ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Бактериология, 2026, том 11, №2, с. 30–38
Bacteriology, 2026, volume 11, No 2, p. 30–38

DOI: 10.20953/2500-1027-2026-2-30-38

Применение кишечнорастворимых капсул для пероральной трансплантации микробиоты кишечника на макаках резусах (*Macaca mulatta*)

В.И.Полякова, А.В.Демерчян, Е.И.Мухаметзянова, М.А.Котова, И.М.Аршба

Курчатовский комплекс медицинской приматологии ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт», Сочи, Российская Федерация

Нарушение состава кишечной микробиоты ассоциировано с широким спектром патологий. Трансплантация микробиоты кишечника (ТМК) признана эффективным методом ее коррекции. Пероральные кишечнорастворимые капсулы представляют собой удобную и безопасную форму доставки, однако на макаках резусах (*Macaca mulatta*) этот способ ранее не изучался.

Целью исследования являлось изучение влияния пероральной ТМК с применением кишечнорастворимых капсул на макаках резусах.

Материалы и методы. В исследовании использовано 20 макак резусов, из которых 8 составили группу доноров, а 12 животных были распределены на 3 экспериментальные группы. Антибиотик-ассоциированную диарею моделировали пероральным введением цефиксима и внутримышечным введением амоксигарда. В ходе работы отработан полный протокол, включающий отбор доноров, сбор, обработку и криоконсервацию фекального материала. Трансплантат в форме капсул, покрытых кишечнорастворимой оболочкой, вводили однократно.

Результаты ТМК показали, что введение капсул не вызывало стойких нарушений стула, температуры или массы тела (за исключением физиологического увеличения веса у здоровых животных, получавших капсулы с микробиотой). Гематологические и биохимические сдвиги носили транзиторный характер и к 28-му дню возвращались к норме без признаков системного воспаления. В группах с антибиотик-ассоциированным дисбиозом наблюдалось достоверное кратковременное увеличение содержания *Lactobacillus* spp., *Escherichia coli*, *Bacteroides* spp., *Faecalibacterium prausnitzii* и соотношения *Bacteroides fragilis* group / *F. prausnitzii* с последующей нормализацией микробиоценоза. У здоровых особей значимых изменений микробиоты не отмечено.

Заключение. Пероральная капсулированная ТМК безопасна для макак резусов, не вызывает стойких нарушений гомеостаза и эффективно восстанавливает микробиоценоз после антибиотик-ассоциированной диареи, что обосновывает ее применение в биомедицинских исследованиях.

Ключевые слова: обезьяны, макаки резусы, микробиота кишечника, биологическая модель, трансплантация микробиоты кишечника

Для цитирования: Полякова В.И., Демерчян А.В., Мухаметзянова Е.И., Котова М.А., Аршба И.М. Применение кишечнорастворимых капсул для пероральной трансплантации микробиоты кишечника на макаках резусах (*Macaca mulatta*). Бактериология. 2026; 11(2): 30–38. DOI: 10.20953/2500-1027-2026-2-30-38

Use of enteric-coated capsules for oral gut microbiota transplantation in rhesus macaques (*Macaca mulatta*)

V.I.Polyakova, A.V.Demerchyan, E.I.Mukhametzyanova, M.A.Kotova, I.M.Arshba

Kurchatov Complex of Medical Primatology of NRC «Kurchatov Institute», Sochi, Russian Federation

Disturbance of the gut microbiota composition is associated with a wide range of pathologies. Gut microbiota transplantation (GMT) is recognized as an effective method for its correction. Oral soluble capsules provide a convenient and safe delivery form; however, in rhesus macaques (*Macaca mulatta*), this method has not previously been studied.

The aim of the study was to investigate the effects of oral gut microbiota transplantation (GMT) using enteric-coated capsules in rhesus macaques.

Materials and methods. The study involved 20 rhesus macaques, eight of which served as donors, and 12 animals were divided into three experimental groups. Antibiotic-associated diarrhea was modeled by oral administration of cefixime and intramuscular administration of amoxicard. A complete protocol was developed, including donor selection, collection, processing, and cryopreservation of fecal material. The transplant, in the form of enteric-coated capsules, was administered once.

Для корреспонденции:

Полякова Вероника Игоревна, научный сотрудник лаборатории микробиологии и вирусологии, Курчатовский комплекс медицинской приматологии ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»

Адрес: 354376, Сочи, с. Весёлое, Адлерский р-н, ул. акад. Лапина, 177

Статья поступила 15.05.2026, принята к печати 30.06.2026

For correspondence:

Veronika I. Polyakova, Researcher, Laboratory of Microbiology and Virology, Kurchatov Complex of Medical Primatology of NRC «Kurchatov Institute»

Address: 177 Akad. Lapin str., Vesyoloye Village, Adler District, Sochi, 354376, Russian Federation

The article was received 15.05.2026, accepted for publication 30.06.2026

Results. The GMTs showed that administration of the capsules did not cause persistent changes in stool, temperature, or body weight (except for physiological weight gain in healthy animals receiving the microbiota capsules). Hematological and biochemical changes were transient and returned to normal by day 28, without signs of systemic inflammation. In the groups with antibiotic-associated dysbiosis, a significant short-term increase in the levels of *Lactobacillus* spp., *Escherichia coli*, *Bacteroides* spp., *Faecalibacterium prausnitzii* and the *Bacteroides fragilis* group /*F. prausnitzii* ratio were observed, followed by normalization of the microbiome. In healthy animals, no significant changes in the microbiome were observed.
Conclusion. Oral encapsulated GMT is safe for rhesus macaques, does not induce persistent disturbances of homeostasis, and effectively restores the microbiocenosis after antibiotic-associated diarrhea, which justifies its use in biomedical research.
Key words: monkeys, rhesus monkeys, gut microbiota, biological model, gut microbiota transplantation

For citation: Polyakova V.I., Demerchyan A.V., Mukhametzyanova E.I., Kotova M.A., Arshba I.M. Use of enteric-coated capsules for oral gut microbiota transplantation in rhesus macaques (*Macaca mulatta*). Bacteriology. 2026; 11(2): 30–38. (In Russian). DOI: 10.20953/2500-1027-2026-2-30-38

Микробиота кишечника играет ключевую роль в поддержании гомеостаза, метаболизма и иммунной защиты организма. Дисбиоз, вызванный антибиотикотерапией, инфекциями или нерациональным питанием, связан с широким спектром заболеваний – от инфекции, ассоциированной с *Clostridioides difficile*, до метаболического синдрома и нейропсихических расстройств [1].

Одним из наиболее эффективных методов восстановления нормальной микробиоты является трансплантация микробиоты кишечника (ТМК) – метод лечения, основанный на переносе функциональной микробиоты от здорового донора реципиенту с целью восстановления нормального состава и функций кишечной микрофлоры [2].

Капсульная форма ТМК представляет собой удобный пероральный метод доставки, доказавший свою безопасность и эффективность [3], хотя традиционные способы остаются альтернативой: например, введение через назогастральные, назодуоденальные и назоеюнальные зонды, клизму или колоноскопию [4].

Макаки резусы (*Macaca mulatta*) являются наиболее распространенными нечеловеческими приматами, используемыми в биомедицинских исследованиях [5]. Кишечная микробиота этих обезьян имеет значительное сходство с человеческой. Исследования подтверждают, что в их микробиоте доминируют те же типы бактерий (*Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteriota*) и она подвержена аналогичным возрастным изменениям [6, 7]. Кроме того, макаки подвержены схожим с человеком заболеваниям, связанным с дисбиозом, включая антибиотико-ассоциированную диарею, метаболические нарушения и иммуновоспалительные процессы.

Использование макак позволяет отработать параметры ТМК (частоту введения, дозу, методы подготовки донора) для последующего применения в биомедицинских исследованиях, оценить долгосрочную безопасность, включая риск передачи полирезистентных микроорганизмов, а также разработать протоколы обследования и криоконсервации, которые затем будут перенесены в клинику.

Ряд исследований подтвердили возможность применения пероральной ТМК у нечеловеческих приматов. В частности, в рандомизированном контролируемом исследовании показано, что пероральное проведение фекальной бактериотерапии макакам резусам с хронической диареей приводит к улучшению показателей стула в лечебной группе по сравнению с исходным уровнем, хотя при сравнении с плацебо различия не достигли статистической значимости [8]. Дальнейшие исследования на яванских макаках продемонстрировали, что трансплантация через колоноскоп или назогастральный зонд хорошо переносится и не вызывает отрицательных клинических побочных эффектов, а также способствует положительным изменениям микробиома и иммунных параметров [9]. Рядом авторов также изучалась эффективность трансплантации фекальной микрофлоры на обыкновенных игрунках (*Callithrix jacchus*) методом орального зондирования, что позволило купировать диарею, потерю веса и нормализовать бактериальный состав [10–12].

На сегодняшний день публикации о ТМК с использованием кишечнорастворимых капсул непосредственно на макаках резусах отсутствуют. Однако имеются единичные исследования по разработке капсульных форм для ТМК в гуманной медицине и ветеринарии [2, 13, 14].

Цель исследования – изучение влияния пероральной трансплантации микробиоты кишечника с применением кишечнорастворимых капсул на макаках резусах.

Материалы и методы

В исследование были включены 20 клинически здоровых макак резусов (*Macaca mulatta*). Из них 8 особей составили группу доноров, а 12 особей – экспериментальную группу в модели ТМК (табл. 1).

Обезьяны находились в специальном помещении для содержания животных, в индивидуальных клетках с автоматическими поилками, на которых указаны номера обезьян. В помещении для содержания обезьян поддерживали температуру воздуха 22–28°С, относительную влажность 40–70% и естественную продолжительность светового дня. Животным обеспечивали сбалансированный по белкам, жирам и углеводам рацион: согласно установленным нормам, они получали гранулированный корм собственного производства в соответствии с ГОСТ [15], хлеб и фрукты.

Протокол отбора донора

На основании анализа данных по отбору доноров для ТМК, а также с учетом особенностей инфекционных болезней человека и лабораторных приматов в исследование были включены потенциальные доноры (макаки), соответствующие следующим критериям: отсутствие диареи и других острых состояний, а также антибиотикотерапии в последние 3 мес. Протокол по отбору доноров включал обязательное проведение общего и биохимического анализов крови, а также расширенное микробиологическое и молекулярно-генетическое исследование кала для исключения вирусных (гепатиты А, В, С, Е, аденовирус, ротавирус, норовирус, цитомегаловирус, вирус Эпштейна–Барр, вирус простого

Таблица 1. **Распределение экспериментальных животных по группам**
*Table 1. **Distribution of experimental animals into groups***

Группа / *Group*	Количество животных / *Number of animals*	Исследуемое вещество, контрольный образец / *Test substance/control sample*	Доза / *Dose*
Группа 1 (опытная) – ААД + ТМК / *Group 1 (experimental) – AAD + GMT*	4	Капсулы-МК / *Capsules-GM*	1 капсула/кг / *1 capsule/kg*
Группа 2 (опытная) – ААД + плацебо / *Group 2 (experimental) – AAD + placebo*	4	Капсулы-плацебо / *Placebo-capsules*	1 капсула/кг / *1 capsule/kg*
Группа 3 (контрольная) – здоровые обезьяны + *ТМК / Group 3 (control) – healthy monkeys + GMT*	4	Капсулы-МК / *Capsules-GM*	1 капсула/кг / *1 capsule/kg*

ААД – антибиотик-ассоциированная диарея; ТМК – трансплантация микробиоты кишечника; МК – микробиота кишечника.
AAD – antibiotic-associated diarrhea; GMT – gut microbiota transplantation; GM – gut microbiota.

герпеса 1-го, 2-го типа), бактериальных (возбудители острых кишечных инфекций, *Campylobacter jejuni*, *Helicobacter pylori*, *Yersinia enterocolitica/pseudotuberculosis*, ванкомицин-резистентные энтерококки, метициллин-резистентный стафилококк, грамотрицательные бактерии – продуценты карбапенемаз и β-лактамаз расширенного спектра, *C. difficile/perfringens*) и паразитарных инфекций (*Balantidium coli*, *Blastocystis hominis*, *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Strongyloides stercoralis*, *Trichocephalus trichiurus*) в сочетании с определением уровня фекального кальпротектина как маркера скрытого воспаления кишечника. Положительный результат по любому из показателей или повышение уровня кальпротектина служили критерием исключения донора. На основании проведенного скрининга донорами микробиоты кишечника отобраны 3 особи.

Сбор фекальных образцов

Сбор материала (фекальных образцов) проводили с утра, после уборки помещений и мытья поддонов. Под каждой клеткой были установлены металлические поддоны для сбора фекальных образцов. Материал в стерильных контейнерах доставляли в лабораторию в течение 30 мин для дальнейшей обработки.

Полимеразная цепная реакция

Предварительную обработку фекальных образцов проводили валидированными методами в соответствии с требованиями и методическими указаниями [16, 17].

Выделение ДНК из фекальных образцов проводили с использованием комплекта реагентов на основе термического лизиса «Экспресс-ДНК-Био» (ООО «Компания Алкор Био», Россия) в соответствии с инструкцией производителя.

Молекулярно-генетический анализ 24 микробиологических показателей был выполнен с использованием набора реагентов «КОЛОНОФЛОР-16 (биоценоз)» (ООО «АльфаЛаб», Россия). Детекцию результатов осуществляли на амплификаторе CFX-96 (Bio-Rad Laboratories, Inc., США).

Изготовление капсульной формы трансплантата

10 г свежих фекалий разводили в стерильном фосфатном буфере (PBS), содержащем 5% сахарозы, в качестве криопротектора (соотношение объемов образца фекалий и буфера составляло 1/4). Гомогенизат центрифугировали в течение 5 мин на центрифуге с ускорением 300 g. Супернатант отделяли и полученную суспензию разливали во флаконы объемом 25–30 мл (высота слоя 7–15 мм) и замораживали при -80°С для хранения и дальнейшей лиофильной сушки.

Флаконы с замороженной субстанцией помещали в сублиматор сушильной установки. Высушивание микробной субстанции для трансплантации кишечной микробиоты осуществляли в лабораторной сублимационной установке FreeZone 6 (Labconco, США) посредством конвективного подвода тепла к замороженному материалу через плиту, на которой располагался обезвоживаемый материал во флаконах.

По окончании процесса обезвоживания высушенную субстанцию извлекали из флаконов, измельчали. Остаточную влажность сухого препарата («потерю в массе при высушивании») определяли гравиметрическим методом. Измельченный сухой препарат использовали в качестве активной субстанции, которой заполняли капсулы для трансплантации фекальной микробиоты с помощью капсульной машины PRESSORE 100 Perni MC2. В работе использовали капсулы DR capsTM ACID-RESISTANT CAPSULES размера 4, дополнительно покрытые энтеросолюбильной оболочкой по разработанному нами протоколу [1]. Готовые капсулы хранили при -20°С (срок годности – 1 год с даты изготовления).

Микробиологическая характеристика капсул

Общая бактериальная масса (ОБМ) – $5 \cdot 10^8$ генокопий/г, *Lactobacillus* spp. – $9 \cdot 10^8$, *Bifidobacterium* spp. – $9 \cdot 10^{10}$, *Escherichia coli* – 10^7, *Bacteroides* spp. – 10^8, *F. prausnitzii* – $3 \cdot 10^9$.

Общий анализ мочи

За 18 ч до анализа животных лишали корма (вода свободно). Мочу собирали с поддона клетки в пробирки. Анализ выполняли на анализаторе DocUReader 2 PRO (77 ELEKTRONIKA, Венгрия) с тест-полосками того же производителя.

Гематологические и биохимические исследования крови

Кровь для общего и биохимического анализов брали утром до кормления животных из бедренной вены (v. femoralis) в вакуумные пробирки Vacuette (Германия): 1 мл с К3 ЭДТА и 4 мл с активатором свертывания и гелем. Для получения сыворотки пробирки отстаивали 30 мин при комнатной температуре или 15 мин при 37°С, затем центрифугировали 15 мин при 1500 g (ОПн-3, ОАО ТНК «DASTAN», г. Бишкек). Сыворотку без гемолиза переносили в стерильные пробирки по 1,5 мл. Общий анализ крови выполняли на гематологическом анализаторе MEK-7300 K (NIHON KOHDEN, Япония), биохимический – на анализаторе Biolit-8020 (Китай).

Моделирование антибиотик-ассоциированной диареи

Животным в группах 1 и 2 в течение 7 дней перорально однократно вводили цефиксим-экспресс и амоксигард вну-

Таблица 2. **Балльная система оценки физической характеристики стула у обезьян**
Table 2. ***Scoring system for assessing the physical characteristics of stool in monkeys***

Норма, без слизи и крови / *Normal, without mucus and blood*	Кашицеобразный стул / *Porridge-like stool*	Жидкий стул / *Loose stools*	Водянистый стул / *Watery stool*
0	1	2	3

А – наличие крови; Б – наличие слизи.
A – presence of blood; B – presence of mucus.

тримышечно в расчете 100 мг/кг веса. Степень развития патологического процесса характеризовали по оценке характера стула, представленной в табл. 2.

Трансплантация микробиоты кишечника

Микробиоту кишечника в форме капсул вводили животным экспериментальных групп однократно перорально натощак после полной фиксации. Для введения использовали роторасширитель, шпатель для языка и интродьюсер. После каждой капсулы в ротовую полость медленно вводили 5–10 мл воды комнатной температуры через шприц. Плацебо (капсулы с сахарозой) вводили животным контрольной группы тем же способом, с той же кратностью и в том же объеме.

Наблюдения за общим состоянием животных и оценку характера стула проводили ежедневно в течение всего эксперимента. Термометрию и взвешивание, показатели общего анализа крови, мочи, биохимические показатели сыворотки крови, а также микробиологические показатели проводили в следующих точках: фон, 1-й день, 3-й день, 7-й день, 14-й день, 28-й день после введения трансплантата. Определение фекального кальпротектина проводили до и после введения трансплантата через 28 дней.

Статистическая обработка данных

Статистическая обработка данных, их визуализация и анализ выполнены с использованием программного обеспечения OriginPro 8.6.

Для проверки статистической значимости различий в показателях внутри группы в нескольких временных точках применяли непараметрический критерий Фридмана. Данный критерий используется для сравнения трех и более связанных (повторных) измерений, когда данные не подчиняются нормальному распределению. В случае обнаружения значимых различий проводили попарные множественные сравнения с поправкой Данна. Нормальность распределения проверяли тестом Шапиро–Уилка. Все различия интерпретировали как достоверные при $p < 0,05$.

Результаты исследования

В результате исследования характера стула в течение эксперимента было отмечено, что у животных 1-й и 2-й группы с первого дня введения антибиотиков отмечен кашицеобразный стул, переходящий в жидкий у 2 особей из 8. При этом к 6-м суткам у всех стул вновь стал кашицеобразным или нормальным, тогда как у одной особи жидкий стул впервые появился на 8-й день (в день введения ТМК) и сохранялся также на 9-й день, после чего перешел в кашицеобразный. На 1-й день после введения капсул у обезьян 1-й группы стул был нормальным за исключением одной особи, у которой слизь уже не наблюдалась, однако стул перешел в кашицеобразный и через 2 суток стал нормальным. В группе плацебо после отмены антибиотиков в течение 5 дней отмечался кашицеобразный стул с последующим восстановлением до нормы. В группе 3 (здоровые особи, не получавшие антибиотики) введение капсул не вызвало изменений характера стула на протяжении всего эксперимента.

Для оценки динамики массы тела, температуры, показателей общеклинического и биохимического анализа крови, а также ключевых таксонов микробиоты кишечника в исследуемых группах использовали непараметрический критерий Фридмана (для повторных измерений). При обнаружении статистически значимой динамики проводили апостериорный анализ с поправкой Данна для множественных сравнений временных точек.

Анализ данных выявил достоверную динамику температуры тела только в группе 1 ($p = 0,008$), однако попарные сравнения не выявили ни одной пары временных точек с $p < 0,05$. Значения уровня температуры в данной группе демонстрировали тенденцию к повышению к концу наблюдения. Это может быть связано с плавным характером изменений.

Выявлена достоверная динамика изменения веса в группе 2 ($p = 0,017$) и группе 3 ($p = 0,033$). Однако конкретных пар временных точек в группе 2, между которыми различия достигают статистической значимости, не выявлено ($p > 0,05$), что может указывать на плавный характер изменений. Установлено, что в группе 3 имелось достоверное различие между фоновым значением и 28-м днем эксперимента ($p = 0,017$), что свидетельствует о достоверном увеличении веса к концу наблюдения.

Среди всех показателей общего анализа мочи только pH и удельный вес подлежали статистической обработке. Однако у животных в группах 1–3, получавших капсулы, достоверных изменений динамики в значениях pH не происходило. В группах 2 и 3 зафиксирована достоверная динамика удельного веса мочи на протяжении эксперимента ($p = 0,010$ и $p = 0,048$ соответственно). При этом попарные сравнения не позволили идентифицировать конкретные временные интервалы, между которыми различия достигают уровня значимости ($p > 0,05$). Данный результат может свидетельствовать о плавном характере изменений показателя в этих группах, без резких скачков между отдельными точками.

Следует отметить, что остальные показатели мочи (билирубин, уробилиноген, нитриты, кетоновые тела, аскорбиновая кислота, глюкоза, общий белок, эритроциты, лейкоциты) фиксировались только у единичных особей, что, вероятно, связано с их индивидуальными особенностями, а также не имели выраженной временной динамики, в связи с чем не были включены в сравнительный статистический анализ.

При оценке гематологических показателей выявлена достоверная динамика изучаемых параметров в зависимости от группы наблюдения для: уровня эритроцитов (RBC) – во всех трех группах (группа 1: $p = 0,049$; группа 2: $p = 0,031$; группа 3: $p = 0,020$); содержания гемоглобина (HGB) – в группах 2 и 3 ($p = 0,026$ и $p = 0,015$ соответственно); числа лейкоцитов (WBC) – в группе 1 ($p = 0,046$); в группе 3 – уровня лимфоцитов (LY) ($p = 0,022$), процентного содержания лимфоцитов (LY%) ($p = 0,026$) и моноцитов (MO%) ($p = 0,017$). Значения RBC в группах 1–3 и HGB в группах 2 и 3 демон-

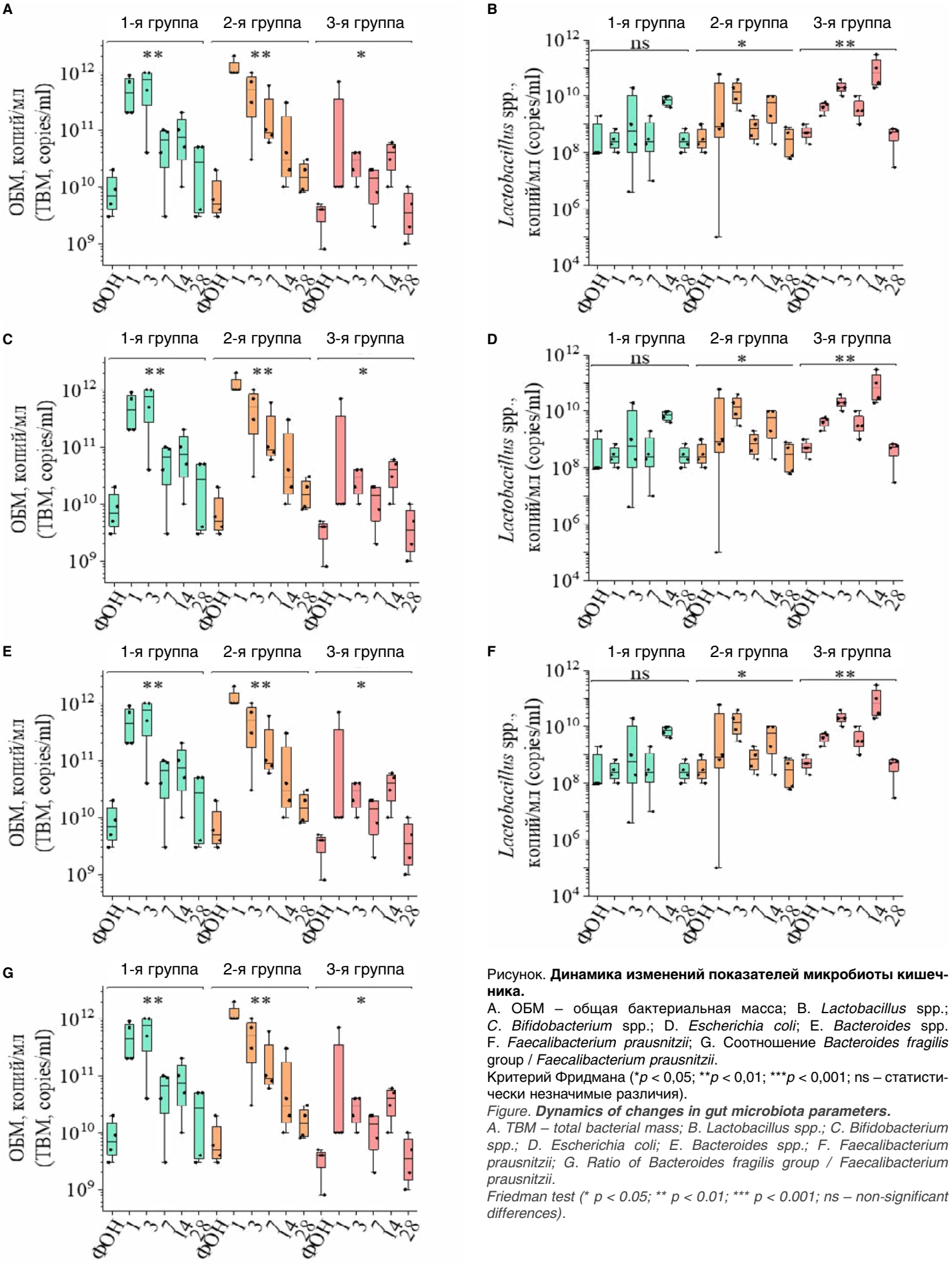


Рисунок. **Динамика изменений показателей микробиоты кишечника.**
A. ОБМ – общая бактериальная масса; B. *Lactobacillus* spp.; *C. Bifidobacterium* spp.; D. *Escherichia coli*; E. *Bacteroides* spp. F. *Faecalibacterium prausnitzii*; G. Соотношение *Bacteroides fragilis* group / *Faecalibacterium prausnitzii*.
Критерий Фридмана (*$p < 0,05$; **$p < 0,01$; ***$p < 0,001$; ns – статистически незначимые различия).
Figure. ***Dynamics of changes in gut microbiota parameters.***
A. TBM – total bacterial mass; B. Lactobacillus spp.; C. Bifidobacterium spp.; D. Escherichia coli; E. Bacteroides spp.; F. Faecalibacterium prausnitzii; G. Ratio of Bacteroides fragilis group / Faecalibacterium prausnitzii.
Friedman test ($p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; ns – non-significant differences).*

стрировали тенденцию к снижению в 1-е сутки после введения с последующим восстановлением к 28-м суткам. Изменения носили плавный характер без резких отличий между соседними временными точками.

После применения поправки на множественные сравнения статистически значимые различия между отдельными временными интервалами были получены для следующих показателей: в группе 1 уровень WBC на 28-е сутки достоверно ниже, чем на 14-е сутки (p = 0,037); в группе 3 уровень LY% на 28-е сутки достоверно ниже, чем на 7-е сутки (p = 0,020), а уровень MO% на 28-е сутки достоверно выше по сравнению с фоновыми значениями (p = 0,027). Для показателей RBC, HGB и LY, несмотря на наличие общей достоверной динамики, при попарном сравнении временных точек значимых различий после поправки на множественные сравнения не обнаружено (p > 0,05).

При анализе биохимических показателей сыворотки крови достоверная динамика изучаемых показателей во времени выявлена для уровня: амилазы – во всех трех группах (группа 1: p = 0,003; группа 2: p = 0,006; группа 3: p = 0,011); щелочной фосфатазы – в группе 1 (p = 0,029) и группе 3 (p = 0,029); общего билирубина – только в группе 1 (p = 0,009); аспартатаминотрансферазы (АСТ) – во всех трех группах (группа 1: p = 0,016; группа 2: p = 0,009; группа 3: p = 0,012); аланинаминотрансферазы (АЛТ) – в группе 2 (p = 0,011) и группе 3 (p = 0,011); мочевины – в группе 1 (p = 0,015) и группе 3 (p = 0,035); общего белка – только в группе 2 (p = 0,017); холестерина – во всех трех группах (группа 1: p = 0,031; группа 2: p = 0,033; группа 3: p = 0,013); глюкозы – только в группе 3 (p = 0,044); креатинина – в группе 2 (p = 0,005) и группе 3 (p = 0,005), а также С-реактивного белка (СРБ) – в группе 1 (p = 0,031) и группе 2 (p = 0,022). В группах 1–3 полностью отсутствовала динамика (p > 0,05 во всех трех группах) для показателей: K^+ и Na^+.

После применения поправки на множественные сравнения статистически значимые различия между отдельными временными точками были получены для следующих показателей: уровень амилазы в группе 1 снижается на 7-е сутки по сравнению с 1-ми (p = 0,020) и 3-ми сутками (p = 0,020); в группе 2 снижение на 7-е (p = 0,010) и 28-е сутки (p = 0,020) по сравнению с 3-ми сутками; в группе 3 снижение на 7-е сутки по сравнению с 3-ми сутками (p = 0,005); снижение уровня общего билирубина на 14-е сутки по сравнению с 3-ми сутками (p = 0,020); снижение уровня АСТ на 14-е сутки по сравнению с 1-ми сутками в группе 1 (p = 0,007) и группе 2 (p = 0,020), а также снижение на 28-е сутки по сравнению с 1-ми сутками в группе 3 (p = 0,020); также отмечено снижение уровня АЛТ на 28-е сутки по сравнению с 1-ми сутками группах 2 и 3 (p = 0,037 и p = 0,005 соответственно); снижение уровня мочевины на 3-и сутки относительно фона в группе 1 (p = 0,010); в группе 1 выявлено статистически значимое повышение уровня холестерина на 7-е сутки по сравнению с фоном; снижение уровня глюкозы на 7-е сутки по сравнению с 1-ми сутками (p = 0,020) в группе 3; в группе 2 – снижение креатинина уровня на 7-е сутки по сравнению с 3-ми сутками (p = 0,005), а также на 28-е сутки по сравнению с 3-ми сутками (p = 0,037); в группе 3 – повышение креатинина на 3-и сутки по сравнению с фоном (p = 0,014) и с 1-ми сутками (p = 0,020). Для показателей щелочной фосфатазы (группы 1 и 3) и общего белка (группа 2) общая динамика была достоверной, однако после поправки на множественные сравнения значимых различий между конкретными временными точками не обнаружено (p > 0,05).

Для оценки влияния трансплантации микробиоты кишечника в форме капсул проведен анализ ключевых микробиологических показателей (рисунок).

В каждой группе зафиксированы статистически значимые изменения значений ОБМ между различными временными точками наблюдения (рисунок, A). Несмотря на подтвержденную общую статистическую значимость динамики в группе 1 (p = 0,006) и группе 3 (p = 0,029), пост-хок анализ не выявил ни одной пары временных точек с достоверным различием после поправки на множественные сравнения (все p > 0,05). Высокодостоверная динамика ОБМ выявлена в группе 2 (p = 0,003): статистически значимое увеличение ОБМ на 1-е сутки по сравнению с фоном (p = 0,007).

Достоверная динамика *Lactobacillus* spp. установлена в группе 2 (p = 0,023) и группе 3 (p = 0,002). В группе 1 статистически значимых изменений не выявлено (p > 0,05) (рисунок, b). Анализ с поправкой на множественные сравнения показал статистически значимое снижение уровня *Lactobacillus* spp. к 28-м суткам по сравнению с пиковым значением на 3-и сутки в группе 2 (p = 0,037). В группе 3 установлено достоверное увеличение уровня *Lactobacillus* spp. на 14-е сутки по сравнению с фоном (p = 0,027), с последующим достоверным снижением на 28-е сутки по сравнению с уровнем на 14-е сутки (p = 0,027).

Во всех группах изменения средних уровней *Bifidobacterium* spp. во времени не достигали порога статистической значимости (p > 0,05) (рисунок, C). Наблюдаемые колебания средних значений (например, подъем на 1-е сутки в группе 1) не были достоверными на уровне распределения данных. Визуальный анализ средних значений в группе 3 указывает на возможный рост к 3-м суткам с последующим снижением.

Достоверные изменения в динамике уровня *E. coli* зафиксированы в группе 1 (p = 0,008) и группе 2 (p = 0,002) (рисунок, D). В группе 1 отмечено увеличение уровня *E. coli* на 1-е сутки относительно фоновых значений, находящееся на пороге статистической значимости (p = 0,051). На 3-и сутки различия с фоном стали достоверными (p = 0,020). В группе 2 наблюдалось достоверное увеличение уровня *E. coli* на 1-е сутки по сравнению с фоном (p = 0,002), а также достоверное снижение уровня на 28-е сутки по сравнению с 1-ми сутками (p = 0,037).

Достоверная динамика уровня *Bacteroides* spp. установлена в группе 1 (p = 0,003) и группе 2 (p = 0,003) (рисунок, E). В группе 1 статистически значимое увеличение уровня *Bacteroides* spp. зафиксировано на 1-е (p = 0,010) и 3-и сутки (p = 0,010) по сравнению с фоновыми значениями. В группе 2 выявлена схожая картина: достоверное увеличение уровня на 1-е (p = 0,005) и 3-и сутки (p = 0,020) по сравнению с исходным уровнем. В обеих группах к 28-м суткам отмечено визуальное снижение к концу наблюдения.

Статистически значимые изменения *F. prausnitzii* во времени выявлены только в группе 1 (p = 0,021), где уровень значимо повышался на 1-е сутки (p = 0,027) (рисунок, F).

Достоверные изменения отношения *B. fragilis* group / *F. prausnitzii* зафиксированы в группе 1 (p = 0,019) и группе 2

(p = 0,008) (рисунок, G). В группе 1 выявлено достоверное увеличение относительно фона на 1-е сутки (p = 0,037). Отмечалось повышение показателя на 3-и сутки, однако оно не достигло статистической значимости (p = 0,122). В группе 2 единственным статистически значимым оставалось различие увеличение на 1-е сутки относительно фона (p = 0,005). В группе 3 статистически значимой динамики показателя в течение эксперимента не обнаружено (p = 0,883). Медианные значения в этой группе оставались стабильно низкими на всем протяжении исследования, что указывает на сохранение баланса анаэробной микробиоты.

Ряд микроорганизмов, постоянно присутствующих в микробиоте здоровых макак резусов (*C. difficile*, *C. perfringens*, *Enterobacter cloacae*, *Proteus* spp. и т.д.) [2, 3], характеризовались нерегулярной встречаемостью и высокой межиндивидуальной вариабельностью концентраций, что сделало невозможным проведение корректного статистического анализа.

Обсуждение

Введение капсул с микробиотой не вызывало стойких нарушений стула у животных: кратковременные изменения носили транзиторный характер, а у здоровых особей (группа 3) стул оставался нормальным на протяжении всего эксперимента. Эти данные согласуются с результатами ТМК у других животных, при которых расстройства желудочно-кишечного тракта разрешаются самостоятельно без серьезных исследований [12, 18], в отличии от людей жидкий стул регистрируется в течение первых 24 ч, с последующим восстановлением в течении 1–2 нед. [19]. Полученные результаты свидетельствуют о благоприятном профиле безопасности трансплантации микробиоты кишечника в отношении желудочно-кишечного тракта.

У животных всех групп не зафиксировано клинически значимых отклонений температуры тела и показателей мочи, за исключением плавных, статистически не значимых при попарных сравнениях колебаний. Достоверное увеличение массы тела к 28-м суткам в группе 3 (здоровые особи) свидетельствует о нормальном физиологическом статусе. Аналогичные данные о стабильном росте массы тела наблюдались у контрольных животных после ТМК [12, 18].

Несмотря на выявленную достоверную динамику отдельных гематологических параметров (RBC во всех трех группах; HGB в группах 2 и 3; WBC в группе 1; LY, LY% и MO% в группе 3), полученные результаты в совокупности свидетельствуют об отсутствии системного воспалительного эффекта.

Ключевым обоснованием служат следующие факты – все отмеченные сдвиги (например, снижение RBC и HGB в 1-е сутки) носили кратковременный характер. После поправки на множественные сравнения единичные статистически значимые различия между временными точками были зафиксированы лишь для WBC, LY% и MO%, при этом они не формировали устойчивого патологического паттерна. На конечном этапе наблюдения ни один из показателей не имел клинически значимого отклонения от фоновых значений, что исключает развитие анемии, лейкоцитоза, лейкопении или иммуновоспалительного дисбаланса.

Все статистически значимые изменения в биохимических показателях (повышение СРБ, креатинина; колебания амилазы, АСТ, АЛТ, мочевины, глюкозы, холестерина) наблюдались только в отдельных временных точках и не носили прогрессирующего характера. К 28-м суткам наблюдения все показатели возвращались к исходным (фоновым) значениям. Ни для одного из параметров не зафиксировано стойкого отклонения, выходящего за пределы физиологической нормы. Кратковременное повышение СРБ в группе 1 на 1-е сутки отражает ожидаемый острофазовый ответ без признаков хронического воспаления [20]. Отсутствие динамики электролитов (K^+, Na^+) исключает грубые нарушения гомеостаза.

Трансплантация микробиоты кишечника в капсулах приводила к достоверным изменениям общей бактериальной массы, уровней *Lactobacillus* spp., *E. coli*, *Bacteroides* spp., *F. prausnitzii* и соотношения *B. fragilis* group / *F. prausnitzii*, преимущественно в группах 1 и 2, получавших антибиотики. В большинстве случаев к 28-м суткам показатели возвращались к исходным значениям, а в группе 3 (здоровые особи) значимых сдвигов не наблюдалось либо они носили физиологический характер. Эти изменения отражают ожидаемую динамику: антибиотики нарушают микробиоту, а ТМК приводит к нормализации ключевых таксонов (*Lactobacillus* spp. и *F. prausnitzii* как маркеры здоровой микробиоты), без стойкого дисбаланса [21].

Таким образом, введение капсул с микробиотой кишечника не вызывает стойких изменений стула, температуры тела, массы тела и показателей мочи, а также не нарушает гематологического и биохимического гомеостаза. Это подтверждает отсутствие системного воспалительного или токсического эффекта, связанного с трансплантацией микробиоты кишечника. Полученные результаты подтверждают, что ТМК способствует восстановлению микробиоценоза после антибиотико-ассоциированных нарушений, не вызывая стойкого дисбаланса анаэробной флоры, что обосновывает безопасность и эффективность применения капсул [14, 22].

Заключение

Капсулированная форма трансплантации микробиоты кишечника на макаках резусах демонстрирует безопасность и эффективность, так как не вызывает стойких клинических, гематологических, биохимических и микробиотических нарушений, а также способствует восстановлению нормобиоценоза после антибиотико-ассоциированной диареи.

Финансирование работы

Работа выполнена в рамках НИР 1ф-МП.1 ФГБУ Курчатовского комплекса медицинской приматологии НИЦ «Курчатовский институт».

Funding

The work was carried out as part of research project 1f-MP.1 of the Kurchatov Complex of Medical Primatology of the National Research Center «Kurchatov Institute».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими организациями), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Conflict of interest

The authors have no relationships, activities, or interests with third parties (commercial or non-commercial organizations) to declare that could have influenced the work reported in this paper in the last three years.

Соблюдение этических стандартов

Все процедуры, выполненные в исследованиях с участием животных, соответствовали этическим стандартам, утвержденным правовыми актами Российской Федерации, принципам Базельской декларации и требованиям Европейской Конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или иных целей, ETS №123 и Директивы №2010/63/EU, принятой Европейским Парламентом 22 сентября 2010. Протокол исследования одобрен этическим комитетом организации (ФГБНУ «НИИ МП») – №91 от 12.04.2021, в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации.

Compliance with Ethical Standards

All procedures performed in studies involving animals complied with ethical standards established by Russian legislation, the principles of the Basel Declaration, and the requirements of the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Purposes, ETS No 123, and Directive No 2010/63/EU, adopted by the European Parliament on September 22, 2010. The study protocol was approved by the Ethics Committee of the organization (Research Institute of Animal Medicine) – No 91 dated April 12, 2021, in accordance with the requirements of Russian legislation.

Вклад авторов

Все авторы подтверждают равное участие на всех этапах подготовки рукописи: разработка концепции, получение и анализ данных, написание и редактирование текста.

Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты настоящей работы, гарантируют надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Author contributions

All authors contributed equally to this work, including conceptualization and design, data acquisition and analysis, manuscript writing and editing.

All authors have read and approved the final manuscript and agree to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Благодарности

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Примат».

Acknowledgment

The research was carried out at the «Primat» Shared Research Facilities using its equipment.

Генеративный искусственный интеллект

При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Generative artificial intelligence

No generative artificial intelligence technologies were used in the preparation of this article.

Литература

1. Власов ВВ, Морозов ВВ. Российский опыт трансплантации фекальной микробиоты. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2023;4:113-120. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-212-4-113-120
2. Yu H, Zhang Y, Yang D, Luo H, Zhou Y. Advances in capsule-based fecal microbiota transplantation: clinical applications and innovations. J Transl Med. 2025 Dec 2;23(1):1370. DOI: 10.1186/s12967-025-07407-0
3. Quraishi MN, Moakes CA, Yalchin M, Blackwell C, Segal J, Ives NJ, et al. Mechanistic insights into fecal microbiota transplantation for the treatment of ulcerative colitis: analysis of the STOP-Colitis trial. J Crohns Colitis. 2026 Mar 10;20(3):jjag006. DOI: 10.1093/ecco-jcc/jjag006
4. Tiwari R, Paswan A, Tiwari G, Reddy VJS, Posa MK. Perspectives on Fecal Microbiota Transplantation: Uses and Modes of Administration. Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi. 2025 Jul 1;41:e20250014. DOI: 10.62958/j.cjap.2025.014
5. Hannibal DL, Bliss-Moreau E, Vandeleest J, McCowan B, Capitanio J. Laboratory rhesus macaque social housing and social changes: Implications for research. Am J Primatol. 2017 Jan;79(1):1-14. DOI: 10.1002/ajp.22528
6. Полякова ВИ, Кривонос ДВ, Климина КМ, Веселовский ВА, Орлов АВ, Федоров ДЕ, и др. Возрастные особенности композиции микробиоты кишечника макак резусов, содержащихся в условиях неволи. Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2024;42(3):22-28. DOI: 10.17116/molgen20244203122
7. Полякова ВИ, Пушкарев АП, Демерчян АВ, Аршба ИМ, Попов АВ. Референсные значения показателей кишечной микробиоты макак резусов, установленные методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2026;103(2):252-262. DOI: 10.36233/0372-9311-793
8. Ferrecchia CE, Hobbs TR. Efficacy of oral fecal bacteriotherapy in rhesus macaques (*Macaca mulatta*) with chronic diarrhea. Comp Med. 2013 Feb;63(1):71-5.
9. Hensel ME, Caviness K, MacNeill A, et al. Fecal microbiota transplantation in cynomolgus macaques: a pilot study. J Med Primatol. 2015 Oct;44(5):281-9. DOI: 10.1111/jmp.12185
10. Inoue R, Sano T, Suda W, et al. Fecal microbiota transplantation for the treatment of chronic diarrhea in common marmosets (*Callithrix jacchus*). Exp Anim. 2016;65(3):287-96. https://doi.org/10.1538/expanim.16-0003
11. Ross CN, Reveles KR. Feasibility of fecal microbiota transplantation via oral gavage to safely alter gut microbiome composition in marmosets. Am J Primatol. 2020;82:e23196. DOI: 10.1002/ajp.23196
12. Дробот ГЮ, Шебеко СК, Ермаков АМ. Использование процедуры трансплантации фекальной микробиоты в ветеринарии (обзор). Ветеринария сегодня. 2024;13(4):314-321. DOI: 10.29326/2304-196X-2024-13-4-314-321
13. Melikhova AV, Ilina EN, Mokhirev Dyu, Benediktova YaD, Pavlenko AV, Polyakova VI, et al. Biotechnological and microbiological aspects of development of capsule form for fecal microbiota transplantation. World Journal of Advanced Research and Reviews. 2024;24(02):682-689. DOI: 10.30574/wjarr.2024.24.2
14. Halaweish HF, Boatman S, Staley C. Encapsulated Fecal Microbiota Transplantation: Development, Efficacy, and Clinical Application. Front Cell Infect Microbiol. 2022 Mar 17;12:826114. DOI: 10.3389/fcimb.2022.826114
15. ГОСТ 34566-2019 «Комбикорма полнорационные для лабораторных животных».
16. СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней».
17. МУ 1.3.2569-09 Организация работы лабораторий, использующих методы амплификации нуклеиновых кислот при работе с материалом, содержащим микроорганизмы I–IV групп патогенности.

18. Lee MA, Questa M, Wanakumjorn P, Kol A, McLaughlin B, Weimer BC, et al. Safety profile and effects on the peripheral immune response of fecal microbiota transplantation in clinically healthy dogs. J Vet Intern Med. 2024 May-Jun;38(3):1425-1436. DOI: 10.1111/jvim.17061
19. Gaonkar P. Safety and potential risks with fecal microbiota transplantation. Contemporary topics in patient safety. Vol 1. 2022. DOI: 10.5772/intechopen.95907
20. Zhang T, Cui B, Li P, He Z, Long C, Wei L, et al. Short-Term Surveillance of Cytokines and C-Reactive Protein Cannot Predict Efficacy of Fecal Microbiota Transplantation for Ulcerative Colitis. PLoS One. 2016 Jun 27;11(6):e0158227. DOI: 10.1371/journal.pone.0158227
21. Ruszkowski J, Kachlik Z, Walaszek M, Storman D, Podkowa K, Garbarczuk P, et al. Fecal microbiota transplantation from patients into animals to establish human microbiota-associated animal models: a scoping review. J Transl Med. 2025 Jun 17;23(1):662. DOI: 10.1186/s12967-025-06645-6
22. Kragsnaes MS, Kjeldsen J, Horn HC, Munk HL, Pedersen JK, Just SA, et al. Response to: 'Correspondence on 'Safety and efficacy of faecal microbiota transplantation for active peripheral psoriatic arthritis: an exploratory randomised placebo-controlled trial'' by McGonagle et al. Ann Rheum Dis. 2023 Jul;82(7):e165. DOI: 10.1136/annrheumdis-2021-220910

References

1. Vlasov VV, Morozov VV. Russian experience in fecal microbiota transplantation. Experimental and Clinical Gastroenterology. 2023;4:113-120. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-212-4-113-120 (In Russian).
2. Yu H, Zhang Y, Yang D, Luo H, Zhou Y. Advances in capsule-based fecal microbiota transplantation: clinical applications and innovations. J Transl Med. 2025 Dec 2;23(1):1370. DOI: 10.1186/s12967-025-07407-0
3. Quraishi MN, Moakes CA, Yalchin M, Blackwell C, Segal J, Ives NJ, et al. Mechanistic insights into fecal microbiota transplantation for the treatment of ulcerative colitis: analysis of the STOP-Colitis trial. J Crohns Colitis. 2026 Mar 10;20(3):jjag006. DOI: 10.1093/ecco-jcc/jjag006
4. Tiwari R, Paswan A, Tiwari G, Reddy VJS, Posa MK. Perspectives on Fecal Microbiota Transplantation: Uses and Modes of Administration. Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi. 2025 Jul 1;41:e20250014. DOI: 10.62958/j.cjap.2025.014
5. Hannibal DL, Bliss-Moreau E, Vandeleest J, McCowan B, Capitanio J. Laboratory rhesus macaque social housing and social changes: Implications for research. Am J Primatol. 2017 Jan;79(1):1-14. DOI: 10.1002/ajp.22528
6. Polyakova VI, Krivonos DV, Klimina KM, Veselovsky VA, Orlov AV, Fedorov DE, et al. Age-related features of the gut microbiota composition of Rhesus monkeys kept in captivity. Molecular Genetics, Microbiology and Virology. 2024;42(3):22-28. DOI: 10.17116/molgen20244203122 (In Russian).
7. Polyakova VI, Pushkarev AP, Demerchyan AV, Arshba IM, Popov AV. Reference values for gut microbiota parameters in rhesus macaques established by real-time polymerase chain reaction. Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology. 2026;103(2):252-262. DOI: 10.36233/0372-9311-793 (In Russian).
8. Ferrecchia CE, Hobbs TR. Efficacy of oral fecal bacteriotherapy in rhesus macaques (*Macaca mulatta*) with chronic diarrhea. Comp Med. 2013 Feb;63(1):71-5.
9. Hensel ME, Caviness K, MacNeill A, et al. Fecal microbiota transplantation in cynomolgus macaques: a pilot study. J Med Primatol. 2015 Oct;44(5):281-9. DOI: 10.1111/jmp.12185
10. Inoue R, Sano T, Suda W, et al. Fecal microbiota transplantation for the treatment of chronic diarrhea in common marmosets (*Callithrix jacchus*). Exp Anim. 2016;65(3):287-96. https://doi.org/10.1538/expanim.16-0003
11. Ross CN, Reveles KR. Feasibility of fecal microbiota transplantation via oral gavage to safely alter gut microbiome composition in marmosets. Am J Primatol. 2020;82:e23196. DOI: 10.1002/ajp.23196
12. Drobot HYu, Shebeko SK, Ermakov AM. Using fecal microbiota transplantation for animal health (review). Veterinary Science Today. 2024;13(4):314-321. DOI: 10.29326/2304-196X-2024-13-4-314-321 (In Russian).
13. Melikhova AV, Ilina EN, Mokhirev Dyu, Benediktova YaD, Pavlenko AV, Polyakova VI, et al. Biotechnological and microbiological aspects of development of capsule form for fecal microbiota transplantation. World Journal of Advanced Research and Reviews. 2024;24(02):682-689. DOI: 10.30574/wjarr.2024.24.2
14. Halaweish HF, Boatman S, Staley C. Encapsulated Fecal Microbiota Transplantation: Development, Efficacy, and Clinical Application. Front Cell Infect Microbiol. 2022 Mar 17;12:826114. DOI: 10.3389/fcimb.2022.826114
15. GOST 34566-2019 "Complete feed for laboratory animals". (In Russian).
16. SanPiN 3.3686-21 "Sanitary and epidemiological requirements for the prevention of infectious diseases". (In Russian).
17. MU 1.3.2569-09 Organization of work of laboratories using nucleic acid amplification methods when working with material containing microorganisms of pathogenicity groups I–IV. (In Russian).
18. Lee MA, Questa M, Wanakumjorn P, Kol A, McLaughlin B, Weimer BC, et al. Safety profile and effects on the peripheral immune response of fecal microbiota transplantation in clinically healthy dogs. J Vet Intern Med. 2024 May-Jun;38(3):1425-1436. DOI: 10.1111/jvim.17061
19. Gaonkar P. Safety and potential risks with fecal microbiota transplantation. Contemporary topics in patient safety. Vol 1. 2022. DOI: 10.5772/intechopen.95907
20. Zhang T, Cui B, Li P, He Z, Long C, Wei L, et al. Short-Term Surveillance of Cytokines and C-Reactive Protein Cannot Predict Efficacy of Fecal Microbiota Transplantation for Ulcerative Colitis. PLoS One. 2016 Jun 27;11(6):e0158227. DOI: 10.1371/journal.pone.0158227
21. Ruszkowski J, Kachlik Z, Walaszek M, Storman D, Podkowa K, Garbarczuk P, et al. Fecal microbiota transplantation from patients into animals to establish human microbiota-associated animal models: a scoping review. J Transl Med. 2025 Jun 17;23(1):662. DOI: 10.1186/s12967-025-06645-6
22. Kragsnaes MS, Kjeldsen J, Horn HC, Munk HL, Pedersen JK, Just SA, et al. Response to: 'Correspondence on 'Safety and efficacy of faecal microbiota transplantation for active peripheral psoriatic arthritis: an exploratory randomised placebo-controlled trial'' by McGonagle et al. Ann Rheum Dis. 2023 Jul;82(7):e165. DOI: 10.1136/annrheumdis-2021-220910

Информация о соавторах:

Демерчян Алвард Варткесовна, научный сотрудник лаборатории микробиологии и вирусологии, Курчатовский комплекс медицинской приматологии ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»

Мухаметзянова Евгения Ильдаровна, научный сотрудник лаборатории приматологии, Курчатовский комплекс медицинской приматологии ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»

Котова Мария Анатольевна, лаборант-исследователь лаборатории доклинических исследований Экспериментально-биологической клиники Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий, ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»

Аршба Илона Мурмановна, кандидат биологических наук, начальник лаборатории микробиологии и вирусологии, Курчатовский комплекс медицинской приматологии ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»

Information about co-authors:

Alvard V. Demerchyan, Researcher, Laboratory of Microbiology and Virology, Kurchatov Complex of Medical Primatology of NRC «Kurchatov Institute»

Evgenia I. Mukhametzyanova, Researcher, Laboratory of Primatology, Kurchatov Complex of Medical Primatology of NRC «Kurchatov Institute»

Maria A. Kotova, Research Assistant, Preclinical Research Laboratories of the Experimental Biological Clinic of the Kurchatov Complex of NBICS-nature-like technologies of NRC «Kurchatov Institute»

Ilona M. Arshba, PhD in Biological Sciences, Head of the Laboratory of Microbiology and Virology, Kurchatov Complex of Medical Primatology of NRC «Kurchatov Institute»