

Изучение морфологической трансформации и особенностей сосудистого кровотока стенки тонкой и толстой кишки при моделировании ишемии в эксперименте

© И.Ю. КАРПОВА, П.В. ПЕРЕТЯГИН, Н.Ю. ОРЛИНСКАЯ, Н.Ю. ШИРОКОВА,
Е.Д. ПЯТОВА, С.С. ПТУШКО

Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Российская Федерация

Актуальность. На базе отделения экспериментальной медицины с виварием Приволжского исследовательского медицинского университета моделировали разные степени ишемии тонкой и толстой кишки на 45 половозрелых крысах самцов линии Wistar весом 150–200 г.

Цель. Представить в эксперименте воздействие разных степеней окклюзионной ишемии на морфологическую трансформацию кишечной стенки и уровень изменений кровотока.

Материалы и методы. Наркотизированным животным выполняли срединную лапаротомию с последующей дифференцировкой отделов кишечника, в тонкой был выбран тощей отдел, в толстой – восходящий. С помощью капроновой нити (5-0) проводили перевязку кровоснабжающих аркад указанных зон, с дальнейшей экспозицией на 40, 60 и 120 мин. В указанные сроки ишемии оценивали среднюю скорость кровоснабжения в капиллярных микрососудах, расположенных на глубине 0,5–1,0 мм, на площади 1,0 мм² в относительных единицах (ЛАКК-02, «НПП Лазма», Россия). После завершения оценки сосудистого кровотока, выполняли забор ишемизированных участков кишечника для морфологического изучения. Данные настоящего исследования обрабатывали с помощью приложения Excel и статистического пакета STADIA.

Результаты. В процессе исследования была отмечена четкая взаимосвязь между показателями кровотока в разных отделах кишечника и длительностью ишемии. На фоне локального нарушения трофики возникала трансформация в гистоархитектонике стенки кишки. Отмечено, что благодаря адапционно-регенеративным механизмам на 120 мин. сокращается стресс тканей за счет компенсаторных механизмов кровоснабжения, способствующий восстановлению системы «ворсина-крипта» слизистой оболочки.

Заключение. Таким образом, при локальной ишемии в тонкой и толстой кишке структура тканей восстанавливается вследствие адапционных механизмов кровоснабжения, что позволяет сохранить жизнеспособность и функциональность кишечной стенки.

Ключевые слова: эксперимент; окклюзия; ишемия кишки; кровоток

Study of Morphological Transformation and Features of the Vascular Blood Flow of the Small and Large Intestine Wall under Simulated Ischemia

© I.YU. KARPOVA, P.V. PERETYAGIN, N.YU. ORLINSKAYA, N.YU. SHIROKOVA,
E.D. PYATOVA, S.S. PTUSHKO

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Introduction. Ischemia of the small and large intestine of various degree was simulated in 45 sexually mature male rats of the Wistar line weighing 150–200 g on the basis of the Department of Experimental Medicine with vivarium at Privolzhsky Research Medical University.

Aim. To present in an experiment the effect of different degrees of occlusive ischemia on the morphological transformation of the intestinal wall and the level of changes in blood flow.

Materials and methods. The anesthetized animals underwent a median laparotomy with subsequent differentiation of the intestinal divisions: the jejunal section was selected in the small intestine, the ascending section was selected in the large intestine. With the help of a nylon thread (5-0), the blood supplying arcades of these zones were ligated and further exposed for 40, 60 and 120 minutes. During the indicated periods of ischemia, the average rate of blood supply in capillary microvessels located at a depth of 0.5–1.0 mm was estimated in relative units on 1.0 mm²-area (LACC-02, NPP Lazma, Russia). After the assessment of vascular blood flow was completed, ischemic intestinal areas were sampled for morphological examination. The study results were processed using Excel application and STADIA statistical package.

Results. In the course of study, the authors registered clear relationships between blood flow parameters in different parts of the intestine and the duration of ischemia. Local trophic disturbance was combined with a transformation in the histoarchitectonics of the intestinal wall. It is noted that adaptive-regenerative mechanisms provide tissue stress reduction in 120 min. due to compensatory mechanisms of blood supply contributing to the restoration of the "villus-crypt" system of the mucous membrane.

Conclusion. Thus, in case of local ischemia in the small and large intestine, the tissue structure is restored due to adaptive mechanisms of blood supply, this preserves the viability and functionality of the intestinal wall.

Keywords: experiment; occlusion; intestinal ischemia; blood flow

Первые упоминания о мезентериальной ишемии относятся к 1507 году, опубликованные в труде итальянского анатома А. Бьенвени «О некоторых оккультных и необычных причинах болезней и их лечении» [1].

Острые нарушения мезентериального кровообращения (ОНМК), приводящие к инфаркту кишечника, встречаются у 0,2% больных хирургического профиля. Несмотря на развитие медицины, летальность при этом заболевании остается крайне высокой, достигая 67–92% [2, 3, 4].

Ишемия органов пищеварения развивается вследствие многообразных этиологических факторов и может быть обусловлена как окклюзионно-стенотическим (окклюзивным) поражением висцеральных сосудов, так и неокклюзивными расстройствами абдоминального кровоснабжения, обусловленными снижением висцерального кровотока на микроциркуляторном уровне [5, 6, 7, 8].

Окклюзионный вид ОНМК, в свою очередь, подразделяется на тромботический тип (около 25%), развивающийся в результате острого артериального тромбоза проксимального сегмента сосуда (чаще всего устья верхней брыжеечной артерии), и эмболический тип (около 50% всех ОНМК), развивающийся в результате окклюзии, вызванной смещением с током крови эмболов, первоначально формирующихся проксимально (на фоне мерцания предсердий, пристеночного тромбоза левого желудочка после инфаркта, аневризмы сердца, аорты).

Неокклюзионное нарушение мезентериального кровообращения (НОНМК) составляет порядка 20% всех случаев инфаркта кишечника. В его патогенезе основную роль играют низкий сердечный выброс, гиповолемия, гемоконцентрация, уменьшение кровотока в системе брыжеечных сосудов. Эти факторы чаще всего имеют место при пролонгировании критических состояний в условиях реанимационного отделения, но могут встречаться у больных с отягощенным анамнезом, например: с сердечно-сосудистыми, гематологическими заболеваниями [2, 4, 9, 10].

Частота возникновения абдоминального ишемического синдрома достаточно высока: выявляется в 75,5% случаев при аутопсии умерших от ишемической болезни сердца, вследствие атеросклероза церебральных артерий и/или сосудов нижних конечностей, также выявляют атеросклероз брюшной аорты и ее непарных висцеральных ветвей [11, 12].

Встречаемость стенозирующих поражений висцеральных ветвей брюшной аорты по данным аутопсии варьирует от 19,2% до 70%, по данным ангиографии – от 4,1% до 53,5% [13, 14].

Особенности кровоснабжения кишечника таковы, что наиболее уязвимыми местами является селезеночный угол и левый изгиб сигмовидной кишки, расположенные в зоне слабо развитых анастомозов верхней и нижней брыжеечных артерий. Ишемиче-

ское поражение прямой кишки, в связи с эффективностью кровоснабжения, встречается очень редко [15].

Цель

Представить в эксперименте воздействие разных степеней окклюзионной ишемии на морфологическую трансформацию кишечной стенки и уровень изменений кровотока.

Материалы и методы

На базе отделения экспериментальной медицины с виварием Приволжского исследовательского медицинского университета проведено изучение разных степеней ишемии тонкой и толстой кишки на 45 половозрелых крысах самцах линии Wistar весом 150–200 г, полученных из филиала «Андреевка» Федерального Государственного бюджетного учреждения науки «Научный центр биомедицинских технологий».

Всех животных содержали в стандартных условиях вивария в клетках при свободном доступе к пище и воде. Условия работы соответствовали принципам биологической этики, требованиям «Международной Хельсинской конвенции о гуманном отношении к животным» (1972), правилам Европейской Конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях ЕТ/С 129 (Страсбург, 18 марта 1986) и приказу Минздрава России от 01.04.2016 № 199н «Об утверждении Правил надлежащей лабораторной практики». Протокол заседания Комитета по Этике ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России № 7 от 07.04.2021 г.

Моделирование ишемии проводили под общей анестезией (внутримышечно раствор Золетила 100, (60 мг/кг) в сочетании с раствором Ксила, 6 мг/кг). Наркотизированным животным выполняли срединную лапаротомию с последующей дифференцировкой отделов кишечника, в тонкой кишке был выбран тощий отдел, в толстой – восходящий. С помощью капроновой нити (5-0) проводили перевязку кровоснабжающих аркад указанных зон, с дальнейшей экспозицией на 40, 60 и 120 мин.

По истечении времени обескровливания участков с помощью лазерного анализатора капиллярного кровотока (ЛАКК-02, «НПП Лазма», Россия) оценивали среднюю скорость кровоснабжения в капиллярных микрососудах, расположенных на глубине 0,5–1,0 мм, на площади 1,0 мм² в относительных единицах (рис. 1).

Принцип работы прибора основан на отражении зондирующего гелий-неонового лазерного пучка от движущихся эритроцитов. Показатель микроциркуляции (ПМ) зависит от количества эритроцитов в микрососудах, скорости их передвижения. Изменение частоты сигнала (эффект Доплера) связано с наличием плазматических промежутков между эритроцитами. Установка состоит из блока с цифровым индикатором и регистратором ПМ, лазерным пучком на кончике зонда, который устанавливали над исследуемым

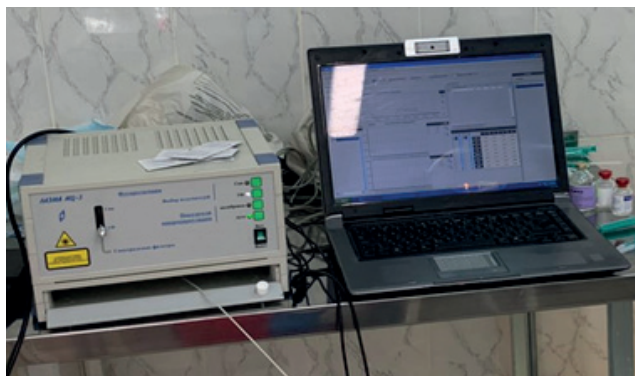


Рис. 1. ЛАКК-02, «НПП Лазма» (Россия) с компьютерным обеспечением.
Fig. 1. LAKK-02, NPP Lazma (Russia) with computer software.

участком кишки. Животное находилось под наркозом, поскольку исследование проводили в процессе операции. Регистрацию выполняли перед перевязкой кишки и формированием патологического процесса спустя 40, 60, 120 мин.

В рамках экспериментального моделирования животных разделили на 4 группы: группа I – контрольная (n=15), в которой ткани не подвергали ишемии; группа II – ишемия 40 мин.; группа III – ишемия 60 мин.; группа IV – ишемия 120 мин. (рис. 2).

После завершения оценки сосудистого кровотока, производили забор ишемизированных участков кишечника для морфологического изучения.

Экспериментальный материал фиксировали в 10% формалине, после чего препараты отправляли в стандартную гистологическую проводку на аппарате «Excelsior ES» (Thermo Scientific), погружали их в парафиновые блоки с использованием заливочной станции «HistoStar» (Thermo Scientific), окраска гематоксилином и эозином. Для морфометрической обработки и создания видеоархива полученного материала использовали микроскоп Leica 2500, объектив $\times 4$, $\times 10$, $\times 20$, $\times 40$, окуляр $\times 10$ на базе отдела морфологии НИИ-ТО ПИМУ.

Данные настоящего исследования обрабатывали с помощью приложения Excel и статистического пакета STADIA.

В таблицах «Описательная статистика» представлены базовые числовые характеристики изучаемых выборок: среднее, средне-квадратическое отклонение σ , ошибка выборочного среднего m , медиана, межквартильный размах и информация о распределении выборки (N – распределение практически нормальное, $\neq N$ – распределение отлично от нормального). Для расчетов использовали приложение Excel и пакет STADIA.

Для анализа распределений выборок на предмет близости к нормальному рекомендованы следующие методы: метод анализа А и Е (асимметрии и эксцесса), метод Колмогорова, метод ω^2 (омега квадрат), метод χ^2 (метод Пирсона) – из пакета STADIA.

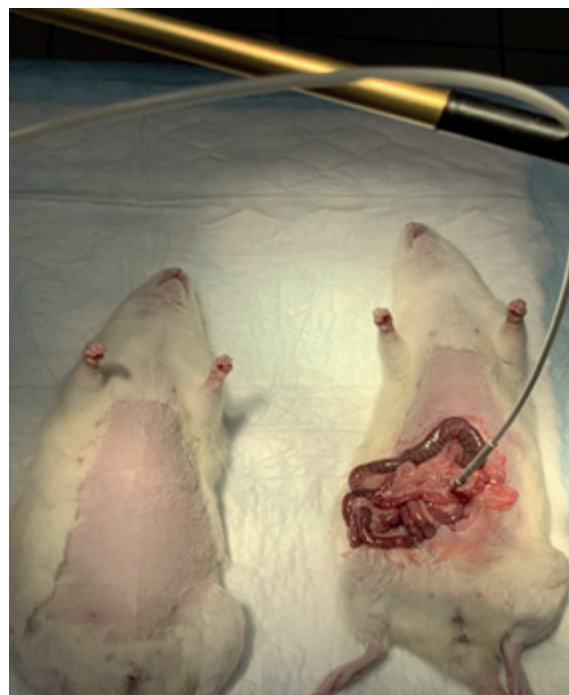


Рис. 2. Изучение показателя микроциркуляции кишечника крыс при моделировании ишемии с помощью ЛАКК-02.
Fig. 2. Study of the indicator of intestinal microcirculation in rats when modeling ischemia using LACC-02.

Подавляющее большинство выборок имели распределение, отличное от нормального, поэтому на этапе сравнения данных был применен парный непараметрический метод Вилкоксона, который изучает выборки по медианам.

В таблицах 1-4 указаны сравниваемые выборки, результат различия (есть/нет), уровень значимости p , при котором проверялась Но-гипотеза, а также название числовой характеристики, с помощью которой проверялась Но-гипотеза (Но: нет различия в медианах).

Результаты и их обсуждение

Средняя скорость кровоснабжения в капиллярных микрососудах тонкой (18,95 \pm 2,37) и толстой кишки (18,77 \pm 3,33) животных группы I была идентичной при $p < 0,05$.

Локальное нарушение трофики через 40 мин. (группа II) выражено дезорганизовало кровотока в стенке тонкой кишки (11,7 \pm 2,8), в толстой ПК составил 13,2 \pm 2,2, $p < 0,05$.

Патологические изменения в структуре сосудистого русла в группе III (через 60 мин.) продемонстрировало работу адаптационных механизмов, которые в тонкой кишке увеличили ПК на 1,98, а в толстой данный показатель превысил значения нормального кровоснабжения на 1,53.

Ишемия в течение 120 мин. констатировала дальнейший рост показателя кровотока в тонкой кишке до 17,3 \pm 3,1 и снижение ПК с 20,3 \pm 3,2 до 15,3 \pm 4,6 в толстой (табл. 1-4).

Таблица 1. Описательная статистика для показателя кровотока тонкой кишки**Table 1.** Descriptive statistics for the small intestine blood flow index

Группы/ Groups	Обозначение выборки/ Selection designation	Название выборки/ Sample name	Среднее М/ Average M	Средне- кв. от- клонение σ / Average deviation σ	Ошибка выборки/ Sampling error	Ме- диана Me (II квар- тиль)/ Median Me	Межквар- тильный раз- мах (I -III)/ The interval between (I -III)	Рас- преде- ление/ Distri- bution
Тонкая кишка (А) Контроль; Small intestine (A) Control	A1	ПМ (1)	18,95	3,85	1,22	20,14	15,71-21,51	N
	A2	σ (2)	2,37	1,14	0,36	2,44	1,14-2,86	N
	A3	Kv (3)	12,61	6,64	2,10	12,53	5,31-17,73	N
Тонкая кишка (С) ишемия 40 мин.; Small intestine (C) ischemia 40 min.	C1	ПМ (1)	11,7	0,5	0,1	11,8	11,4-12,1	\neq N
	C2	σ (2)	2,8	0,4	0,1	2,9	2,6-3,1	\neq N
	C3	Kv (3)	23,8	4,2	1,3	24,5	21,9-26,3	\neq N
Тонкая кишка (F) ишемия 1 час; Small intestine (F) ischemia 1 hour	F1	ПМ (1)	13,68	4,72	1,49	13,80	7,69-19,20	\neq N
	F2	σ (2)	2,14	1,46	0,46	1,90	0,80-4,14	\neq N
	F3	Kv (3)	6,50	1,92	0,61	6,40	4,20-8,89	\neq N
Тонкая кишка (K) ишемия 2 часа; Small intestine (C) ischemia 2 hours	K1	ПМ (1)	17,3	1,8	0,6	17,8	15,6-18,4	\neq N
	K2	σ (2)	3,1	0,5	0,2	3,2	2,9-3,5	\neq N
	K3	Kv (3)	14,1	2,2	0,7	13,8	13,0-15,2	N

Таблица 2. Таблица сравнения (тонкая кишка, выборки парные)**Table 2.** Comparison table (small intestine, paired samples)

Группы/ Groups	Сравнивае- мые выборки/ Compared samples	Результат сравнения: раз- личие/ Comparison result: difference	Уровень знач. p/ value level p	Различие/ Difference
Контроль – ишемия 40 мин./ Control – ischemia 40 min.	A1 – C1	есть/ there is	p < 0,05	в медианах/ in medians
	A2 – C2	есть/ there is	p < 0,05	в медианах/ in medians in medians
	A3 – C3	есть/ there is	p < 0,05	в медианах/ in medians
Контроль – ише- мия 1 час/ Control – ischemia 1 hour	A1 - F1	есть/ there is	p < 0,05	в медианах/ in medians
	A2 - F2	есть/ there is	p < 0,05	в медианах/ in medians
	A3 - F3	есть/ there is	p < 0,05	в медианах/ in medians
Контроль ишемия 2 часа/ Control ischemia 2 hours	A1 – K1	есть/ there is	p < 0,05	в медианах/ in medians in medians
	A2 – K2	есть/ there is	p < 0,05	в медианах/ in medians
	A3 – K3	есть/ there is	p < 0,05	в медианах/ in medians

Таблица 3. Описательная статистика для показателя кровотока толстой кишки

Table 3. Descriptive statistics for the colon blood flow index

Группы/ Groups	Обозначение выборки/ Selection designation	Название выборки/ Sample name	Среднее M/ Average M	Средне-кв. отклонение /σ/ Average deviation σ	Ошибка выборки/ Sampling error	Медиана Me (II квартиль)/ Median Me	Межквартильный размах (I-III) /The interval between (I-III)	Распределение/ Distribution
Толстая кишка (B) Контроль/ Colon (B) control	B1	ПМ (1)	18,77	5,89	1,89	16,66	15,6 – 23,71	≠N
	B2	σ (2)	3,33	1,16	0,37	3,22	2,58 – 3,6	≠N
	B3	Kv (3)	18,06	5,51	1,74	19,35	15,52 – 21,18	N
Толстая кишка (D) ишемия 40 мин./ Colon (D) ischemia 40 minutes.	D1	ПМ (1)	13,2	1,7	0,5	14,1	11,2 – 14,65	≠N
	D2	σ (2)	2,2	0,2	0,1	2,2	2,1 – 2,35	≠N
	D3	Kv (3)	16,1	2,4	0,8	16,1	14,95 – 17,05	≠N
Толстая кишка (H) ишемия 1 час/ Colon (H) ischemia 1 hour	F1	ПМ (1)	20,3	2,6	0,8	19,7	19,7 – 22,57	≠N
	F2	σ (2)	3,2	0,8	0,2	3,3	2,72 – 3,4	≠N
	F3	Kv (3)	12,6	1,5	0,5	12,9	12,2 – 12,9	≠N
Толстая кишка (M) ишемия 2 часа/ Colon (M) ischemia 2 hours	M1	ПМ (1)	15,3	1,4	0,5	15,5	14,35 – 16,42	N
	M2	σ (2)	4,6	3,6	1,1	2,9	2,65 – 5,2	≠N
	M3	Kv (3)	18,4	0,9	0,3	18,4	17,77 – 18,85	≠N

Таблица 4. Таблица сравнения (толстая кишка, выборки парные)

Table 4. Comparison table (colon, paired samples)

Группы/ Groups	Сравниваемые выборки/ Compared samples	Результат сравнения: различие/ Comparison result: difference	Уровень знач. p/ Value level p	Различие/ Difference
Контроль – ишемия 40 мин./ Control – ischemia 40 min.	B1 – D1	есть/ there is	p< 0,05	в медианах/ in medians
	B2 – D2	есть/ there is	p<0,05	в медианах/ in medians in medians
	B3 – D3	есть/ there is	p<0,05	в медианах/ in medians
Контроль – ишемия 1 час/ Control – ischemia 1 hour	B1 - H1	есть/ there is	p< 0,05	в медианах/ in medians
	B2 - H2	нет/no	p>0,05	в медианах/ in medians
	B3 - H3	есть/ there is	p<0,05	в медианах/ in medians
Контроль ишемия 2 часа/ Control ischemia 2 hours	B1 – M1	есть/ there is	p <0,05	в медианах/ in medians in medians
	B2 – M2	есть/ there is	p<0,05	в медианах/ in medians
	B3 – M3	есть/ there is	p<0,05	в медианах/ in medians

При изучении гистологических срезов кишечника неизменная слизистая оболочка (СО) тонкой кишки крыс напоминала СО человека и характеризовалась наличием высоких пальцевидных ворсинок,

покрытых столбчатыми каемчатыми эпителиоцитами с распознаваемыми на светооптическом уровне границами. Ядра последних располагались базально, бока-

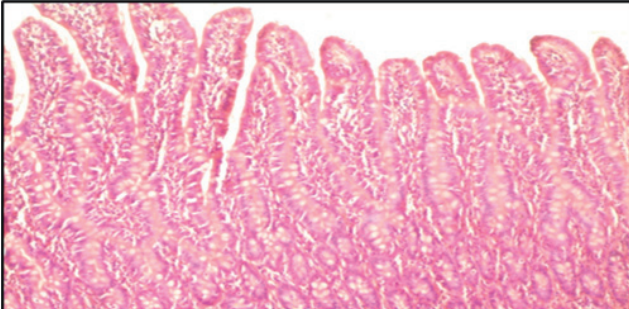


Рис. 3. Высокие пальцевидные ворсинки и крипты СО тонкой кишки. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.10x4.
Fig. 3. High finger-like villi and crypts FROM the small intestine. Stained with hematoxylin and eosin. Oc.10x4.

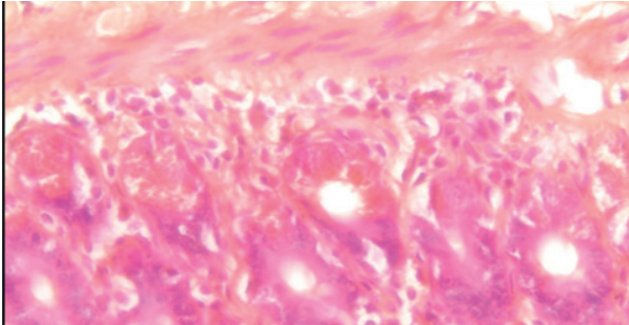


Рис. 4. Многочисленные клетки Панета в СО тонкой кишки (указаны стрелками). Окраска гематоксилином и эозином. Ув.10x10.
Fig. 4. Numerous Paneta cells in the small intestine (indicated by arrows). Stained with hematoxylin and eosin. Oc.10x10.

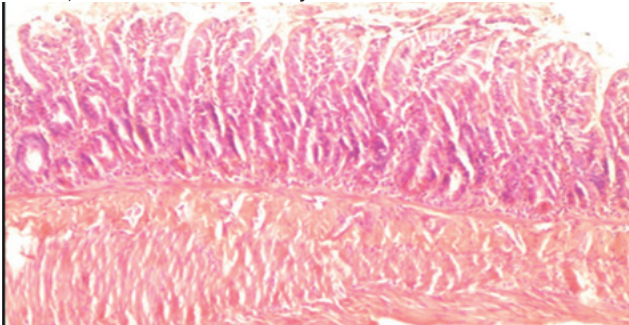


Рис. 5. Общий вид СО тонкой кишки с укороченными и расширенными ворсинками. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.10x10.
Fig. 5. General view from the small intestine with shortened and expanded villi. Stained with hematoxylin and eosin. Oc.10x10.

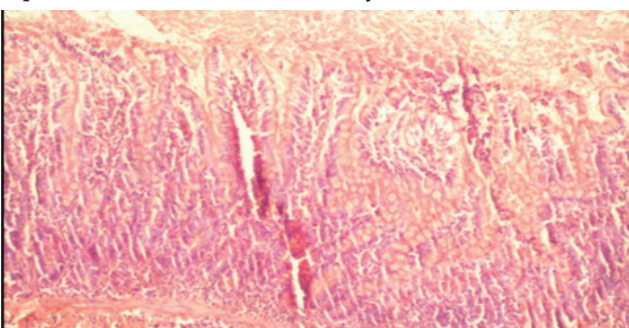


Рис. 6. Обильные некротические наложения на поверхности СО тонкой кишки. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.10x4.
Fig. 6. Abundant necrotic overlays on the surface of the small intestine. Stained with hematoxylin and eosin. Oc.10x4.

ловидные клетки хорошо определяли как в ворсинках, так и в криптах.

Крипталый слой был выражен, в неизменной слизистой оболочке тонкой кишки на одну ворсинку приходилось до $14 \pm 2,3$ крипт. В основании их локализовались многочисленные клетки Панета (рис. 3, 4).

Необходимо отметить, что к базальной пластинке эпителия ворсин тесно прилегали капилляры, обеспечивающие обменные процессы в эпителиальном пласте. Как известно, эпителиальная ткань не имеет сосудов и жизнеобеспечение ее идет за счет микроциркуляторной системы соединительной ткани. Установлено, что на 1000 эпителиоцитов в условиях адаптационной нормы приходилось до $108 \pm 6,7$ прилегающих к базальной пластинке капилляров. Микроциркуляторное русло преимущественно было без явлений вазоэктазий и стаза, ядра эндотелиоцитов интактные, стенка сосудов тонкая и четко контурирует.

В слизистой оболочке группы контроля толстой кишки крысы определяли цилиндрический покровный эпителий с базально-расположенными овальными ядрами и границами клеток на всем протяжении эпителиального пласта.

При окраске гематоксилином и эозином базальная пластинка (БП) контурировала. Крипты представлены тесно расположенными трубчатыми структурами, пересекающими собственную пластинку от покровного эпителия до мышечной пластинки. БП крипт была тесно окружена прилегающими к ней перикрипталыми фибробластами, микроциркуляторное русло без явлений вазоэктазий и стаза. В строме неизменной слизистой оболочки толстой кишки всегда присутствовало небольшое количество клеток-иммигрантов, к которым относятся лимфоциты, плазматические клетки разной степени зрелости, эозинофильные и нейтрофильные гранулоциты.

В 50% исследований в биоптатах слизистой оболочки толстой кишки присутствовали лимфоидные узелки разной степени зрелости.

Степень капилляризации собственной пластинки слизистой оболочки толстой кишки в условиях

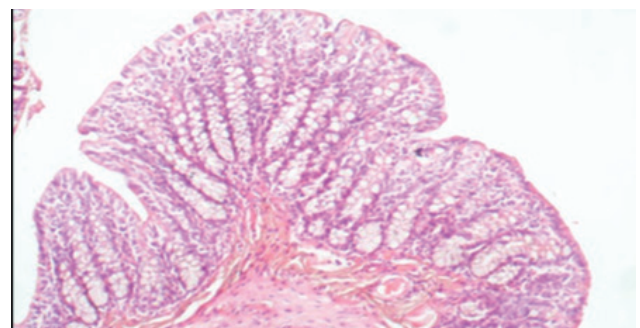
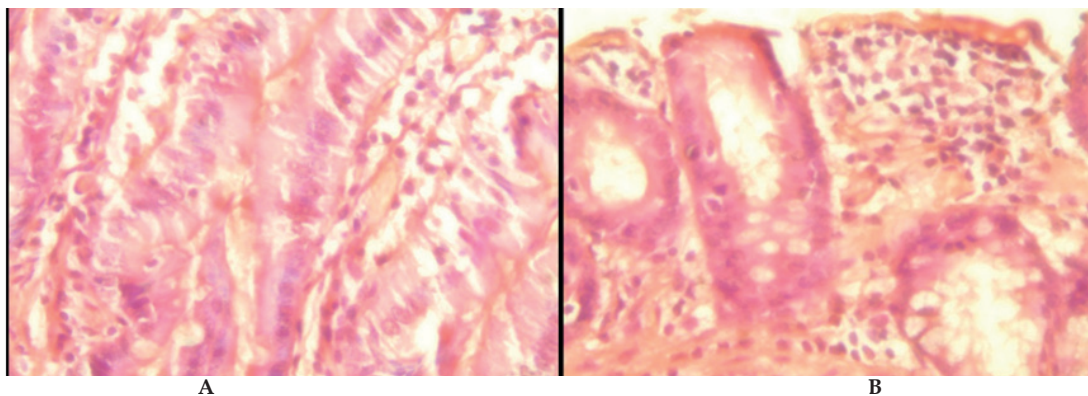


Рис. 7. Сглаженный рельеф СО тонкой кишки крысы. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.10x4.
Fig. 7. Smoothed relief from the small intestine of a rat. Stained with hematoxylin and eosin. Oc.10x4.



А

В

Рис. 8. Полнокровные сосуды микроциркуляции в строме ворсинок СО тонкой (А) и толстой (В) кишки. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.10x10.

Fig. 8. Full-blooded microcirculation vessels in the stroma of villi from the small (A) and large (B) intestines. Stained with hematoxylin and eosin. Oc.10x10.

адаптационной нормы – контроля составила $336 \pm 36,2$ сосудов на 1 кв. мм.

При морфологической трансформации стенки тонкой кишки животных группы II отмечали, что на СО выявлены обильные наложения клеточного де-

трита и некротических масс; ворсинки СО укорочены и расширены, а эпителий ворсин с признаками дистрофии и стертыми границами клеток; подэпителиальный отек; сокращение количества прилегающих к базальной пластинки сосудов, вазоэктазии и явления

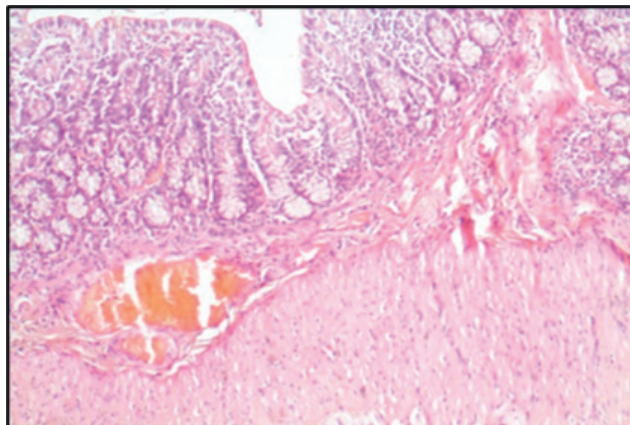


Рис. 9. Паралитически расширенные полнокровные сосуды СО тонкой кишки крысы. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.10x4.

Fig. 9. Paralytically dilated full-blood vessels from the rat small intestine. Stained with hematoxylin and eosin. Oc.10x4.

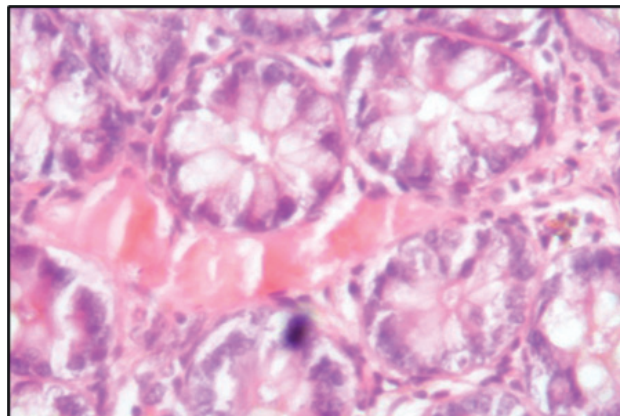


Рис. 10. Полнокровные сосуды микроциркуляции в области крипт СП СО. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.10x40.

Fig. 10. Full-blooded microcirculation vessels in the crypt area of the joint venture. Stained with hematoxylin and eosin. Oc.10x40.

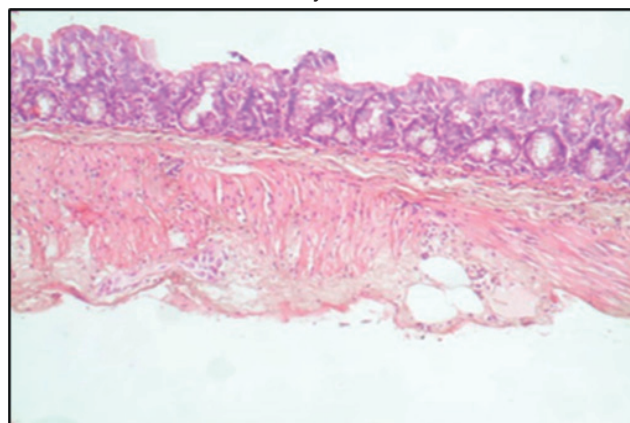


Рис. 11. Резко сниженная толщина СО тонкой кишки и утолщенная мышечная пластинка с расширенными сосудами. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.10x4.

Fig. 11. Sharply reduced thickness of the small intestine and thickened muscle the record with dilated vessels. Stained with hematoxylin and eosin. Oc.10x4.

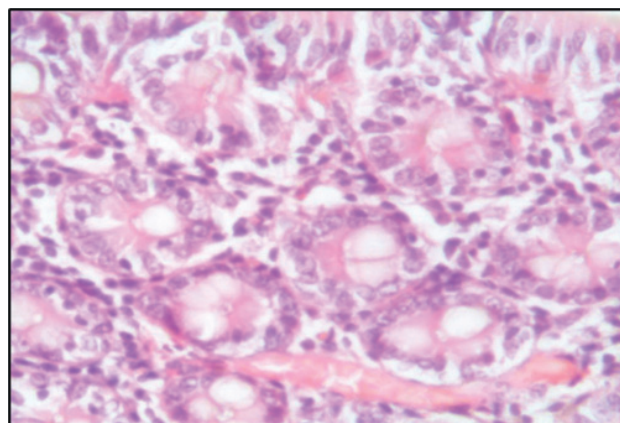


Рис. 12. Расширенные полнокровные сосуды микроциркуляции в межкрипальном пространстве тонкой кишки. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.10x40

Fig. 12. Expanded full-blooded microcirculation vessels in the intercryptal space of the small intestine. Stained with hematoxylin and eosin. Oc.10x40.

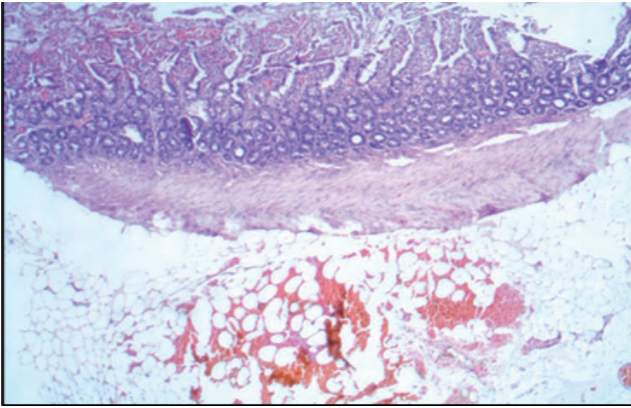


Рис. 13. Наличие обширных участков кровоизлияний в СО тонкой кишки и жировой клетчатке крысы при ишемии 120 мин. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.10х4.
Fig. 13. The presence of extensive areas of hemorrhage in the small intestine and adipose tissue of a rat with ischemia 120 min. Stained with hematoxylin and eosin. Oc.10x4.

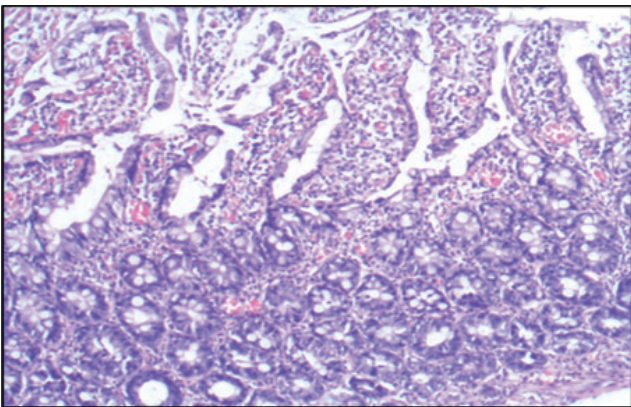


Рис. 14. Расширенные ворсинки с наличием обширных участков кровоизлияний, множественных тонкостенных сосудов с выраженным эритроцитарным стазом в строме большинства ворсин. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.10х10.
Fig. 14. Dilated villi with the presence of extensive hemorrhage sites, multiple thin-walled vessels with pronounced erythrocyte stasis in the stroma of most villi. Stained with hematoxylin and eosin. Oc.10x10.

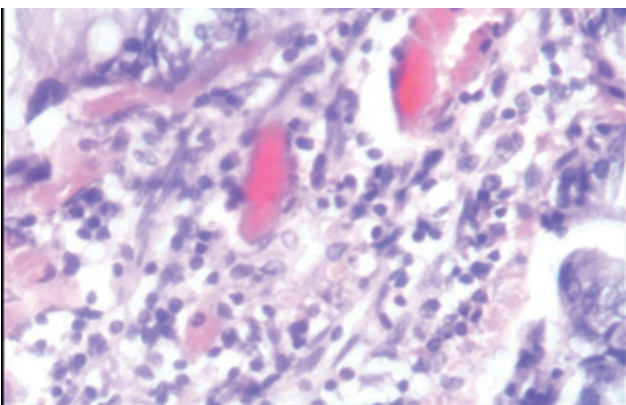


Рис. 15. Эритроцитарные стазы в сосудах МЦР в строме ворсин. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.10х40.
Fig. 15. Erythrocyte stasis in the vessels of the MCR in the stroma of the villi. Stained with hematoxylin and eosin. Oc.10x40.

капилляростаза; разрыхленность и утолщение стенки сосудов, набухшие ядра эндотелиоцитов; снижение числа сосудов в собственной пластинке СО; в мышечной пластинке участки некроза, признаки лизиса мышечных волокон. На фоне представленных изменений констатируется, что число бокаловидных и клеток Панета сохранено (рис. 5, 6).

В толстой кишке выявлено отсутствие признаков воспаления и деформации, в микроциркуляторном русле небольшое число расширенных сосудов.

При моделировании ишемии в течение 60 минут в тонкой кишке экспериментальных животных диагностировано: резкое укорочение и расширение ворсинок СО с дистрофическими изменениями (рельеф сглажен); разрыхление базальной мембраны, снижение бокаловидных клеток в ворсинах и отсутствие клеток Панета. В собственной пластинке СО отмечали выраженную диффузную лимфоплазмоцитарную инфильтрацию с присутствием полиморфно-ядерные лейкоцитов (ПЯЛ). В микроциркуляторном русле выявили полнокровие сосудов, расширенные сосуды с эритроцитарным стазом, регистрировали уменьшение толщины слизистой оболочки и гипертрофию мышечной пластинки.

В стенке толстой кишки также определяли полнокровные, расширенные кровеносные и лимфатические сосуды. На СО выявляли эритроцитарные массы, слабо выраженную лимфоплазмоцитарную инфильтрацию, участки кровоизлияний. Однако при данной длительности воздействия, СО толстой кишки имела обычное гистологическое строение с наличием регулярно расположенных крипт правильной формы (рис. 7 – 12).

Воздействие 120 минут ишемии на стенку кишки иллюстрировало адаптационно-регенеративные особенности отделов кишечника: в биоптатах тонкой кишки деформированных ворсин не регистрировали, тогда как резецированные локусы толстой кишки имели укороченные, расширенные ворсинки с повышенной клеточной плотностью инфильтрата. Так же, в обоих отделах кишечника встречали множество расширенных тонкостенных сосудов с выраженным эритроцитарным стазом, явления полнокровия сосудов, на поверхности СО обширные кровоизлияния, вазоэктазии с эритроцитарным стазом (рис. 13 – 15).

Заключение

Таким образом, результаты представленного эксперимента позволяют отметить четкую взаимосвязь между показателями кровотока в разных отделах кишечника и длительностью ишемии. На фоне локального нарушения трофики возникают трансформации в гистоархитектонике стенки кишки. При воздействии ишемии в течение 40 - 60 мин. происходят выраженные изменения в слизистой оболочке за счет деструктуризации ворсин, расширения сосудов, нарастания явлений стаза, полнокровия, вазоэктазий и кровоизли-

аний, коррелирующие с низкими значениями показателя кровотока. В период от 60 до 120 мин. ишемии активно включаются адаптационно-регенеративные механизмы, способствующие максимально сократить стресс тканей при нарушении кровоснабжения за счет компенсаторных возможностей функционирующих аркад, расположенных рядом с ишемизированной зоной. В связи с этим, в тонкой кишке локальное адаптационное кровоснабжение способствует восстановле-

нию системы «ворсина-крипта» слизистой оболочки на 120 мин., что позволят сохранить жизнеспособность и функциональность кишечной стенки.

Дополнительная информация

Конфликт интересов

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

Список литературы

- Rhee RY, Gloviczki P, Mendonca CT et al. Mesenteric venous thrombosis: still a lethal disease in the 1990s. *J. Vasc. Surg.* 1994;20:688–697.
- Марстон А. *Сосудистые заболевания кишечника. Патология, диагностика и лечение.* Пер. с англ. М.: Медицина. 1989; 304.
- Луканова В.В., Фомина И.Г., Георгадзе З.О., Кавешникова О.В. Трудности диагностики острых сосудистых заболеваний брюшной полости. *Клиническая медицина.* 2005;5:62–65.
- Хрипун А.И., Шурыгин С.Н., Прямыков А.Д., Миронков А.Б., Урванцева О.М., Савельева А.В., Волошин М.И., Латонов В.В. Компьютерная томография и КТ-ангиография в диагностике острого нарушения мезентериального кровообращения. *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2012; 2:53–58.
- Kolkman JJ. Diagnosis and management of splanchnic ischemia. *World j. gastroenterol.* 2008;14:48:7309–7320.
- Баешко А.А., Климчук С.А., Юшкевич В.А. Причины и особенности поражений кишечника и его сосудов при остром нарушении брыжеечного кровообращения. *Хирургия.* 2005;4:57–63.
- Lock G. Acute mesenteric ischemia: classification, evaluation and therapy. *Acta Gastroenterol Belg.* 2002;65:4:220–225.
- Луканова В.В., Фомина И.Г., Георгадзе З.О., Кавешникова О.В. Трудности диагностики острых сосудистых заболеваний брюшной полости. *Клиническая медицина.* 2005;5:62–65.
- Прямыков А.Д., Хрипун А.И., Шурыгин С.Н. D-димеры в диагностике тромбоза брыжеечных артерий. *Анналы хирургии.* 2010;4:20–22.
- Aquino RV, Rhee RY. Mesenteric venous thrombosis. *Comprehensive vascular and endovascular surgery. Ed. Hallet J.W.Jr. Mosby.* 2004;295–301.
- Bower TC. Acute and chronic arterial mesenteric ischemia. In.: Hallet Jr. J.W. ed. *Comprehensive vascular and endovascular surgery. Mosby.* 2004; 285–292.
- Ермолов А.С., Лебедев А.Г., Титова Г.П., Ярцев П.А., Селина И.Е., Резницкий П.А., Алексеечкина О.А., Калоева О.Х., Шаврина Н.В., Евдокимова О.Л., Жигалкин Р.Г. Трудности диагностики и возможности лечения неокклюзионных нарушений мезентериального кровообращения. *Хирургия.* 2015;12:24–32.
- МакНелли Питер Р. Секреты гастроэнтерологии. перевод с англ. под редакцией проф. Апросиной З.Г., Бином. 2005;928.
- Сохац А.Я., Солгалова С.А., Кеchedжиева С.Г. Абдоминальная ишемическая болезнь. Что нужно знать врачам первичного звена здравоохранения? *Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний.* 2017; 5: 14: 46–52.
- Звенигородская Л.А., Шашкова И.А. К вопросу о клинико-функциональных и морфологических особенностях изменений толстой кишки у больных хронической абдоминальной ишемией. *Российский медицинский журнал.* 2004; 24: 1410.

References

- Rhee RY, Gloviczki P, Mendonca CT et al. Mesenteric venous thrombosis: still a lethal disease in the 1990s. *J. Vasc. Surg.* 1994;20:688–697.
- Marston A. *Sosudistye zabolevaniya kishechnika. Patofiziologiya, diagnostika i lechenie.* Per. s angl. M.: Meditsina. 1989; 304.
- Lukanova VV, Fomina IG, Georgadze ZO, Koveshnikova OV. Difficulties in diagnosing acute vascular diseases of the abdominal cavity. *Klinicheskaya meditsina.* 2005;5:62–65. (in Russ.)
- Khripun AI, Shurygin SN, Pryamikov AD, Mironkov AB, Urvantseva OM, Savelyeva AV, Voloshin MI, Latonov VV. Computed tomography and CT angiography in the diagnosis of acute disorders of mesenteric circulation. *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya.* 2012; 2:53–58. (in Russ.)
- Kolkman JJ. Diagnosis and management of splanchnic ischemia. *World j. gastroenterol.* 2008;14:48:7309–7320.
- Baeshko AA, Klimchuk SA, Yushkevich VA. Causes and features of lesions of the intestine and its vessels in acute violation of mesenteric circulation. *Khirurgiya.* 2005;4:57–63. (in Russ.)
- Lock G. Acute mesenteric ischemia: classification, evaluation and therapy. *Acta Gastroenterol Belg.* 2002;65:4:220–225.
- Lukanova VV, Fomina IG, Georgadze ZO, Koveshnikova OV. Difficulties in diagnosing acute vascular diseases of the abdominal cavity. *Klinicheskaya meditsina.* 2005;5:62–65. (in Russ.)
- Pryamikov AD, Khripun AI, Shurygin SN. D-dimer in the diagnosis of mesenteric artery thrombosis. *Annaly khirurgii.* 2010;4:20–22.
- Aquino RV, Rhee RY. Mesenteric venous thrombosis. *Comprehensive vascular and endovascular surgery. Ed. Hallet J.W.Jr. Mosby.* 2004;295–301.
- Bower TC. Acute and chronic arterial mesenteric ischemia. In.: Hallet Jr. J.W. ed. *Comprehensive vascular and endovascular surgery. Mosby.* 2004; 285–292.
- Ermolov AS, Lebedev AG, Titova GP, Yartsev PA, Selina IE, Reznitsky PA, Alekseechkina OA, Kaloeva OH, Shavrina NV, Evdokimova OL, Zhigalkin RG. Difficulties of diagnosis and treatment of non-occlusive disorders of mesenteric circulation. *Khirurgiya.* 2015;12:24–32. (in Russ.)
- MakNelli Piter R. *Sekrety gastroenterologii. perevod s angl. pod redaktsiei prof. Aprosinoi Z.G., Binom.* 2005;928. (in Russ.)
- Sohach AY, Solgalova SA, Kechedzhieva SG. Abdominal ischemic disease. What do primary care physicians need to know? *Mezhdunarodnyi zhurnal serdtsa i sosudistyykh zabolevanii.* 2017; 5: 14: 46–52. (in Russ.)
- Zvenigorodskaya L.A., Shashkova I.A. On the issue of clinical-functional and morphological features of colon changes in patients with chronic abdominal ischemia. *Rossiiskii meditsinskii zhurnal.* 2004; 24: 1410. (in Russ.)

Информация об авторах

- Карпова Ирина Юрьевна – д.м.н., доцент, профессор кафедры детской хирургии, Приволжский исследовательский медицинский университет, e-mail: ikarpova73@mail.ru
- Перетягин Петр Владимирович – младший научный сотрудник отдела физико-химических исследований ЦНИЛ, Приволжский исследовательский медицинский университет, e-mail: peretyaginpv@gmail.com
- Орлинская Наталья Юрьевна – д.м.н., профессор, зав. кафедрой патологической анатомии, Приволжский исследовательский медицинский университет, e-mail: orlinskaya@rambler.ru
- Широкова Наталья Юрьевна – к.б.н., группа патологической анатомии, старший научный сотрудник, Приволжский исследовательский медицинский университет, e-mail: nush63@mail.ru
- Пятова Евгения Дмитриевна – старший преподаватель кафедры медицинской физики и информатики, Приволжский исследова-

Information about the Authors

- Irina Karpova Yuryevna – M.D., Associate Professor, Professor of the Department of Pediatric Surgery, Volga Research Medical University, e-mail: ikarpova73@mail.ru
- Pyotr Vladimirovich Peretyagin – Junior Researcher of the Department of Physico-Chemical Research of the Central Research Institute, Volga Research Medical University, e-mail: peretyaginpv@gmail.com
- Natalia Yuryevna Orlinkskaya – M.D., Professor, Head of the Department of Pathological Anatomy, Volga Research Medical University, e-mail: orlinskaya@rambler.ru
- Natalia Yuryevna Shirokova – Ph.D., Group of Pathological Anatomy, Senior Researcher, Volga Research Medical University, e-mail: nush63@mail.ru
- Evgeniya Dmitrievna Pyatova – Senior Lecturer of the Department of Medical Physics and Computer Science, Volga Research Medical University, e-mail: edpyatova@mail.ru

- ский медицинский университет, e-mail: edpyatova@mail.ru
6. Птушко София Сергеевна – студентка 5 курса лечебного факультета, Приволжский исследовательский медицинский университет, e-mail: ptushkosofia@email.com
6. Sofia Sergeevna Ptushko – 5th year student of the Faculty of Medicine, Volga Research Medical University, -mail: ptushkosofia@email.com

Цитировать:

Карпова И.Ю., Перетягин П.В., Орлинская Н.Ю., Широкова Н.Ю., Пятова Е.Д., Птушко С.С. Изучение морфологической трансформации и особенностей сосудистого кровотока стенки тонкой и толстой кишки при моделировании ишемии в эксперименте. Вестник экспериментальной и клинической хирургии 2023; 16: 2: 120-129. DOI: 10.18499/2070-478X-2023-16-2-120-129.

To cite this article:

Karpova I.Yu., Peretyagin P.V., Orlinskaya N.Yu., Shirokova N.Yu., Pyatova E.D., Ptushko S.S. Study of Morphological Transformation and Features of the Vascular Blood Flow of the Small and Large Intestine Wall under Simulated Ischemia. Journal of experimental and clinical surgery 2023; 16: 2: 120-129. DOI: 10.18499/2070-478X-2023-16-2-120-129.