

---

---

ОТ РЕДАКТОРА СПЕЦВЫПУСКА

---

---

МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

© 2025 г. П. М. Маслюков<sup>1,\*</sup>, А. Г. Марков<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Ярославский государственный медицинский университет Минздрава России,  
Ярославль, Россия

<sup>2</sup>Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

\*E-mail: [mpm@ysmu.ru](mailto:mpm@ysmu.ru)

Специальный выпуск Российского физиологического журнала им. И.М. Сеченова посвящен рассмотрению вопросов механизмов регуляции функций висцеральных систем человека и животных в норме и патологии, что является одним из наиболее актуальных и динамично развивающихся направлений современной физиологии и медицины.

*Ключевые слова:* висцеральные системы, физиология, патофизиология

**DOI:** 10.7868/S2658655X25110015

В настоящее время эта проблематика находится в центре внимания физиологов, патофизиологов, фармакологов, молекулярных биологов, генетиков, а также практикующих врачей. Актуальность проблемы обусловлена в первую очередь тем, что нарушение работы висцеральных систем приводит к возникновению различных патологических процессов, среди которых на первом месте по причинам смертности населения занимают заболевания сердечно-сосудистой системы, в том числе ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия, нарушения ритма [1]. Особое место в ряду нарушений регуляции функций висцеральных систем занимают психосоматические расстройства, проявляющиеся, например, в виде синдрома раздраженного кишечника, фибромиалгии и др., в которых прослеживается связь между психоэмоциональным состоянием и нарушением работы внутренних органов [2]. Исследования последних лет показывают наличие взаимосвязи между стрессом, иммунитетом и кишечной микробиотой [3]. В свою очередь, хронический стресс ассоциирован с высокой продукцией медиаторов воспаления и риском развития инфекции, формированием хронического системного воспаления и воспалительных заболеваний, а также депрессивных расстройств [4]. Исследования последних лет показали существование также двунаправленной связи между кишечником, микробиотой и мозгом в рамках “оси мозг – кишечник – микробиом”. Кишечный дисбиоз может быть ассоциирован с депрессией, аутизмом, болезнью Паркинсона и Альцгеймера [5]. Понимание этих механизмов открывает путь к новым методам лечения психических и неврологических расстройств через коррекцию состояния кишечника. Использование современных методов исследования – молекулярно-биологических, генетических и нейрофизиологических, включая анализ электрической активности ионных каналов и транскриптома отдельных клеток, – позволило значительно углубить данные о регуляции функций висцеральных систем, полученные традиционными физиологическими методами [6, 7].

В настоящее время выделяют четыре способа регуляции функций, в том числе висцеральных органов: нервная система, гормоны, аутокоиды, физико-химические факторы околочелюстной жидкости [8, 9]. В исследование различных аспектов регуляции внутренних органов внесли вклад многие российские физиологи: в физиологии сердца и кровообращения (В.А. Цырлин, Д.П. Дворецкий, А.Л. Зефилов, Т.Л. Зефилов,

М.П. Рощевский, В.С. Мархасин и др.) [10–13]; физиологии пищеварительной системы (А.М. Уголев, С.А. Поленов, Г.Ф. Коротько и др.) [14–16]; дыхания (И.С. Бреслав, А.Н. Федин, А.И. Кривченко и др.) [17–18]; физиологии почки (Ю.В. Наточин, Л.Н. Иванова и др.) [19–20]. Вклад автономной нервной системы в регуляции функций внутренних органов был подробно исследован в работах А.Д. Ноздрачева [21].

С учетом вышесказанного собранные в настоящем выпуске журнала статьи раскрывают различные аспекты механизмов регуляции висцеральных систем человека и животных в норме и патологии. Специальный выпуск журнала предваряется обзором электрофизиологических характеристик нейронов симпатических пара- и превертебральных ганглиев. В статье П.М. Маслюкова с соавт. анализируется вклад различных ионных каналов в возбудимость симпатических ганглионарных нейронов, их изменения в постнатальном онтогенезе, а также изменения электрофизиологических характеристик симпатических нейронов при патологических процессах [22].

Работы в направлении кортико-висцеральной патологии остаются в числе приоритетных в Институте физиологии им. И.П. Павлова (Санкт-Петербург). В работе О.А. Любашиной с соавт. дана сравнительная оценка изменений в функциональных свойствах реактивных к висцеральной боли нейронов базолатеральной амигдалы и влияниях на них инфраламбической области медиальной префронтальной коры, которые возникают после кишечного воспаления или стресса. В исследовании продемонстрировало, что состояния кишечной гипералгезии ассоциированы с противоположными изменениями фоновой импульсной активности нейронов базолатеральной амигдалы, сопровождающиеся усилением реактивности к стимулирующему влиянию инфраламбической области медиальной префронтальной коры [23].

Дифференциальная экспрессия генов в тканях легких крыс при моделировании хронической тромбоэмболической легочной гипертензии изучена в работе Н.С. Вахрушева с соавт. Исследование выявило дисрегуляцию генов внеклеточного матрикса, воспаления и эндотелиальной дисфункции [24].

В работе М.Г. Печковой с соавт. проанализированы изменения экспрессии генов-маркеров фиброза ткани, а также особенности сократительного ответа портальной вены мышей при портальной гипертензии. Было продемонстрировано, что портальная вена мышей проявляла увеличение максимального сократительного ответа на действие агониста рецепторов тромбоксана A<sub>2</sub>, сопровождающееся снижением чувствительности к этому агонисту, показано уменьшение ацетилхолин-опосредованного расслабления и повышение чувствительности к оксиду азота. Также наблюдалось снижение сократительных ответов вены на АТФ, которое сопровождалось повышением экспрессии генов, кодирующих белки пуринаргической сигнальной системы [25].

В статье А.М. Купцовой с соавт. выявлена модулирующая роль  $\alpha_2$ -адренорецепторов и тока, активируемого гиперполяризацией ( $I_p$ ), на этапах становления и развития адренергической регуляции развивающегося сердца. Результаты работы свидетельствуют, что  $\alpha_2$ -адренергическая регуляция сердца модулируется  $I_p$ , степень и направленность эффектов зависят от уровня сформированности симпатической иннервации сердца [26].

В работе Д.М. Сорокиной с соавт. проанализировано влияние газов H<sub>2</sub>S и NO на спонтанные сокращения тощей кишки крыс с моделью синдрома раздраженного кишечника. Сделан вывод, что при данной патологии вследствие избыточного синтеза NO происходят изменения сигнальных путей и/или мишеней, через которые действует H<sub>2</sub>S, что приводит к нарушению моторики тощей кишки и обуславливает симптомы усиления перистальтики диарейного типа [27].

Егоров Ю.В. и Кузьмин В.С. исследовали влияние механического растяжения на электрофизиологические свойства и аритмогенность уязвимых зон миокарда правого предсердия у спонтанно-гипертензивных крыс. Авторы делают вывод, что механомодуляция на фоне непрерывно меняющегося парасимпатического тонуса формирует аритмогенную динамическую электрофизиологическую неоднородность, которая значительно сильнее

выражена в миокарде правого предсердия и верхней полой вены у крыс со спонтанной гипертензией по сравнению с нормотензивными животными [28].

Ряд работ посвящены изучению факторов, влияющих на состояние кишечного барьера в различных условиях. В статье Федоровой с соавт. исследовали влияние гипобарической гипоксии (состояние кислородного дефицита) на барьерные свойства эпителия кишки. Гипоксия повышает проницаемость эпителия тощей и толстой кишки крысы. Молекулярной основой нарушения свойств эпителиального барьера служит изменение уровня белков плотных контактов, которые обеспечивают целостность и непроницаемость кишечного барьера [29].

В другой статье Федоровой с соавт. сделан акцент на изучении функционального взаимодействия между различными висцеральными органами, в частности между почкой и кишечником. На экспериментальной модели субтотальной нефрэктомии авторы проследили изменение барьерных свойств кишечника на разных стадиях патологии – от ранней до выраженной хронической почечной недостаточности. Увеличение уровня уремических токсинов ведет к повышению проницаемости кишечного эпителия, которое ассоциировано с изменением клаудина-1 и окклюдина. Результаты указывают на существование механизма регуляции функций висцеральных органов, который можно определить как интерорганый способ регуляции [30].

Исследование молекулярных механизмов interoцепции болевых сигналов остается актуальной проблемой висцеральной физиологии. В статье Дворниковой с соавт. представлены данные изменения уровня каналов TRPV1 и TRPA1, которые расположены в нервных клетках энтеральной нервной системы, в различных сегментах толстой кишки крысы при инициации воспаления однократным введением липополисахарида. Показано, что происходит сегмент-специфическое изменение уровня этих каналов, что подчеркивает их вовлеченность в формирование болевой чувствительности при развитии абдоминального болевого синдрома [31].

Редакция журнала надеется, что материалы Специального выпуска и представленные в нем новаторские данные дадут новый импульс исследованиям в области регуляторных механизмов внутренних органов. Это станет основой для новых фундаментальных работ в различных областях физиологии и медицины, а также создания передовых диагностических и терапевтических стратегий для борьбы с широким спектром заболеваний.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Gaidai O, Cao Y, Loginov S* (2023) Global Cardiovascular Diseases Death Rate Prediction. *Curr Probl Cardiol* 48(5): 101622. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2023.101622>
2. *Enck P, Aziz Q, Barbara G, Farmer AD, Fukudo S, Mayer EA, Niesler B, Quigley EM, Rajilić-Stojanović M, Schemann M, Schwille-Kiuntke J, Simren M, Zipfel S, Spiller RC* (2016) Irritable bowel syndrome. *Nat Rev Dis Primers* 2: 16014. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.14>
3. *Vanuytsel T, Bercik P, Boeckxstaens G* (2023) Understanding neuroimmune interactions in disorders of gut-brain interaction: from functional to immune-mediated disorders. *Gut* 72(4): 787–798. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2020-320633>
4. *Fali T, Vallet H, Sauce D* (2018) Impact of stress on aged immune system compartments: Overview from fundamental to clinical data. *Exp Gerontol* 105: 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.02.007>
5. *Morais LH, Schreiber HL 4th, Mazmanian SK* (2021) The gut microbiota-brain axis in behaviour and brain disorders. *Nat Rev Microbiol* 19(4): 241–255. <https://doi.org/10.1038/s41579-020-00460-0>

6. Wang T, Teng B, Yao DR, Gao W, Oka Y (2025) Organ-specific sympathetic innervation defines visceral functions. *Nature* 637(8047): 895–902.  
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08269-0>
7. Gupta S, Gee MM, Newton AJH, Kuttippurathu L, Moss A, Tompkins JD, Schwaber JS, Vadigepalli R, Lytton WW (2025) Biophysical modelling of intrinsic cardiac nervous system neuronal electrophysiology based on single-cell transcriptomics. *J Physiol* 603(7): 2119–2138.
8. Наточин ЮВ (2002) Архитектура физиологических функций: тот же фундамент, новые грани. *Рос физиол журн им ИМ Сеченова* 88 (2): 129–143. [Natochin YV (2002) Architecture of physiological functions: the same foundation, new facets. *Russ J Physiol* 88(2): 129–143. (In Russ)].
9. Наточин ЮВ (2017) Гомеостаз. *Успехи физиол наук* 48(4): 3–15. [Natochin YV (2017) Homeostasis. *Advanc Physiol Sci* 48(4): 3–15. (In Russ)].
10. Цырлин ВА, Кузьменко НВ, Плисс МГ (2024) Ренин-ангиотензиновая система и центральная регуляция кровообращения. *Артер гипертен* 30(4): 373–381. [Tsyrlin VA, Kuzmenko NV, Pliss MG (2024) Renin-angiotensin system and central regulation of blood circulation. *Arter Hypertens* 30(4): 373–381. (In Russ)].
11. Ярцев ВН, Караченцова ОВ, Дворецкий ДП (2015) Сравнительный анализ действия норадреналина на нейрогенную вазоконстрикцию, сниженную разными факторами. *Рос физиол журн им ИМ Сеченова* 101(1): 54–63. [Yartsev VN, Karachentsova OV, Dvoretzky DP (2015) Comparative analysis of the effect of norepinephrine on neurogenic vasoconstriction reduced by various factors. *Russ J Physiol* 101(1): 54–63. (In Russ)].
12. Зефирова ТЛ, Зиятдинова НИ, Купцова АМ, Зефирова АЛ (2021) Влияние клонидина гидрохлорида на изолированное сердце новорождённых крыс. *Бюлл экп биол мед* 172(8): 144–147. [Zefirov TL, Ziyatdinova NI, Kuptsova AM, Zefirov AL (2021) Effect of clonidine hydrochloride on the isolated heart of newborn rats. *Bull Exp Biol Med* 172(8): 144–147. (In Russ)].
13. Roshchevsky MP, Shmakov DN (2003) Excitation of the heart. Moscow, Nauka.
14. Уголев АМ (1985) Эволюция пищеварения и принципы эволюции функций. Ленинград, Наука. [Ugolev AM (1985) Evolution of digestion and principles of evolution of functions. Leningrad, Nauka. (In Russ)].
15. Кульчицкий ВА, Поленов СА, Пашкевич СГ, Нетукова НИ, Тропникова ГК, Песоцкая ЯА, Кульчицкий СВ, Чумак АГ (2004) Регуляция функций при активации мозга. Минск, Белпринт. [Kulchitsky VA, Polenov SA, Pashkevich SG, Netukova NI, Tropnikova GK, Pesotskaya YaA, Kulchitsky SV, Chumak AG (2004) Regulation of functions during brain activation. Minsk. Belprint. (In Russ)].
16. Коротко ГФ (2005) Секретция поджелудочной железы. Краснодар, Изд-во Кубанск мед универ. [Korotko GF (2005) Secretion of the pancreas. Krasnodar. Publ Kubansk Med Univer. (In Russ)].
17. Бреслав ИС, Ноздрачев АД (2005) Дыхание. Висцеральный и поведенческий аспекты. СПб., Наука. [Breslav IS, Nozdrachev AD (2005) Breathing. Visceral and behavioral aspects. St. Petersburg, Nauka. (In Russ)].
18. Федин АН, Никитина ЕР, Кривченко АИ (2018) Сравнительная физиология дыхания. Москва, РАН. [Fedin AN, Nikitina ER, Krivchenko AI (2018) Comparative physiology of respiration. Moscow, RAS. (In Russ)].
19. Наточин ЮВ (2019) Почка – орган выделения или сохранения? *Успехи физиол наук* 50(4): 14–25. [Natochin YV (2019) The kidney – an organ of excretion or storage? *Advanc Physiol Sci* 50(4): 14–25. (In Russ)].
20. Наточин ЮВ, Марина АС, Шахматова ЕИ (2020) Каскадная система регуляции осмотического гомеостаза. *Докл РАН. Науки о жизни* 490(1): 77–80. [Natochin YV, Marina AS, Shakhmatova EI (2020) Cascade system of osmotic homeostasis regulation. *Rep Russ Acad Sci. Life Sci* 490(1): 77–80. (In Russ)].
21. Nozdrachev AD (2023) A brief history of Russian research on the autonomic nervous system. *Anat Rec (Hoboken)* 306(9): 2230–2248.  
<https://doi.org/10.1002/ar.24944>
22. Маслюков ПМ, Сальников ЕВ, Порсева ВВ (2025) Функциональные особенности симпатических ганглионарных нейронов в онтогенезе в норме и при патологии. *Рос физиол журн им ИМ Сеченова* 111(11): 1700–1723. [Masliukov PM, Salnikov EV, Porseva VV (2025) Functional features of sympathetic ganglion neurons in ontogenesis in norm and pathology. *J Evol Biochem Physiol* 61(4): 971–989. (In Russ)].  
<https://doi.org/10.1134/S0022093025040039>

23. Любашина ОА, Мехилийнен ДА, Сиваченко ИБ (2025) Особенности нейрональных механизмов обработки висцеральных болевых сигналов в базолатеральной амигдале у крыс с кишечной гипералгезией воспалительного или стрессорного генеза. Рос физиол журн им ИМ Сеченова 111(11): 1724–1745. [Lyubashina OA, Mehilyainen DA, Sivachenko IB (2025) The Features of Neural Mechanisms Underlying Visceral Pain Processing in the Basolateral Amygdala of Rats with Post-Inflammatory or Stress-Induced Hyperalgesia. J Evol Biochem Physiol 61(4): 990–1006. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S0022093025040040>
24. Вахрушев НС, Шиленко ЛА, Карпов АА, Ивкин ДЮ, Галагудза ММ, Костарева АА, Калинина ОВ (2025) Анализ дифференциальной экспрессии генов в легких крыс с экспериментальной хронической тромбозомболической легочной гипертензией. Рос физиол журн им ИМ Сеченова 111(11): 1746–1762. [Vachrushev NS, Shilenko LA, Karpov AA, Ivkin DYU, Galagudza MM, Kostareva AA, Kalinina OV (2025) Differential Gene Expression in the Lungs of Rats with Experimental Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. J Evol Biochem Physiol 61(4): 1025–1038. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S0022093025040076>
25. Печкова МГ, Кирюхина ОО, Борzych АА, Тарасова ОС (2025) Сравнение изменений в портальной вене и печеночной артерии у мышей при портальной гипертензии, вызванной перевязкой общего желчного протока. Рос физиол журн им ИМ Сеченова 111(11): 1776–1792. [Pechkova MG, Kiryukhina OO, Borzykh AA, Tarasova OS (2025) A Comparison of Changes in the Portal Vein and Hepatic Artery during Portal Hypertension Induced by Common Bile Duct Ligation in Mice. J Evol Biochem Physiol 61(4): 1113–1125. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S0022093025040131>
26. Купцова АМ, Зиятдинова НИ, Зефиров АЛ, Искаков НГ, Зефиров ТЛ (2025) Стимуляция альфа2-адренорецепторов на фоне блокады IF на этапах формирования адренергической иннервации сердца. Рос физиол журн им ИМ Сеченова 111(11): 1763–1775. [Kuptsova AM, Ziyatdinova NI, Zefirov NG, Zefirov TL (2025) Stimulation of Alpha-2 Adrenoreceptors against the Background of Hyperpolarization-Activated Current Blockade at Different Formation Stages of Cardiac Adrenergic Innervation. J Evol Biochem Physiol 61(5). (In Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S0022093025050047>
27. Сорокина ДМ, Шайдуллов ИФ, Хаертдинов НН, Лифанова АС, Ситдииков ФГ, Ситдиикова ГФ (2025) Механизмы действия сероводорода и оксида азота на сокращения тощей кишки крысы в модели синдрома раздраженного кишечника. Рос физиол журн им ИМ Сеченова 111(11): 1793–1809. [Sorokina DM, Shaidullov IF, Khaertdinov NN, Lifanova AS, Sitdikov FG, Sitdikova GF (2025) Effects of Hydrogen Sulfide and Nitric Oxide on Rat Jejunum Contractions in a Model of Irritable Bowel Syndrome. J Evol Biochem Physiol 61(5). (In Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S0022093025050060>
28. Егоров ЮВ, Кузьмин ВС (2025) Проаритмическая механомодуляция холинергической чувствительности структур правого предсердия у нормо- и гипертензивных крыс. Рос физиол журн им ИМ Сеченова 111(11): 1824–1839. [Egorov YU V, Kuzmin VS (2025) Proarrhythmic Mechanomodulation of Cholinergic Sensitivity in the Right Atrial Structures of Normotensive and Spontaneously Hypertensive Rats. J Evol Biochem Physiol 61(5). (In Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S0022093025050114>
29. Федорова АА, Ганке ДД, Бикмурзина АЕ, Кравцова ВВ, Кривой ИИ, Марков АГ (2025) Изменение барьерных свойств тощей и толстой кишки крысы после гипобарической гипоксии. Рос физиол журн им ИМ Сеченова 111(11): 1810–1823. [Fedorova AA, Ganke DD, Bikmurzina AE, Kravtsova VV, Krivoi II, Markov AG (2025) Changes in Barrier Properties of the Rat Jejunum and Colon after Hypobaric Hypoxia. J Evol Biochem Physiol 61(4): 1251–1261. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S0022093025040258>
30. Федорова АА, Пятченков МО, Дмитриева ЕА, Калашиников ЕА, Иванова ГТ, Марков АГ (2025) Барьерные свойства эпителия кишки в динамике развития нефропатии. Рос физиол журн им ИМ Сеченова 111(11): 1840–1855. [Fedorova AA, Pyatchenkov MO, Dmitrieva EA, Kalashnikov EA, Ivanova GT, Markov AG (2025) Barrier Properties of the Intestinal Epithelium in the Dynamics of Nephropathy Progression. J Evol Biochem Physiol 61(4): 1262–1273. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S002209302504026X>
31. Дворникова КА, Быстрова ЕЮ, Платонова ОН, Федорова АА, Марков АГ (2025) Сегмент-специфическое действие липополисахарида на уровень каналов TRPV1 и TRPA1 в толстой кишке крысы. Рос физиол журн им ИМ Сеченова 111(11): 1856–1870. [Dvornikova KA, Byistrova EYu, Platonova ON, Federova AA, Markov AG (2025) Colonic Segment-Specific Effect of Lipopolysaccharide on TRPV1 and TRPA1 Levels in Rats. J Evol Biochem Physiol 61(4): 1102–1112. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S002209302504012X>