

ОЦЕНКА СООТНОШЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ЛИМФОПРОЛИФЕРАЦИИ К ЛИМФОАПОПТОЗУ У МУЖЧИН С ЗАВИСИМОСТЬЮ ОТ ПСИХОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА СЕВЕРЕ РОССИИ

**Каббани М.С., Поповская Е.В., Шашкова Е.Ю., Филиппова О.Е.,
Щёголева Л.С.**

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова
Уральского отделения Российской академии наук, г. Архангельск, Россия*

Резюме. Употребление психоактивных веществ может вызывать токсическую энцефалопатию, которая способствует модуляции как врожденных, так и адаптивных иммунных реакций. Влияние употребления психоактивных веществ, в том числе запрещенных в РФ, на иммунный гомеостаз остается недостаточно изученным, особенно в условиях северных регионов с экстремальными климатическими факторами. В отношении медико-социальных последствий обращает на себя внимание стремительно нарастающая социальная дезадаптация пациентов молодого возраста, а также проявление органического поражения центральной нервной системы. Целью данной работы является оценка соотношения процессов лимфопротиферации и лимфоаптоза у мужчин с токсической энцефалопатией, вызванной психоактивными веществами, в условиях северного региона. В работе проведен сравнительный анализ иммунологических параметров периферической крови двух групп лиц – жителей северного региона РФ: 20 мужчин с токсической энцефалопатией (средний возраст $33,8 \pm 1,8$ года) в первые сутки с момента тяжелого отравления психоактивными веществами и 22 здоровых добровольца ($34,5 \pm 2,0$ года (контроль)). Фенотипирование лимфоцитов периферической крови выполнено методом непрямой иммунопероксидазной реакции с моноклональными антителами. Статистическая обработка данных выполнена с помощью SPSS 25.0. Результаты выявили статистически значимое ($p < 0,01$) повышение лимфоцитов с маркером CD10⁺ у мужчин, употребляющих психоактивные вещества ($0,54 (0,40-0,75) \times 10^9$ кл/л) по сравнению с контролем ($0,27 (0,16-0,51) \times 10^9$ кл/л), что свидетельствует о гиперпролиферации лимфоцитов за счет CD10⁺. При этом зафиксировано у мужчин, употребляющих психоактивные вещества, низкое количество лимфоцитов с маркером CD95⁺ по сравнению с группой контроля, отражающее подавление апоптоза. Установлено двукратное увеличение соотношения CD10⁺/CD95⁺ у мужчин, употребляющих психоактивные вещества, демон-

Адрес для переписки:

*Мохаммад Сохиб Каббани
Федеральный исследовательский центр комплексного
изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова
Уральского отделения Российской академии наук
163000, Россия, г. Архангельск, пр. Ломоносова, 249.
Тел.: 8 (8182) 28-64-19.
E-mail: Sohimbmsk@hotmail.com*

Address for correspondence:

*Mohammad Sohib Kabbani
N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research,
Ural Branch, Russian Academy of Sciences
249 Lomonosov Ave
Arkhangelsk
163000 Russian Federation
Phone: +7 (8182) 28-64-19.
E-mail: Sohimbmsk@hotmail.com*

Образец цитирования:

*М.С. Каббани, Е.В. Поповская, Е.Ю. Шашкова,
О.Е. Филиппова, Л.С. Щёголева «Оценка соотношения
процессов лимфопротиферации к лимфоаптозу у
мужчин с зависимостью от психоактивных веществ
на севере России» // Медицинская иммунология, 2026.
Т. 28, № 1. С. 151-156.
doi: 10.15789/1563-0625-ATR-3226*

*© Каббани М.С. и соавт., 2026
Эта статья распространяется по лицензии
Creative Commons Attribution 4.0*

For citation:

*M.S. Kabbani, E.V. Popovskaya, E.Yu. Shashkova,
O.E. Filippova, L.S. Shchegoleva "Assessing the ratio
of lymphocyte proliferation and apoptosis in males with
psychoactive substance abuse in the North of Russia", Medical
Immunology (Russia)/Meditsinskaya Immunologiya,
Vol. 28, no. 1, pp. 151-156.
doi: 10.15789/1563-0625-ATR-3226*

*© Kabbani M.S. et al., 2026
The article can be used under the Creative
Commons Attribution 4.0 License*

DOI: 10.15789/1563-0625-ATR-3226

стрирующее дисбаланс пролиферативно-апоптотических процессов. Отличительной особенностью для пострадавших с токсической энцефалопатией является повышенное содержание клеток CD10⁺, стимулирующих иммунные реакции по классическому пути на фоне низкой концентрации лимфоцитов с маркером CD95⁺, что свидетельствует о повышенном расходовании резервных возможностей иммунного гомеостаза и их сокращении. Выявлено умеренное снижение уровня экспрессии рецептора (CD71⁺) на лимфоцитах у мужчин, употребляющих психоактивные вещества. Полученные данные свидетельствуют, что у лиц с токсической энцефалопатией в условиях Севера происходит нарушение как долгосрочного, так и краткосрочного механизма сохранения иммунного гомеостаза за счет дисбаланса соотношения процессов лимфопролиферации и апоптоза.

Ключевые слова: лимфоциты, лимфопролиферация, лимфоапоптоз, токсическая энцефалопатия, психоактивные вещества, северные регионы

ASSESSING THE RATIO OF LYMPHOCYTE PROLIFERATION AND APOPTOSIS IN MALES WITH PSYCHOACTIVE SUBSTANCE ABUSE IN THE NORTH OF RUSSIA

Kabbani M.S., Popovskaya E.V., Shashkova E.Yu., Filippova O.E., Shchegoleva L.S.

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russian Federation

Abstract. Usage of psychoactive substances may cause toxic encephalopathy, which contributes to the modulation of both innate and adaptive immune responses. The impact of psychoactive substances, including those illegal in Russia, upon immune homeostasis remains poorly studied, especially in northern regions with extreme climatic factors. With regard to medical and social consequences, attention is drawn to the rapidly increasing social maladaptation of young patients, as well as the manifestations of organic brain damage. This study is aimed at assessing the ratio of lymphocyte proliferation and apoptosis events in male subjects living in the Northern region of Russia suffering with toxic encephalopathy caused by psychoactive substances. The work included a comparative analysis of immunological parameters of peripheral blood determined in two groups of people living in the Northern region of the Russian Federation, i.e., twenty men with toxic encephalopathy (mean age 33.8±1.8 years) on the first day after severe poisoning with psychoactive substances *versus* 22 healthy volunteers (34.5±2.0 years, control group). Phenotyping of peripheral blood lymphocytes was performed by the method of indirect immunoperoxidase reaction with monoclonal antibodies. Statistical data processing was performed using SPSS 25.0. The results revealed a statistically significant ($p < 0.01$) increase in lymphocytes with the CD10⁺ marker in abusers of psychoactive substances ($0.54 (0.40-0.75) \times 10^9$ cells/L) compared to the control ($0.27 (0.16-0.51) \times 10^9$ cells/L), which indicates hyperproliferation of lymphocytes due to CD10⁺. At the same time, a low number of lymphocytes with the CD95⁺ marker was recorded in men with psychoactive substances abuse compared to the control group, thus reflecting the suppression of apoptosis. A two-fold increase in the CD10⁺/CD95⁺ ratio was established in men with psychoactive substances poisoning, demonstrating an imbalance in proliferative-apoptotic processes. A distinctive feature for men with toxic encephalopathy is an increased content of CD10⁺ cells that stimulate immune responses via the classical pathway, along with low concentration of lymphocytes with the CD95⁺ marker, which indicates an increased expenditure of the reserve capacity of immune homeostasis and their reduction. We have also revealed a moderate decrease in the levels of CD71 receptor expression on lymphocytes in males with psychoactive substances abuse. The data obtained indicate that in individuals with toxic encephalopathy in Northern Region, a disruption of both the long-term and short-term mechanisms for maintaining immune homeostasis is observed, being associated with an imbalanced ratio of lymphoproliferation and apoptosis processes.

Keywords: lymphocytes, lymphoproliferation, apoptosis, toxic encephalopathy, psychoactive substances, Northern regions

Введение

Употребление психоактивных веществ (ПАВ) может вызывать токсическую энцефалопатию посредством различных нейротоксических механизмов, что приводит к значительным функциональным изменениям в нервной системе. А также затрагивает несколько физиологических систем, включая иммунную систему. Нарушение регуляции иммунной системы может привести к повышенной восприимчивости к инфекциям и нарушению контроля над прогрессированием заболевания [2].

ПАВ оказывают иммуномодулирующее действие посредством нескольких механизмов. К ним относятся прямое взаимодействие с иммунными клетками, модуляция продукции цитокинов и вмешательство в нейроиммунные пути. Известно, что взаимодействие с мышинными опиоидными рецепторами (MOR) на иммунных клетках приводит к подавлению продукции цитокинов и нарушению фагоцитарной функции [9], изменяя баланс провоспалительных и противовоспалительных цитокинов, что способствует нарушению регуляции иммунной системы [5].

Врожденная иммунная система обеспечивает первую линию защиты от патогенов. Наркотики, вызывающие привыкание, ослабляют врожденный иммунитет, влияя на функцию ключевых клеток, таких как макрофаги, нейтрофилы и естественные клетки-киллеры (NK). ПАВ подавляют выработку провоспалительных цитокинов, таких как интерлейкин- 1β (IL- 1β) и фактор некроза опухоли α (TNF α) [4, 6].

ПАВ нарушают гуморальный иммунитет, опосредованный В-клетками, снижая выработку антител в ответ на антигенные вызовы [10]. Кроме того, воздействие наркотиков может нарушить полифункциональность Т-клеток и прогрессирование субпопуляций, что приводит к снижению выработки цитокинов и истощению Т-клеток [14]. А также приводит к снижению инфильтрации и активации Т-клеток в ответ на антигены путем подавления экспрессии рецепторы CD3 и CD28 [7].

На данный момент отмечается отсутствие комплексных исследований, напрямую связывающих употребление ПАВ (в том числе запрещенных на территории РФ) со специфическими изменениями в процессах лимфопротиферации и лимфоапоптоза.

Целью данной работы является установление соотношения процессов лимфопротиферации и лимфоапоптоза у мужчин с токсической энцефалопатией ПАВ в условиях северного региона.

Материалы и методы

Работа выполнена на базе лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН, гос. задание № 125021902582-1.

В работе обследовано 42 человека, проживающих в северном регионе РФ (г. Архангельск). Обследуемые подразделены на две группы: группа 1 состояла из 20 мужчин, поступивших в отделение скорой помощи после передозировки ПАВ в течение первых суток, в возрасте $33,8 \pm 1,8$ года; группа 2 (контрольная группа) — из 22 практически здоровых мужчин в возрасте $34,5 \pm 2,0$ года.

Исследование проводили с соблюдением основных норм биомедицинской этики в соответствии с документом «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов исследования» (Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации 1964 г.) с письменного согласия респондентов или их законных представителей. Этический протокол № 4, 10.02.2022. В периферической крови определено соотношение процессов лимфопротиферации к лимфоапоптозу (CD10⁺/CD95⁺ и CD71⁺/CD95⁺). Определено общее количество лейкоцитов стандартным методом в камере Горяева, подготовка мазков крови стандартным методом по Романовскому—Гимзе для подсчета количества лимфоцитов, мазков лимфоцитов с помощью фикола (1,077) с их фиксацией для дальнейшей обработки и подсчета лимфоцитов с маркером к лимфопротиферации CD10⁺, лимфоциты с рецептором к трансферрину CD71⁺ и лимфоциты с маркером к апоптозу CD95⁺ с помощью метода непрямой иммунопероксидазной реакции с использованием моноклональных антител на препаратах лимфоцитов типа «высушенная капля» с применением пероксидазного конъюгата и окрашиванием раствором хромогена.

Статистическая обработка данных выполнена с помощью SPSS 25.0. Отсутствие нормального распределения определяли с помощью критерия Шапиро—Уилка. Для описания мер центральной тенденции использовали медиану (Me) и интерквартильный размах ($Q_{0,25}$ — $Q_{0,75}$). А для представления диапазона распределения полученных результатов использовали 95%-ный доверительный интервал (нижняя граница — верхняя граница). Для определения статистической значимости различий между обследованными группами использован критерий Манна—Уитни, уровень значимости $p < 0,05$. В связи с нормальным распределением данных по возрасту обследуемых использовали среднее значение и стандартную ошибку ($M \pm m$) для представления группового возраста.

Результаты и обсуждение

Результаты анализа показали, что медиана содержания лимфоцитов с маркером к лимфо-пролиферации CD10⁺ составляет 0,54 (0,40-0,75) × 10⁹ кл/л у мужчин с острой энцефалопатией токсического генеза, употребляющих ПАВ (табл. 1), что находится на стрессовом относительно повышенном уровне (норма до 0,6 × 10⁹ кл/л) [3] и статистически значимо выше в 2 раза, чем у группы контроля (0,27 (0,16-0,51) × 10⁹ кл/л) (p < 0,01).

Медиана содержания лимфоцитов с рецептором к трансферрину CD71⁺, отражающих уровень пролиферации активированных лимфоцитов, составляет 0,33 (0,29-0,47) у мужчин, употребляющих ПАВ, что соответствует состоянию умеренного подавления процессов активации и пролиферации лимфоцитов [11], вне зависимости от отсутствия статистически значимого различия с контрольной группой 0,47 (0,28-0,58) × 10⁹ кл/л.

Несмотря на отсутствие статистически значимого различия между изученными группами, зарегистрировано снижение количества лимфоцитов с маркером к апоптозу CD95⁺ у мужчин, употребляющих ПАВ, причем медиана составила 0,36 (0,27-0,49) × 10⁹ кл/л, по сравнению с группой контроля, у которых медиана лимфоцитов с рецептором CD95⁺ (0,45 (0,31-0,60) × 10⁹ кл/л) находилась на нижней границе физиологических норм (0,45-0,55 × 10⁹ кл/л) [3], что сочетается с работой Suzuki S. и соавт. [15], которые полагают, что ПАВ вызывают кратковременное подавление апоптоза, вопреки большинству исследований, которые зарегистрировали состояние активации процесса апоптоза при употреблении разных ПАВ [8, 12, 13].

Соотношение процессов лимфо-пролиферации к лимфо-апоптозу за счет CD10⁺/CD95⁺ резко увеличивается у мужчин, употребляющих ПАВ, причем медиана этого соотношения составляет 1,32 (1,05-2,32), что практически в 2 раза статистически значимо выше, чем у контрольной группы 0,61 (0,50-1,40) (p < 0,01). Это изменение вызвано значительным повышением количества лимфоцитов с маркером CD10⁺ и умеренным снижением количества лимфоцитов с маркером CD95⁺.

Медиана соотношения процесса пролиферации активированных лимфоцитов к лимфо-апоптозу за счет CD71⁺/CD95⁺ у мужчин, употребляющих ПАВ, составляет 0,91 (0,85-1,15), что имеет характер незначительного снижения по сравнению с группой контроля 1,05 (0,91-1,19) за счет относительно и умеренного снижения количества клеток с маркерами CD71⁺ и CD95⁺ соответственно.

Иными словами, у лиц, употребляющих ПАВ, регистрируется нарушение долгосрочного регуляторного механизма иммунного гомеостаза путем дисбаланса соотношения CD10⁺/CD95⁺ на фоне стимуляции лимфо-пролиферации (CD10⁺), в качестве компенсаторной реакции за нарушение кратковременного регуляторного механизма, связанного с умеренным снижением соотношения CD71⁺/CD95⁺ на фоне подавления процессов активации пролиферации лимфоцитов за счет (CD71⁺), а также кратковременное подавление процесса апоптоза, что согласуется с нашими ранними исследованиями [1] – соотношение CD71⁺/CD95⁺ имеет более стабильный и сбалансированный характер у жителей северных регионов.

ТАБЛИЦА 1. МЕДИАНА ИЗУЧЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У МУЖЧИН С ОСТРЫМ ОТРАВЛЕНИЕМ ПАВ

TABLE 1. MEDIAN VALUES OF THE STUDIED PARAMETERS IN MEN WITH ACUTE PAS POISONING

Показатель Parameter	Медиана (Q _{0,25} -Q _{0,75}) Median (Q _{0,25} -Q _{0,75})		Уровень значимости p-value
	Наркоманы Addicts n = 20	Контроль Control n = 22	
CD10 ⁺ , × 10 ⁹ кл/л CD10 ⁺ , × 10 ⁹ cell/L	0,54 (0,40-0,75)	0,27 (0,16-0,51)	0,004
CD71 ⁺ , × 10 ⁹ кл/л CD71 ⁺ , × 10 ⁹ cell/L	0,33 (0,29-0,47)	0,47 (0,28-0,58)	0,289
CD95 ⁺ , × 10 ⁹ кл/л CD95 ⁺ , × 10 ⁹ cell/L	0,36 (0,27-0,49)	0,45 (0,31-0,60)	0,314
CD10 ⁺ /CD95 ⁺	1,32 (1,05-2,32)	0,61 (0,50-1,40)	0,002
CD71 ⁺ /CD95 ⁺	0,91 (0,85-1,15)	1,05 (0,91-1,19)	0,207

Заключение

Проведенное исследование позволило выявить значимые изменения в соотношении процессов лимфопротиферации и лимфоаптоза у мужчин с энцефалопатией токсического генеза (ПАВ), проживающих в АЗРФ (г. Архангельск). Полученные данные свидетельствуют о выраженном дисбалансе иммунного гомеостаза обследуемых первой группы, что проявляется резкой стимуляцией лимфопротиферации (CD10⁺), подавлением процесса апоптоза (CD95⁺), а также снижением активации и протиферации лимфоцитов за счет (CD71⁺). Полученные в работе результаты исследования свидетельствуют о том, что сокращение резервных возможностей иммунного гомеостаза у лиц с токсической энцефалопатией 20-40 лет может способствовать крайне быстрому развитию вторичных экологически зависимых иммунодефицитов как посттравматиче-

ского осложнения, а также раннему биологическому старению и смерти.

Данная работа подчеркивает необходимость дальнейших исследований для более глубокого понимания механизмов, влияющих на иммунный ответ у лиц, употребляющих ПАВ, с целью профилактики их употребления и оказания своевременной помощи пострадавшим от острого отравления ПАВ в экстремальных условиях Севера.

Благодарности

Авторы выражают благодарность заведующему отделением нейрохирургии ГБУЗ «Первая городская клиническая больница им. Е.Е. Воловевич» (г. Архангельск), заслуженному врачу РФ В.Г. Порохину за помощь в организации фрагмента исследования.

Список литературы / References

1. Каббани М.С., Щёголева Л.С., Шашкова Е.Ю. Соотношение иммунокомпетентных клеток и индекса NLR у мужчин экстремальных профессий (гидрографов) в Арктическом регионе РФ // Якутский медицинский журнал, 2024. Т. 4, № 88. С. 84-87. [Kabbani M.S., Shchegoleva L.S., Shashkova E.Yu. Ratio of immunocompetent cells and NLR index in men of extreme professions (hydrographers) in the Arctic region of the Russian Federation. *Yakutskiy meditsinskiy zhurnal = Yakut Medical Journal*, 2024, Vol. 4, no. 88, pp. 84-87. (In Russ.)]
2. Павлова А., Калёкин Р., Джувалыков П., Волкова А., Павлов А. Нейротоксическое действие этанола и других психоактивных веществ как общепатологическое основание токсической энцефалопатии // Журнал медико-биологических исследований, 2023. Т. 11, № 2. С. 207-216. [Pavlova A., Kalekin P., Dzhuvalyakov P., Volkova A., Pavlov A. Neurotoxic Effect of ethanol and other psychoactive substances as a general pathological basis of toxic encephalopathy. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy = Journal of Medical and Biological Research*, 2023, Vol. 11, no. 2, pp. 207-216. (In Russ.)]
3. Пределы физиологического колебания в периферической крови метаболитов, гормонов, лимфоцитов, цитокинов и иммуноглобулинов у жителей Архангельской области: Информационные материалы / Сост., отв. ред. Л.К. Добродеева. Архангельск, 2005. 52 с. [Limits of physiological fluctuations in peripheral blood of metabolites, hormones, lymphocytes, cytokines and immunoglobulins in residents of the Arkhangelsk region: Information materials / Comp. Ed. L.K. Dobrodeeva]. Arkhangelsk, 2005. 52 p.
4. Bravo J., Magalhães C., Andrade E.B., Magalhães A., Summavielle T. The impact of psychostimulants on central and peripheral neuro-immune regulation: a scoping review of cytokine profiles and their implications for addiction. *Front. Cell. Neurosci.*, 2023, Vol. 17, 1109611. doi: 10.3389/fncel.2023.1109611.
5. Cabral G.A. Drugs of abuse, immune modulation, and AIDS. *J. Neuroimmune Pharmacol.*, 2006, Vol. 1, no. 3, pp. 280-295.
6. Famitafreshi H., Karimian M. Influence of psychoactive substances on the immune system and involvement of the brain through immunologically-mediated mechanisms. *Alcohol. Drug Addict.*, 2021, Vol. 34, no. 4, pp. 299-306.
7. Hernandez-Santini A.C., Mitha A.N., Chow D., Hamed M.F., Gucwa A.L., Vaval V., Martinez L.R. Methamphetamine facilitates pulmonary and splenic tissue injury and reduces T cell infiltration in C57BL/6 mice after antigenic challenge. *Sci. Rep.*, 2021, Vol. 11, no. 1, 8207. doi: 10.1038/s41598-021-87728-4.
8. Jankowski M.M., Ignatowska-Jankowska B.M., Glac W., Wierowski M., Kazmierska-Grebowska P., Swiergiel A.H. Intravenous haloperidol and cocaine alter the distribution of T CD3⁺ CD4⁺, non-T/NK and NKT cells in rats. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.*, 2023, Vol. 50, no. 6, pp. 453-462.
9. Kaplan B.L.F. Immunotoxicology of drugs of abuse. In: Reference module in biomedical sciences. Elsevier, 2024.
10. Mitha A.N., Chow D., Vaval V., Guerrero P., Rivera-Rodriguez D.E., Martinez L.R. Methamphetamine compromises the adaptive B cell-mediated immunity to antigenic challenge in C57BL/6 Mice. *Front. Toxicol.*, 2021, Vol. 3, 629451. doi: 10.3389/ftox.2021.629451.

11. Potula R., Haldar B., Cenna J.M., Sriram U., Fan S. Methamphetamine alters T cell cycle entry and progression: role in immune dysfunction. *Cell Death Discov.*, 2018, Vol. 4, no. 1, 44. doi: 10.1038/s41420-018-0045-6.
12. Roy S., Ninkovic J., Banerjee S., Charboneau R.G., Das S., Dutta R., Kirchner V.A., Koodie L., Ma J., Meng J., Barke R.A. Opioid drug abuse and modulation of immune function: consequences in the susceptibility to opportunistic infections. *J. Neuroimmune Pharmacol.*, 2011, Vol. 6, no. 4, pp. 442-465.
13. Sriram U., Haldar B., Cenna J.M., Gofman L., Potula R. Methamphetamine mediates immune dysregulation in a murine model of chronic viral infection. *Front. Microbiol.*, 2015, Vol. 6, 793. doi: 10.3389/fmicb.2015.00793.
14. Sriram U., Hill B.L., Cenna J.M., Gofman L., Fernandes N.C., Haldar B., Potula R. Impaired subset progression and polyfunctionality of T cells in mice exposed to methamphetamine during chronic LCMV infection. *PloS ONE*, 2016, Vol. 11, no. 10, e0164966. doi: 10.1371/journal.pone.0164966.
15. Suzuki S., Chuang L.F., Doi R.H., Chuang R.Y. Morphine suppresses lymphocyte apoptosis by blocking p53-mediated death signaling. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 2003, Vol. 308, no. 4, pp. 802-808.

Авторы:

Каббани М.С. — к.б.н., научный сотрудник лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, г. Архангельск, Россия

Поповская Е.В. — врач-нейрохирург, научный сотрудник лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, г. Архангельск, Россия

Шашкова Е.Ю. — к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, г. Архангельск, Россия

Филиппова О.Е. — к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, г. Архангельск, Россия

Щёголева Л.С. — д.б.н., профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией физиологии иммунокомпетентных клеток, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, г. Архангельск, Россия

Authors:

Kabbanı M.S., PhD (Biology), Researcher, Laboratory of Physiology of Immunocompetent Cell, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russian Federation

Popovskaya E.V., Neurosurgeon, Researcher, Laboratory of Physiology of Immunocompetent Cell, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russian Federation

Shashkova E. Yu., PhD (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Physiology of Immunocompetent Cell, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russian Federation

Filippova O.E., PhD (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Physiology of Immunocompetent Cell, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russian Federation

Shchegoleva L.S., PhD, MD (Biology), Professor, Chief Researcher, Head, Laboratory of Physiology of Immunocompetent Cell, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russian Federation

Поступила 21.05.2025
Отправлена на доработку 06.06.2025
Принята к печати 25.06.2025

Received 21.05.2025
Revision received 06.06.2025
Accepted 25.06.2025