

УДК 616-001.4

DOI 10.34014/2227-1848-2026-1-51-59

ОСОБЕННОСТИ ЛИМФОЦИРКУЛЯЦИИ ТОНКОЙ КИШКИ ПРИ ЕЕ ОСТРОЙ ДЕНЕРВАЦИИ

М.С. Балеев

ГБУЗ НО «Городская клиническая больница № 7 им. Е.Л. Березова»,
г. Нижний Новгород, Россия

Объективная оценка динамики лимфатической системы тонкой кишки при травме спинного мозга in vivo остается востребованным и одновременно сложным процессом. Причиной является высокая значимость лимфоидной ткани в ряде жизнеобеспечивающих процессов: транспорте веществ, а именно доставке лекарственных средств к тканям, пищеварении, иммуномодуляции. Нарушение функции лимфатической системы кишечного тракта резко повышает риск транслокации патогенных микроорганизмов в системный кровоток, что усугубляет течение острого периода травматической болезни спинного мозга.

Таким образом, аккумуляция знаний о дисбалансе интрамурального лимфатического русла тонкой кишки у пациентов с последствиями спинальной травмы может стать отправной точкой в решении ряда проблем, связанных с острым периодом травматической болезни спинного мозга.

Цель. В остром эксперименте изучить особенности интрамуральной лимфоциркуляции тонкой кишки при ее острой денервации.

Материалы и методы. В качестве экспериментальных животных были выбраны лабораторные кролики (самцы массой от 1000 до 1500 г, n=12). Острая денервация тонкокишечной трубки выполнена посредством микрохирургического разрушения ганглиев симпатического ствола спинного мозга на уровне Th10-L2. Лимфоциркуляторное русло кишечной стенки динамично оценено с помощью метода оптической когерентной лимфангиографии (ОКЛ) до травмы и по истечении 3 ч после денервации.

Результаты. В интактной кишке, по данным ОКЛ, показатель средней плотности лимфатической сети сосудов составил 2,29 % [2,04; 2,73]. Через 3 ч после симпатической денервации тонкой кишки зарегистрировано значимое снижение средней плотности лимфатических сосудов до 1,8 % [1,12; 1,94] (p=0,052).

Выводы. Нарушение функции лимфатической системы кишки в остром периоде ее травматической денервации характеризуется незначительным уменьшением общей плотности лимфатических сосудов во всех слоях кишечной стенки.

Ключевые слова: симпатическая нервная система, денервация, лимфатическая система, спинной мозг, тонкая кишка, травма спинного мозга.

Введение. Международное общество спинного мозга (International Spinal Cord Society) в перечне осложнений посттравматической болезни спинного мозга отдельным пунктом выделяет дисфункцию пищеварительного тракта [1]. Течение острого периода спинальной травмы характеризуется нарушением иннервации и дисциркуляторными расстройствами в кишечной трубке у 37–63 % пострадавших, что увеличивает риск развития значимых в клиническом аспекте дефицитных состояний: авитаминоза, липопроотеинемии, гипопроотеинемии, недостатка минеральных веществ, аминокислот, моно- и дисахаридов, электролитных соединений [2–4].

Важную роль в обменных процессах играет лимфатическая система, которая участвует в

транспорте пищевых липидов, жирорастворимых витаминов, антигенпрезентирующих клеток, антигенов, обеспечении биодоступности пероральных препаратов и выведении лишней жидкости из интерстиция в системный кровоток [5–7].

Вместе с тем, не смотря на активное изучение морфологических и иммунологических параметров лимфоидной ткани, оценка динамики лимфоциркуляции в кишечной стенке при ее денервации остается сложной задачей, что прежде всего связано с нехваткой специализированного оборудования, позволявшего бы оценить лимфатический ток в кишке в режиме реального времени. Такая возможность мониторинга лимфоциркуляции *in vivo* появилась с

развитием технологии оптической когерентной томографии в режиме лимфографии (ОКЛ) [8].

Таким образом, динамическая оценка лимфатических сосудов в настоящем времени помогла бы разобраться во влиянии травм различного генеза на нарушение функций кишечника и, возможно, способах улучшения общесоматического состояния организма. Несмотря на высокую клиническую значимость темы подобные исследования лимфатической системы в России и в мире не проводились.

Цель исследования. В остром эксперименте изучить особенности интрамуральной лимфоциркуляции тонкой кишки при ее острой денервации.

Материалы и методы. В эксперименте задействованы самцы кроликов массой 1000–1500 г ($n=12$). Их содержание в сертифицированном виварии ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России (ПИМУ) и исследовательская работа проводились в соответствии с международными правилами Guide for the Care and Use of Laboratory Animals и отвечали требованиям Европейской конвенции о защите позвоночных живот-

ных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (от 18.03.1986). Работа одобрена комитетом по этике ПИМУ (протокол № 17 от 11.10.2019). Хирургическое пособие на всем протяжении эксперимента выполнялось под общей внутрибрюшинной анестезией смесью растворов 3,5 % тилетамина гидрохлорида, золазепамы и 2 % ксилазина гидрохлорида [9].

Первый этап эксперимента состоял в выполнении 10 животным срединной лапаротомии длиной до 5 см. После чего в сформированную лапаротомную рану выводили участок тонкой кишки в 20 см от связки [10].

Модель спинальной травмы заключалась в забрюшинном разрушении симпатических ганглиев спинного мозга на уровне Th₁₀-L₂ [11]. Лимфатическая сеть оценивалась посредством технологии оптической когерентной томографии (ОКТ), включающей возможность проведения ОКЛ и исследования поляризационных свойств ткани (кросс-рассеяние). ОКЛ выполняли со стороны серозной оболочки тонкой кишки. Динамику лимфоциркуляторного русла оценивали до нанесения травмы и через 3 ч после симпатической денервации (рис. 1).

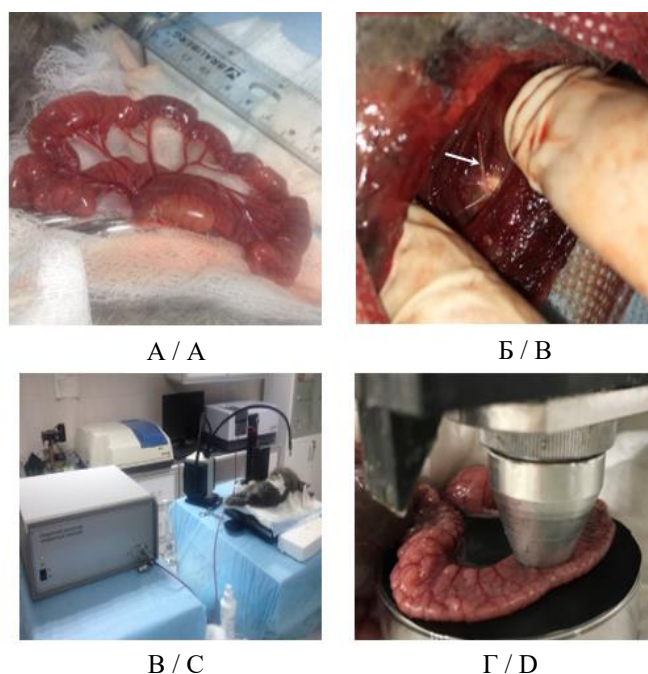


Рис. 1. Тонкая кишка кролика (А); забрюшинный доступ на уровне Th₁₀-L₂ (стрелкой указаны симпатические ганглии спинного мозга) (Б); ОКТ-установка (В), сканирование ткани тонкой кишки со стороны серозной оболочки (Г)

Fig. 1. Rabbit small intestine (a); retroperitoneal access to Th₁₀-L₂ (the arrow indicates the spinal sympathetic ganglia) (b); OCT setup (c), scanning of the small intestinal tissue from the serous membrane side (d)

Технология ОКТ основана на регистрации обратнорассеянного низкоинтенсивного света ближнего инфракрасного диапазона. Используются спектральный мультимодальный оптический когерентный томограф, разработанный в ФИЦ Институт прикладной физики РАН (г. Н. Новгород), с длиной волны зондирующего поляризованного излучения 1300 нм [12]. Продольное разрешение системы составляет 10 мкм, разрешение по глубине – 15 мкм, глубина сканирования в воздухе – до 2 мм; скорость сканирования – 20 000 А-сканов в секунду; размер

получаемых в течение 26 с объемных изображений – 2,4×2,4×1,8 мм. Кросс-поляризационная ОКТ-модальность позволяет строить 2 вида изображений: на одних отображается общая структура ткани (как в поперечном сечении, так и при виде сверху), на других сигнал появляется только от компонентов, изменивших поляризацию зондирующего излучения на ортогональную. Режим ОКЛ основан на анализе вариации спекловой картины ОКТ-сигнала и позволяет визуализировать лимфатические сосуды с функционирующим током лимфы [8, 13] (рис. 2).

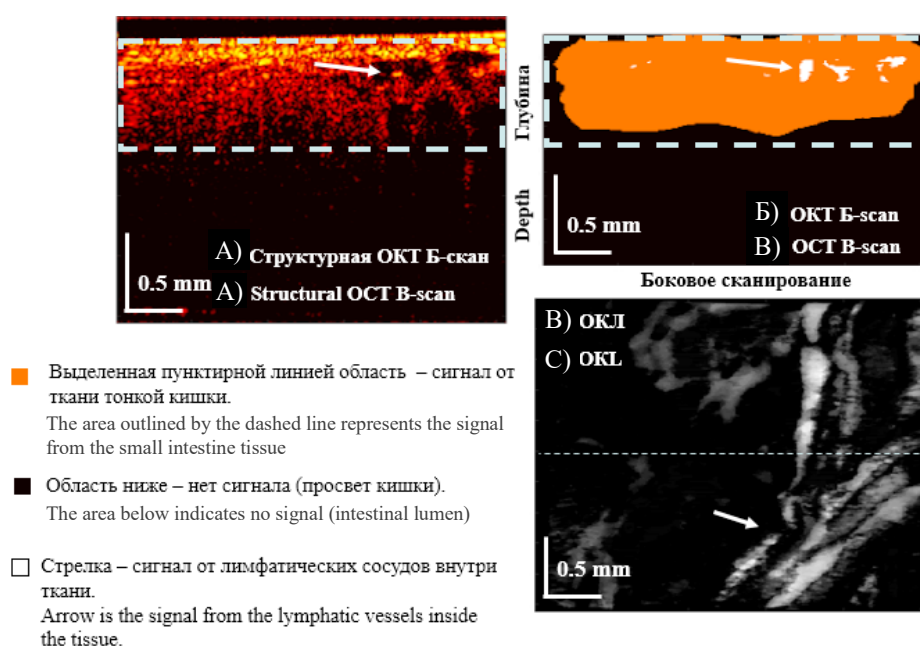


Рис. 2. ОКТ-скан стенки тонкой кишки (стрелкой указаны интрамуральные лимфатические сосуды) (А), программная обработка рисунка (Б); ОКТ в режиме лимфографии (стрелкой указаны функционирующие лимфатические сосуды) (В)

Fig. 2. OCT scan of the small intestinal wall (the arrow indicates intramural lymphatic vessels) (A), digital image processing (B); OCT lymphography mode (the arrow indicates functioning lymphatic vessels) (C)

После получения информации о состоянии лимфатического русла в кишке исследуемые участки резецировали и отправляли на патоморфологическое исследование. При этом 2 животных выступали в качестве контроля: у них забор гистологического материала выполняли без нанесения травмы.

Фиксацию забранных образцов осуществляли в 40 % растворе формалина в течение суток. Окраска осуществлялась с помощью гематоксилина и эозина.

Гистологические препараты описывались независимым патоморфологом.

Для статистической обработки данных использовали программу IBM SPSS Statistics 20. Оценку статистической значимости различий при сравнении групп по количественному признаку проводили по критерию Вилкоксона для непараметрических выборок. Данные представлены в виде $Me [Q1; Q2]$, где Me – медиана, $Q1$ – нижний квартиль, $Q2$ – верхний квартиль. Критическое значение уровня значимости принимали равным 5 % ($p \leq 0,05$).

Результаты и обсуждение. Симпатическая денервация кишечной трубки является триггером для нарушения функции лимфатической

системы, которое проявляется в визуальном уменьшении количества, диаметра лимфатических сосудов, а также их средней плотности, рассчитанной по полученным ОКЛ-изображе-

ниям (рис. 3). В то же время лимфатическая система интактной кишечной стенки представляет собой развитую сеть сосудов разного диаметра, сопровождающих артерии и вены.

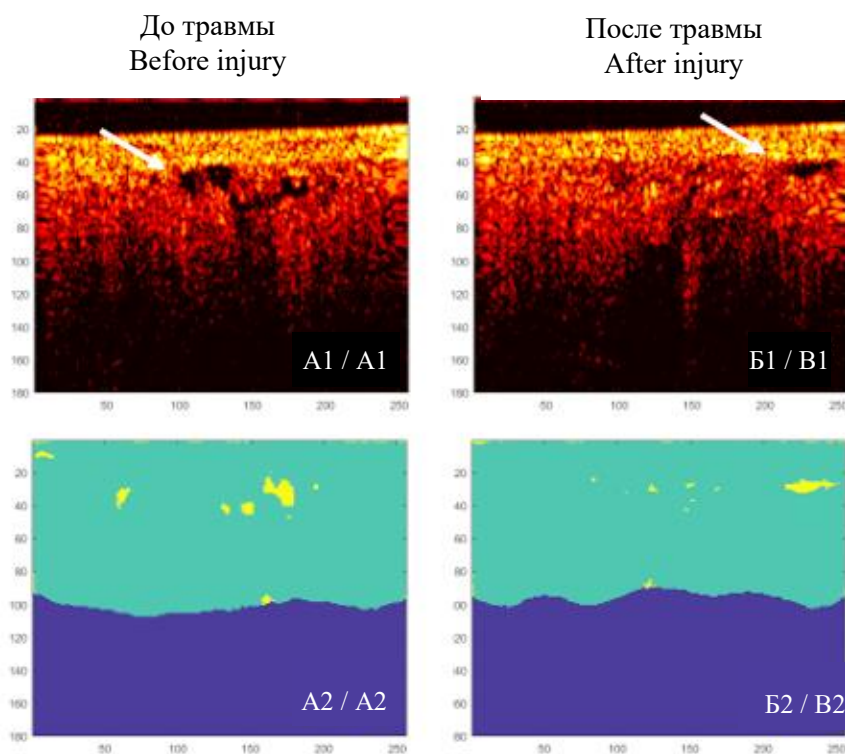


Рис. 3. ОКТ-скан нормальной стенки тонкой кишки (стрелкой указаны ее интрамуральные лимфатические сосуды) (A1); программная обработка скана с нормальной плотностью лимфатических узлов и их объемом (A2); стенка кишки после травмы (стрелкой указаны спавшиеся интрамуральные лимфатические сосуды) (B1); программная обработка скана, где показано уменьшение плотности и просвета лимфатических узлов (B2)

Fig. 3. OCT scan of a normal small intestinal wall (the arrow indicates its intramural lymphatic vessels) (A1); digital processing of a scan showing normal lymph node density and volume (A2); intestinal wall after injury (the arrow indicates collapsed intramural lymphatic vessels) (B1), digital processing of a scan showing a decrease in the density and lumen of the lymph nodes (B2)

Показатель средней плотности лимфатической сети сосудов в интактной кишке составил 2,29 % [2,04; 2,73]. Надо отметить, что максимум данного показателя достиг 10 %. Подобное аномально высокое значение, вероятнее всего, связано с возникновением отека кишечной стенки в ответ на агрессию. Спустя 3 ч после резекции симпатических ганглиев зафиксировано статистически незначимое уменьшение числа и толщины, визуализируемых на ОКЛ-изображениях лимфатических

сосудов, при этом плотность последних снизилась до 1,8 % [1,12; 1,94] ($p=0,052$) (рис. 4).

Гистологическое исследование подтверждает данные ОКЛ: в интактной кишке отмечается пустое поперечное сечение лимфатических сосудов, тогда как после симпатэктомии просветы лимфатических сосудов заполнены белковыми преципитатами. Этот факт указывает на изменение состава лимфы и возникновение посттравматического снижения лимфотока (рис. 5).

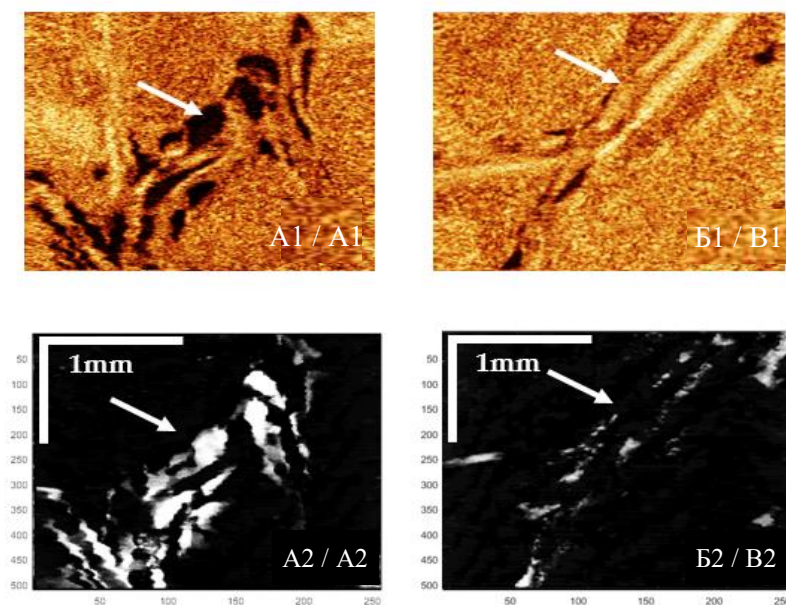


Рис. 4. ОКТ-скан стенки тонкой кишки с функционирующими в ней лимфатическими сосудами (показаны стрелкой) (A1); ОКТ в режиме лимфографии (стрелкой указаны функционирующие лимфатические сосуды) (A2); ОКТ-скан стенки тонкой кишки после травмы со спавшимися лимфатическими сосудами (показаны стрелкой) (B1); ОКТ в режиме лимфографии (стрелкой указано нарушение тока лимфы) (B2)

Fig. 4. OCT scan of the small intestinal wall with functioning lymphatic vessels (indicated by the arrow) (A1); OCT lymphography mode (the arrow indicates the functioning lymphatic vessels) (A2); OCT scan of the small intestinal wall after injury with collapsed lymphatic vessels (indicated by the arrow) (B1); OCT lymphography mode (the arrow indicates impaired lymph flow) (B2)

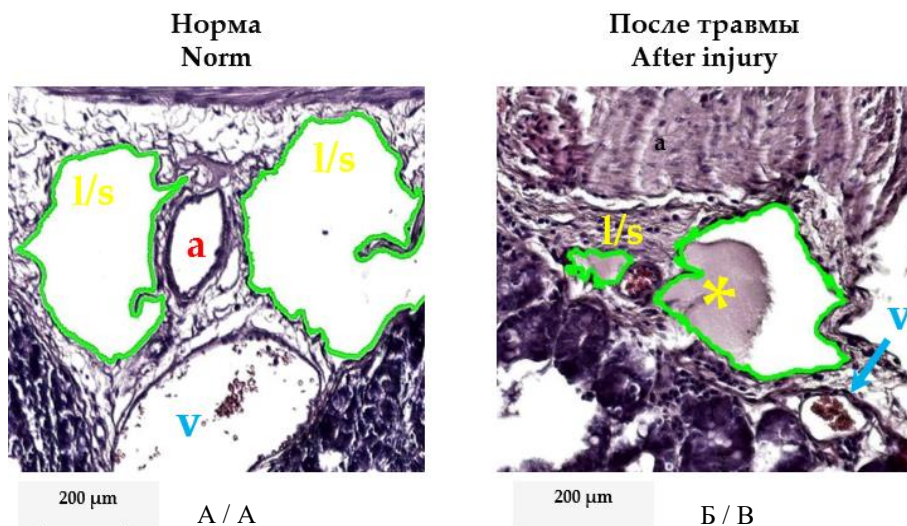


Рис. 5. Морфологическое исследование нормальной кишки с визуализацией а – артерии, v – вены, l/s – лимфатических сосудов (а); гистологическое исследование стенки кишки после травмы: а – тромбированная артерия, v – вена с тромбом в просвете, l/s – спавшиеся лимфатические сосуды с белковыми преципитатами (*) в просвете (б)

Fig. 5. Morphological examination of the normal intestine with visualization of a – artery, v – vein, l/s – lymphatic vessels (A); histological examination of the intestinal wall after injury: a – thrombosed artery, v – vein with a thrombus in the lumen, l/s – collapsed lymphatic vessels containing protein precipitates (*) in the lumen (B)

Заключение. Результаты нашего исследования раскрывают причину уменьшения плотности лимфатических сосудов и снижения лимфоциркуляции в стенке тонкой кишки при ее острой денервации, которая является основанием для спазма мышечной оболочки артериол и венул с нарушением гемодинамики и последующим тромбозом в них, что обуславливает возникновение и нарастание интестинального отека, который в свою очередь оказывает давление на лимфатические сосуды с развитием временного, но существенного подавления лимфодинамики в ответ на травму. Установленные функциональные принципы преобразования лимфоцирку-

ляции стоит учитывать при составлении алгоритма устранения системных патологических состояний, возникших в ответ на спинальную травму [14–16].

Таким образом, нарушение функции лимфатической системы кишечной стенки при ее центральной денервации выражается в уменьшении общей плотности сети лимфатических сосудов в остром периоде травмы. Выявленные с помощью ОКТ и морфологического исследования изменения в стенке тонкой кишки подтверждают необходимость ранней стимуляции гемо- и лимфоциркуляции для предотвращения системных вторичных осложнений.

Работа выполнена при поддержке сотрудников ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации Е.Б. Киселевой, М.В. Ширмановой, В.И. Щеславского, Н.Д. Гладковой, М.А. Сироткиной, М.Г. Рябкова и РНФ (проект № 19-75-10096).

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Kirshblum S., Snider B., Rupp R., Read M.S. International Standards Committee of ASIA and ISCoS. Updates of the International Standards for Neurologic Classification of Spinal Cord Injury: 2015 and 2019. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2020; 31 (3): 319–330. DOI: 10.1016/j.pmr.2020.03.005.
2. Brennan F.H., Swarts E.A., Kigerl K.A. Microglia promote maladaptive plasticity in autonomic circuitry after spinal cord injury in mice. *Sci Transl Med.* 2024; 16 (751): 3248–3259. DOI: 10.1126/scitranslmed.adi3259.
3. Bryant J.M., Brown K.P., Burbaud S., Everall I. Stepwise pathogenic evolution of Mycobacterium abscessus. *Science.* 2021; 372 (6541): 8679–8699. DOI: 10.1126/science.abb8699.
4. Балеев М.С. Дисфункция пищеварительного тракта в остром периоде травмы спинного мозга (обзор литературы). *Политравма.* 2021; 3: 82–90.
5. Thorup L., Hjortdal A., Boedtkjer D.B. The transport function of the human lymphatic system-A systematic review. *Physiol Rep.* 2023; 11 (11): 155–168. DOI: 10.14814/phy2.15697.
6. Климонтов В.В., Булумбаева Д.М. Лимфатическая система и жировая ткань: коммуникации в норме и патологии. *Ожирение и метаболизм.* 2021; 18 (3): 336–344.
7. Tso P., Bernier-Latmani J., Petrova T.V., Liu M. Transport functions of intestinal lymphatic vessels. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2025; 22 (2): 127–145. DOI: 10.1038/s41575-024-00996-z.
8. Moiseev A.A., Sirotkina M.A., Matveev L.A. Lymph Vessels Visualization from Optical Coherence Tomography Data Using Depth-resolved Attenuation Coefficient Calculation. *J. Biophotonics.* 2021; 14 (3): 202–228.
9. Балеев М.С. Метаболизм в слизистой оболочке тонкой кишки в остром периоде спинальной травмы. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова.* 2025; 20 (2): 53–56.
10. Балеев М.С., Киселева Е.Б., Логинова М.М. Тонкая кишка в остром периоде спинальной травмы: ранние нарушения метаболизма по данным флуоресцентного время-разрешенного имиджинга FLIM. *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь».* 2023; 12 (2): 230–238.

11. *Минаков А.Н.* Экспериментальное моделирование травмы спинного мозга у лабораторных крыс. *Acta Naturae*. 2018; 3: 38–47.
12. *Sirotkina M.A., Potapov A.L.* Multimodal Optical Coherence Tomography: Imaging of Blood and Lymphatic Vessels of the Vulva. *Sovrem. Tehnol. Med*. 2019; 11 (26): 13–31.
13. *Балеев М.С., Киселева Е.Б., Матвеев Л.А., Рябков М.Г.* Мониторинг ангио-и лимфоциркуляции в тонкой кишке в остром периоде спинальной травмы с помощью мультимодальной оптической когерентной томографии. *Тверской медицинский журнал*. 2023; 1: 11–15.
14. *Koltowska K.* Lymphatic system: organ specific functions in health and disease. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 2023; 11: 122–134.
15. *Yuan B., Lu X.J., Wu Q.* Gut Microbiota and Acute Central Nervous System Injury: A New Target for Therapeutic Intervention. *Front Immunol*. 2021; 12 (8): 796–808. DOI: 10.3389/fimmu.2021.800796.
16. *White A.R., Werner C.M., Holmes G.M.* Diminished enteric neuromuscular transmission in the distal colon following experimental spinal cord injury. *Exp Neurol*. 2020; 33 (1): 113–127. DOI: 10.1016/j.expneurol.2020.113377.

Поступила в редакцию 21.07.2025; принята 25.11.2025.

Автор

Балеев Михаил Сергеевич – кандидат медицинских наук, хирург – консультант хирургического отделения, ГБУЗ НО «Городская клиническая больница № 7 им. Е.Л. Березова». 603011, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Октябрьской революции, 66а; e-mail: baleev_ms@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6943-9757>.

Образец цитирования

Балеев М.С. Особенности лимфоциркуляции тонкой кишки при ее острой денервации. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2026; 1: 51–59. DOI: 10.34014/2227-1848-2026-1-51-59.

CHARACTERISITICS OF SMALL INTESTINAL LYMPHATIC CIRCULATION DURING ACUTE DENERVATION

M.S. Baleev

City Clinical Hospital No. 7 named after E.L. Berezov, Nizhny Novgorod, Russia

Objective in vivo assessment of small intestinal lymphatic dynamics following spinal cord injury remains a crucial but challenging task. This is due to the critical role of lymphoid tissue in essential physiological processes, including substance transport (specifically, drug delivery to tissues), digestion, and immunomodulation. Impairment of the intestinal lymphatic system significantly increases the risk of pathogenic translocation into the systemic circulation, which exacerbates the acute phase of traumatic spinal cord injury.

Thus, the accumulation of knowledge on intramural lymphatic bed imbalance in the small intestine in patients with spinal cord injury sequelae can become a starting point in solving a number of challenges associated with the acute phase of traumatic spinal cord disease.

Objective. The aim of the paper is to study the characteristics of intramural lymphatic circulation in the small intestine during acute denervation in an acute experimental setting.

Materials and Methods. Laboratory rabbits (males weighing 1000 to 1500 g, n=12) were used as experimental animals. Acute denervation of the small intestinal loop was performed by microsurgical destruction of the sympathetic chain ganglia at the Th10-L2 level. The lymphatic bed of the intestinal wall was dynamically evaluated using optical coherence lymphangiography (OCL) both before injury and 3 hours after denervation.

Results. In the intact intestine, OCL data demonstrated an average density of the lymphatic vessel network, namely, 2.29 % [2.04; 2.73]. Three hours after sympathetic denervation of the small intestine, a significant decrease in the average density of lymphatic vessels to 1.8 % [1.12; 1.94] (p=0.052) was recorded.

Conclusion. Impairment of the intestinal lymphatic system during the acute phase of traumatic denervation is characterized by a slight decrease in the overall density of lymphatic vessels in all layers of the intestinal wall.

Key words: sympathetic nervous system, denervation, lymphatic system, spinal cord, small intestine, spinal cord injury.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

References

1. Kirshblum S., Snider B., Rupp R., Read M.S. International Standards Committee of ASIA and ISCoS. Updates of the International Standards for Neurologic Classification of Spinal Cord Injury: 2015 and 2019. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2020; 31 (3): 319–330. DOI: 10.1016/j.pmr.2020.03.005.
2. Brennan F.H., Swarts E.A., Kigerl K.A. Microglia promote maladaptive plasticity in autonomic circuitry after spinal cord injury in mice. *Sci Transl Med.* 2024; 16 (751): 3248–3259. DOI: 10.1126/scitranslmed.adi3259.
3. Bryant J.M., Brown K.P., Burbaud S., Everall I. Stepwise pathogenic evolution of Mycobacterium abscessus. *Science.* 2021; 372 (6541): 8679–8699. DOI: 10.1126/science.abb8699.
4. Baleev M.S. Disfunktsiya pishchevaritel'nogo trakta v ostrom periode travmy spinnogo mozga (obzor literatury) [Dysfunction of the digestive tract in the acute period of spinal cord injury (literature review)]. *Politravma.* 2021; 3: 82–90 (in Russian).
5. Thorup L., Hjortdal A., Boedtkjer D.B. The transport function of the human lymphatic system—A systematic review. *Physiol Rep.* 2023; 11 (11): 155–168. DOI: 10.14814/phy2.15697.
6. Klimontov V.V., Bulumbaeva D.M. Limfaticeskaya sistema i zhirovaya tkan': kommunikatsii v norme i patologii [Lymphatic system and adipose tissue: Crosstalk in health and disease]. *Ozhireniye i metabolizm.* 2021; 18 (3): 336–344 (in Russian).
7. Tso P., Bernier-Latmani J., Petrova T.V., Liu M. Transport functions of intestinal lymphatic vessels. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2025; 22 (2): 127–145. DOI: 10.1038/s41575-024-00996-z.
8. Moiseev A.A., Sirotkina M.A., Matveev L.A. Lymph Vessels Visualization from Optical Coherence Tomography Data Using Depth-resolved Attenuation Coefficient Calculation. *J. Biophotonics.* 2021; 14 (3): 202–228.
9. Baleev M.S. Metabolizm v slizistoy obolochke tonkoy kishki v ostrom periode spinal'noy travmy [Metabolism in the small intestinal mucosa in the acute period of spinal injury]. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo tsentra im. N.I. Pirogova.* 2025; 20 (2): 53–56 (in Russian).
10. Baleev M.S., Kiseleva E.B., Loginova M.M. Tonkaya kishka v ostrom periode spinal'noy travmy: rannie narusheniya metabolizma po dannym fluorestsennogo vremya-razreshennogo imidzhinga FLIM [The small intestine in the acute period of spinal injury: Early metabolic disorders according to fluorescence-lifetime imaging FLIM]. *Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo «Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch».* 2023; 12 (2): 230–238 (in Russian).
11. Minakov A.N. Eksperimental'noe modelirovanie travmy spinnogo mozga u laboratornykh krysov [Experimental modeling of spinal cord injury in laboratory rats]. *Acta Naturae.* 2018; 3: 38–47 (in Russian).
12. Sirotkina M.A., Potapov A.L. Multimodal Optical Coherence Tomography: Imaging of Blood and Lymphatic Vessels of the Vulva. *Sovrem. Tehnol. Med.* 2019; 11 (26): 13–31.
13. Baleev M.S., Kiseleva Y.E.B., Matveyev L.A., Ryabkov M.G. Monitoring angio- i limfotsirkulyatsii v tonkoy kishke v ostrom periode spinal'noy travmy s pomoshch'yu mul'timodal'noy opticheskoy kogerentnoy tomografii [Monitoring of angio- and lymphocirculation in the small intestine in the acute period of spinal injury using multimodal optical coherence tomography]. *Tverskoy meditsinskiy zhurnal.* 2023; 1: 11–15 (in Russian).
14. Koltowska K. Lymphatic system: organ specific functions in health and disease. *Frontiers in Cell and Developmental Biology.* 2023; 11: 122–134.
15. Yuan B., Lu X.J., Wu Q. Gut Microbiota and Acute Central Nervous System Injury: A New Target for Therapeutic Intervention. *Front Immunol.* 2021; 12 (8): 796–808. DOI: 10.3389/fimmu.2021.800796.

16. White A.R., Werner C.M., Holmes G.M. Diminished enteric neuromuscular transmission in the distal colon following experimental spinal cord injury. *Exp Neurol.* 2020; 33 (1): 113–127. DOI: 10.1016/j.expneurol.2020.113377.

Received July 21, 2025; accepted November 25, 2025.

Information about the author

Baleev Mikhail Sergeevich, Candidate of Sciences (Medicine), Surgeon-Consultant, Surgical Department, City Clinical Hospital No. 7 named after E.L. Berezov. 603011, Russia, Nizhny Novgorod, Oktyabr'skoy Revolyutsii St , 66a; e-mail: baleev_ms@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6943-9757>.

For citation

Baleev M.S. Osobennosti limfotsirkulyatsii tonkoy kishki pri ee ostroy denervatsii [Characteristics of small intestinal lymphatic circulation during acute denervation]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskij zhurnal.* 2026; 1: 51–59. DOI: 10.34014/2227-1848-2026-1-51-59 (in Russian).