https://doi.org/10.26442/00403660.2025.06.203251

BY-NC-SA 4.0

Микробиота кишечника. Исторический очерк и роль в нефрологии

К.С. Нежданов[1], Л.Ю. Милованова✉[2], С.Ю. Милованова[2], М.В. Таранова[2], А.В. Волков[1], Т.В. Андросова[2]

[1]ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Москва, Россия;
[2]ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

Аннотация
В статье освещены основные этапы исследования микробиоты (МБ) кишечника начиная с Древних времен до настоящего времени, рассматриваются особенности взаимодействия между кишечной МБ и почечными заболеваниями – ось «кишечник – почки». Считается, что впервые МБ упоминается в одном из трактатов Аюрведы «Чарака-Самхита» (700–100 лет до н.э.), а первое использование пробиотиков упоминается в Древнем Китае (1000 лет до н.э.). В 1670-х годах Антони ван Левенгук с помощью усовершенствованного микроскопа описал простейших и бактерии, в том числе и кишечную МБ. В дальнейшем, параллельно с открытиями Луи Пастера и Роберта Коха, шло изучение МБ кишечника, в котором важную роль играют исследования Теодора Эшериха, Анри Тиссье и наших соотечественников С.Н. Виноградского и И.И. Мечникова. Следующий этап в изучении МБ кишечника относится к 1994 г. – началу использования секвенирования 16s рРНК, метаисследований и организации глобальных проектов по изучению МБ – Human Microbiome Project и METAgenomics of the Human Intestinal Tract, целью которых является изучение ее состава и взаимодействия с организмом. Пример такого взаимодействия – ось «кишечник – почки», которая отражает метаболическую связь почек и МБ кишечника. В рамках данной оси в настоящее время исследуются потенциальные терапевтические возможности про-, пребиотиков и синбиотиков при заболеваниях почек. Однако, несмотря на успехи в данной области, требуются дальнейшие исследования для разработки оптимальной стратегии по коррекции нарушений микробиоты, в том числе и при хронических заболеваниях почек.

Ключевые слова: микробиота кишечника, ось «кишечник – почки», хроническая болезнь почек
Для цитирования: Нежданов К.С., Милованова Л.Ю., Милованова С.Ю., Таранова М.В., Волков А.В., Андросова Т.В. Микробиота кишечника. Исторический очерк и роль в нефрологии. Терапевтический архив. 2025;97(6):528–533. DOI: 10.26442/00403660.2025.06.203251
© ООО «КОНСИЛИУМ МЕДИКУМ», 2025 г.

Gut microbiota: Historical essay and role in nephrology

Kirill S. Nezhdanov[1], Ludmila Yu. Milovanova✉[2], Svetlana Yu. Milovanova[2], Marina V. Taranova[2], Alexey V. Volkov[1], Tatiana V. Androsova[2]

[1]Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;
[2]Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

Abstract
The article covers the main stages of intestinal microbiota (MB) research from ancient to modern times and addresses the features of the interaction between intestinal MB and renal diseases, the gut-kidney axis. It is believed that for the first time, MB was mentioned in one of the treatises of Ayurveda, "Caraka-Samhitā" (700–100 BC), and the first use of probiotics was mentioned in Ancient China (1000 BC). In the 1670s, Antonie van Leeuwenhoek, using an advanced microscope, described protozoa and bacteria, including intestinal MB. Later, in parallel with the discoveries of Louis Pasteur and Robert Koch, intestinal MB was a subject for research, with studies by Theodor Escherich, Henri Tissier, and our compatriots S.N. Vinogradsky and I.I. Mechnikov playing an important role. The next stage in the study of intestinal MB dates back to 1994 with the beginning of the use of 16s rRNA sequencing, metascience, and the organization of global projects for the MB study, the Human Microbiome Project and METAgenomics of the Human Intestinal Tract, the purpose of which is to study its composition and interaction with the body. An example of such an interaction is the gut-kidney axis, which reflects the metabolic relationship of the kidneys and intestinal MB. Within the context of this axis, the potential therapeutic possibilities of pro-, prebiotics and synbiotics in kidney diseases are investigated. However, despite advances in the field, further research is needed to develop of the most optimal strategy for correcting microbiota disorders, including in chronic kidney diseases.

Keywords: intestinal microbiota, gut-kidney axis, chronic kidney disease
For citation: Nezhdanov KS, Milovanova LYu, Milovanova SYu, Taranova MV, Volkov AV, Androsova TV. Gut microbiota: Historical essay and role in nephrology. Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.). 2025;97(6):528–533. DOI: 10.26442/00403660.2025.06.203251

Информация об авторах / Information about the authors

✉**Милованова Людмила Юрьевна –** д-р мед. наук, проф. каф. внутренних, профессиональных болезней и ревматологии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет). E-mail: Ludm.milovanova@gmail.com

✉**Ludmila Yu. Milovanova.** E-mail: Ludm.milovanova@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5599-0350

Нежданов Кирилл Сергеевич – аспирант каф. внутренних болезней фак-та фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова»

Kirill S. Nezhdanov. ORCID: 0000-0001-9558-363X

Милованова Светлана Юрьевна – д-р мед. наук, проф. каф. внутренних, профессиональных болезней и ревматологии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет)

Svetlana Yu. Milovanova. ORCID: 0000-0002-2687-6161

Таранова Марина Владимировна – канд. мед. наук, доц. каф. внутренних, профессиональных болезней и ревматологии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет)

Marina V. Taranova. ORCID: 0000-0002-7363-6195

Введение

Микробиотой (МБ) называют совокупность микроорганизмов – бактерий, архей, вирусов, простейших, грибов в определенной среде обитания, например желудочно-кишечном тракте (ЖКТ), тогда как совокупность генетического материала, продуктов метаболизма МБ и ее среды обитания называют микробиомом. Впервые термин «микробиом» употребили Дж. Ледерберг и А. МакКрей в 2001 г. применительно к МБ ЖКТ, а термин «микробиота» встречается в литературе с 1920 г. [1]. Несмотря на то что микробиом человека существует столько же, сколько и сам человек, открытие микроорганизмов в кишечнике произошло несколько столетий назад, тогда как активное изучение ведется менее века. Уже сейчас мы можем судить о важной роли микробиома в жизнедеятельности человека и о наличии связи его состава и метаболической активности со множеством острых и хронических заболеваний, включая нефрологические [2]. Тем не менее о возможном существовании и роли микробиома кишечника человек догадывался еще с эпохи Древнего мира.

Краткий исторический очерк

МБ в древние времена

Как уже было сказано, еще с Древних времен люди проводили связь между деятельностью ЖКТ и различными заболеваниями. Так, в Древней Индии возникновение диареи, Atisara, связывали с наличием гельминтов в кишечнике, употреблением загрязненной воды и эмоциональным фоном человека [3]. Более того, в аюрведическом трактате «Чарака-Самхита» (Caraka-Samhitā) описаны организмы, Krimi, микроскопического размера, которые дословно переводят как «насекомые или черви, обитающие в крови, почве, воде, воздухе и домах». Между тем имеются в виду не совсем насекомые и черви в современном понимании их отнесенности к классам животных. Их разделяют на видимых, или Drishta, и невидимых, или Adrishta, и связывают с возникновением различных болезней. Особая роль отводится Adrishta, которых также иногда называют Sukshmajiva – малые формы жизни, и их связывают с развитием заболеваний. Важным будет сказать, что отдельно выделяли 5 видов Krimi, обитающих в стуле: Kakerukah, Makerukah, Sasulakah, Lelihah и Sausuradah [4]. Фотография отрывка оригинального трактата представлена на **рис. 1**.

В Древнем Китае в период династии Западной Чжоу, X в. до н.э., в тексте «Рецепты от 52 недугов» упоминается использование «золотого сока» для лечения инфекционных заболеваний кишечника [5]. Впоследствии в III в. во время династии Западной Хань описывается применение «желтого супа» – смеси фекальной МБ, использующейся для лечения пищевой токсикоинфекции и тяжелой диареи [6].

В Древней Греции важность деятельности ЖКТ находит отражение не только в знаменитом высказывании Гиппократа – «все болезни начинаются в кишечнике», но и в употреблении ферментированных молочных продуктов, в будущем названных пробиотиками, например Oxygala – подобия йогурта, применявшегося во время реконвалесценции от заболеваний [7]. В Древнем Риме приблизительно 2000 лет назад Плиний Старший использовал ферментированное молоко при диарее [8]. Немногим позже Марк Теренций Варрон, римский писатель, также предположил возможность наличия организмов, недоступных человеческому глазу, способных вызывать заболевания. В частности, в своем произведении *Res Rusticae* («Фермерство») он писал: «…меры предосторожности также должны быть приняты в соседних болотах <…> так как маленькие существа [*animalia minuta*] растут там, летают в воздухе и проникают в тело человека через рот и нос, приводя к возникновению серьезных болезней» [9].

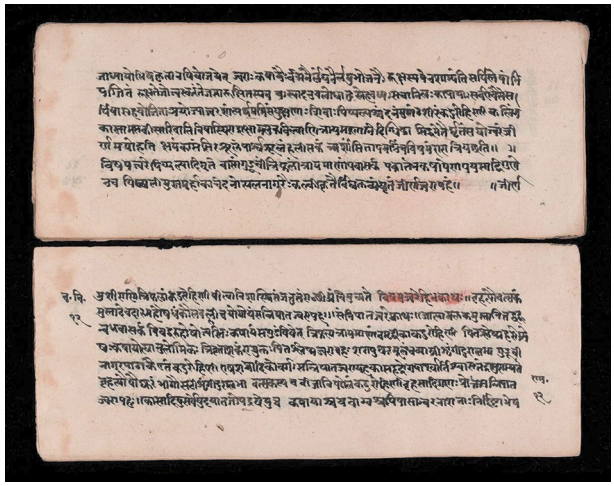

Рис. 1. **Фотография отрывка из аюрведического трактата «Чарака-Самхита» (Caraka-Samhitā).**
https://wellcomecollection.org/works/f2kqft8j.

Fig. 1. **Photo of an excerpt from the Ayurvedic treatise, "Caraka-Samhitā".**
https://wellcomecollection.org/works/f2kqft8j.

Таким образом, еще до собственного открытия бактерий, описания их строения и установления роли в жизнедеятельности человека люди догадывались о возможности их существования, свойствах, связывали с возникновением заболеваний и пробовали лечить болезни с помощью «полезных» бактерий.

МБ в Новое и Новейшее время

Изучение МБ начинается с описания бактерий, когда в 1670–80 годах Антони ван Левенгук использует усовершенствованный микроскоп и впервые наблюдает за одноклеточными организмами, которых называет animalcules (пер. с дат.). В письме Лондонскому Королевскому обществу в 1683 г. он описывает и сравнивает бактерий во рту и стуле человека, отмечая, что в их строении и составе есть различия [10]. С этого момента наука, изучающая бактерии, – микробиология – и МБ идут рука об руку. Копия изображений, сделанных А. Левенгуком в 1676 г., представлена на **рис. 2**.

Информация об авторах / Information about the authors

Волков Алексей Владимирович – ординатор каф. внутренних, болезней фак-та фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова»

Alexey V. Volkov. ORCID: 0000-0002-1873-0189

Андросова Татьяна Витальевна – канд. мед. наук., доц. каф. внутренних, профессиональных болезней и ревматологии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет)

Tatiana V. Androsova. ORCID: 0000-0002-9951-126X

https://doi.org/10.26442/00403660.2025.06.203251

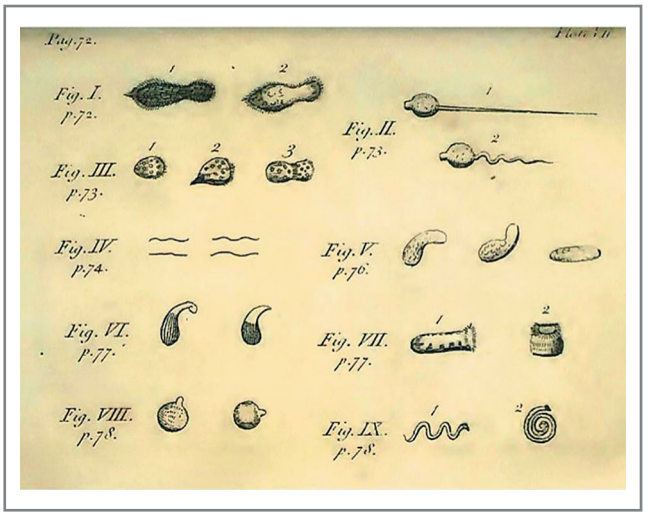

Рис. 2. **Точная репродукция Генри Бейкера (1742 г.) зарисовок А. Левенгука (1676 г.):** представлены бактерии на рис. IV (Fig. IV) и простейшие.

Fig. 2. **Exact reproduction of Henry Baker (1742) sketches by A. Leeuwenhoek (1676);** bacteria are shown in Fig. IV and protozoa.

Рис. 3. **Портрет С.Н. Виноградского.** Музей портрета «Национальная портретная галерея», коллекция музея, раздел «История – глазами потомков» (слева) и колонна Виноградского (справа).

Fig. 3. **Portrait of S.N. Vinogradsky.** Portrait Museum, "National Portrait Gallery," museum collection, section "History Through the Eyes of Posterity" (left) and Vinogradsky's column (right).

Одно из первых описаний бактерий именно внутри ЖКТ привел в 1842 г. Джон Гудсир, обнаруживший микроорганизмы *Sarcina ventriculi* в желудочном соке 19-летнего пациента [11], а первой книгой о МБ считается «Флора и фауна животных», написанная в 1853 г. Джозефом Лейди [12].

Следующий этап изучения МБ начинается в 1870–80-х годах исследованиями Луи Пастера, его микробной теорией возникновения заболеваний, работой над вакцинацией от сибирской язвы и бешенства и работой Роберта Коха, доказавшего микробную теорию возникновения заболеваний, сформулировавшего основные постулаты причинно-следственной связи возбудителя с болезнью, разработавшего метод культивации бактерий и открывшего микобактерию туберкулеза [13, 14]. В основном в данный период внимание уделяли аэробам, так как эпидемиологически важные болезни на тот момент вызывались аэробами, а строгих анаэробов не умели культивировать.

В этот период продолжается наблюдение за МБ: 1867 г. Лионель Смит Бил обнаруживает микроорганизмы в кишечнике и стуле человека, Эрнст Халлиер в 1869 г. и Джордж Вудвард в 1879 г. отмечают наличие в фекалиях здорового человека большого количества бактерий [15, 16]. В дальнейшем, в середине 1880-х годов, Теодор Эшерих описал бактерию в кишечнике здоровых детей и детей с диареей, впоследствии названной *Escherichia coli*. Его работы по изучению МБ грудных младенцев в 1885 г. и эволюции МБ у детей, ее участия в ферментации продуктов в 1886 г. послужили основополагающими в определении роли МБ и ее дальнейшем изучении [17].

Параллельно в 1888 г. произошло открытие способа автотрофного питания бактерий – хемосинтеза – Сергеем Николаевичем Виноградским. В дальнейшем исследователь занимался изучением нитрификации и экологии бактерий, разрабатывал «колонны» собственного имени, с помощью которых можно отследить взаимодействие различных микробов в аэробных и анаэробных средах. Несмотря на то что С.Н. Виноградский напрямую не занимался изучением МБ, его открытия являются основой для изучения взаимодействия МБ с организмом человека в целом [18].

Портрет ученого и его детище – колонны Виноградского – представлены на **рис. 3**.

В это же время также происходит открытие (1899 г.) рода *Bifidobacterium* Анри Тиссье, выделившего их от новорожденного с целью лечения диареи у детей. В отличие от Эшериха он использовал также методы анаэробного культивирования и показал, что в основном преобладающим родом бактерий у здоровых детей являются анаэробы *Bacillus bifidus communis*, т.е. бифидобактерии [19]. В 1899 г. Валерий Яворский описал спиралевидную палочку в язвах и новообразованиях желудка, называя ее *Vibrio rugula*, известную как *Helicobacter pylori* [20].

Одновременно с Л. Пастером, Р. Кохом, Т. Эшерихом и С.Н. Виноградским работал Илья Ильич Мечников. Помимо разработки теории клеточного иммунитета в 1880-х годах, И.И. Мечников популяризовал употребление пробиотиков – кисломолочных продуктов, так как связывал увеличение продолжительности жизни болгарских жителей с приемом продуктов с болгарской кисломолочной палочкой (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*). Он предположил, что «кишечная аутоинтоксикация» и вызываемое ею старение могут быть уменьшены модификацией кишечной МБ и замещением протеолитических микробов полезными микробами [21]. Фотография И.И. Мечникова за работой представлена на **рис. 4**.

Популяризацией и промышленным производством пробиотиков также занимался Альфред Ниссле, в 1917 г. выделивший штамм *Escherichia coli*, который не вызывал развития диареи [22]. Сама концепция аутоинтоксикации предложена Германом Сенатором в 1868 г., где было высказано предположение о попадании различных ядовитых веществ, продуктов метаболизма МБ через ЖКТ в кровоток и «отравлении» организма [23]. Интересно, что эта концепция близка к современной теории «дырявого кишечника» (leaky gut syndrome), наблюдаемого при уремии.

С момента введения в практику методов культивирования строгих анаэробов (техника и пробирки Хангейта,

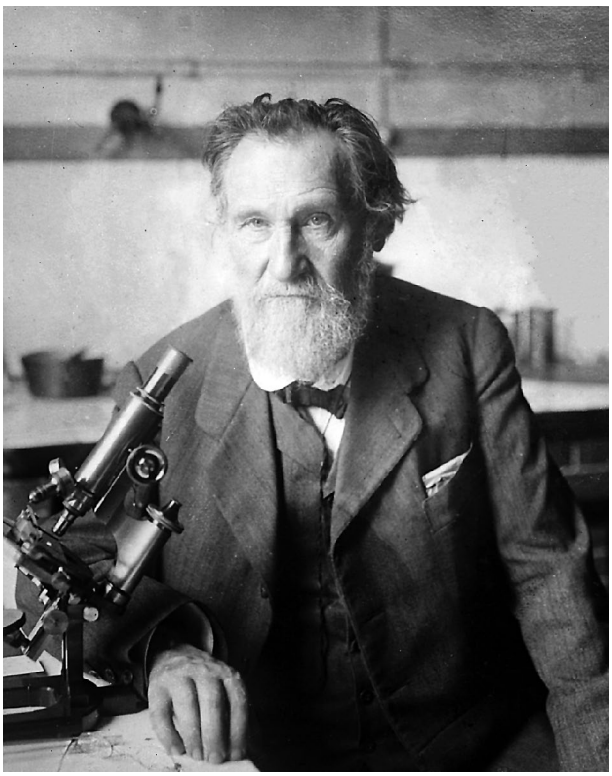

***Рис. 4.* Илья Ильич Мечников, 1910–1915 гг.** Издательство Bain News Service. Изображение из Библиотеки Конгресса США, отдел эстампов и фотографий, Вашингтон, 20540 США.

***Fig. 4.* Ilya Ilyich Mechnikov, 1910–1915, Bain News Service publisher.** Image from the Library of Congress, Prints and Photographs Division, Washington, 20540 USA.

1944 г.), электронной микроскопии и развития молекулярной биологии исследование МБ начинает набирать популярность. Так, в 1965 г. R. Dubos и соавт. опубликовали фотографии замороженных тканей желудка лабораторных мышей с большим количеством палочек и кокков на слизистой оболочке желудка, также исследователи занимались изучением бактероидов, лактобацилл и стрептококков [24]. Их коллеги, R. Schaedler и соавт., в 1960-е изучали влияние МБ на организм посредством трансплантации бактерий в популяции стерильных безмикробных лабораторных мышей [25]. Данные эксперименты позволяют сделать вывод о влиянии МБ на развитие и физиологию организма, в частности доказывается участие МБ в метаболизме билирубина, формировании лимфоцитов в слизистой оболочке кишки. В 1970–80-х годах доказывается роль бактерий в метаболизме лекарственных препаратов, происходит дальнейшее изучение эволюции микробиома в ранние годы жизни человека [26]. Следующий крупный шаг в изучении МБ будет совершен в течение 10 лет: на рубеже XX и XXI вв.

МБ в XXI столетии

В дальнейшие 20 лет изучение МБ значительно шагнуло вперед благодаря методам секвенирования, организации метагеномных исследований и анализа полученных данных.

Ранее изучение МБ полагалось только на культуральные методы, которые показывают низкую чувствительность, требуют специальных факторов роста и времени, тогда как методы молекулярной биологии и амплификации нуклеиновых кислот лишены этих недостатков. Важной отправной точкой является секвенирование 16S рРНК, использованное впервые Карлом Везе, которое в 1996 г. применили K. Wilson и соавт. при исследовании МБ стула в сравнении с культуральным методом [27]. В дальнейшем с появлением высокоэффективного секвенирования изучение МБ приобрело новые масштабы [28].

В 2007 г. внедряется исследовательский проект «Микробиом человека» (Human Microbiome Project), цель которого – определение состава микробиома человека и выяснение роли каждого микроорганизма [29]. В 2008 г. стартовал проект MetaHIT (METAgenomics of the Human Intestinal Tract), задачей которого является определение геномов кишечной МБ, способов ее анализа и участия в воспалительных заболеваниях кишечника, ожирении [30]. Параллельно с этим проводятся исследования, доказывающие изменение состава МБ под воздействием антибиотиков, ее участие в поведенческих реакциях, влияние на уровень стресса, потенциальную ассоциацию с некоторыми хроническими заболеваниями. В 2007 г. E. Klaassens и соавт. также впервые использовали подход метапротеомики при изучении МБ кала, что обеспечило новый толчок в исследованиях, в особенности с появлением специальных платформ анализа данных QIIME и QIIME2 (Quantitative Insights into Microbial Ecology) [31]. Такой подход позволяет изучать ранее некультивируемые микроорганизмы кишечника и других участков тела человека, а также обеспечивает значительное расширение знаний о прежде недостаточно изученных областях, таких как МБ незападных цивилизаций.

Таким образом, от простого наблюдения за animalcules, культивирования аэробов и анаэробов до проведения метаисследований мы продолжаем узнавать что-то новое о нашей МБ, в частности недавно обнаружили некультивируемые бактерии в мочевых путях. Нам еще много предстоит узнать о МБ человека, и ее исследования продолжаются.

МБ в нефрологии

Активное изучение МБ кишечника у пациентов с заболеваниями почек началось примерно 20 лет назад с появлением высокопродуктивного секвенирования. В процессе исследования МБ кишечника начали появляться данные о собственной МБ мочевых путей – уробиоте [32]. В основном уробиота состоит из родов *Lactobacillus, Streptococcus* и *Corynebacterium*, тогда как преобладающие группы кишечной МБ – *Firmicutes, Bacteroidetes, Actinobacteria* и *Proteobacteria*.

В настоящее время известно, что дисбиоз МБ кишечника вовлечен в прогрессирование различных заболеваний почек, в том числе хронической болезни почек (ХБП) [33]. Так, установлено, что МБ кишечника при ХБП активно участвует в генерации уремических токсинов (за счет несбалансированной ферментации метаболитов азота), концентрация которых в содержимом кишечника нарастает по мере прогрессирования ХБП. В свою очередь, уремические токсины кишечного происхождения (индоксилсульфат, п-крезилсульфат, или п-крезол, и др.) приводят к повышению проницаемости кишечной стенки, нарушениям микроциркуляции в ней, а в случае продвинутого уремического состояния – транслокации бактерий в системный кровоток, вызывая хроническое системное воспаление, характерное для ХБП. Установлена роль этих токсинов в развитии сердечно-сосудистых осложнений, прогрессировании ХБП и увеличении смертности при ХБП [34]. Роль уробиоты на сегодняшний

https://doi.org/10.26442/00403660.2025.06.203251

день однозначно не ясна, хотя, согласно ограниченным данным, присутствует связь с риском развития инфекционных заболеваний мочевых путей, уротелиальной карциномой и мочекаменной болезнью [35].

Таким образом, изменения как в МБ кишечника, так и уробиоте могут быть связаны с заболеваниями почек. В литературе такая связь получила название ось «кишечник – почки».

Ось «кишечник – почки»

МБ кишечника и почки взаимодействуют друг с другом не только посредством участия в общих метаболических путях, но и путем тесного анатомического контакта. По данным исследований известно, что их совместное действие обеспечивает поддержание осмотического баланса, концентрации электролитов, регуляцию обмена оксалата и некоторых конечных продуктов обмена веществ [36]. При нарушении функционирования одного из участников этой связки деятельность другого также может нарушаться.

Например, с одной стороны, при нарушении состава кишечной МБ и преобладании роста протеолитических бактерий (*Bacteroides* и *Prevotella*) предполагается увеличение продукции и попадания в кровоток провоспалительных цитокинов и снижение попадания противовоспалительных, короткоцепочечных жирных кислот, что может вести к прогрессии ХБП. Помимо этого, также может увеличиваться продукция аммиака, оказывающего нейротоксическое действие [37].

С другой стороны, при ХБП происходит накопление уремических токсинов, вызывающих нарушение моторики и отек стенки кишки, которые в совокупности с сопутствующим метаболическим ацидозом могут способствовать угнетению кишечной МБ. Кроме того, свой вклад в нарушение МБ при ХБП также вносят прием фосфатсвязывающих препаратов, железа и антибиотиков [38].

Таким образом, разбирая взаимодействие МБ и почек на модели ХБП, мы прослеживаем их взаимное влияние друг на друга, где нарушения МБ способствуют прогрессии ХБП, а осложнения последней усугубляют дисбиоз.

Потенциальные возможности фармакотерапии

Попытки коррекции МБ и терапии почечных заболеваний с помощью пробиотиков предпринимаются еще с древних времен. В частности, в Древнем Риме употребление молока и кисломолочных продуктов практиковали Руф Эфесский при острой боли при почечной колике, Аретей из Каппадокии – при полиурической стадии острого почечного повреждения. При этом с целью профилактики образования почечных камней потребление молочных продуктов ограничивалось [39]. В Древней Индии применяли напиток из ферментированного риса, Apong, который может быть эффективен в профилактике мочекаменной болезни [40].

С ростом понимания сложного участия измененной МБ в хронических заболеваниях почек накапливаются доказательства, подтверждающие терапевтический потенциал вмешательств, направленных на МБ, при консервативном лечении ХБП. Однако, несмотря на то, что современные исследования по коррекции МБ при ХБП демонстрируют улучшение суррогатных точек (маркеров воспаления, снижение уровня аммиака, мочевины), недостаточно оценивались более жесткие конечные точки, в частности сердечно-сосудистая, общая смертность или достижение терминальной почечной недостаточности [41]. Тем не менее имеющиеся данные свидетельствуют о том, что комплексные вмешательства (например, растительная диета, синбиотические добавки, применение препаратов короткоцепочечных жирных кислот для снижения проницаемости кишечной стенки и хронического воспаления, лечение запоров, трансплантация фекальной микробиоты, кишечный диализ) при ХБП могут привести к благоприятной модуляции МБ и, таким образом, потенциально способствовать улучшению клинических результатов [42].

Заключение

Начиная с Древней Индии и вплоть до создания Human Microbiome Project человечество пытается разгадать загадку микробиома и предпринимает попытки воздействия на него различными путями. В результате технологических достижений за последние 20 лет удалось частично определить место микробиома в организме человека, и в частности деятельности почек. Данные исследований позволяют говорить о наличии взаимодействия между почками и микробиомом, оси «кишечник – почки», тем не менее на настоящий момент попытки значительно улучшить почечные исходы через влияние на микробиом не накопили достаточной доказательной базы. Требуются дальнейшие исследования в области кишечной МБ, уробиоты и оси «кишечник – почки».

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

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

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

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

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Список сокращений

ЖКТ – желудочно-кишечный тракт
МБ – микробиота
ХБП – хроническая болезнь почек

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Lederberg J, McCray AT. 'Ome Sweet'omics – A genealogical treasury of words. *Scientist.* 2001;15(7):8.
2. Fan Y, Pedersen O. Gut microbiota in human metabolic health and disease. *Nat Rev Microbiol.* 2021;19(1):55-71. DOI:10.1038/s41579-020-0433-9
3. Saini S, Porte MS. Ayurvedic aspect of bacteria and bacterial food poisoning. *Int J Pharm Sci Res.* 2015;6(6):2281-90. DOI:10.13040/IJPSR.0975-8232.6(6).2281-90
4. Kuhad U, Goel G, Maurya PK, Kuhad RC. Sukshmjeevanu in Vedas: The forgotten past of microbiology in Indian Vedic knowledge. *Indian J Microbiol.* 2021;61:108-10. DOI:10.1007/s12088-020-00911-5
5. Zhang F, Luo W, Shi Y, et al. Should we standardize the 1,700-year-old fecal microbiota transplantation? *Am J Gastroenterol.* 2012;107(11):1755. DOI:10.1038/ajg.2012.251
6. Leung PC, Cheng KF. Fecal microbiota transplantation: Historical review and current perspective. *World J Meta-Anal.* 2019;7(9):423-7. DOI:10.13105/wjma.v7.i9.423
7. Ottogalli G, Testolin G. Dairy products. In: Spiller GA, ed. The mediterranean diets in health and disease. Boston, MA: Springer, 1991.
8. Cruchet S, Furnes R, Maruy A, et al. The use of probiotics in pediatric gastroenterology: A review of the literature and recommendations by Latin-American experts. *Pediatr Drugs.* 2015;17(3):199-216. DOI:10.1007/s40272-015-0124-6
9. Prioreschi P. A history of medicine / Plinio Prioreschi. Lewiston, N.Y.: Edwin Mellen Press, 1991.
10. Robertson LA. Antoni van Leeuwenhoek 1723–2023: A review to commemorate Van Leeuwenhoek's death, 300 years ago: For submission to Antonie van Leeuwenhoek journal of microbiology. *Antonie Van Leeuwenhoek.* 2023;116(10):919-35. DOI:10.1007/s10482-023-01859-4
11. Goodsir J, Wilson G. History of a case in which a fluid periodically ejected from the stomach contained vegetable organisms of an undescribed form. *Edinb Med Surg J.* 1842;57(151):430-43. PMID:30330668
12. Leidy J. A flora and fauna within living animals (excerpt), Smithsonian Contributions to Knowledge (1853). In: Resetarits CR, ed. An anthology of nineteenth-century American science writing. London: Anthem Press, 2012.
13. Berche P. Louis Pasteur, from crystals of life to vaccination. *Clin Microbiol Infect.* 2012;18(Suppl. 5):1-6. DOI:10.1111/j.1469-0691.2012.03945.x
14. Blevins SM, Bronze MS. Robert Koch and the 'golden age' of bacteriology. *Int J Infect Dis.* 2010;14(9):e744-51. DOI:10.1016/j.ijid.2009.12.003
15. Lionel S. The microscope, in its application to practical medicine. *N Am Medchir Rev.* 1859;3(4):611-5. PMCID:PMC10340930
16. Hallier E. Die Parasiten Der Infektionskrankheiten Bei Menschen, Thieren Und Pflanzen: Für Naturforscher, Mediciner, Land-u. Forstwirthe Und Gärtner Geschildert von Ernst Hallier. Verlag, 1878. Vol. 1.
17. Shulman ST, Friedmann HC, Sims RH. Theodor Escherich: The first pediatric infectious diseases physician? *Clin Infect Dis.* 2007;45(8):1025-9. DOI:10.1086/521946
18. Dworkin M. Sergei Winogradsky: A founder of modern microbiology and the first microbial ecologist. *FEMS Microbiol Rev.* 2012;36(2):364-79. DOI:10.1111/j.1574-6976.2011.00299.x
19. Tissier MH. La reaction chromophile d'Escherich et le Bacterium coli. *CR Soc Biol.* 1899;51:943-5.
20. Бордин Д.С., Шенгелия М.И., Иванова В.А., Войнован И.Н. История открытия бактерии Helicobacter pylori. *Терапевтический архив.* 2022;94(2):283-8 [Bordin DS, Shengelia MI, Ivanova VA, Voynovan IN. The history of the discovery of the Helicobacter pylori. *Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.).* 2022;94(2):283-8 (in Russian)]. DOI:10.26442/00403660.2022.02.201377
21. Underhill DM, Gordon S, Imhof BA, et al. Élie Metchnikoff (1845–1916): Celebrating 100 years of cellular immunology and beyond. *Nat Rev Immunol.* 2016;16(10):651-6. DOI:10.1038/nri.2016.89
22. Sonnenborn U. Escherichia coli strain Nissle 1917 – From bench to bedside and back: History of a special Escherichia coli strain with probiotic properties. *FEMS Microbiol. Lett.* 2016;363(19):fnw212. DOI:10.1093/femsle/fnw212
23. Senator H. Über ein Fall von Hydrothionamie und über Selbstinfektion durch abnorme Verdauungsvorgänge. *Berl Klin Wochenschr.* 1868;5:254-6.
24. Dubos R, Schaedler RW, Costello R, Hoet P. Indigenous, normal, and autochthonous flora of the gastrointestinal tract. *J Exp Med.* 1965;122(1):67-76. PMID:14325474
25. Schaedler RW, Dubs R, Costello R. Association of germfree mice with bacteria isolated from normal mice. *J Exp Med.* 1965;122(1):77-82. PMID:14325475
26. Goldman P, Peppercorn MA, Goldin BR. Metabolism of drugs by microorganisms in the intestine. *Am J Clin Nutr.* 1974;27(11):1348-55. PMID:4155602
27. Wilson KH, Blitchington RB. Human colonic biota studied by ribosomal DNA sequence analysis. *Appl Environ Microbiol.* 1996;62(7):2273-8. PMID:8779565
28. Zoetendal EG, Akkermans AD, De Vos WM. Temperature gradient gel electrophoresis analysis of 16S rRNA from human fecal samples reveals stable and host-specific communities of active bacteria. *Appl Environ Microbiol.* 1998;64(10):3854-9. PMID:9758810
29. NIH Human Microbiome Portfolio Analysis Team. A review of 10 years of human microbiome research activities at the US National Institutes of Health, fiscal years 2007–2016. *Microbiome.* 2019;7(1):31. DOI:10.1186/s40168-019-0620-y
30. Ehrlich SD. MetaHIT: The European Union Project on metagenomics of the human intestinal tract. In: Nelson KE, ed. Metagenomics of the human body. New York, NY: Springer New York, 2011. DOI:10.1007/978-1-4419-7089-3_15
31. Klaassens ES, de Vos WM, Vaughan EE. Metaproteomics approach to study the functionality of the microbiota in the human infant gastrointestinal tract. *Appl Environ Microbiol.* 2007;73(4):1388-92. DOI:10.1128/AEM.01921-06
32. Perez-Carrasco V, Soriano-Lerma A, Soriano M, et al. Urinary microbiome: Yin and yang of the urinary tract. *Front Cell Infect Microbiol.* 2021;11:617002. DOI:10.3389/fcimb.2021.617002
33. Tang Z, Yu S, Pan Y. The gut microbiome tango in the progression of chronic kidney disease and potential therapeutic strategies. *J Transl Med.* 2023;21(1):689. DOI:10.1186/s12967-023-04455-2
34. El Chamieh C, Liabeuf S, Massy Z. Uremic toxins and cardiovascular risk in chronic kidney disease: What have we learned recently beyond the past findings? *Toxins (Basel).* 2022;14(4):280. DOI:10.3390/toxins14040280
35. Aragón IM, Herrera-Imbroda B, Queipo-Ortuño MI, et al. The urinary tract microbiome in health and disease. *Eur Urol Focus.* 2018;4(1):128-38. DOI:10.1016/j.euf.2016.11.001
36. Stavropoulou E, Kantartzi K, Tsigalou C, et al. Focus on the gut-kidney axis in health and disease. *Front Med (Lausanne).* 2021;7:620102. DOI:10.3389/fmed.2020.620102
37. Castillo-Rodriguez E, Fernandez-Prado R, Esteras R, et al. Impact of altered intestinal microbiota on chronic kidney disease progression. *Toxins (Basel).* 2018;10(7):300. DOI:10.3390/toxins10070300
38. Liu W, Huang J, Liu T, et al. Changes in gut microbial community upon chronic kidney disease. *PloS One.* 2023;18(3):e0283389. DOI:10.1371/journal.pone.0283389
39. Poulakou-Rebelakou E, Marketos SG. Kidney disease in byzantine medical texts. *Am J Nephrol.* 1999;19(2):172-6. DOI:10.1159/000013446
40. Loying R, Kalita J, Manna P. Rice-based alcoholic fermented beverages of North-East India: Insight into ethnic preparation, microbial intervention, ethnobotany, and health benefits. *J Food Biochem.* 2024;260:1-23. DOI:10.1155/2024/7769743
41. Fagundes RAB, Soder TF, Grokoski KC, et al. Probiotics in the treatment of chronic kidney disease: A systematic review. *J Bras Nefrol.* 2018;40(3):278-86. DOI:10.1590/2175-8239-jbn-3931
42. Sumida K, Pierre JF, Yuzefpolskaya M, et al. Gut microbiota-targeted interventions in the management of chronic kidney disease. *Semin Nephrol.* 2023;43(2):151408. DOI:10.1016/j.semnephrol.2023.151408

Статья поступила в редакцию / The article received: 12.04.2024

OMNIDOCTOR.RU