methods such as induction, deduction, analysis and synthesis. In the course of the work, we collected and analyzed information on how actual nutrition affects liver microbiota. The effect of prebiotics, probiotics, antibiotics on the species composition of microbiota was assessed. This literature review is based on the education presented in the PubMed, Scopus, Food Science, Technology Abstracts, Google Scholar databases. More than a thousand systematic reviews, meta-analyses, medical studies were analyzed, which described effective problems. We included 34 literary sources in the systematic analysis.

Results. This literature review describes the relationship between intestinal microbiota and human nutrition. Exogenous and endogenous factors causing changes in the intestinal microbiota ecosystem are identified. The influence of prebiotics and probiotics during formation and their influence on the formation of nutritional status is described. The key role in human health and its influence on the possible occurrence of non-infectious chronic diseases is established.

Conclusion. The analysis of scientific and literary data in this article allowed us to determine and organize the importance of developing nutrition as a multidisciplinary science, the significance of rational nutrition, understanding the intestinal microbiome and the influence of exogenous and endogenous factors on it, and to determine lifestyle determinants that may be involved in the composition of the intestinal microbiota. The presented review lists dietary habits that affect the formation of intestinal microbiota, and also shows their negative impact on human health using some examples.

Key words: nutrition factor, eating habits, calculation methods, nutrients, intestinal microbiome, disease prevention, nutrition-dependent diseases, review.

Наука нутрициология носит мультидисциплинарный характер, включает в себя такие науки как химию, физику, биологию, медицину, математику, информатику, геномику, протеомику, метаболомику, генетику. Научное направление изучения и коррекции микробиоты кишечника с помощью диетических моделей и конкретных пищевых компонентов является одним из наиболее перспективных в нутрициологии на настоящий период времени.

Питание является важнейшим фактором окружающей среды человека. Здоровое рациональное питание определяет высокую работоспособность, стойкий иммунитет, высокие адаптационные механизмы организма, увеличение продолжительности жизни, профилактику алиментарно-зависимых заболеваний.

Питание, основанное не на рациональных принципах, может привести к нарушению обмена веществ, расстройству функционального состояния различных органов и систем организма, к заболеваниям [1].

Особенности питания влияют на состав кишечной микрофлоры и влияют на здоровье и долголетие человека [2].

Целью литературного обзора стало изучение открытых источников с целью формирования полного представления о влиянии пищевого поведения человека на формирование микробиоты кишечника. Прочитано в данном обзоре – 34 отечественных и зарубежных источника.

Материалы и методы. Данный литературный обзор основан на исследовании публикаций, которые представлены в базах данных PubMed, Scopus, Food Science, Technology Abstracts, Google Scholar и охватывает преимущественно последние 10 лет.

Результаты и обсуждение. Микробиота – это сообщество бактерий, вирусов, грибов и других микроорганизмов, которые живут в нашем организме. Эти микроорганизмы играют важную роль в нашем здоровье, участвуя в процессах пищеварения, усвоения питательных веществ и защите организма от инфекций.

Кишечная микробиота - изменяющаяся экосистема, симбиотическая среда, которая постоянно формируется под влиянием многих экзогенных и эндогенных факторов, важный биореактор, который превращает пищевые субстраты в метаболиты, играющие решающую роль в различных физиологических процессах. На состав микрофлоры кишечника влияют генетика человека, факторы питания/диета (ключевая роль) и пищевого поведения /пищевой зависимости, время приема пищи, уровень физической активности, вредные привычки,

антропогенная среда, географический район, социальная среда, экономическая политика, лекарства и другие факторы.

Одним из ключевых факторов, влияющих на микробиоту, является питание. Питание – важнейший фактор среды человека, формирующий пищевое поведение (статус питания), рассматривающийся как интегральный показатель здоровья человека.

Правильное питание помогает поддерживать баланс микрофлоры и укрепляет иммунитет. В рационе должны присутствовать пищевые продукты, богатые пребиотиками и пробиотиками – это клетчатка, овощи, фрукты, кисломолочные продукты.

Пребиотики – это вещества, которые стимулируют рост полезных бактерий в кишечнике. Они содержатся в овощах, фруктах, зерновых и бобовых. Пробиотики – это живые бактерии, которые помогают поддерживать здоровье кишечника и укрепляют иммунитет. Их можно найти в кисломолочных продуктах, таких как йогурт, кефир и творог.

Однако не все продукты полезны для микробиоты кишечника. Избыточное потребление сахара, жиров и обработанных продуктов может привести к нарушению баланса микрофлоры и развитию различных заболеваний. Также стоит избегать антибиотиков, которые могут уничтожить полезные бактерии в кишечнике.

В целом, правильное питание и поддержание здоровой микробиоты кишечника важны для общего здоровья и благополучия.

Здоровая микробиота кишечника характеризуется резистентностью и жизнестойкостью, способностью сопротивляться внешнему воздействию и возвращаться в прежнее состояние после его изменения [3].

Если внешний фактор, такой как неправильное питание или прием антибиотиков, оказывает сильное воздействие на микробиом кишечника, то может произойти нарушение баланса между различными видами бактерий. В результате, некоторые бактерии могут стать доминирующими, а другие – исчезнуть. Это может привести к развитию различных заболеваний, связанных с нарушением работы пищеварительной системы [4,5].

Микробиота кишечника является чрезвычайно динамичным метаболическим органом, который связан со здоровьем хозяина и фенотипами болезней [6].

Микробиоту кишечника можно рассматривать и как «диагностический инструмент». Jeremiah J. Faith и соавторы провели секвенирование ампликона 16S рРНК с низкой ошибкой (LEA-Seq) и полногеномное секвенирование более 500 культивируемых изолятов для характеристики состава бактериальных штаммов в фекальной микробиоте. Их исследование

показало долгосрочную стабильность микробных сообществ кишечника, наряду с реакцией на физиологические изменения, что подтверждает потенциал микробиоты кишечника в качестве диагностического инструмента [7].

Диета играет ключевую роль в здоровье человека и возникновении неинфекционных хронических заболеваний, которые распространились настолько, что можно назвать это эпидемией. Явным доказательством тесной связи между диетой и здоровьем является увеличение числа хронических заболеваний среди неиндустриализированных групп населения, которые переходят на западную диету.

Точное понимание того, как метаболизируются питательные вещества и как эти метаболиты способны отобразить реакцию организма на диету, рассматривалось во многих исследованиях. Sébédio J.L. и соавторы описывают аналитические методы, используемые для обнаружения как можно большего количества метаболитов в биологических жидкостях человека. В области нутрициологии описывается о многоиссленных исследованиях, направленных на качество и безопасность пищевых продуктов. Кроме того, проведены метаболомические исследования с целью обнаружения новых ранних биомаркеров метаболической дисфункции и прогностических биомаркеров развивающихся патологий таких как ожирение, метаболический синдром, сахарный диабет 2 типа и другие [8].

Колебания микробиоты связаны с возникновением метаболического синдрома. С другой стороны, микробиота кишечника также играет благотворную роль в организме человека. Основными преимуществами заключаются в целостности слизистого барьера; синтез необходимых витаминов, включая витамин К, биотин, никотиновую кислоту, рибофлавин, пиридоксин, пантотеновую кислоту и тиамин для защиты от инфицированных агентов, укрепление иммунной системы, тренировка циркадного ритма, неврологической функция организма [9].

Микробиом кишечника участвует в выработке гормонов, улучшает транзиторную функцию кишечника, координирует с метаболизмом хозяина [10].

Кишечные микробы потребляют питательные вещества из пищи для производства энергии и метаболитов. Многие из этих метаболитов впоследствии попадают в кровообращение, где они могут пройти дополнительный метаболизм, а также изменить метаболизм хозяина и состояние питания [11].

Преходящие изменения микробного состава кишечника и функциональных адаптаций, связанных с ним, могут уже наблюдаться в течении суток (24 часов) после изменения рациона питания. [12].

Известно, что существует тесная связь между дисбактериозом микробиоты кишечника и многочисленными неинфекционными заболеваниями.

Изучение воздействия диеты на микробиоту кишечника у взрослых может дать новое представление о механистическом процессе, объясняющим, как «здоровая» микробиота кишечника реагирует на факторы окружающей среды, а также выяснить, можно ли считать конкретное изменение микробиоты кишечника триггером какого-либо хронического расстройства, связанного с иммунитетом [13,14].

Каждый человек содержит определенное и переменное количество видов бактерий, которые редки среди людей, определяемых как «изменчивая» микробиота кишечника [15].

Постоянные изменения в составе микробиоты кишечника могут быть достигнуты за счет диетических модификаций [16]. Микробиота кишечника способна модулировать метаболический и иммунный ответ хозяина в зависимости от диеты, тем самым способствуя поддержанию состояния здоровья хозяина [17]. Требуется согласованные усилия ученых-фундаменталистов, клиницистов и других медицинских работников для создания всеобъемлющей основы, позволяющей внедрять новые результаты диетических рекомендаций в практическую деятельность врачей. Необходимо учитывать примеры новых путей успешного внедрения инновационных подходов к точному питанию [18].

Нарушение пищевого статуса человека влияет на состав микробиома его кишечника и наоборот. Нездоровый образ жизни, характеризующийся, в том числе, несбалансированным питанием, физиологическим или психологическим стрессом, низкой физической активностью, нарушения в области соблюдения правил личной гигиены может привести к бессимптомному дисбактериозу и, следовательно, к воспалительным состояниям, способствующим развитию заболевания в долгосрочной перспективе. При этом нарушается микробиота кишечника, могут быть легкие запоры, избыточный вес или нарушения обмена веществ [19].

Вестернизация рациона, включая добавки, может уменьшить микробное разнообразие кишечника с точки зрения типа и рода, что приводит к дисбактериозу, изменению барьерной функции и проницаемости, а также аномальной активации иммунных клеток, что приводит к риску заболеваемости, развитию хронической патологии [20].

К пищевым привычкам относятся частые перекусы, слишком быстрый ритм еды, переедание вечером, увлечение кофе и сладкими блюдами, пропуск завтрака, слишком быстрый ритм еды. Появление современных диетических привычек стало растущей проблемой для здоровья, поскольку оно тесно связано с ожирением и связанными с ним метаболическими заболеваниями, способствуя воспалению, структурным и поведенческим изменениям в микробиоте кишечника. Пищевые привычки могут сильно влиять на состав микробиоты кишечника [21].

Имеется сложная взаимосвязь между временем и частотой приема пищи, суточным ритмом и микробиомом. Острое влияние времени приема пищи на микробиом кишечника и кардиометаболическое здоровье хозяина: перекрестное рандомизированное контрольное исследование [22].

Один из важных аспектов пищевого поведения заключается в его взаимодействии с циркадной системой, физиологическими внутренними часами, работающими автономно с ритмами и осцилляторами, синхронизированными внешними временными сигналами, и регулируемыми различными физиологическими функциями [23].

Рацион питания, предполагающий прием пищи вне обычных дневных часов, может способствовать нарушению циркадных ритмов. Прием пищи на ночь увеличивает риск увеличения веса с течением времени. Механизмы, способствующие этому, включают изменения эффективности обмена веществ в течение дня и нарушение регуляции гормона аппетита и микробиоты кишечника из-за несвоевременного приема пищи [24].

Эмоциональные дистресс-состояния, такие как тревога и депрессия, являются признаками расстройств настроения и личности, которые также связаны с усилением желудочно-кишечных симптомов и изменениями микробиоты кишечника у здоровых взрослых [25].

Широко известно влияние отдельных пищевых компонентов (макронутриентов и микроэлементов), соли, пищевых добавок и диетических привычек (веганский, вегетарианский, безглютеновый, кетогенный, с высоким содержанием сахара, низкоферментируемыми олигосахаридами, дисахаридами, моносахаридами и полиолами, западным типом и средиземноморской диеты) на состав кишечной микробиоты [26].

Диетические вмешательства, пищевые добавки открывают большие перспективы для профилактики заболеваний, связанных с микробиотой.

Наблюдение за тем, что микробиота может получать «пользу» от некоторых продуктов, даже если они неперевариваемы для человека, способствовало развитию пребиотиков, неперевариваемых продуктов, полезных для избирательной стимуляции либо роста, либо активности, либо того и другого видов бактерий, обитающих в желудочно-кишечном тракте. с последующим улучшением здоровья человека [27].

Оптимальная диета может быть персонализирована не только в соответствии с тем, что человек делает в настоящее время, но и с тем, что он должен делать [28].

Последствия в желудочно-кишечном тракте могут быть пагубными и включать повреждение проницаемости кишечного барьера, воспаление и дисбактериоз [29].

Эмоциональные дистресс-состояния, такие как тревога и депрессия, являются признаками расстройств настроения и личности, которые также связаны с усилением желудочно-кишечных симптомов и изменениями микробиоты кишечника у здоровых взрослых [30].

Наиболее распространенный показатель ожирения по индексу массы тела (ИМТ), подчеркивает проблему дифференциации между ожирением и метаболическими заболеваниями. Люди могут иметь нормальный ИМТ, но все же быть метаболически нездоровыми. Повышенный ИМТ может привести к снижению качества жизни и способствовать снижению ожидаемой продолжительности жизни, [31] способствовать развитию заболеваний - неалкогольной жировой болезни печени, хронической гипертензии, сердечно-сосудистым заболеваниям и другим [32].

Заключение. Проведенный анализ научно-литературных данных в данной статье позволил определить и упорядочить важность развития нутрициологии, как мультидисциплинарной науки, значимость рационального питания, понятию микробиома кишечника и влияние на него экзогенных, и эндогенных факторов, определить детерминанты образа жизни, которые могут быть вовлечены в состав микробиоты кишечника. В представленном обзоре перечислены пищевые привычки, влияющие на формирование микробиоты кишечника, а также на некоторых примерах показано их негативное воздействие на здоровье человека. Представлены практические рекомендации, касающиеся оптимизации питания для формирования процесса адаптации микрофлоры кишечника как динамического метаболического органа и повышения резистентности организма, определены изменения статуса питания при переходе от домашнего питания к общественному в измененных

географических условиях (среды обитания), в условиях повышенных физических нагрузок и с учетом новых пищевых привычек.

При формировании здорового образа жизни правильное питание – важнейший компонент изменения рациона питания, который отражается на показателях здоровья человека [33]. Поэтому необходимая корректировка, модификация питания с учетом возраста, пола, физиологического состояния, группы трудоспособности, условий проживания и труда, появляющихся экстремальных условий, географических особенностей местности и особенностей кухни является неотъемлемой частью при формировании здорового образа жизни.

Поэтому надо провести контроль времени приема пищи, учет энергетической ценности фактического и дополнительного питания (пищевые привычки) может прояснить влияние ночного и позднего приема пищи, сверх увеличения потребления энергии, что может принести пользу курсантам с повышенным весом, чтобы помочь им в регулировании веса, хотя необходимы дальнейшие исследования, чтобы изучить это как профилактическую диетическую стратегию. Необходимо проводить мониторинг антропометрических измерений по результатам медосмотров и в период диспансерного наблюдения, меню-раскладки с соотношением их к расчетным показателям оценки рационального, адекватного питания и к нормам физиологических потребностей.

Развитие знания о взаимодействии между пищевыми соединениями и специфическими кишечными бактериями позволит лучше понять как положительные, так и отрицательные взаимодействия с диетическими привычками. Этические и правовые аспекты, связанные с точным питанием, а также искусственная среда и социальные контексты, влияющие на потребление продуктов питания, должны быть рассмотрены для широкого и плодотворного внедрения многообещающей концепции *современного питания* среди населения в целом [34, 35].

Дальнейшее изучение многих разработанных подходов к питанию (специальная диетотерапия, вмешательства в питание и индивидуальные схемы питания) поможет поддерживать и восстанавливать «нормальный» микробиом.

Список литературы

1. Драпкина О. М., Карамнова Н. С., Концевая А. В. и др. Алиментарно-зависимые факторы риска хронических неинфекционных заболеваний и привычки питания:

диетологическая коррекция в рамках профилактического консультирования. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2021; 20 (5):273-334 <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2021-2952>

2. Мкртчян Л.С., Мазовка. К.Е., Ткачев А.В. В лабиринтах патогенеза воспалительных заболеваний кишечника: эволюция микробиологической теории. Практическая медицина. 2022; 20 (1):8-13 <https://doi.org/10.32000/2072-1757-2022-1-8-13>

3. Bäckhed F., Fraser C.M., Ringel Y., et al. Defining a Healthy Human Gut Microbiome: Current Concepts, Future Directions, and Clinical Applications. *Cell Host Microbe*. 2012;12:611–622 <https://doi.org/10.1016/j.chom.2012.10.012>

4. Levy M., Kolodziejczyk A.A., Thaïss C.A. et al. Dysbiosis and the Immune System. *Nat. Rev. Immunol.* 2017;17:219–232 <https://doi.org/10.1038/nri.2017.7>

5. Loke P., Lim Y.A.L. Helminths and the Microbiota: Parts of the Hygiene Hypothesis. *Parasite Immunol.* 2015;37:314–323 <https://doi:10.1111/pim.12193>

6. Romano, K. A., Martinez-Del Campo, A., Kasahara, K. et al. Metabolic, epigenetic, and transgenerational effects of gut bacterial choline consumption. *Cell host & microbe*. 2017;22(3), 279–290 <https://doi.org/10.1016/j.chom.2017.07.021>

7. Faith, J.J., Guruge, J.L., Charbonneau, M. et al. The long-term stability of the human gut microbiota. *Science* (New York, N.Y.).2013;341(6141):1237439 <https://doi.org/10.1126/science.1237439>

8. Sébédio J.L. Metabolomics, nutrition, and potential biomarkers of food quality, intake, and health status. *Adv. Food Nutr. Res.* 2017; 82:83–116 <https://doi:10.1016/bs.afnr.2017.01.001>

9. Nagai, M., Obata, Y., Takahashi, D. et al. Fine-tuning of the mucosal barrier and metabolic systems using the diet-microbial metabolite axis. *International immunopharmacology*. 2016;37:79–86 <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2016.04.001>

10. Zeb, F., Osaili, T., Obaid, R.S. et al. Gut microbiota and time-restricted feeding/eating: a targeted biomarker and approach in precision nutrition. *Nutrients*. 2023;15(2):259 <https://doi.org/10.3390/nu15020259>

11. Mullins, A.P., & Arjmandi, B. H. Health benefits of plant-based nutrition: focus on beans in cardiometabolic diseases. *Nutrients*. 2021;13(2):519 <https://doi.org/10.3390/nu13020519>

12. David, L.A., Maurice, C.F., Carmody, R.N. et al. Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature*. 2014;505(7484):559–563 <https://doi.org/10.1038/nature12820>

13. Redondo-Useros, N., Nova, E., González-Zancada, N. et al. Microbiota and lifestyle: a special focus on diet. *Nutrients*. 2020;12(6):1776 <https://doi.org/10.3390/nu12061776>
14. Clarke, S.F., Murphy, E.F., O'Sullivan, O., et al. Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. *Gut*. 2014;63(12):1913–1920 <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2013-306541>
15. Tap J., Furet J.-P., Bensaada M. et al. Gut microbiota richness promotes its stability upon increased dietary fibre intake in healthy adults. *Environ. Microbiol.* 2015;17:4954–4964 <https://doi:10.1111/1462-2920.13006>
16. Díez-Sainz, E., Milagro, F.I., Riezu-Boj, J.I. et al. Effects of gut microbiota-derived extracellular vesicles on obesity and diabetes and their potential modulation through diet. *Journal of physiology and biochemistry*. 2022;78(2):485–499 <https://doi.org/10.1007/s13105-021-00837-6>
17. Pujia, A.M., Costacurta, M., Fortunato, L. et al. The probiotics in dentistry: a narrative review. *European review for medical and pharmacological sciences*. 2017;21(6):1405–1412
18. de Toro-Martín, J., Arsenault, B. J., Després, J. P. et al. Precision nutrition: a review of personalized nutritional approaches for the prevention and management of metabolic syndrome. *Nutrients*. 2017;9(8): 913 <https://doi.org/10.3390/nu9080913>
19. Bo S., Ciccone G., Pearce N. et al. Prevalence of undiagnosed metabolic syndrome in a population of adult asymptomatic subjects. *Diabetes Res. Clin. Pract.* 2007;75:362–365 <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2006.06.031>
20. Rinninella, E., Cintoni, M., Raoul, P. et al. Food components and dietary habits: keys for a healthy gut microbiota composition. *Nutrients*. 2019;11(10):2393 <https://doi.org/10.3390/nu11102393>
21. Verduci, E., Carbone, M. T., Borghi, E. et al. Nutrition, microbiota and role of gut-brain axis in subjects with phenylketonuria (PKU): a review. *Nutrients*. 2020;12(11):3319 <https://doi.org/10.3390/nu12113319>
22. Papadopoulou, R.T., Theodorou, M.R., Jeong, C.S. et al. The acute effect of meal timing on the gut microbiome and the cardiometabolic health of the host: a crossover randomized control trial. *Annals of nutrition & metabolism*. 2020;76(5):322–333 <https://doi.org/10.1159/000510646>
23. Potter G.D.M., Cade J.E., Grant P.J. et al. Nutrition and the circadian system. *Br. J. Nutr.* 2016;116:434–442 <https://doi.org/10.1017/S0007114516002117>
24. Wiechert, M., & Holzapfel, C. Nutrition concepts for the treatment of obesity in adults. *Nutrients*. 2021;14(1):169 <https://doi.org/10.3390/nu14010169>

25. Taylor A.M., Thompson S.V., Edwards C.G. et al. Associations among diet, the gastrointestinal microbiota, and negative emotional states in adults. *Nutr. Neurosci.* 2019;1–10 <https://doi.org/10.1080/1028415X.2019.1582578>
26. Rinninella, E., Cintoni, M., Raoul, P. et al. Food components and dietary habits: keys for a healthy gut microbiota composition. *Nutrients.* 2019;11(10):2393 <https://doi.org/10.3390/nu11102393>
27. Guarino M.P.L., Altomare A., Emerenziani S. et al. Mechanisms of action of prebiotics and their effects on gastro-intestinal disorders in adults. *Nutrients.* 2020;12:1037 <https://doi.org/10.3390/nu12041037>
28. Betts J.A., Gonzalez J.T. Personalised nutrition: What makes you so special? *Nutr. Bull.* 2016;41:353–359 <https://doi.org/10.1111/nbu.12238>
29. Karl J.P., Margolis L.M., Madslie E.H. et al. Changes in intestinal microbiota composition and metabolism coincide with increased intestinal permeability in young adults under prolonged physiological stress. *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* 2017;312:559–571 <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00066.2017>
30. Kim S., Covington A., Pamer E.G. The Intestinal Microbiota: antibiotics, colonization resistance, and enteric pathogens. *Immunol. Rev.* 2017;279:90–105 <https://doi.org/10.1111/imr.12563>
31. Davis R., Rogers, M., Coates, A. M. et al. The impact of meal timing on risk of weight gain and development of obesity: a review of the current evidence and opportunities for dietary intervention. *Current diabetes reports.* 2022;22(4):147–155 <https://doi.org/10.1007/s11892-022-01457-0>
32. Sarwar, R., Pierce, N., Koppe, S. Obesity and nonalcoholic fatty liver disease: current perspectives. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy.* 2018;11:533–542 <https://doi.org/10.2147/DMSO.S146339>
33. Воронцова В.В. Необходимость формирования здорового образа жизни курсантов вузов ФСИН России. Педагогическое мастерство: материалы XXVIII Междунар. науч. конф. - Казань: Молодой ученый. 2022;1:52-55
34. Голубев Н.А., Огрызко Е.В., Шелепова Е.А., Люцко В.В. Динамика заболеваемости сахарным диабетом среди детей в Российской Федерации за 2014-2018 гг. Менеджер здравоохранения. 2021; 4: 47-56.

35. Kohlmeier, M., De Caterina, R., Ferguson, L. R. et al. Guide and position of the international society of nutrigenetics/nutrigenomics on personalized nutrition: part 2 - ethics, challenges and endeavors of precision nutrition. *Journal of nutrigenetics and nutrigenomics*. 2016; 9(1):28–46 <https://doi.org/10.1159/000446347>

Reference

1. Drapkina O. M., Karamnova N. S., Kontsevaya A. V. et al. Alimentarno-zavisimye faktory riska khronicheskikh neinfektsionnykh zabolevaniy i privychki pitaniya: dietologicheskaya korrektsiya v ramkakh profilakticheskogo konsul'tirovaniya [Alimentary-dependent risk factors for chronic non-communicable diseases and eating habits: dietary correction within the framework of preventive counseling]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. [Cardiovascular Therapy and Prevention]. 2021; 20 (5):273-334 (In Russian) <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2021-2952>

2. Mkrtchyan L.S., Mazovka. K.E., Tkachev A.V. V labirintakh patogeneza vospalitel'nykh zabolevaniy kischechnika: evolyutsiya mikrobiologicheskoy teorii. [In the labyrinths of the pathogenesis of inflammatory bowel diseases: the evolution of microbiological theory]. *Prakticheskaya meditsina* [Practical medicine]. 2022; 20 (1):8-13 (In Russian) <https://doi.org/10.32000/2072-1757-2022-1-8-13>

3. Bäckhed F., Fraser C.M., Ringel Y., et al. Defining a Healthy Human Gut Microbiome: Current Concepts, Future Directions, and Clinical Applications. *Cell Host Microbe*. 2012;12:611–622 <https://doi.org/10.1016/j.chom.2012.10.012>

4. Levy M., Kolodziejczyk A.A., Thaiss C.A. et al. Dysbiosis and the Immune System. *Nat. Rev. Immunol.* 2017;17:219–232 <https://doi.org/10.1038/nri.2017.7>

5. Loke P., Lim Y.A.L. Helminths and the Microbiota: Parts of the Hygiene Hypothesis. *Parasite Immunol.* 2015;37:314–323 <https://doi:10.1111/pim.12193>

6. Romano K.A., Martinez-Del Campo, A., Kasahara, K. et al. Metabolic, epigenetic, and transgenerational effects of gut bacterial choline consumption. *Cell host & microbe*. 2017;22(3), 279–290 <https://doi.org/10.1016/j.chom.2017.07.021>

7. Faith J.J., Guruge, J.L., Charbonneau, M. et al. The long-term stability of the human gut microbiota. *Science* (New York, N.Y.).2013;341(6141):1237439 <https://doi.org/10.1126/science.1237439>

8. Sébédio J.L. Metabolomics, nutrition, and potential biomarkers of food quality, intake, and health status. *Adv. Food Nutr. Res.* 2017; 82:83–116 <https://doi:10.1016/bs.afnr.2017.01.001>

9. Nagai M., Obata, Y., Takahashi, D. et al. Fine-tuning of the mucosal barrier and metabolic systems using the diet-microbial metabolite axis. *International immunopharmacology*. 2016;37:79–86 <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2016.04.001>
10. Zeb F., Osaili, T., Obaid, R.S. et al. Gut microbiota and time-restricted feeding/eating: a targeted biomarker and approach in precision nutrition. *Nutrients*. 2023;15(2):259 <https://doi.org/10.3390/nu15020259>
11. Mullins A.P., & Arjmandi, B. H. Health benefits of plant-based nutrition: focus on beans in cardiometabolic diseases. *Nutrients*. 2021;13(2):519 <https://doi.org/10.3390/nu13020519>
12. David L.A., Maurice, C.F., Carmody, R.N. et al. Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature*. 2014;505(7484):559–563 <https://doi.org/10.1038/nature12820>
13. Redondo-Useros N., Nova, E., González-Zancada, N. et al. Microbiota and lifestyle: a special focus on diet. *Nutrients*. 2020;12(6):1776 <https://doi.org/10.3390/nu12061776>
14. Clarke S.F., Murphy, E.F., O'Sullivan, O., et al. Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. *Gut*. 2014;63(12):1913–1920 <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2013-306541>
15. Tap J., Furet J.-P., Bensaada M. et al. Gut microbiota richness promotes its stability upon increased dietary fibre intake in healthy adults. *Environ. Microbiol*. 2015;17:4954–4964 <https://doi:10.1111/1462-2920.13006>
16. Díez-Sainz E., Milagro, F.I., Riezu-Boj, J.I. et al. Effects of gut microbiota-derived extracellular vesicles on obesity and diabetes and their potential modulation through diet. *Journal of physiology and biochemistry*. 2022;78(2):485–499 <https://doi.org/10.1007/s13105-021-00837-6>
17. Pujia A.M., Costacurta, M., Fortunato, L. et al. The probiotics in dentistry: a narrative review. *European review for medical and pharmacological sciences*. 2017;21(6):1405–1412
18. de Toro-Martín, J., Arsenault, B. J., Després, J. P. et al. Precision nutrition: a review of personalized nutritional approaches for the prevention and management of metabolic syndrome. *Nutrients*. 2017;9(8): 913 <https://doi.org/10.3390/nu9080913>
19. Bo S., Ciccone G., Pearce N. et al. Prevalence of undiagnosed metabolic syndrome in a population of adult asymptomatic subjects. *Diabetes Res. Clin. Pract.* 2007;75:362–365 <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2006.06.031>
20. Rinninella E., Cintoni, M., Raoul, P. et al. Food components and dietary habits: keys for a healthy gut microbiota composition. *Nutrients*. 2019;11(10):2393 <https://doi.org/10.3390/nu11102393>

21. Verduci E., Carbone, M. T., Borghi, E. et al. Nutrition, microbiota and role of gut-brain axis in subjects with phenylketonuria (PKU): a review. *Nutrients*. 2020;12(11):3319 <https://doi.org/10.3390/nu12113319>
22. Papadopoulou R.T., Theodorou, M.R., Jeong, C.S. et al. The acute effect of meal timing on the gut microbiome and the cardiometabolic health of the host: a crossover randomized control trial. *Annals of nutrition & metabolism*. 2020;76(5):322–333 <https://doi.org/10.1159/000510646>
23. Potter G.D.M., Cade J.E., Grant P.J. et al. Nutrition and the circadian system. *Br. J. Nutr.* 2016;116:434–442 <https://doi.org/10.1017/S0007114516002117>
24. Wiechert, M., & Holzapfel, C. Nutrition concepts for the treatment of obesity in adults. *Nutrients*. 2021;14(1):169 <https://doi.org/10.3390/nu14010169>
25. Taylor A.M., Thompson S.V., Edwards C.G. et al. Associations among diet, the gastrointestinal microbiota, and negative emotional states in adults. *Nutr. Neurosci.* 2019;1–10 <https://doi.org/10.1080/1028415X.2019.1582578>
26. Rinninella, E., Cintoni, M., Raoul, P. et al. Food components and dietary habits: keys for a healthy gut microbiota composition. *Nutrients*. 2019;11(10):2393 <https://doi.org/10.3390/nu11102393>
27. Guarino M.P.L., Altomare A., Emerenziani S. et al. Mechanisms of action of prebiotics and their effects on gastro-intestinal disorders in adults. *Nutrients*. 2020;12:1037 <https://doi.org/10.3390/nu12041037>
28. Betts J.A., Gonzalez J.T. Personalised nutrition: What makes you so special? *Nutr. Bull.* 2016;41:353–359 <https://doi.org/10.1111/nbu.12238>
29. Karl J.P., Margolis L.M., Madslie E.H. et al. Changes in intestinal microbiota composition and metabolism coincide with increased intestinal permeability in young adults under prolonged physiological stress. *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* 2017;312:559–571 <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00066.2017>
30. Kim S., Covington A., Pamer E.G. The Intestinal Microbiota: antibiotics, colonization resistance, and enteric pathogens. *Immunol. Rev.* 2017;279:90–105 <https://doi.org/10.1111/imr.12563>
31. Davis R., Rogers, M., Coates, A. M. et al. The impact of meal timing on risk of weight gain and development of obesity: a review of the current evidence and opportunities for dietary intervention. *Current diabetes reports*. 2022;22(4):147–155 <https://doi.org/10.1007/s11892-022-01457-0>

32. Sarwar R., Pierce, N., Koppe, S. Obesity and nonalcoholic fatty liver disease: current perspectives. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*. 2018;11:533–542 <https://doi.org/10.2147/DMSO.S146339>

33. Vorontsova V.V. Neobkhodimost' formirovaniya zdorovogo obraza zhizni kursantov vuzov FSIN Rossii [The need to form a healthy lifestyle for cadets of universities of the Federal Penitentiary Service of Russia]. *Pedagogicheskoe masterstvo: materialy XXVIII Mezhdunar. nauch. konf. - Kazan': Molodoy uchenyy [Pedagogical mastery: materials of the XXVIII International. scientific conf. - Kazan: Young scientist]*. 2022;1:52-55 (In Russian)

34. Golubev N.A., Ogryzko E.V., Shelepova E.A., Lyutsko V.V. Dinamika zabolevaemosti sahnym diabetom sredi detej v Rossijskoj Federacii za 2014-2018 gg. [Dynamics of the incidence of diabetes mellitus among children in the Russian Federation for 2014-2018]. *Menedzher zdavoohraneniya. [Health manager]*. 2021; 4: 47-56.

35. Kohlmeier M., De Caterina, R., Ferguson, L. R. et al. Guide and position of the international society of nutrigenetics/nutrigenomics on personalized nutrition: part 2 - ethics, challenges and endeavors of precision nutrition. *Journal of nutrigenetics and nutrigenomics*. 2016; 9(1):28–46 <https://doi.org/10.1159/000446347>

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Acknowledgments. The study did not have sponsorship.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Сведения об авторах

Ермолаев Александр Вадимович – аспирант, ассистент кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО «Самарский Государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 443001, г. Самара, ул. Арцыбушевская, 171; e-mail: a.v.ermolaev@samsmu.ru, ORCID 0000-0003-4044-9139; SPIN-код: 1541-8495

Горбачев Дмитрий Олегович – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой общей гигиены, ФГБОУ ВО «Самарский Государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 443001, г. Самара, ул. Арцыбушевская, 171; e-mail: d.o.gorbachev@samsmu.ru, ORCID 0000-0002-8044-9806; SPIN-код: 1276-2740

Лямин Артем Викторович – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры общей и клинической микробиологии, иммунологии и аллергологии, ФГБОУ ВО «Самарский Государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 443079, г. Самара, ул. Гагарина, д. 20; e-mail: a.v.lyamin@samsmu.ru, ORCID 0000-0002-5905-1895, SPIN-код: 6607-8990

Цунина Наталия Михайловна – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО «Самарский Государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 443001, г. Самара, ул. Арцыбушевская, 171; e-mail: n.m.cunina@samsmu.ru, ORCID 0009-0006-3789-7079, SPIN-код: 4249-5322

Information about the authors

Ermolaev Alexander Vadimovich – postgraduate student, assistant at the Department of General Hygiene, Samara State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation; address: 171 Artsybushevskaya str., Samara, 443001; e-mail: a.v.ermolaev@samsmu.ru, ORCID 0000-0003-4044-9139; SPIN-код: 1541-8495

Gorbachev Dmitry Olegovich – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of General Hygiene of the Samara State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; address: 171 Artsybushevskaya str., Samara, 443001; e-mail: d.o.gorbachev@samsmu.ru, ORCID 0000-0002-8044-9806; SPIN-код: 1276-2740

Lyamin Artem Viktorovich – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of General and Clinical Microbiology, Immunology and Allergology; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation; address: 20 Gagarina str., Samara, 443079; e-mail: a.v.lyamin@samsmu.ru, ORCID 0000-0002-5905-1895, SPIN-код: 6607-8990

Tsunina Natalya Mikhailovna – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of General Hygiene of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation; address: 171 Artsybushevskaya str., Samara, 443001; e-mail: n.m.cunina@samsmu.ru, ORCID 0009-0006-3789-7079, SPIN-код: 4249-5322

Статья получена: 02.10.2024 г.
Принята к публикации: 25.03.2025 г.