Дата публикации: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_2
УДК 612.064; 612.084; 612.15

Publication date: 01.03.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_2
UDC 612.064; 612.084; 612.15

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ПРЕДАТОРНОГО СТРЕССА НА МИКРОЦИРКУЛЯЦИЮ ЖЕЛУДКА И КИШЕЧНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС

И.В. Андреева[1], А.А. Виноградов[2], Л.О. Воронкова[2]
[1]Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Одним из актуальных вопросов современной физиологии является изучение механизмов влияния стресса на пищеварительный тракт. Цель исследования – изучить базовые показатели микроциркуляции в стенках желудка, тонкой и толстой кишок при моделировании хронического стресса. ***Методы.*** Исследование проведено на 70 крысах-самцах линии Wistar массой 210-350 г. Хронический предаторный стресс моделировали по модифицированной методике В.Э. Цейликман и соавт. (2021). Исследование микроциркуляции желудка, тонкой и толстой кишок выполняли с помощью лазерного допплеровского флоуметра ЛАКК-02 (Россия) со стороны серозной оболочки. ***Результаты.*** У животных экспериментальной группы базовый показатель микроциркуляции MI в желудке уменьшился на 33,87%, в тонкой кишке – на 25,43%, в толстой кишке – на 24,51% ($p<0,001$). Показатель микроциркуляции Flax в желудке уменьшился на 45,67%, в тонкой кишке – на 48,01%, в толстой кишке – на 48,98% ($p<0,001$). ***Заключение.*** Полученные результаты могут свидетельствовать о глубоких нарушениях микрогемодинамики.
Ключевые слова: желудок, тонкая кишка, толстая кишка, микроциркуляция, лазерная допплеровская флоуметрия, предаторный стресс, крысы-самцы Wistar.

THE EFFECT OF CHRONIC PREDATOR STRESS ON THE STOMACH AND INTESTINAL MICROCIRCULATION OF LABORATORY RATS

I.V. Andreeva[1], A.A. Vinogradov[2], L.O. Voronkova[2]
[1]Moscow Regional Research and Clinical Institute (“MONIKI”), Moscow, Russia
[2]Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia

Abstract. ***Introduction.*** One of the topical issues of modern physiology is the study of the mechanisms of stress’s effect on the digestive tract. The aim of the study was to examine the basic parameters of microcirculation in the wall of the stomach, small and large intestines when modeling chronic stress. ***Methods.*** The study was conducted on 70 male Wistar rats weighing 210-350 g. Chronic predator stress was modeled using a modified technique developed by V.E. Tseilikman et al. (2021). Microcirculation of the stomach, small and large intestines was studied using a LACK-02 laser Doppler flowmeter (Russia) from the side of the serous membrane. ***Results.*** In experimental animals the basic microcirculation index MI in the stomach decreased by 33.87%, in the small intestine – by 25.43%, in the large intestine – by 24.51% ($p<0.001$). The microcirculation index Flax in the stomach decreased by 45.67%, in the small intestine – by 48.01%, in the large intestine – by 48.98% ($p<0.001$). ***Conclusion.*** The results may indicate profound disorders in microhemodynamics.
Keywords: stomach, small intestine, large intestine, microcirculation, laser Doppler flowmetry, predator stress, male Wistar rats.

Введение. Теория стресса Ганса Селье привела к огромному количеству исследований. Однако несмотря на многолетнюю историю изучения проблемы стресса некоторые вопросы изменений, происходящих в различных системах организма, требуют более глубокого исследования. В частности, это касается воздействия стрессовых факторов на микроциркуляцию различных отделов пищеварительного тракта.

В настоящее время принято считать, что изменения в системе микроциркуляции являются основой всех патологических

процессов и появляются до развития клинических и лабораторных проявлений [1]. В экспериментальных исследованиях на животных было установлено, что однократное воздействие различных стрессоров вызывает типовые изменения микроциркуляторного русла [2]. Внутри микрососудов наблюдали явления стаза, агрегации эритроцитов и плазматизации капилляров. Наряду с этим происходило повышение проницаемости стенки микрососудов за счет увеличения количества тучных клеток и их дегрануляции с выделением вазоактивных веществ. Возрастало число артериоловенулярных анастомозов [3, 4]. Эти явления выявляют методами прямого прижизненного изучения микроциркуляции. К ним относят капилляроскопию ногтевого ложа, биомикроскопию бульбарной конъюнктивы, поляризационно-спектральную биомикроскопию [5].

Среди неинвазивных непрямых методов исследования микроциркуляции кожи и слизистых оболочек важную роль выполняет лазерная допплеровская флоуметрия (ЛДФ) [6, 7]. Метод основан на зондировании ткани лазерным излучением, анализе отраженного света и допплеровского сдвига частот. Параметр микроциркуляции, регистрируемый в перфузионных единицах, пропорционален количеству и скорости движущихся элементов крови, преимущественно эритроцитов [8].

Согласно теории Селье, стресс вызывает изъязвление слизистой оболочки желудка. В эксперименте на крысах по моделированию различных видов острого и хронического стресса и их комбинаций было показано, что любые виды стрессорного воздействия вызывают ульцерогенные повреждения, т.е. язвообразование является неспецифическим признаком развития стресс-реакции, в то же время выраженность ульцерогенеза может являться маркером интенсивности стресса. Наиболее выраженный ульцерогенный эффект оказывает сочетание хронического и острого стрессов [9]. Экспериментальные исследования показали, что кровоток в слизистой оболочке желудка является важным фактором защиты слизистой оболочки от острого изъязвления. Частота острых поражений слизистой оболочки желудка после индукции ожогового стресса имела высокую корреляционную связь со снижением кровотока в слизистой оболочке. Открытие артериовенозных шунтов и повышенная проницаемость капилляров, регулируемые биогенными аминами и вегетативными нервами, сопровождались ишемией и гиперемией слизистой оболочки желудка [10].

В экспериментах на крысах было установлено, что как острое, так и хроническое воздействие стрессоров может приводить к патологии тонкой и толстой кишок, включая изменение секреции ионов и повышенную проницаемость эпителия (как по межклеточным, так и по паракле-точным путям). Длительное воздействие стресса может индуцировать воспаление низкой степени выраженности, вызывать ультраструктурные аномалии эпителия и изменять взаимодействие бактерий с хозяином, способствуя большей транслокации микроорганизмов [11]. Установлено выраженное снижение показателей микроциркуляции в стенке подвздошной кишки у крыс-самцов линии Wistar при моделировании хирургического стресса и боли [12]. При этом изменения микроциркуляции в стенках тонкой и особенно толстой кишок при хроническом стрессе систематически не исследованы, что затрудняет понимание патогенеза таких заболеваний как воспалительные и аутоиммунные заболевания кишечника, число которых неуклонно растет.

Механизмы поражения системы микроциркуляции сложны и многоплановы. Одним из важнейших регуляторов и оптимизаторов стрессорного ответа является система оксида азота (NO). В зависимости от характера, силы и продолжительности стрессорного воздействия может происходить повышение или понижение продукции NO в тканях [13]. В наших предыдущих исследованиях при моделировании хронического предаторного стресса выявлено снижение базовых показателей микроциркуляции на висцеральной поверхности печени крыс на 28,35%, что, вероятно, связано с вазоконстрикцией сосудов микроциркуляторного звена. В наибольшей мере отмечено уменьшение показателя Flax

на 100%, что свидетельствует об ухудшении механизмов модуляции тканевой перфузии печени [14]. При этом необходимо отметить, что вопросы интерпретации данных изменения показателей микроциркуляции с помощью ЛДФ неоднозначны.

Параметры, определяемые при ЛДФ, требуют глубокого осмысления механизмов, происходящих в системе микроциркуляции. ЛДФ-сигнал имеет постоянную (MI) и переменную (Flax) составляющие. Постоянная составляющая MI характеризует среднюю перфузию в микроциркуляторном русле за единицу времени, определяют в перфузионных единицах (перф.ед.). Переменная составляющая Flax обусловлена факторами, влияющими на постоянство потока крови в микроциркуляторном русле, т.е. связана с обстоятельствами, изменяющими величину скорости и концентрации эритроцитов. Так как показатель Flax представляет собой среднее квадратическое отклонение амплитуды колебаний кровотока от среднего арифметического значения MI, то его величина не имеет единиц измерения. Характер изменения величины Flax определяется вариациями во времени диаметра сосудов, которые контролируются активными и пассивными механизмами. К активным механизмам относят эндотелиальный, миогенный и нейрогенный факторы регуляции просвета и тонуса сосудов. Эти факторы контроля регуляции модулируют поток крови со стороны сосудистой стенки и реализуются через ее мышечный компонент. Пассивные факторы – это пульсовая волна со стороны артерий и присасывающее действие «дыхательного насоса» со стороны вен. Влияние активных и пассивных факторов на поток крови приводит к изменению скорости и концентрации потока эритроцитов. Эти изменения вызывают модуляцию перфузии и регистрируются в виде сложного колебательного процесса [6].

Таким образом, изучение особенностей влияния хронического стресса на микроциркуляцию желудка, тонкой и толстой кишок является важной задачей для понимания локальных и системных механизмов развития стресс-индуцированных реакций пищеварительного тракта и возможного участия в формировании ряда заболеваний. Данная работа является частью исследования влияния хронического стресса на гемодинамику и структуру различных органов.

Цель исследования – изучить базовые показатели микроциркуляции в стенках желудка, тонкой и толстой кишок лабораторной крысы при моделировании хронического предаторного стресса.

Методы и организация исследования. Исследование проведено на 70 крысах-самцах линии Wistar массой 210-350 г, взятых из питомника лабораторных животных филиала «Столбовая» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Научного центра биомедицинских технологий Федерального медико-биологического агентства». Животные были разделены на контрольную и экспериментальную группы по 30 крыс в каждой, на 10 крысах предварительно отрабатывали методики исследования (стандартизация наркотизации, лапаротомии и ушивания раны, стандартизация места исследования микроциркуляции кожи, желудка, тонкой и толстой кишки, особенности постановки датчика для проведения ЛДФ). Протокол исследования был одобрен на заседании биоэтической комиссии Рязанского государственного медицинского университета (Протокол № 25 от 12.02.2021 г.).

Эксперимент по моделированию хронического предаторного стресса путем воздействия запахом мочи хищника (кошки) в течение 10 дней проводили в виварии Рязанского государственного медицинского университета по модифицированной методике В.Э. Цейликман и соавт. (2021) («Способ моделирования хронического стресса у лабораторных крыс», патент РФ № 2850718). Во время проведения эксперимента каждую крысу помещали в отдельную маркированную клетку. В каждой клетке ежедневно в течение 10 дней устанавливали емкость с мочой кошки на 1 час [15]. Учитывая относительно короткую продолжительность жизни лабораторных крыс (до 3,2 лет у самцов и 3,8 лет у самок), длительность стрессового воздействия в течение 10 дней может соответствовать продолжительности стресса у человека равной приблизительно 300 дням [16], что подтверждает наличие

хронической формы воздействия стрессора. Изменения гормонального фона крыс, подтверждающие развитие хронического стресса за этот временной период, были детально исследованы в работе В.Э. Цейликман и соавт. (2021) [15].

При содержании животных руководствовались «Принципами надлежащей лабораторной практики» (национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ № 33044-2014, введен с 01.08.2015 г.). Эвтаназию животных осуществляли передозировкой Золетила Virbac (Франция).

В условиях наркоза (Золетил Virbac (Франция) 20-40 мг/кг массы, Ксилазин НИТАфарм (Россия) 5-10 мг/кг массы внутримышечно) выполняли срединную лапаротомию. Исследование микроциркуляции желудка и кишечника крыс выполняли с помощью лазерного допплеровского флоуметра ЛАКК-02 (Россия) путем установки датчика на серозную оболочку желудка, тонкой и толстой кишок. Проводили запись кривой тканевого кровотока в красном канале лазерного излучения (длина волны – 0,63 мкм). С помощью программного обеспечения ЛАКК-02 получали базовые показатели микроциркуляции (среднее арифметическое (М) показателя микроциркуляции (МI), среднее квадратичное отклонение (σ)) до и после моделирования стресса у крыс экспериментальной группы, до и после лапаротомии у крыс контрольной группы (ложнооперированные животные).

Цифровые данные обрабатывали методами вариационной статистики с использованием методов параметрического и непараметрического анализов с помощью пакета статистических программ JASP 0.95.4.0 (Университет Амстердама), матрицу готовили в программе Microsoft Excel for MAC ver. 16.24 (ID 02984-001-000001). По критерию Шапиро-Уилка большинство показателей микроциркуляции не соответствовало закону нормального распределения. Для сравнения независимых совокупностей использовали непараметрические U-критерий Манна-Уитни и критерий Вилкоксона. Цифровые данные представлены в виде медианы и квартилей [Q1; Q3]. Критический уровень значимости статистических критериев составил $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. У животных контрольной группы на протяжении 10 дней наблюдения, которые соответствовали времени эксперимента у крыс экспериментальной группы, наблюдали статистически достоверное увеличение ($p<0,001$) массы с 246 [238; 256] до 289 [278; 310] г, на 13,01% (рис. 1).

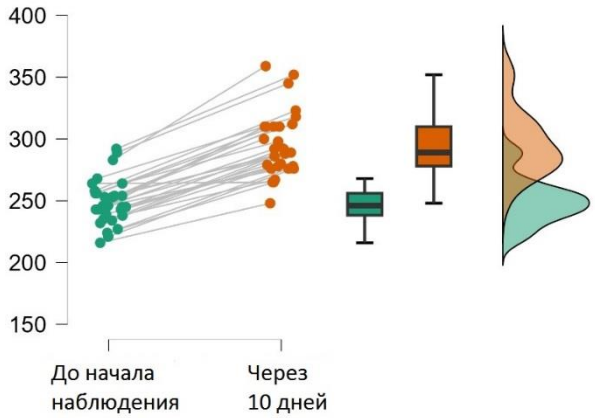


Рис. 1. Изменение массы животных контрольной группы

Показатель микроциркуляции желудка MI_{stom} до начала наблюдения составил 26,59 [19,74; 30,20] перф.ед., через 10 дней он был 25,27 [22,44; 28,61] перф.ед. ($p>0,05$) (рис. 2А). Показатель $Flax_{stom}$ до начала наблюдения составил 4,36 [2,64; 5,53], через 10 дней он был 4,49 [2,87; 6,79] ($p>0,05$) (рис. 2Б). При этом у отдельных животных наблюдали увеличение показателя, у других – уменьшение.

Показатель микроциркуляции тонкой кишки MI_{intest} до начала наблюдения составил 27,31 [25,73; 30,53] перф.ед., через 10 дней он был 28,73 [24,28; 31,89] перф.ед. ($p>0,05$) (рис. 3А). Показатель $Flax_{intest}$ до начала наблюдения составил 8,05 [7,16;

9,24], через 10 дней он был 7,81 [5,74; 8,89] (p>0,05) (рис. 3Б). При этом у отдельных животных наблюдали увеличение показателя, у других – уменьшение.

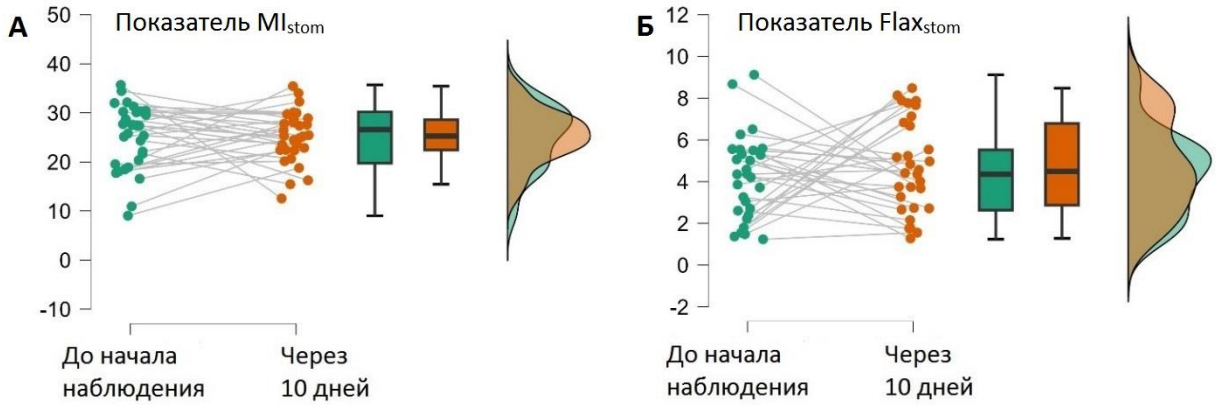


Рис. 2. Изменение постоянного (MI) и переменного (Flax) показателей микроциркуляции желудка (stom) у животных контрольной группы

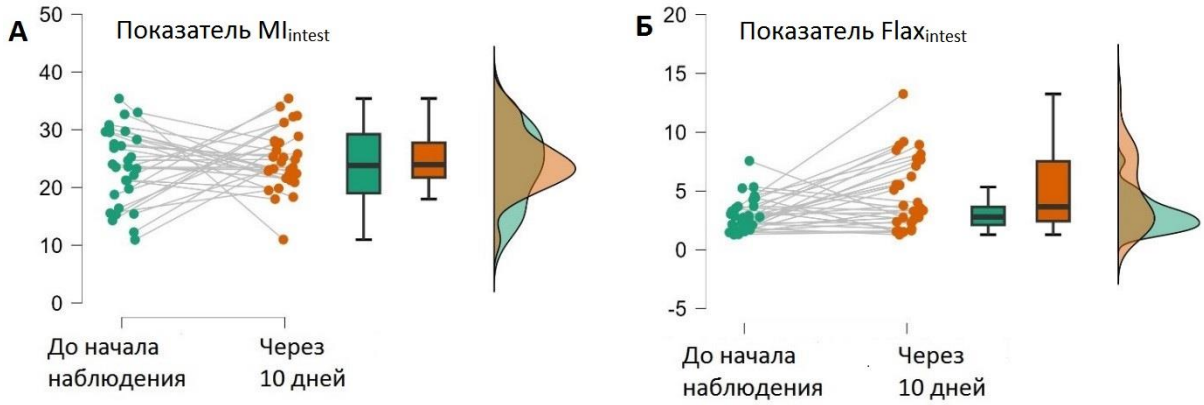


Рис. 3. Изменение постоянного (MI) и переменного (Flax) показателей микроциркуляции тонкой кишки (intest) у животных контрольной группы

Показатель микроциркуляции толстой кишки MI_{colon} до начала наблюдения составил 27,01 [22,83; 33,74] перф.ед., через 10 дней он был 26,52 [21,18; 32,11] перф.ед. (p>0,05). Показатель $Flax_{colon}$ до начала наблюдения составил 7,68 [5,69; 10,23], через 10 дней он был 8,11 [6,28; 9,32] (p>0,05). При этом у отдельных животных наблюдали увеличение показателя, у других – уменьшение.

В контрольной группе статистический анализ показал отсутствие взаимосвязи показателей микроциркуляции с проведенным 10-дневным наблюдением.

У животных экспериментальной группы за время эксперимента выявлено статистически достоверное увеличение (p<0,001) массы с 251,5 [235,8; 264,5] до 316,5 [287,8; 356,5] г, на 25,84% (рис. 4).

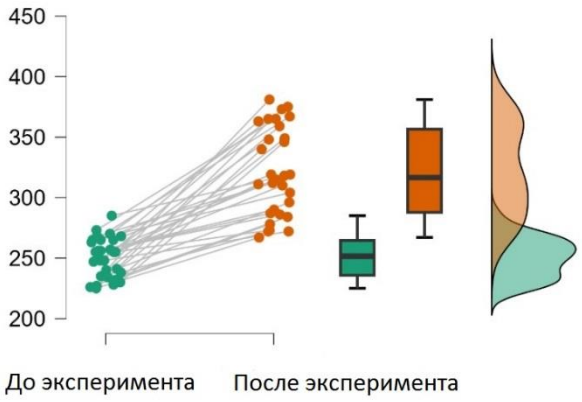


Рис. 4. Масса животных экспериментальной группы

Показатель микроциркуляции желудка MI_{stom} до начала эксперимента составил 27,59 [22,57; 30,11] перф.ед., после эксперимента он уменьшился до 21,28 [17,82; 24,67] перф.ед., что составило 33,87% ($p<0,001$) (рис. 5А). Показатель $Flax_{stom}$ до эксперимента составил 5,54 [3,57; 7,60], после эксперимента он снизился до 3,01 [2,24; 4,33], что составило 45,67% ($p<0,001$) (рис. 5Б).

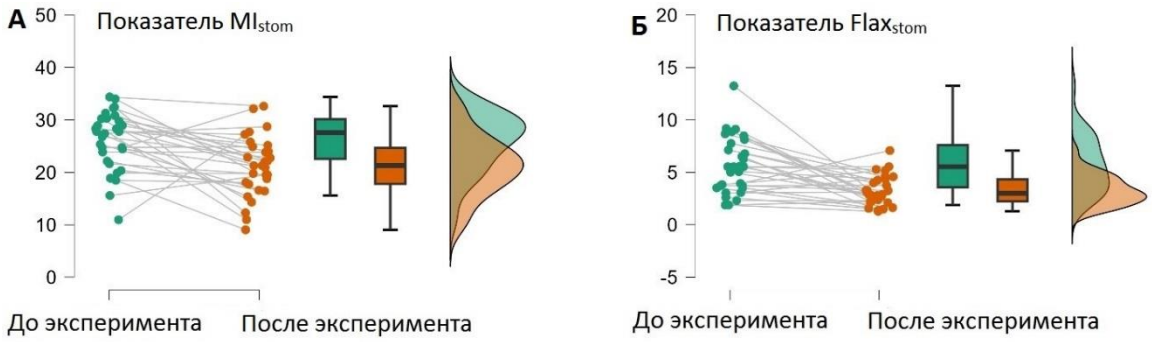


Рис. 5. Изменение постоянного (MI) и переменного (Flax) показателей микроциркуляции желудка (stom) у животных экспериментальной группы

Показатель микроциркуляции тонкой кишки MI_{intest} до начала эксперимента составил 26,07 [22,55; 29,54] перф.ед., после эксперимента он уменьшился до 19,44 [15,64; 22,14] перф.ед., что составило 25,43% ($p<0,001$) (рис. 6А). Показатель $Flax_{intest}$ до эксперимента составил 5,54 [2,72; 8,04], после эксперимента он снизился до 2,88 [2,19; 4,13], что составило 48,01% ($p<0,001$) (рис. 6Б).

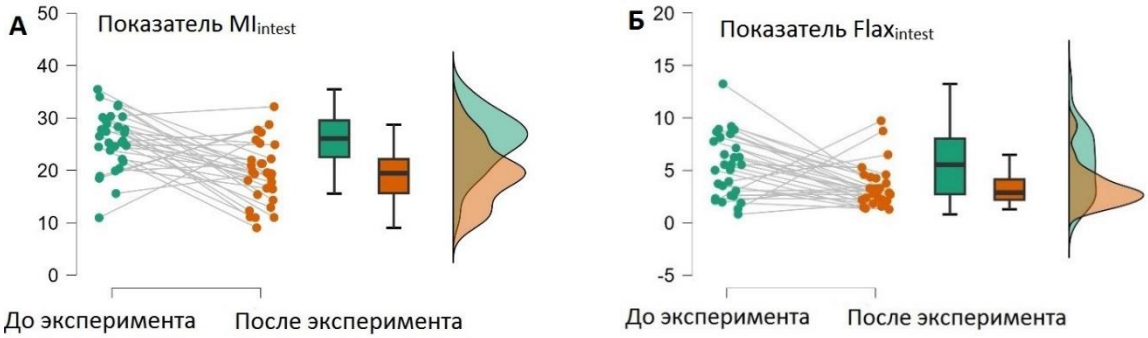


Рис. 6. Изменение постоянного (MI) и переменного (Flax) показателей микроциркуляции тонкой кишки (intest) у животных экспериментальной группы

Показатель микроциркуляции толстой кишки MI_{colon} до начала эксперимента составил 27,78 [22,31; 31,89] перф.ед., после эксперимента он уменьшился до 20,97 [16,87; 25,75] перф.ед., что составило 24,51% ($p<0,001$) (рис. 7А). Показатель $Flax_{colon}$ до эксперимента составил 5,90 [3,89; 8,39], после эксперимента он снизился до 3,01 [2,24; 4,53], что составило 48,98% ($p<0,001$) (рис. 7Б).

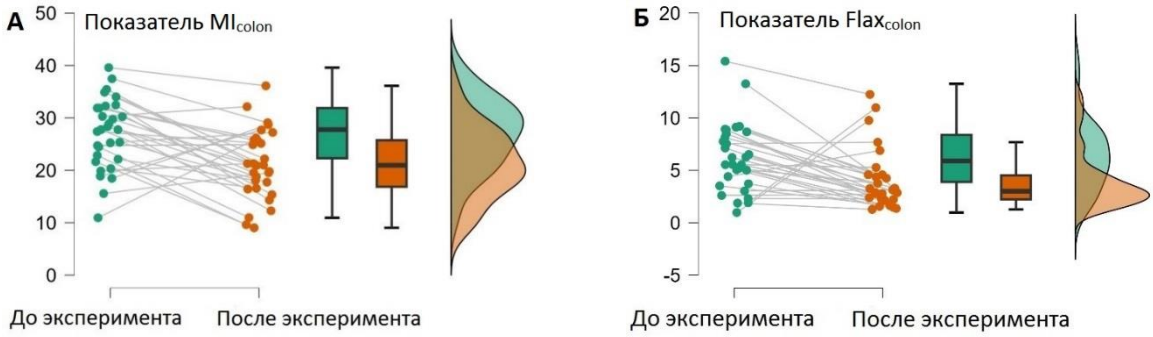


Рис. 7. Изменение постоянного (MI) и переменного (Flax) показателей микроциркуляции толстой кишки (colon) у животных экспериментальной группы

В экспериментальной группе статистический анализ показал достоверную взаимосвязь показателей микроциркуляции желудка, тонкой и толстой кишок с проведенным экспериментом.

Заключение. Микроциркуляция в норме и при патологических состояниях (включая стресс) представляет собой сложный процесс, управляемый многоуровневой системой регуляции. К ключевым механизмам относятся нейрогенный контроль (центральные сигналы через адренергические и холинергические пути), локальные факторы (метаболиты, медиаторы тучных клеток), гуморальные факторы, состояние центральной гемодинамики, реологические свойства крови, а также особенности микролимфоциркуляции и водно-электролитного баланса окружающих тканей.

Исследование микроциркуляции методом ЛДФ широко используется на лабораторных животных. Установлено возрастное снижение показателя кожной микроциркуляции у здоровых крыс независимо от пола [17]. Выявлено влияние пищевого нагрузочного теста на показатели микроциркуляции: снижение перфузии в коже и увеличение на поверхности печени во всех возрастных группах с сохранением механизмов модуляции тканевого кровотока и усилением артериоло-венулярного шунтирования [18].

В результате проведенного исследования выявлено, что при моделировании хронического предаторного стресса у лабораторных крыс происходили выраженные изменения микроциркуляции в стенке желудка, тонкой и толстой кишок. Методом ЛДФ установлено, что базовый показатель микроциркуляции MI в желудке уменьшился на 33,87% ($p<0,001$), в тонкой кишке – на 25,43% ($p<0,001$), в толстой кишке – на 24,51% ($p<0,001$). Показатель микроциркуляции Flax в желудке уменьшился на 45,67% ($p<0,001$), в тонкой кишке – на 48,01% ($p<0,001$), в толстой кишке – на 48,98% ($p<0,001$). За такой же временной период (10 дней) у животных контрольной группы изменения микроциркуляции не были подтверждены достоверными статистическими данными. Кроме того, отмечено более значительное увеличение массы тела животных экспериментальной группы по сравнению с контролем, что в соответствии с формированием выраженных патоморфологических изменений в печени свидетельствует о развитии у крыс стеатогепатита и, по-видимому, висцерального ожирения. Обнаруженные нами также воспалительные и дегенеративные изменения в стенке пищеварительного тракта характеризуют развитие структурных поражений желудка и кишечника на фоне предаторного стресса [19]. Нарушение сорбции нейтрального красного стенкой кишки свидетельствует о нарушении всасывающей способности тонкой кишки у экспериментальных крыс («Способ определения всасывающей способности тощей кишки», патент РФ № 2848242) [20].

Снижение тканевой перфузии в стенке желудка и кишки в результате воздействия хронического стресса у крыс согласуется с данными других авторов [10]. Максимальное снижение выявлено в стенке желудка, что, вероятно, чаще сопровождается развитием изъязвлений слизистой оболочки по сравнению с другими отделами пищеварительного тракта [9]. В тонкой и толстой кишках наблюдали выраженное снижение показателя MI. Но наибольшее значение, на наш взгляд, имеет снижение показателя Flax во всех исследованных отделах пищеварительного тракта. Причем в тонкой и толстой кишках снижение этого показателя было выражено больше, чем в желудке. Уменьшение показателя Flax может свидетельствовать о нарушениях механизмов контроля в системе микроциркуляции, т.е. более глубоких изменениях микрогемоциркуляции.

В перспективе дальнейших исследований целесообразно сопоставить выявленные изменения с показателями проницаемости сосудистой стенки и гистоструктуры стенки желудка, тонкой и толстой кишок.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Авторы выражают благодарность научному отделу и виварию ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России за активное содействие исследованию.

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

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the Scientific department and vivarium of the Ryazan State Medical University for actively contributing to the study.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экспериментальная оценка показателей капиллярного кровотока, гемореологии и гемостаза на модели острого респираторного дистресс-синдрома у крыс / В.А. Пугач, С.Г. Чефу, М.А. Тюнин [и др.] // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2023. – Т. 22. – № 3. – С. 86-95. DOI: 10.24884/1682-6655-2023-22-3-86-95.
2. Ардасенов, А.В. Влияние нембутала на микроциркуляцию в лимфатических микрососудах брыжейки тонкой кишки крысы и изменение его наркотических свойств при взаимодействии с опиоидным лимфостимулятором / А.В. Ардасенов, В.К. Хугаева // Материалы XII международной научно-практической конференции «Микроциркуляция и гемореология». – Ярославль, 2019 – 14 с.
3. Влияние социально-изоляционного стресса на возрастные изменения функциональной активности и экспрессии рецепторов эндогенных вазоконстрикторов в аорте крысы / Л.М. Кожевникова, И.Ф. Суханова, И.Б. Цорин [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2020. – Т. 170. – № 10. – С. 409-414. DOI: 10.47056/0365-9615-2020-170-10-409-414.
4. Микроциркуляция легких при остром отеке легких / Д.В. Султанов, В.К. Хугаева, А.В. Ардасенов [и др.] // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2019. – Т. 18. – № 1. – С. 96-103. DOI: 10.24884/1682-6655-2019-18-1-96-103.
5. Ковалева, М.А. Обзор прямых методов изучения микроциркуляции и оценки полученных данных / М.А. Ковалева, К.В. Жмеренецкий // Журнал медико-биологических исследований. – 2020. – Т. 8. – № 1. – С. 79-88. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2020.8.1.79.
6. Лазерная допплеровская флоуметрия микроциркуляции крови: руководство для врачей / Под ред. А.И. Крупаткина, В.В. Сидорова. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2005. – 256 с.
7. Комбинированная оценка жизнеспособности кишки методами лазерной допплеровской флоуметрии и лазерной флуоресцентной спектроскопии / А.А. Захаренко, М.А. Беляев, А.А. Трушин [и др.] // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2021. – Т. 20. – № 2. – С. 70-76. DOI: 10.24884/1682-6655-2021-20-2-70-76.
8. Рогаткин, Д.А. Физические основы современных оптических методов исследования микрогемодинамики *in vivo* / Д.А. Рогаткин // Медицинская физика. – 2017. – № 4. – С. 75-93.
9. Ульцерогенез крыс при моделировании стресса разной интенсивности / М.Ю. Раваева, Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова [и др.] // Журнал «Орбиталь». – 2019. – № 1(4).
10. Gastric microcirculatory change and development of acute gastric mucosal lesions (stress ulcer) / M. Kitajima, A. Shimizu, H. Torii [et al.] // Acta Physiol Hung. – 1989. – Vol. 73. – No. 2-3. – P. 137-148.
11. Resilience or susceptibility to traumatic stress: potential influence of the microbiome / A. Tanelian, B. Nankova, M. Miari [et al.] // Neurobiol Stress. – 2022. – Vol. 19. – P. 100461.
12. Dexmedetomidine prevents alterations of intestinal microcirculation that are induced by surgical stress and pain in a novel rat model / Y.C. Yeh, W.Z. Sun, W.J. Ko [et al.] // Anesth Analg. – 2012. – Vol. 115(1). – P. 46-53. DOI: 10.1213/ANE.0b013e318253631c.
13. Беляева, Л.Е. Биохимическая оценка системы синтеза оксида азота у пренатально стрессированных крыс / Л.Е. Беляева, А.Н. Павлюкевич // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2021. – Т. 20. – № 3. – С. 61-69. DOI: 10.24884/1682-6655-2021-20-3-61-69.
14. Андреева, И.В. Влияние хронического предаторного стресса на микроциркуляцию печени крыс / И.В. Андреева, А.А. Виноградов, Р.Ю. Симаков // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2024. – Т. 23. – № 4. – С. 124-130. DOI: 10.24884/1682-6655-2024-23-4-124-130.
15. Патент RU2746901C1. МПК A61B5/16 G09B23/28 G01N33/68 G01N33/74. Способ моделирования посттравматического стрессового расстройства у лабораторных крыс: заявл. 15.06.2020; опубл. 22.04.2021 / В.Э. Цейликман, М.С. Лапшин, М.В. Комелькова [и др.].
16. Соотношение возрастов основных лабораторных животных (мышей, крыс, хомячков и собак) и человека: актуальность для проблемы возрастной радиочувствительности и анализ опубликованных данных / А.Н. Котеров, Л.Н. Ушенкова, Э.С. Зубенкова [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2018. – Т. 63. – № 1. – С. 5-27. DOI: 10.12737/article_5a82e4a3908213.56647014.
17. Андреева, И.В. Особенности кожной микроциркуляции у крыс различного пола и возраста / И.В. Андреева, В.Д. Телия // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2022. – Т. 14. – № 1. – С. 217-234. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-1-217-234.

18. Показатели микроциркуляции в коже живота крыс различного пола и возраста при пищевом нагрузочном тесте / И.В. Андреева, А.А. Виноградов, В.Д. Телия, А.С. Григорьев // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. – 2022. – Т. 12. – № 1. – С. 15-20. DOI: 10.37279/2224-6444-2022-12-1-15-20.
19. Влияние хронического предаторного стресса на структурную организацию и гидратацию тонкой кишки лабораторной крысы / И.В. Андреева, А.А. Виноградов, Л.О. Воронкова // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2025. – Т. 24. – № 2. – С. 50-57. DOI: 10.24884/1682-6655-2025-24-2-50-57.
20. Виноградов, А.А. Влияние хронического предаторного стресса на сорбцию тонкой кишки и печени / А.А. Виноградов, И.В. Андреева, Л.О. Воронкова // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_5.

REFERENCES

1. Pugach V.A., Chefu S.G., Tyunin M.A. et al. Experimental evaluation of parameters of capillary blood flow, hemorheology and hemostasis on a model of acute respiratory distress syndrome in rats. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2023, vol. 22, no. 3, pp. 86-95. DOI: 10.24884/1682-6655-2023-22-3-86-95. (in Russ.)
2. Ardasenov A.V., Khugaeva V.K. The effect of nembutal on microcirculation in the lymphatic microvessels of the mesentery of the small intestine of a rat and changes in its narcotic properties when interacting with an opioid lymphostimulator. Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference “Microcirculation and hemorheology”. Yaroslavl, 2019. p. 14. (in Russ.)
3. Kozhevnikova L.N., Sukhanova I.F., Tsorin I.N. et al. Influence of social isolation stress on age-changed functional activity and expression of receptors of endogenous vasoconstrictors in rat aortic. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2020, vol. 170, no. 10, pp. 409-414. DOI: 10.47056/0365-9615-2020-170-10-409-414. (in Russ.)
4. Sultanov D.V., Khugaeva V.K., Ardasenov A.V. et al. Microcirculation of the lungs in acute pulmonary edema. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2019, vol. 18, no. 1, pp. 96-103. DOI: 10.24884/1682-6655-2019-18-1-96-103. (in Russ.)
5. Kovaleva M.A., Zhmerenetsky K.V. Review of direct methods for studying microcirculation and evaluating the data obtained. *Journal of Biomedical Research*, 2020, vol. 8, no. 1, pp. 79-88. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2020.8.1.79. (in Russ.)
6. Krupatkin N.A., Sidorov V.V. Laser Doppler flowmetry of blood microcirculation. Moscow: Medicine, 2005. 256 p. (in Russ).
7. Zacharenko A.A., Belyaev M.A., Trushin A.A. et al. Combined assessment of intestinal viability using laser doppler flowmetry and laser fluorescence spectroscopy. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2021, vol. 20, no. 2, pp. 70-76. DOI: 10.24884/1682-6655-2021-20-2-70-76. (in Russ.)
8. Rogatkin D.A. Physical foundations of modern optical methods for studying microhemodynamics *in vivo*. *Medical physics*, 2017, no. 4, pp. 75-93. (in Russ.)
9. Ravaeva M.Yu., Chuyan E.N., Birukova E.A. et al. Ulcerogenesis of rats in modeling stress of varying intensity. *Orbital*, 2019, no. 1(4). (in Russ.)
10. Kitajima M., Shimizu A., Torii H. et al. Gastric microcirculatory change and development of acute gastric mucosal lesions (stress ulcer). *Acta Physiol Hung*, 1989, vol. 73, no. 2-3, pp. 137-148.
11. Tanelian A., Nankova B., Miari M., Nahvi R.J., Sabban E.L. Resilience or susceptibility to traumatic stress: potential influence of the microbiome. *Neurobiol Stress*, 2022, vol. 19, p. 100461.
12. Yeh Y.C., Sun W.Z. et al. Dexmedetomidine prevents alterations of intestinal microcarculation that are induced by surgical stress and pain in a novel rat model. *Anesth Analg*, 2012, vol. 115, no. 1, pp. 46-53. DOI: 10.1213/ANE.0b013e318253631c.
13. Belyaeva L.E., Pauliukevich H.N. The biochemical estimation of the nitric oxide system in prenatally stressed rats. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2021, vol. 20(3), pp. 61-69. DOI: 10.24884/1682-6655-2021-20-3-61-69. (in Russ.)
14. Andreeva I.V., Vinogradov A.A., Simakov R.Yu. Effect of chronic predatory stress on rat liver microcirculation. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2024, vol. 23, no. 4, pp. 124-130. DOI: 10.24884/1682-6655-2024-23-4-124-130. (in Russ.)
15. Tsejlikman V.E., Lapshin M.S., Komelkova M.V. et al. A method for modeling post-traumatic stress disorder in laboratory rats. Patent for invention RU 2746901 C1, 2021. (in Russ.)
16. Koterov A.N., Ushenkova L.N. et al. The Relationship Between the Age of the Based Laboratory Animals (Mice, Rats, Hamsters and Dogs) and the Age of Human: Actuality for the Age-Ralated Radiosensitivity Problem and the Analysis of Published Data. *Medical Radiology and Radiation Safety*, 2018, vol. 63, no. 1, pp. 5-27. DOI: 10.12737/article_5a82e4a3908213.56647014. (in Russ.)
17. Andreeva I.V., Telia V.D. Peculiarities of skin microcirculation in rats of different sex and age. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 217-234. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-1-217-234. (in Russ.)
18. Andreeva I.V., Vinogradov A.A., Telia V.D., Grigorev A.S. Indicators of microcirculation in the skin of the abdomen of rats of different genders and ages during a food load test. *Crimean journal of*

experimental and clinical medicine, 2022, vol. 12, no. 1, pp. 15-20. DOI: 10.37279/2224-6444-2022-12-1-15-20. (in Russ.)
19. Andreeva I.V., Vinogradov A.A., Voronkova L.O. Effect of Chronic Predatory Stress on the Structural Organization and Hydration of the Small Intestine of Laboratory Rats. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2025, vol. 24, no. 2, pp. 50-57. DOI: 10.24884/1682-6655-2025-24-2-50-57. (in Russ.)
20. Vinogradov A.A., Andreeva I.V., Voronkova L.O. The influence of chronic predator stress on the sorption of the small intestine and liver. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_5. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ирина Владимировна Андреева – доктор медицинских наук, профессор кафедры клинической ультразвуковой и функциональной диагностики, Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, Москва, e-mail: prof.andreeva.irina.2012@yandex.ru.
Александр Анатольевич Виноградов – доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии, Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Рязань, e-mail: alexanvin@yandex.ru.
Лилия Олеговна Воронкова – соискатель кафедры нормальной физиологии, Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова; врач-диетолог-нутрициолог, Рязань, e-mail: doc.liliiav@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Irina V. Andreeva – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Clinical Ultrasound and Functional Diagnostics, Moscow Regional Research and Clinical Institute (“MONIKI”), Moscow, e-mail: prof.andreeva.irina.2012@yandex.ru.
Aleksandr A. Vinogradov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Anatomy, Ryazan State Medical University, Ryazan, e-mail: alexanvin@yandex.ru.
Liliya O. Voronkova – postgraduate student of the Department of Normal Physiology with the course of Psychophysiology, Ryazan State Medical University, Ryazan, e-mail: doc.liliiav@gmail.com.

Для цитирования: Андреева, И.В. Влияние хронического предаторного стресса на микроциркуляцию желудка и кишечника лабораторных крыс / И.В. Андреева, А.А. Виноградов, Л.О. Воронкова // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_2

For citation: Andreeva I.V., Vinogradov A.A., Voronkova L.O. The effect of chronic predator stress on the stomach and intestinal microcirculation of laboratory rats. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_01_2