

УДК 577.125.3:618.2]578.834.1«COVID-19»

DOI: 10.36604/1998-5029-2026-101-139-147

СОСТАВ МИНОРНЫХ НАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ У БЕРЕМЕННЫХ С COVID-19

Н.А.Ишутина, И.А.Андриевская, И.В.Довжикова, Н.Н.Дорофиевко

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания», 675000, г. Благовещенск, ул. Калинина, 22

РЕЗЮМЕ. Введение. Воспалительный процесс при COVID-19 сопровождается выраженной перестройкой метаболизма липидов, однако характер изменений жирно-кислотного профиля у беременных при данной патологии изучен недостаточно, что определяет актуальность настоящего исследования. **Цель.** Охарактеризовать количественные изменения спектра минорных насыщенных жирных кислот (НЖК) в мембране эритроцитов у женщин во втором триместре гестации при среднетяжелом течении COVID-19. **Материалы и методы.** В исследование включены 79 женщин во втором триместре беременности. Основную группу составили 39 пациенток с COVID-19 среднетяжелого течения, контрольную – 40 женщин, не болевших COVID-19 ранее и на момент обследования. Материалом исследования служили эритроциты периферической крови. Количественный анализ индивидуального спектра НЖК в мембране эритроцитов осуществляли методом газовой хроматографии. **Результаты.** У беременных со среднетяжелым течением COVID-19 во втором триместре в мембране эритроцитов периферической крови выявлено статистически значимое повышение уровня каприновой (на 30%, $p < 0,001$), лауриновой (на 46%, $p < 0,001$), пентадекановой (на 45%, $p < 0,001$) и гептадекановой (на 43%, $p < 0,001$) НЖК на фоне снижения концентрации миристиновой кислоты (на 65%, $p < 0,001$). **Заключение.** Впервые охарактеризован дисбаланс минорных НЖК в мембране эритроцитов у беременных во втором триместре при среднетяжелом течении COVID-19. Накопление каприновой, лауриновой, пентадекановой и гептадекановой минорных НЖК отражает, по нашему мнению, компенсаторную реакцию организма, направленную на защиту клеток от вируса SARS-CoV-2 и снижение уровня воспалительного процесса, снижение содержания миристиновой кислоты свидетельствует о нарушении структурно-функциональной целостности мембраны эритроцитов.

Ключевые слова: беременность, COVID-19, насыщенные жирные кислоты, мембрана эритроцитов.

COMPOSITION OF MINOR SATURATED FATTY ACIDS IN PREGNANT WOMEN WITH COVID-19

N.A.Ishutina, I.A.Andrievskaya, I.V.Dovzhikova, N.N.Dorofienko

Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration, 22 Kalinina Str., Blagoveshchensk, 675000, Russian Federation

SUMMARY. Introduction. The inflammatory process in COVID-19 is accompanied by profound remodeling of lipid metabolism; however, the nature of alterations in the fatty acid profile in pregnant women with this pathology remains insufficiently studied, which determines the relevance of the present research. **Aim.** To characterize quantitative changes in the spectrum of minor saturated fatty acids (SFAs) in the erythrocyte membrane in women with moderate COVID-19 during the second trimester of gestation. **Materials and methods.** The study included 79 women in the second trimester of pregnancy. The main group comprised 39 patients with moderate COVID-19, while the control group consisted of 40 women who had not been infected with COVID-19 previously or at the time of examination. Peripheral blood erythrocytes

Контактная информация

Наталья Александровна Ишутина, д-р биол. наук, профессор ДВО РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории механизмов этиопатогенеза и восстановительных процессов дыхательной системы при неспецифических заболеваниях легких, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания, 675000, Россия, г. Благовещенск, ул. Калинина, 22. E-mail: ishutina-na@mail.ru

Correspondence should be addressed to

Natalia A. Ishutina, PhD, D.Sc. (Biol.), Professor of FEB RAS, Leading Staff Scientist, Laboratory of Mechanisms of Etiopathogenesis and Recovery Processes of the Respiratory System at Non-Specific Lung Diseases, Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration, 22 Kalinina Str., Blagoveshchensk, 675000, Russian Federation. E-mail: ishutina-na@mail.ru

Для цитирования:

Ишутина Н.А., Андриевская И.А., Довжикова И.В., Дорофиевко Н.Н. Состав минорных насыщенных жирных кислот у беременных с COVID-19 // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2026. Вып.101. С.139–147. DOI: 10.36604/1998-5029-2026-101-139-147

For citation:

Ishutina N.A., Andrievskaya I.A., Dovzhikova I.V., Dorofienko N.N. Composition of minor saturated fatty acids in pregnant women with COVID-19. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* = *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2026; (101):139–147 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2026-101-139-147

served as the study material. Quantitative analysis of the individual SFA spectrum in the erythrocyte membrane was performed by gas chromatography. **Results.** In pregnant women with moderate COVID-19 during the second trimester, a statistically significant increase in the levels of capric acid (by 30%, $p < 0.001$), lauric acid (by 46%, $p < 0.001$), pentadecanoic acid (by 45%, $p < 0.001$), and heptadecanoic acid (by 43%, $p < 0.001$) was detected in the peripheral blood erythrocyte membrane, against the background of a decreased concentration of myristic acid (by 65%, $p < 0.001$). **Conclusion.** For the first time, an imbalance of minor SFAs in the erythrocyte membrane was characterized in pregnant women with moderate COVID-19 during the second trimester. In our opinion, the accumulation of minor SFAs—capric, lauric, pentadecanoic, and heptadecanoic acids—reflects a compensatory response of the organism aimed at protecting cells against SARS-CoV-2 and reducing the level of the inflammatory process, whereas the decreased content of myristic acid indicates impairment of the structural and functional integrity of the erythrocyte membrane.

Key words: pregnancy, COVID-19, saturated fatty acids, erythrocyte membrane.

Окончание пандемии COVID-19 подняло новые вопросы о возможном косвенном влиянии респираторных инфекций у женщин на течение беременности и развитие плода [1]. Для систематизации имеющихся данных и прояснения особенностей патогенеза SARS-CoV-2 во время беременности необходимы новые исследования. Важно оценить роль таких факторов, как гестационный возраст на момент инфицирования, характер индуцированных нарушений метаболизма и риски развития неблагоприятных исходов. Использование метода газовой хроматографии с масс-спектрометрией для идентификации метаболитов в системе мать-плацента-плод, особенно липидома, может дать новые представления о патофизиологии вирусных заболеваний во время беременности и потенциально служить предикторами неблагоприятных исходов беременности. Липиды играют решающую роль в развитии плода, и изменения их концентрации в организме матери во втором и третьем триместрах напрямую связаны с максимальным ростом будущего ребенка в этот период [2]. Согласно ранним данным, инфицирование SARS-CoV-2 во время беременности приводит к существенному изменению липидного гомеостаза [3, 4]. В период максимальной функциональной активности плаценты и интенсивного внутриутробного развития данный метаболический сдвиг может затрагивать пул как доминантных, так и минорных насыщенных жирных кислот (НЖК).

Несмотря на невысокое содержание, каприновая и лауриновая НЖК играют ключевую роль в обеспечении клеток энергетическими субстратами, в то время как миристиновая кислота отвечает за процессы посттрансляционной модификации мембранных белков, стабилизацию рецепторного аппарата клеток и участвует в запуске иммунного ответа [5, 6]. Кроме того, НЖК с нечетным числом углеродных атомов (пентадекановая и гептадекановая) являются чувствительными индикаторами системных нарушений. Их уровень отражает активность воспаления, дефицит энергии и компенсаторное обеспечение цикла трикарбоновых кислот [7, 8].

Поскольку наиболее значительные нарушения липидного метаболизма при инфекциях наблюдаются во втором триместре беременности [9], особый научный интерес представляет изучение метаболических сдви-

гов на этом сроке. Однако до настоящего времени патофизиологические особенности трансформации пула указанных кислот у беременных при COVID-19 остаются до конца неизученными.

Цель исследования: охарактеризовать количественные изменения спектра минорных НЖК в мембране эритроцитов у женщин во втором триместре гестации при среднетяжелом течении COVID-19.

Материалы и методы исследования

Работа выполнена в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации с одобрения локального комитета по биомедицинской этике ДНЦ ФПД (протокол № 141-ФТ от 16.12.2021) на основании добровольного информированного согласия участников.

Исследование включало две группы: основную – 39 беременных женщин с COVID-19 среднетяжелого течения и контрольную – 40 беременных женщин, не болевших COVID-19 ранее и на момент обследования. Критериями включения в основную группу явились: срок беременности 18–22 недели, одноплодная спонтанная беременность, наличие клинической картины респираторного заболевания, лабораторно подтвержденное присутствие РНК SARS-CoV-2. Критерии включения в контрольную группу служили: срок беременности 18–22 недели, спонтанная одноплодная беременность без COVID-19 в анамнезе, отсутствие респираторных и иных инфекционно-воспалительных заболеваний на протяжении текущей беременности. Критериями исключения из обеих групп были определены: гестационный срок на момент заболевания COVID-19 менее 18 или более 22 недель, возраст младше 18 лет, многоплодная беременность, наличие сердечно-сосудистых заболеваний, обострение хронических неинфекционных заболеваний, внелёгочные инфекционные очаги, инфекции, передающиеся половым путём, гормональная поддержка гестагенами, курение, отказ от участия в исследовании.

Подтверждение диагноза осуществлялось в соответствии с актуальными клинико-лабораторными критериями, в том числе посредством выявления РНК SARS-CoV-2 методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в режиме реального времени в мазках из носоглотки. Сравнимые группы были сопоста-

вимы по ключевым характеристикам: возраст: $26,3 \pm 4,9$ года (основная группа) и $27,1 \pm 4,6$ года (контрольная группа); срок гестации на момент заболевания: $19,9 \pm 1,4$ недели (основная группа) и $19,8 \pm 1,3$ недели (контрольная группа). Кроме того, не было выявлено статистически значимых различий между группами по соматическому статусу и акушерскому анамнезу.

Сбор биоматериала и клинические исследования проводились в пульмонологическом отделении и инфекционном госпитале государственного автономного учреждения здравоохранения Амурской области «Благовещенская городская клиническая больница». Биохимические анализы и формирование групп для исследования выполнялись в лаборатории механизмов этиопатогенеза и восстановительных процессов дыхательной системы при неспецифических заболеваниях лёгких ДНЦ ФПД.

В качестве биоматериала были выбраны эритроциты периферической крови. Образцы крови забирали однократно, натощак из локтевой вены в стандартные вакуумные пробирки с антикоагулянтом – этилендиаминтетрауксусной кислотой (Guangzhou Improve Medical Instruments Co., Ltd., Китай). Экстракцию общей фракции липидов из мембраны эритроцитов выполняли по методу J. Folch [10] с последующей микро-трансэстерификацией по J.P. Carreau и J.P. Dubacq [11]. Количественное определение метиловых эфиров каприновой, лауриновой, миристиновой, пентадекановой и гептадекановой НЖК проводили на газовом хроматографе «Кристаллюкс-4000М» (Россия), оснащенном

масс-спектрометрическим детектором, идентифицируя пики в программе «NetChrom» 2.1 (НПФ «Мета-хром», Россия) по стандартам Supelco (Sigma-Aldrich, США). Оценку содержания каждой НЖК выражали в относительных процентах от общей суммы метиловых эфиров.

Статистический анализ полученных данных выполнялся с применением программного пакета IBM SPSS Statistics v. 23.0 (США). Размер выборки был определён на основании фактического количества пациенток, соответствующих критериям включения в дизайн исследования. Для оценки типа распределения количественных переменных применяли критерии Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова. Межгрупповое сравнение осуществляли с использованием параметрического t-критерия Стьюдента – при подтверждении нормального распределения данных, либо с применением непараметрического U-критерия Манна-Уитни – в случае отклонения от нормального распределения. Результаты количественных показателей представлены в формате среднего арифметического и стандартного отклонения ($M \pm SD$) при нормальном распределении, в ином случае – в виде медианы и интерквартильного размаха ($Me [Q25; Q75]$). Статистическая значимость различий устанавливалась при уровне $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования содержания НЖК в исследуемых группах женщин отражены в таблице.

Таблица

Состав насыщенных жирных кислот мембраны эритроцитов исследуемых групп, %

Показатели	Контрольная группа	Основная группа	p
Каприновая кислота	0,44 [0,39; 0,47]	0,63 [0,59; 0,70]	< 0,001
Лауриновая кислота	1,34 [1,25; 1,41]	1,95 [1,87; 1,99]	< 0,001
Миристиновая кислота	1,84 [1,81; 1,87]	0,64 [0,62; 0,67]	< 0,001
Пентадекановая кислота	0,69 [0,68; 0,75]	1,02 [0,98; 1,10]	< 0,001
Гептадекановая кислота	1,27 [1,26; 1,29]	1,83 [1,80; 1,87]	< 0,001

Анализ спектра НЖК показал достоверное повышение уровня каприновой и лауриновой НЖК в мембране эритроцитов женщин основной группы на 30% и 46%, соответственно, по сравнению с аналогичными показателями контрольной группы. Учитывая доказанную способность лауриновой кислоты дестабилизировать липидные мембраны оболочечных вирусов [12], к которым относится SARS-CoV-2, данный феномен можно рассматривать как адаптивную реакцию, направленную на усиление антивирусного статуса организма беременной.

Важный вклад в этот процесс вносит и сочетанное накопление каприновой кислоты, которая наряду с ее производным – монокаприном, обладает выраженным

вирулицидным потенциалом в отношении широкого спектра РНК-содержащих инфекций, включая вирусы гриппа А, парагриппа человека 2-го типа и респираторно-синцитиальный вирус [13, 14]. При этом в ряде исследований монокаприн признан наиболее активным противовирусным агентом среди среднецепочечных НЖК и их моноглицеридов [12], а сама каприновая кислота демонстрирует высокую эффективность против сложноустроенных вирусных агентов, например, таких как вирус иммунодефицита человека 1 [15].

Кроме того, накопление каприновой и лауриновой НЖК может выступать фактором защиты самих эритроцитов, препятствуя адсорбции вирусных белков на их мембране [16], что позволяет интерпретировать это

как компенсаторное «переключение» липидного метаболизма материнского организма, направленное на подавление инфекционного процесса [17]. Важным патогенетическим аспектом данного механизма является способность лауриновой кислоты снижать экспрессию ключевых провоспалительных медиаторов (в частности, интерлейкина (ИЛ) 6) посредством супрессии сигнального каскада толл-подобного рецептора 4 типа (TLR4) / ядерного фактора каппа-би (NF-κB) [18, 19], что обосновывает ее вклад в минимизацию проявлений системного воспаления у беременных с COVID-19 во втором триместре.

Противоположная динамика изменений наблюдалась для миристиновой кислоты, концентрация которой в мембране эритроцитов периферической крови пациенток основной группы снижалась на 65% по сравнению с показателем контрольной группы (табл.). Выявленное резкое падение уровня данной НЖК может указывать на нарушение структурно-функциональной целостности мембраны эритроцитов материнского организма. В физиологических условиях ковалентное присоединение миристиновой кислоты к N-концевому остатку белков (миристоилирование) обеспечивает их стабилизацию на мембране и влияет на клеточные функции [20]. Полученные нами результаты согласуются с данными K. Du и соавт. (2022), показавшими, что дефицит внутриклеточной миристиновой кислоты и миристилсодержащих фосфолипидов дестабилизирует липидный матрикс и облегчает инвазию SARS-CoV-2 [21]. Экстраполируя эти сведения на систему «мать-плацента-плод», можно предположить, что снижение уровня миристиновой кислоты в мембране эритроцитов беременных с COVID-19 нарушает их структурно-функциональные свойства. Поскольку высшие жирные кислоты входят в состав фосфолипидов, определяющих микровязкостные свойства мембраны эритроцитов при вирусной инфекции, изменение их профиля меняет реологические свойства клетки [22]. Подобная модификация липидного бислоя, по нашему мнению, может не только снижать резистентность эритроцитов к вирусиндуцированному повреждению, но и способствовать усугублению гемической гипоксии в плацентарном русле.

С другой стороны, по данным F. Rampoldi и соавт. (2015), N-миристоилирование ассоциированных с мембраной белков (в частности, лимфоцит-специфическая тирозинкиназа) имеет решающее значение для адекватной трансдукции сигнала от Т-клеточного рецептора, а также для контроля высвобождения цитокинов [23]. Следовательно, если накопление каприновой и лауриновой НЖК отражает компенсаторную реакцию, направленную на повышение резистентности эритроцитарной мембраны к вирусному агенту, то сопутствующий выраженный дефицит миристиновой кислоты указывает на системный характер мембранопатологии. Данный дисбаланс свидетельствует не

только о структурной дестабилизации красных клеток крови, но и о сопряженном срыве механизмов Т-клеточной иммунорегуляции и рецепторного ответа у беременных с COVID-19 во втором триместре.

При оценке содержания пентадекановой кислоты в мембране эритроцитов в группе беременных с COVID-19 выявлено ее увеличение на 45% по сравнению с показателем контрольной группы (табл.). Сходный характер изменений был зафиксирован и в отношении гептадекановой кислоты, концентрация которой в мембране эритроцитов периферической крови у пациенток основной группы превышала контрольные значения на 43%. Обнаруженный рост концентрации пентадекановой и гептадекановой кислот также указывает на специфическую перестройку липидного пула в условиях инфекционного процесса. В современной литературе данные НЖК с нечетным числом атомов углерода рассматриваются как самостоятельные цитопротективные агенты [24]. В сравнении с классическими длинноцепочечными четными аналогами (пальмитиновой и стеариновой кислотами) пентадекановая и гептадекановая НЖК обладают выраженным противовоспалительным потенциалом. Они способны напрямую ингибировать секрецию цитокинов [25], избыточная продукция которых характерна для беременных с COVID-19 [26]. В частности, на различных экспериментальных моделях патологий пентадекановая кислота обеспечивала купирование воспалительного процесса посредством снижения уровня таких медиаторов, как фактор некроза опухоли-α (ФНО-α), моноцитарный хемоаттрактантный белок-1 (MCP-1), а также ИЛ-18 и ИЛ-6 [27]. Более того, по данным метаболических исследований, указанные НЖК критически важны для поддержания функциональной стабильности митохондрий и защиты клеточных мембран от окислительного стресса [28, 29].

Необходимо отметить высокую значимость минорных НЖК в гестационный период. В условиях масштабной метаболической перестройки материнского организма во время беременности данные нечетноцепочечные соединения выполняют специфическую протективную и регуляторную функцию [30]. Пентадекановая и гептадекановая кислоты служат источниками пропионила-КоА в митохондриях, тем самым потенциально улучшая митохондриальный метаболизм [27]. Это биохимически снижает риски тканевой инсулинорезистентности у беременных [31]. Результаты современных исследований свидетельствуют о том, что пентадекановая кислота стимулирует ангиогенез и морфогенез сосудов плаценты посредством активации сигнального пути фосфоинозитид-3-киназы / протеинкиназы В (PI3K-AKT) [32]. Полноценное развитие плацентарной сосудистой сети имеет критическое значение, поскольку нарушение этого процесса приводит к плацентарной недостаточности и дефициту нутриентов, поступающих к плоду, что особенно часто наблюдается при инфицировании

SARS-CoV-2 [33, 34].

Известно, что в период гестации (в частности, на фоне инфекционных патологий, включая COVID-19) материнский организм подвергается выраженному окислительному стрессу [35, 36]. В этих условиях нечетноцепочечные жирные кислоты способны проникать через гематоплацентарный барьер [37] и повышать общую антиоксидантную емкость фетальных тканей [31, 38]. Доказано, что адекватная концентрация пентадекановой кислоты оказывает протективное влияние на метаболизм фетальной печени, снижая риск развития метаболического синдрома и ожирения в постнатальном периоде жизни ребенка, а также способствует физиологическому увеличению массы тела плода на поздних сроках гестации [39].

Таким образом, развитие инфекции SARS-CoV-2 во втором триместре беременности вызывает разнонаправленные изменения состава НЖК в мембране эритроцитов. Накопление каприновой, лауриновой, пентадекановой и гептадекановой минорных НЖК отражает компенсаторную реакцию организма, направленную на защиту клеток от вируса SARS-CoV-2 и снижение уровня воспалительного процесса. В то же время выраженное снижение содержания миристиновой кислоты свидетельствует о нарушении структурно-функциональной целостности мембраны эритроцитов.

Заключение

В результате проведенного исследования впервые охарактеризованы патофизиологические особенности трансформации пула минорных НЖК в мембране эритроцитов у беременных во втором триместре при среднетяжелом течении COVID-19, ключевым признаком которых является выраженный дисбаланс индивидуальных жирных кислот, выражающийся в повышении концентрации каприновой, лауриновой, пентадекановой, гептадекановой НЖК на фоне снижения содержания миристиновой кислоты.

Конфликт интересов

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Источники финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания (№ 126031018627-7)

Funding Sources

The study was carried out under the State Assignment (No. 126031018627-7)

ЛИТЕРАТУРА

1. Cheng Y., Teng H., Xiao Y., Yao M., Yin J., Sun G. Impact of SARS-CoV-2 infection during pregnancy on infant neurobehavioral development: a case-control study // Front. Pediatr. 2021. Vol.9. Article number:762684. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.762684>. Erratum in: Front Pediatr. 2022. Vol.10. Article number:853389. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.853389>
2. Gootjes D.V., Posthumus A.G., Wols D.F., de Rijke Y.B., Roeters Van Lennep J.E., Steegers E.A.P. Maternal lipid profile in pregnancy and embryonic size: a population-based prospective cohort study // BMC Pregnancy Childbirth. 2022. Vol.22, №1. Article number:333. <https://doi.org/10.1186/s12884-022-04647-6>
3. Ишутина Н.А., Андриевская И.А., Синякин И.А. Особенности фосфолипидных изменений мембран эритроцитов у рожениц с COVID19-ассоциированной внебольничной пневмонией // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2023. Вып.87. С.83–89. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2023-87-83-89>
4. Ишутина Н.А., Андриевская И.А., Дорофиев Н.Н. Изменения липидного состава и уровня сывороточных фосфолипидов у рожениц с пневмонией, вызванной SARS-CoV-2 // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2023. Вып.90. С.83–89. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2023-90-83-89>
5. Кручинина М.В., Кручинин В.Н., Прудникова Я.И., Громова А.А., Шашков М.В., Соколова А.С. Исследование уровня жирных кислот мембран эритроцитов и сыворотки крови у пациентов с колоректальным раком г. Новосибирска // Успехи молекулярной онкологии. 2018. Т.5, №2. С.50–61. <https://doi.org/10.17650/2313-805X-2018-5-2-50-61>
6. Resh M.D. Fatty acylation of proteins: new5, insights into membrane targeting of myristoylated and palmitoylated proteins // Biochim. Biophys. Acta. 1999. Vol.1451, №1. P.1–16. [https://doi.org/10.1016/s0167-4889\(99\)00075-0](https://doi.org/10.1016/s0167-4889(99)00075-0)
7. Venn-Watson S., Lumpkin R., Dennis E.A. Efficacy of dietary odd-chain saturated fatty acid pentadecanoic acid parallels broad associated health benefits in humans: could it be essential? // Sci. Rep. 2020. Vol.10, №1. Article number:8161. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64960-y>
8. Brevik A., Veierod M.B., Dreven C.A., Andersen L.F. Evaluation of the odd fatty acids 15:0 and 17:0 in serum and adipose tissue as markers of intake of milk and dairy fat // Eur. J. Clin. Nutr. 2005. Vol.59, №12. P.1417–1422. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602256>
9. Frankevich N., Tokareva A., Chagovets V., Starodubtseva N., Dolgushina N., Shmakov R., Sukhikh G., Frankevich V. COVID-19 infection during pregnancy: disruptions in lipid metabolism and implications for newborn health // Int. J. Mol. Sci. 2023. Vol.24, №18. Article number:13787. <https://doi.org/10.3390/ijms241813787>
10. Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues // J. Biol. Chem. 1957. Vol. 226, Iss.1. P.497–509. PMID: 13428781.
11. Carreau J.P., Dubacq J.P. Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // J. Chromatogr. A. 1978. Vol.151, Iss.3. P.384–390. [https://doi.org/10.1016/S00219673\(00\)88356-9](https://doi.org/10.1016/S00219673(00)88356-9)
12. Angeles-Agdeppa I., Nacis J.S., Capanzana M.V., Dayrit F.M., Tanda K.V. Virgin coconut oil is effective in lowering C-reactive protein levels among suspect and probable cases of COVID-19 // J. Funct. Foods. 2021. Vol.83. Article number:104557.

<https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104557>

13. Kristmundsdóttir T., Arnadóttir S.G., Bergsson G., Thormar H. Development and evaluation of microbicidal hydrogels containing monoglyceride as the active ingredient // *J. Pharm. Sci.* 1999. Vol.88, №10. P.1011–1015. <https://doi.org/10.1021/js9900396>. Erratum in: *J. Pharm. Sci.* 1999 Vol.88, №12. Article number:1366.
14. Hilmarsson H., Traustason B.S., Kristmundsdóttir T., Thormar H. Virucidal activities of medium- and long-chain fatty alcohols and lipids against respiratory syncytial virus and parainfluenza virus type 2: comparison at different pH levels // *Arch Virol.* 2007. Vol.152, №12. P.2225–2236. <https://doi.org/10.1007/s00705-007-1063-5>
15. Hornung B., Amtmann E., Sauer G. Lauric acid inhibits the maturation of vesicular stomatitis virus // *J. Gen. Virol.* 1994. Vol.75, (Pt2). P.353–361. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-75-2-353>
16. M.A., I.M.A., Ramalingam K., Shanmugam R. Biomedical applications of lauric acid: a narrative review // *Cureus.* 2024. Vol.16, №6. Article number:e62770. <https://doi.org/10.7759/cureus.62770>
17. Soliman S., Faris M.E., Ratemi Z., Halwani R. Switching host metabolism as an approach to dampen SARS-CoV-2 infection // *Ann Nutr. Metab.* 2020. Vol.76, №5. P.297–303. <https://doi.org/10.1159/000510508>
18. Khan H.U., Aamir K., Jusuf P.R., Sethi G., Sisinthy S.P., Ghildyal R., Arya A. Lauric acid ameliorates lipopolysaccharide (LPS)-induced liver inflammation by mediating TLR4/MyD88 pathway in Sprague Dawley (SD) rats // *Life Sci.* 2021. Vol.265. Article number:118750. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.118750>
19. Kisioglu B., Onal E., Karabulut D., Onbasilar I., Akyol A. Neuroprotective roles of lauric acid and resveratrol: shared benefits in neuroinflammation and anxiety, distinct effects on memory enhancement // *Food Sci. Nutr.* 2024. Vol.12, №11. P.9735–9748. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4520>
20. Wang B., Dai T., Sun W., Wei Y., Ren J., Zhang L., Zhang M., Zhou F. Protein N-myristoylation: functions and mechanisms in control of innate immunity // *Cell Mol. Immunol.* 2021. Vol.4. P.878–888. <https://doi.org/10.1038/s41423-021-00663-2>
21. Du K., Sun L., Luo Z., Cao Y., Sun Q., Zhang K., Faizy A., Piomelli D., Lu X., Shan J., Yang Q. Reduced DMPC and PMPC in lung surfactant promote SARS-CoV-2 infection in obesity // *Metabolism.* 2022. Vol.131. Article number:155181. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2022.155181>
22. Ишутина Н.А. Зависимость микровязкости мембран эритроцитов от фосфолипидного состава при беременности, осложненной герпес-вирусной инфекцией // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2008. Вып.28. С.25–28. EDN: IJUMAF.
23. Rampoldi F., Bonrouhi M., Boehm M.E., Lehmann W.D., Popovic Z.V., Kaden S., Federico G., Brunk F., Gröne H.J., Porubsky S. Immunosuppression and aberrant T cell development in the absence of N-myristoylation // *J. Immunol.* 2015. Vol.195, №9. P.4228–4243. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.1500622>
24. Mercola J. Pentadecanoic acid (C15:0) and cardiovascular disease: a narrative review // *World J. Cardiol.* 2025. Vol.17, №12. Article number:110861. <https://doi.org/10.4330/wjc.v17.i12.110861>
25. Singh D., Mehghini P., Rodriguez-Palacios A., Di Martino L., Cominelli F., Basson A.R. Anti-Inflammatory effect of dietary pentadecanoic fatty acid supplementation on inflammatory bowel disease in SAMP1/YitFc mice // *Nutrients.* 2024. Vol.16, №17. Article number:3031. <https://doi.org/10.3390/nu16173031>
26. Андриевская И.А., Лязгиян К.С., Жуковец И.В., Устинов Е.М. Влияние перенесенной в третьем триместре беременности инфекции COVID-19 на показатели врожденного иммунитета, связь с акушерскими и перинатальными исходами // Бюллетень сибирской медицины. 2024. Т.23, №2. P.5–13. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2024-2-5-13>
27. Ciesielski V., Legrand P., Blat S., Rioux V. New insights on pentadecanoic acid with special focus on its controversial essentiality: a mini-review // *Biochimie.* 2024. Vol.227, (PtB). P.123–129. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2024.10.008>
28. Sacks D., Baxter B., Campbell B.C.V., Carpenter J.S., Cognard C., Dippel D., Eesa M., Fischer U., Hausegger K., Hirsch J.A., Shazam Hussain M., Jansen O., Jayaraman M.V., Khalessi A.A., Kluck B.W., Lavine S., Meyers P.M., Ramee S., Rüfenacht D.A., Schirmer C.M., Vorwerk D. Multisociety consensus quality improvement revised consensus statement for endovascular therapy of acute ischemic stroke // *Int. J. Stroke.* 2018. Vol.13, №6. P.612–632. <https://doi.org/10.1177/1747493018778713>
29. Venn-Watson S., Schork N.J. Pentadecanoic acid (C15:0), an essential fatty acid, shares clinically relevant cell-based activities with leading longevity-enhancing compounds // *Nutrients.* 2023. Vol.15, №21. Article number:4607. <https://doi.org/10.3390/nu15214607>
30. Ишутина Н. А. Роль жирных кислот в эмбриональном развитии (обзор литературы) // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2018. Вып.69. С.107–114. https://doi.org/10.12737/article_5b985a4bcfb950.60653849
31. Wang J., Zheng S., Li Z., Tang Y., Huang Y., Wang J., Li R., Peng J. Pentadecanoic acid (C15:0, PA) induces mild maternal glucose intolerance and promotes the growth of the offspring partly through up-regulating liver PPARα and MAPK signaling pathways // *Food Funct.* 2024. Vol.15, №23. P.11400–11414. <https://doi.org/10.1039/d4fo03970j>
32. Wang C., Tang Y., Zhang Y., Li Z., Wang J., Peng J., Peng J. Pentadecanoic acid (C15:0) promotes placental angiogenesis by activating the placental PI3K-AKT signaling // *Food Funct.* 2025. Vol.16, №24. P.9344–9358. <https://doi.org/10.1039/d5fo03684d>
33. Schwartz D.A., Mulkey S.B., Roberts D.J. SARS-CoV-2 placentalitis, stillbirth, and maternal COVID-19 vaccination: clinical-pathologic correlation // *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2023. Vol. 228, №3. P.261–269. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2022.10.001>
34. Shanes E.D., Mithal L.B., Otero S., Azad H.A., Miller E.S., Goldstein J.A. Placental pathology in COVID-19 // *Am. J. Clin. Pathol.* 2020. Vol.154, №1. P.23–32. <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqaa089>
35. Андриевская И.А., Ишутина Н.А., Довжикова И.В., Лязгиян К.С., Жуковец И.В., Кривошекова Н.А. Гипоксия и окислительный стресс при COVID-19 как факторы, влияющие на течение заболевания и развитие осложнений беременности // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2023. Вып.90. С.74–82. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2023-90-74-82>
36. Ишутина Н.А., Андриевская И.А., Кривошекова Н.А. Характеристика процессов перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты у рожениц при COVID-19 // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2024. Вып.91. С.84–89. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2024-91-84-89>
37. Yuan W.L., Bernard J.Y., Armand M., Sarté C., Charles M.A., Heude B. Associations of maternal consumption of dairy products during pregnancy with perinatal fatty acids profile in the EDEN cohort study // *Nutrients.* 2022. Vol.14, №8. Article number:1636.

<https://doi.org/10.3390/nul14081636>

38. Mercola J. Molecular and cellular mechanisms of pentadecanoic acid // *World J. Biol. Chem.* 2025. Vol.16, №4. Article number:111258. <https://doi.org/10.4331/wjbc.v16.i4.111258>

39. Li Y., Wu Y., Liu M., Han D., Xu Y., Huang B., Cong F., Li M., Cao B., Feng C., Ding H., Wang J. Maternal odd-chain fatty acid-rich algal oil supplementation during pregnancy improves litter characteristics of intrauterine growth restricted pregnant mice via regulating placental function // *J. Funct. Foods.* 2024. Vol.123. Article number:106586. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106586>

REFERENCES

1. Cheng Y., Teng H., Xiao Y., Yao M., Yin J., Sun G. Impact of SARS-CoV-2 infection during pregnancy on infant neurobehavioral development: a case-control study. *Front. Pediatr.* 2021; 9:762684. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.762684>. Erratum in: *Front. Pediatr.* 2022; 10:853389. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.853389>

2. Gootjes D.V., Posthumus A.G., Wols D.F., de Rijke Y.B., Roeters Van Lennep J.E., Steegers E.A.P. Maternal lipid profile in pregnancy and embryonic size: a population-based prospective cohort study. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2022; 22(1):333. <https://doi.org/10.1186/s12884-022-04647-6>

3. Ishutina N.A., Andrievskaya I.A., Sinyakin I.A. [Peculiarities of phospholipid changes in erythrocyte membranes in parturient women with COVID-19-associated community-acquired pneumonia]. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания* = *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2023; 87:90–98 (in Russian). <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2023-87-83-89>

4. Ishutina N.A., Andrievskaya I.A., Dorofienko N.N. [Changes in lipid composition and serum phospholipids level in women in labor with pneumonia caused by SARS-COV-2]. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания* = *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2023; 90:83–89 (in Russian). <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2023-90-83-89>

5. Kruchinina M.V., Kruchinin V.N., Prudnikova Ya.I., Gromova A.A., Shashkov M.V., Sokolova A.S. [Study of the level of fatty acids in erythrocyte membranes and serum of patients with colorectal cancer in Novosibirsk]. *Uspekhi molekulyarnoy onkologii* = *Advances in Molecular Oncology* 2018; 5(2):50–61 (in Russian). <https://doi.org/10.17650/2313-805X-2018-5-2-50-61>

6. Resh M.D. Fatty acylation of proteins: new insights into membrane targeting of myristoylated and palmitoylated proteins. *Biochim. Biophys. Acta.* 1999; 1451(1):1–16. [https://doi.org/10.1016/s0167-4889\(99\)00075-0](https://doi.org/10.1016/s0167-4889(99)00075-0)

7. Venn-Watson S., Lumpkin R., Dennis E.A. Efficacy of dietary odd-chain saturated fatty acid pentadecanoic acid parallels broad associated health benefits in humans: could it be essential? *Sci. Rep.* 2020; 10(1):8161. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64960-y>

8. Brevik A., Veierod M.B., Drevon C.A., Andersen L.F. Evaluation of the odd fatty acids 15:0 and 17:0 in serum and adipose tissue as markers of intake of milk and dairy fat. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2005; 59(12):1417–1422. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602256>

9. Frankevich N., Tokareva A., Chagovets V., Starodubtseva N., Dolgushina N., Shmakov R., Sukhikh G., Frankevich V. COVID-19 infection during pregnancy: disruptions in lipid metabolism and implications for newborn health. *Int. J. Mol. Sci.* 2023; 24(18):13787. <https://doi.org/10.3390/ijms241813787>

10. Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 1957; 226(1):497–509. PMID: 13428781.

11. Carreau J.P., Dubacq J.P. Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts. *J. Chromatogr. A.* 1978; 151(3):384–390. [https://doi.org/10.1016/S00219673\(00\)88356-9](https://doi.org/10.1016/S00219673(00)88356-9)

12. Angeles-Agdeppa I., Nacis J.S., Capanzana M.V., Dayrit F.M., Tanda K.V. Virgin coconut oil is effective in lowering C-reactive protein levels among suspect and probable cases of COVID-19. *J. Funct. Foods.* 2021; 83:104557. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104557>

13. Kristmundsdóttir T., Arnadóttir S.G., Bergsson G., Thormar H. Development and evaluation of microbicidal hydrogels containing monoglyceride as the active ingredient. *J. Pharm. Sci.* 1999; 88(10):1011–1115. <https://doi.org/10.1021/js9900396>. Erratum in: *J. Pharm. Sci.* 1999; 88(12):1366. PMID: 10514348.

14. Hilmarsson H., Traustason B.S., Kristmundsdóttir T., Thormar H. Virucidal activities of medium- and long-chain fatty alcohols and lipids against respiratory syncytial virus and parainfluenza virus type 2: comparison at different pH levels. *Arch. Virol.* 2007; 152(12):2225–2236. <https://doi.org/10.1007/s00705-007-1063-5>

15. Hornung B., Amtmann E., Sauer G. Lauric acid inhibits the maturation of vesicular stomatitis virus. *J. Gen. Virol.* 1994; 75(Pt2):353–3561. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-75-2-353>

16. M A., I M.A., Ramalingam K., Shanmugam R. Biomedical applications of lauric acid: a narrative review. *Cureus.* 2024; 16(6):e62770. <https://doi.org/10.7759/cureus.62770>

17. Soliman S., Faris M.E., Ratemi Z., Halwani R. Switching host metabolism as an approach to dampen SARS-CoV-2 infection. *Ann. Nutr. Metab.* 2020; 76(5):297–303. <https://doi.org/10.1159/000510508>

18. Khan H.U., Aamir K., Jusuf P.R., Sethi G., Sisinthy S.P., Ghildyal R., Arya A. Lauric acid ameliorates lipopolysaccharide (LPS)-induced liver inflammation by mediating TLR4/MyD88 pathway in Sprague Dawley (SD) rats. *Life Sci.* 2021; 265:118750. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.118750>

19. Kisioglu B., Onal E., Karabulut D., Onbasilar I., Akyol A. Neuroprotective roles of lauric acid and resveratrol: shared benefits in neuroinflammation and anxiety, distinct effects on memory enhancement. *Food Sci. Nutr.* 2024; 12(11):9735–9748. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4520>

20. Wang B., Dai T., Sun W., Wei Y., Ren J., Zhang L., Zhang M., Zhou F. Protein N-myristoylation: functions and mechanisms in control of innate immunity. *Cell Mol. Immunol.* 2021; 4:878–888. <https://doi.org/10.1038/s41423-021-00663-2>

21. Du K., Sun L., Luo Z., Cao Y., Sun Q., Zhang K., Faizy A., Piomelli D., Lu X., Shan J., Yang Q. Reduced DMPC and PMPC in lung surfactant promote SARS-CoV-2 infection in obesity. *Metabolism* 2022; 131:155181. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2022.155181>

22. Ishutina N.A. [The dependence of micro viscosity of erythrocyte membranes on phospholipid composition at pregnancy complicated with herpes viral infection]. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания* = *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2008;

28:25–28 (in Russian).

23. Rampoldi F., Bonrouhi M., Boehm M.E., Lehmann W.D., Popovic Z.V., Kaden S., Federico G., Brunk F., Gröne H.J., Porubsky S. Immunosuppression and aberrant T cell development in the absence of N-myristoylation. *J. Immunol.* 2015; 195(9):4228–4243. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.1500622>

24. Mercola J. Pentadecanoic acid (C15:0) and cardiovascular disease: A narrative review. *World J. Cardiol.* 2025; 17(12):110861. <https://doi.org/10.4330/wjc.v17.i12.110861>

25. Singh D., Mehghini P., Rodriguez-Palacios A., Di Martino L., Cominelli F., Basson A.R. Anti-Inflammatory effect of dietary pentadecanoic fatty acid supplementation on inflammatory bowel disease in SAMP1/YitFc mice. *Nutrients* 2024; 16(17):3031. <https://doi.org/10.3390/nu16173031>

26. Andrievskaya I.A., Lyazgiyan K.S., Zhukovets I.V., Ustinov E.M. [Effect of COVID-19 infection in the third trimester of pregnancy on innate immunity parameters, association with obstetric and perinatal outcomes]. *Bulleten' sibirskoy meditsyny = Bulletin of Siberian Medicine* 2024; 23(2):5–13. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2024-2-5-13>

27. Ciesielski V., Legrand P., Blat S., Rioux V. New insights on pentadecanoic acid with special focus on its controversial essentiality: A mini-review. *Biochimie* 2024; 227(PtB):123–129. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2024.10.008>

28. Sacks D., Baxter B., Campbell B.C.V., Carpenter J.S., Cognard C., Dippel D., Eesa M., Fischer U., Hausegger K., Hirsch J.A., Shazam Hussain M., Jansen O., Jayaraman M.V., Khalessi A.A., Kluck B.W., Lavine S., Meyers P.M., Ramee S., Rüfenacht D.A., Schirmer C.M., Vorwerk D. Multisociety consensus quality improvement revised consensus statement for endovascular therapy of acute ischemic stroke. *Int. J. Stroke.* 2018; 13(6):612–632. <https://doi.org/10.1177/1747493018778713>

29. Venn-Watson S., Schork N.J. Pentadecanoic acid (C15:0), an essential fatty acid, shares clinically relevant cell-based activities with leading longevity-enhancing compounds. *Nutrients* 2023; 15(21):4607. <https://doi.org/10.3390/nu15214607>

30. Ishutina N.A. [The role of fatty acids in embryonic development (review)]. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2018; 69:107–114 (in Russian). https://doi.org/10.12737/article_5b985a4bcfb950.60653849

31. Wang J., Zheng S., Li Z., Tang Y., Huang Y., Wang J., Li R., Peng J. Pentadecanoic acid (C15:0, PA) induces mild maternal glucose intolerance and promotes the growth of the offspring partly through up-regulating liver PPAR α and MAPK signaling pathways. *Food Funct.* 2024; 15(23):11400–11414. <https://doi.org/10.1039/d4fo03970j>

32. Wang C., Tang Y., Zhang Y., Li Z., Wang J., Peng J., Peng J. Pentadecanoic acid (C15:0) promotes placental angiogenesis by activating the placental PI3K-AKT signaling. *Food Funct.* 2025; 16(24):9344–9358. <https://doi.org/10.1039/d5fo03684d>

33. Schwartz D.A., Mulkey S.B., Roberts D.J. SARS-CoV-2 Placentalitis, stillbirth, and maternal COVID-19 vaccination: clinical-pathologic correlation. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2023; 228(3):261–269. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2022.10.001>

34. Shanes E.D., Mithal L.B., Otero S., Azad H.A., Miller E.S., Goldstein J.A. Placental pathology in COVID-19. *Am. J. Clin. Pathol.* 2020; 154(1):23–32. <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqaa089>

35. Andrievskaya I.A., Ishutina N.A., Dovzhikova I.V., Lyazgiyan K.S., Zhukovets I.V., Krivoshechkova N.A. [Hypoxia and oxidative stress in COVID-19 as factors affecting the course of the disease and the development of complications in pregnancy]. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2023; 90:74–82 (in Russian). <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2023-90-74-82>

36. Ishutina N.A., Andrievskaya I.A., Krivoshechkova N.A. [Characterization of lipid peroxidation processes and antioxidant defense in parturients with COVID-19]. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2024; 91:84–89 (in Russian). <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2024-91-84-89>

37. Yuan W.L., Bernard J.Y., Armand M., Sarté C., Charles MA, Heude B. Associations of maternal consumption of dairy products during pregnancy with perinatal fatty acids profile in the EDEN cohort study. *Nutrients* 2022; 14(8):1636. <https://doi.org/10.3390/nu14081636>

38. Mercola J. Molecular and cellular mechanisms of pentadecanoic acid. *World J. Biol. Chem.* 2025; 16(4):111258. <https://doi.org/10.4331/wjbc.v16.i4.111258>

39. Li Y., Wu Y., Liu M., Han D., Xu Y., Huang B., Cong F., Li M., Cao B., Feng C., Ding H., Wang J. Maternal odd-chain fatty acid-rich algal oil supplementation during pregnancy improves litter characteristics of intrauterine growth restricted pregnant mice via regulating placental function. *J. Funct. Foods.* 2024; 123:106586. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106586>

Информация об авторах:

Наталья Александровна Ишутина, д-р биол. наук, профессор ДВО РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории механизмов этиопатогенеза и восстановительных процессов дыхательной системы при неспецифических заболеваниях легких, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания; e-mail: ishutina-na@mail.ru

Ирина Анатольевна Андриевская, д-р биол. наук, профессор РАН, зав. лабораторией механизмов этиопатогенеза и восстановительных процессов дыхательной системы при неспецифических заболеваниях легких, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания; e-mail: irina-andrievskaja@rambler.ru

Author information:

Natalia A. Ishutina, PhD, D.Sc. (Biol.), Professor of FEB RAS, Leading Staff Scientist of Laboratory of Mechanisms of Etiopathogenesis and Recovery Processes of the Respiratory System at Non-Specific Lung Diseases, Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration; e-mail: ishutina-na@mail.ru

Irina A. Andrievskaya, PhD, D.Sc. (Biol.), Professor RAS, Head of Laboratory of Mechanisms of Etiopathogenesis and Recovery Processes of the Respiratory System at Non-Specific Lung Diseases, Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration; e-mail: irina-andrievskaja@rambler.ru

Инна Викторовна Довжикова, д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория механизмов этиопатогенеза и восстановительных процессов дыхательной системы при неспецифических заболеваниях легких, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания»; e-mail: dov_kova100@rambler.ru

Inna V. Dovzhikova, PhD, DSc (Biol.), Leading Staff Scientist, Laboratory of Mechanisms of Etiopathogenesis and Recovery Processes of the Respiratory System at Non-Specific Lung Diseases, Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration; e-mail: dov_kova100@rambler.ru

Николай Николаевич Дорофиев, канд. мед. наук, старший научный сотрудник, лаборатория механизмов этиопатогенеза и восстановительных процессов дыхательной системы при неспецифических заболеваниях легких, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания»; e-mail: dorofienko-nn@mail.ru

Nikolay N. Dorofienko, PhD (Med.), Senior Staff Scientist, Laboratory of Mechanisms of Etiopathogenesis and Recovery Processes of the Respiratory System at Non-Specific Lung Diseases, Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration; e-mail: dorofienkonn@mail.ru

*Поступила 03.06.2026
Принята к печати 30.06.2026*

*Received June 03, 2026
Accepted June 30, 2026*