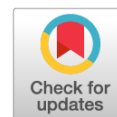


DOI: <https://doi.org/10.17816/morph.690024>

EDN: VGHOJE



Периваскулярные макрофаги печени крыс не содержат маркера CD68

И.А. Никитина, В.А. Разенкова, Д.Э. Коржевский

Институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Тканевые макрофаги играют ключевую роль в регуляции тканевого гомеостаза печени. При этом они представляют собой гетерогенную популяцию клеток как по фенотипическим, так и по функциональным характеристикам.

Цель исследования — охарактеризовать иммунофенотип макрофагов печени крыс с использованием маркера фагоцитарной активности CD68 и микроглиального маркера Iba-1.

Методы. Использовали образцы печени и головного мозга крыс линии Wistar ($n = 8$). Проведено двойное иммуногистохимическое окрашивание с помощью антител к маркеру макрофагов CD68 и маркеру микроглии Iba-1 (Ionized calcium-binding adapter molecule 1). Анализ препаратов осуществляли с использованием конфокальной сканирующей микроскопии.

Результаты. Выявленные в ходе анализа препаратов Iba-1-положительные клетки соответствуют интерстициальным макрофагам и клеткам Купфера. CD68-положительные макрофаги обнаружены вдоль синусоидных капилляров печени и между гепатоцитами. Козэкспрессию белков CD68 и Iba-1 демонстрируют клетки Купфера в печени и периваскулярные макрофаги в головном мозге, но не периваскулярные макрофаги, локализующиеся в области печёночных триад и в междольковой соединительной ткани.

Заключение. Одновременная локализация Iba-1 и CD68 в периваскулярных макрофагах головного мозга и отсутствие коэкспрессии этих белков в интерстициальных макрофагах печени указывает на то, что периваскулярные фагоциты имеют органоспецифические особенности фенотипа.

Ключевые слова: резидентные макрофаги; печень; Iba-1; CD68; конфокальная микроскопия; крыса.

Как цитировать:

Никитина И.А., Разенкова В.А., Коржевский Д.Э. Периваскулярные макрофаги печени крыс не содержат маркера CD68 // Морфология. 2026. Т. 164, № 2. С. 245–252. DOI: 10.17816/morph.690024 EDN: VGHOJE

DOI: <https://doi.org/10.17816/morph.690024>

EDN: VGHOJE

Perivascular Macrophages of Rat Liver Do Not Express CD68 Marker

Inga A. Nikitina, Valeria A. Razenkova, Dmitrii E. Korzhevskii

Institute of Experimental Medicine, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Tissue macrophages play a key role in regulating hepatic tissue homeostasis. At the same time, they represent a heterogeneous population of cells in terms of both phenotypic and functional characteristics.

AIM: To characterize the immunophenotype of rat liver macrophages using the phagocytic activity marker CD68 and the microglial marker Iba-1.

METHODS: Liver and brain samples from Wistar rats ($n = 8$) were used. Double immunohistochemical staining was performed using antibodies against CD68 and Iba-1 (ionized calcium-binding adapter molecule 1). Specimens were analyzed using confocal laser scanning microscopy.

RESULTS: Iba-1-positive cells identified in the specimens corresponded to interstitial macrophages and Kupffer cells. CD68-positive macrophages were detected along hepatic sinusoidal capillaries and between hepatocytes. Co-expression of CD68 and Iba-1 was observed in Kupffer cells in the liver and in perivascular macrophages in the brain, but not in perivascular macrophages localized in the portal triads or in the interlobular connective tissue.

CONCLUSION: The colocalization of Iba-1 and CD68 in brain perivascular macrophages and the absence of their co-expression in hepatic interstitial macrophages indicate organ-specific phenotypic features of perivascular phagocytes.

Keywords: resident macrophages; liver; Iba-1; CD68; confocal microscopy; rat.

To cite this article:

Nikitina IA, Razenkova VA, Korzhevskii DE. Perivascular Macrophages of Rat Liver Do Not Express CD68 Marker. *Morphology*. 2026;164(2):245–252. DOI: 10.17816/morph.690024 EDN: VGHOJE

Submitted: 02.09.2025

Accepted: 19.10.2025

Published online: 15.01.2026

DOI: <https://doi.org/10.17816/morph.690024>

EDN: VGHOJE

大鼠肝脏血管周围巨噬细胞不含CD68标志物

Inga A. Nikitina, Valeria A. Razenkova, Dmitrii E. Korzhevskii

Institute of Experimental Medicine, Saint Petersburg, Russia

摘要

论证。组织巨噬细胞在调节肝脏组织稳态中起着关键作用。同时，它们在表型和功能特征方面代表着异质性细胞群体。

目的。本研究旨在利用吞噬活性标志物 CD68 和小胶质细胞标志物 Iba-1 来表征大鼠肝脏巨噬细胞的免疫表型。

方法。使用了来自 Wistar 大鼠 (n = 8) 的肝脏和脑组织样本。采用针对巨噬细胞标志物 CD68 和小胶质细胞标志物 Iba-1 (电离钙结合衔接分子 1) 的抗体进行双重免疫组织化学染色。采用共聚焦扫描显微镜对样品进行分析。

结果。在对制备物进行分析时发现的 Iba-1 阳性细胞对应于间质巨噬细胞和库普弗细胞。在肝窦毛细血管和肝细胞之间发现了CD68阳性巨噬细胞。CD68 和 Iba-1 蛋白的共表达在肝脏的库普弗细胞和脑的血管周围巨噬细胞中得到证实，但在肝脏三联体和叶间结缔组织的血管周围巨噬细胞中则未得到证实。

结论。脑血管周围巨噬细胞中 Iba-1 和 CD68 的同时定位，以及肝脏间质巨噬细胞中这些蛋白的缺乏共表达，表明血管周围吞噬细胞具有器官特异性表型特征。

关键词：驻留巨噬细胞；肝脏；Iba-1；CD68；共聚焦显微镜；大鼠。

To cite this article:

Nikitina IA, Razenkova VA, Korzhevskii DE. 大鼠肝脏血管周围巨噬细胞不含CD68标志物. *Morphology*. 2026;164(2):245–252.

DOI: 10.17816/morph.690024 EDN: VGHOJE

收到: 02.09.2025

接受: 19.10.2025

发布日期: 15.01.2026

ОБОСНОВАНИЕ

Резидентные (тканевые) макрофаги присутствуют в большинстве тканей млекопитающих. Они являются ключевыми регуляторами тканевого гомеостаза в норме, а также важными участниками процессов воспаления и репарации [1]. Макрофаги представляют собой гетерогенную популяцию клеток как в фенотипическом, так и в функциональном отношении. В печени популяция резидентных макрофагов представлена клетками Купфера, находящимися в непосредственном контакте с гемокапиллярами синусоидного типа. Помимо клеток Купфера в печени присутствуют и другие представители моноцитарно-макрофагального ряда. Гетерогенность макрофагов печени рассматривается во многих работах. Известно, что клетки Купфера у мышей характеризуются выраженной экспрессией CD68 и/или CD32, тогда как моноцитарные макрофаги положительны по маркеру CD11b [2]. Кроме того, в печени других лабораторных грызунов (крыс) резидентные макрофаги эмбрионального происхождения экспрессируют преимущественно маркеры, характерные для M2 типа активации — CD163 и CD206, однако, судя по экспрессии CD86 и CD68, в популяции присутствует также доля клеток с M1-поляризацией [3]. В связи с этим актуальной научной задачей представляется дифференцирование субпопуляций печёночных макрофагов, а также увеличение объёма данных о распределении макрофагов различных генераций по типу их активации.

Кальций-связывающий белок Iba-1 (Ionized calcium-binding adapter molecule 1) является важным маркером для выявления макрофагов независимо от типа их активации и традиционно используется для селективного окрашивания микроглии в головном мозге [4]. Это позволяет рассматривать Iba-1 в качестве дополнительного маркера при исследовании клеток моноцитарно-макрофагального ряда.

Цель исследования — охарактеризовать иммуннофенотип макрофагов печени крыс с использованием маркера фагоцитарной активности CD68 и микроглиального маркера Iba-1.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено поисковое экспериментальное неконтролируемое слепое исследование на парафиновых срезах печени и головного мозга половозрелых самцов крыс линии Wistar (6–9 месяцев, $n=8$). Парафиновые блоки с образцами печени и головного мозга крыс получены из архива лаборатории функциональной морфологии центральной и периферической нервной системы Института экспериментальной медицины (Санкт-Петербург, Россия).

Ослепление

Специалист, выполнявший анализ полученных препаратов и анализ колокализации, не имел информации о тестируемых объектах.

Экспериментальное воздействие

Эвтаназию животных осуществляли путём передозировки парами этилового эфира. После вскрытия извлекали головной мозг и левую долю печени. Образцы тканей фиксировали в цинк-этанол-формальдегиде и заливали в парафин по стандартной методике. Из парафиновых блоков изготавливали срезы толщиной 5 мкм и монтировали их на стёкла с адгезивным покрытием HistoBond®+ (Paul Marientfeld, Германия). После депарафинирования препаратов по стандартной методике проводили тепловое демаскирование антигенов в водном растворе тиосульфата натрия в течение 23 минут [5]. Для ингибирования эндогенной пероксидазы срезы инкубировали в 3% водном растворе перекиси водорода в течение 10 мин при комнатной температуре. Смесь первичных антител (к Iba-1 и к CD68) наносили на срезы в соотношении компонентов 1:1 и инкубировали при температуре 22 °C в течение 92 часов. Использовали следующие первичные антитела: козы поликлональные антитела к Iba-1 в разведении 1:200 (ab5076, Abcam, Великобритания); кроличьи поликлональные антитела к CD68 в разведении 1:250 (GB113109, Servicebio, Китай). Далее проводили реакцию со вторичными реагентами, входящими в состав набора Cell & Tissue Staining Kit (CTS008, R&D Systems, США), в соответствии с рекомендациями производителя, и козыми антителами против иммуноглобулинов кролика, конъюгированными с пероксидазой хрена из набора Mouse and Rabbit Specific HRP/DAB IHC Detection Kit (ab236466, Abcam, Великобритания). Для выявления Iba-1 и CD68 срезы обрабатывали конъюгатом стрептавидина с флуорохромом Cy2 (разведение 1:150; 016-220-084, Jackson ImmunoResearch, США) и раствором козьих антител к пероксидазе хрена, конъюгированных с флуорохромом Cy3 (разведение 1:100; 123-165-021, Jackson ImmunoResearch, США) соответственно.

Целевые показатели исследования

Основные показатели исследования

Оценили распределение белков Iba-1 и CD68 в клетках моноцитарно-макрофагального ряда в печени и головном мозге крыс. Дополнительно провели анализ колокализации двух исследуемых маркеров.

Методы измерения целевых показателей

Анализ и фотографирование препаратов проводили с использованием конфокального лазерного микроскопа Zeiss LSM 800 (Carl Zeiss, Германия). Обработку полученных изображений осуществляли в программе Zen 3 (Carl Zeiss AG, Германия). Для выявления

колокализации использовали плагин Colocalization Finder¹ для ImageJ [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Двойное иммунофлуоресцентное маркирование с использованием антител к Iba-1 и CD68 во всех образцах выявило многочисленные клетки с иммунофенотипами Iba-1⁺/CD68⁺ и Iba-1⁺/CD68⁻. Интенсивность флуоресцентного сигнала была высокой как в цитоплазме (Iba-1), так и на уровне мембран (CD68), благодаря чему клетки легко идентифицировались. Неспецифическое фоновое окрашивание было минимальным, то есть все образцы оказались пригодными для морфологического анализа.

При анализе канала флуоресценции, соответствующего Iba-1, на срезах печени обнаружено множество иммунопозитивных структур, расположенных между гепатоцитами и вдоль профилей синусоидных капилляров; морфологически эти структуры соответствуют резидентным макрофагам печени — клеткам Купфера. Данные клетки располагались, преимущественно, в перипортальной и интермедиальных зонах дольки печени

и имели от 2 до 5 цитоплазматических отростков. В результате реакции выявлены также клетки, морфологически схожие с типичными тканевыми макрофагами, но имеющие округлую форму и лишённые отростков. Клетки такого типа располагались преимущественно в междольковой соединительной ткани и вблизи крупных сосудов печени.

В ходе анализа канала флуоресценции, соответствующего CD68, обнаружены CD68⁺ клетки, которые, как и Iba-1⁺ клетки, локализовались вдоль синусоидов и имели морфологическое сходство с клетками Купфера. При этом CD68⁺ клетки отсутствовали в области триад.

Анализ двойного иммуномаркирования препаратов печени показал, что резидентные макрофаги характеризуются иммунофенотипом Iba-1⁺/CD68⁺ и располагаются преимущественно в перипортальной зоне ацинуса. При этом клетки, морфологически схожие с тканевыми макрофагами, не демонстрировали коэкспрессии белков (рис. 1, *b*) и характеризовались иммунофенотипом Iba-1⁺/CD68⁻. Такие клетки выявлены в области междольковой соединительной ткани печени и единично в области крупных сосудов (рис. 1, *a*, стрелки).

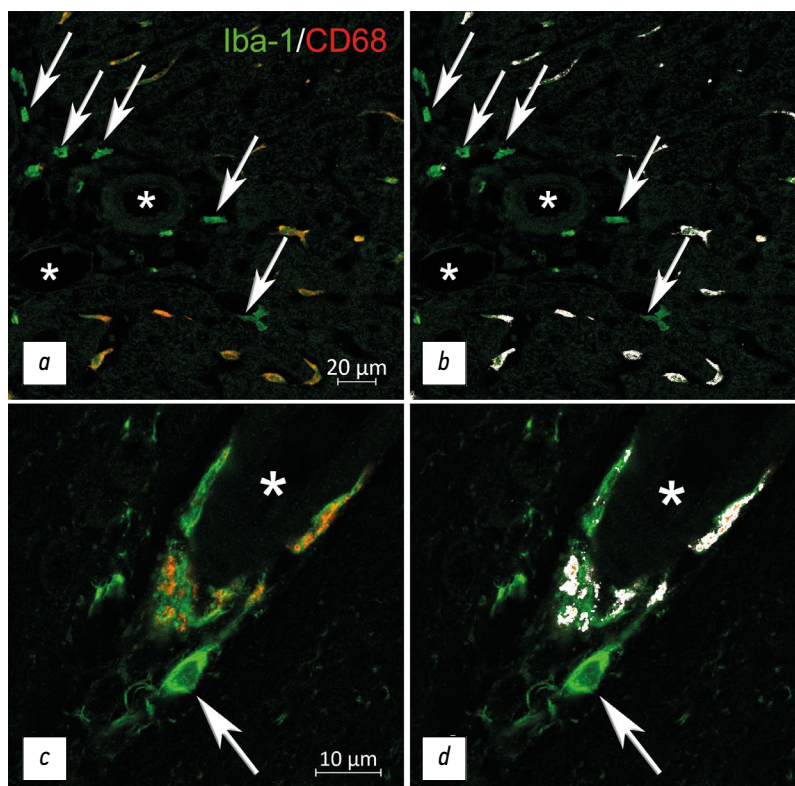


Рис. 1. Двойная иммунофлуоресцентная реакция на CD68 (красный канал) и кальций-связывающий белок Iba-1 (зелёный канал) в клетках микроглии и резидентных макрофагах печени крысы: *a, b* — макрофаги печени; *c, d* — микроглиоциты и периваскулярные макрофаги головного мозга; *b, d* — колокализация CD68 и Iba-1 (белый цвет); стрелки указывают на Iba-1⁺/CD68⁻ клетки; звёздочки — полость кровеносных сосудов; масштабный отрезок *a, b* — 20 мкм, *c, d* — 10 мкм.

Fig. 1. Double immunofluorescence staining for CD68 (red channel) and the calcium-binding protein Iba-1 (green channel) in microglial cells and resident macrophages of the rat liver: *a, b*, hepatic macrophages; *c, d*, microglial cells and perivascular macrophages of the brain; *b, d*, colocalization of CD68 and Iba-1 (white); arrows indicate Iba-1⁺/CD68⁻ cells; asterisks denote vascular lumina; scale bars: *a, b*, 20 μm; *c, d*, 10 μm.

¹ Colocalization Finder. Режим доступа: <http://rsb.info.nih.gov/ij/plugins/colocalization-finder.html> Дата обращения: 11.01.2026.

В структурах головного мозга фенотип Iba-1⁺/CD68⁻ характерен для многочисленных отростчатых клеток, соответствующих рамнифицированным микроглиоцитам (рис. 1, с, стрелка). Продукт иммуногистохимической реакции на CD68 обнаружен преимущественно в периваскулярных клетках. Такие клетки на срезах головного мозга имеют фенотип Iba-1⁺/CD68⁺; для них характерны овальная или вытянутая форма и выраженная CD68-положительная гранулярность цитоплазмы, что дополнительно подтверждается анализом колокализации исследуемых маркеров (рис. 1, d).

ОБСУЖДЕНИЕ

CD68⁺ клетки, выявленные в печени крыс, по особенностям структуры и локализации соответствуют клеткам Купфера: это крупные клетки вытянутой или лопастной формы, ассоциированные с эндотелиоцитами синусоидных капилляров печени.

Клетки Купфера играют ведущую роль в иммунологическом надзоре, осуществляемом печенью, а экспрессия CD68 напрямую связана с их высокой фагоцитарной активностью. При этом иммуногистохимическая реакция на Iba-1 дополнительно выявила интерстициальные макрофаги в ткани печени и периваскулярные макрофаги в области печёночных триад, не проявлявшие иммунореактивности к CD68.

Считается, что для тканевых макрофагов характерна высокая гетерогенность, обусловленная особенностями их микроокружения [2, 3]. Такая гетерогенность определяет уникальную специализацию различных субпопуляций. По-видимому, недавно мигрировавшие в ткань макрофаги могут быть менее дифференцированными или недостаточно вовлечёнными в провоспалительный сигнальный каскад клеток печени, поэтому у них отсутствует экспрессия маркера активации CD68. Кроме того, известно, что при длительном пребывании в тканях иммунофенотип макрофагов может изменяться с CD68⁺ на CD68⁻ [7]. Другое скрининговое исследование макрофагов печени у крыс показало, что количество CD68⁺ клеток в области триад и междольковой соединительной ткани значительно меньше, чем в остальных зонах дольки [8].

Принадлежность интерстициальных макрофагов к субпопуляции, отличной от CD68⁺ клеток Купфера, не вызывает сомнений. В недавно проведённом исследовании макрофагов печени у мышей выявлено, что CD68⁻ клетки могут экспрессировать маркеры незрелых клеток-предшественников [2]. Это наблюдение позволило авторам предположить, что по крайней мере часть CD68⁻ макрофагов, независимо от происхождения во время эмбриогенеза, может служить пулом для обновления популяции клеток Купфера. Отмеченная нами локализация Iba-1⁺/CD68⁻ клеток в области соединительной ткани печени дополнительно указывает на их

потенциальную роль в восстановлении популяции печёночных макрофагов из моноцитов периферической крови. Кроме того, такая локализация может отражать и другие, в том числе неиммунные, функции этих клеток.

Интересным фактом является то, что для периваскулярных макрофагов головного мозга характерен другой фенотип — Iba-1⁺/CD68⁺. Следует также отметить, что другой тип клеток головного мозга, родственных макрофагам, — клетки рамнифицированной микроглии — обладают фенотипом Iba-1⁺/CD68⁻ [9]. Клетки рамнифицированной микроглии, помимо защиты головного мозга от патогенов, обеспечивают сложную двунаправленную коммуникацию между нейронами и глиоцитами. Такая межклеточная коммуникация считается критически важной для поддержания гомеостаза нервной ткани [10]. Существует вероятность, что Iba-1⁺/CD68⁻ клетки печени выполняют схожие функции.

Таким образом, литературные данные и результаты наших собственных наблюдений свидетельствуют о том, что Iba-1⁺/CD68⁺ клетки Купфера и Iba-1⁺/CD68⁻ макрофаги представляют собой различные субпопуляции. Полученные данные указывают на необходимость проведения более детальной характеристики тканевых макрофагов с учётом их региональных особенностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение выбранного методического подхода позволило выявить и охарактеризовать различные популяции макрофагов в печени крыс. Установлено, что клетки Купфера, подобно периваскулярным макрофагам головного мозга, содержат оба проанализированных маркера, тогда как для интерстициальных клеток печени более характерным является иммунофенотип Iba-1⁺/CD68⁻. Таким образом, периваскулярные макрофаги демонстрируют органоспецифические особенности фенотипа, связанные с экспрессией макросиалина (CD68) — главного маркера, ассоциированного с фагоцитозом.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. И.А. Никитина — проведение исследования, написание черновика рукописи; В.А. Разенкова — определение концепции, проведение исследования, написание черновика рукописи; Д.Э. Коржевский — определение концепции, пересмотр и редактирование рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты настоящей работы, гарантируют надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Животных содержали в стандартных лабораторных условиях со свободным доступом к пище и воде. При содержании и эвтаназии животных соблюдали принципы Европейской Конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (Страсбург, 1986 г.) и «Правила надлежащей лабораторной практики» (приказ № 199н от 01.04.2016 г. Минздрава

России). Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «ИЭМ» (протокол № 3/24 от 20.06.2024).

Источники финансирования. Исследование выполнено за счёт средств государственного задания ФГБНУ «ИЭМ» № FGWG-2024-0015.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими организациями), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При проведении исследования и создании настоящей статьи авторы не использовали ранее полученные и опубликованные сведения (данные, текст, иллюстрации).

Доступ к данным. Все данные, полученные в настоящем исследовании, представлены в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: I.A. Nikitina: investigation, writing—original draft; V.A. Razenkova: conceptualization, investigation, writing—original draft; D.E. Korzhevskii: conceptualization, writing—review & editing. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed

to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: Animals were housed under standard laboratory conditions with free access to food and water. All procedures related to animal care and euthanasia were carried out in accordance with the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes (Strasbourg, 1986) and the Rules of Good Laboratory Practice approved by Order No. 199n of the Ministry of Health of the Russian Federation (April 1, 2016). The study was approved by the Local Ethics Committee of the Institute of Experimental Medicine (Minutes No. 3/24 dated June 20, 2024).

Funding sources: The study was supported as part of state assignment No. FGWG-2024-0015 of the Institute of Experimental Medicine.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously obtained or published material (text, images, or data) was used in this study or article.

Data availability statement: All data obtained in this study are available in the article.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer-review: This article was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer-review process involved two external reviewers, a member of the Editorial Board, and the in-house science editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Zhao J, Andreev I, Silva HM. Resident tissue macrophages: Key coordinators of tissue homeostasis beyond immunity. *Sci Immunol*. 2024;9(94):eadd1967. doi: 10.1126/SCIIMMUNOL.ADD1967 EDN: YCNTFK
- Ikarashi M, Nakashima H, Kinoshita M, et al. Distinct development and functions of resident and recruited liver Kupffer cells/macrophages. *J Leukoc Biol*. 2013;94(6):1325–1336. doi: 10.1189/jlb.0313144
- El'chaninov AV, Lokhonina AV, Makarov AV, et al. Phenotypic polymorphism of normal rat liver Kupffer cells. *Journal of Anatomy and Histopathology*. 2019;8(3):35–39. doi: 10.18499/2225-7357-2019-8-3-35-39 EDN: WMUEAJ
- Donovan KM, Leidinger MR, McQuillen LP, et al. Allograft inflammatory factor 1 as an immunohistochemical marker for macrophages in multiple tissues and laboratory animal species. *Comp Med*. 2018;68(5):341–348. doi: 10.30802/AALAS-CN-18-000017
- Patent RUS № 2719163/ 22.11.19. Byul. №11. Korzhevskij DE, Kirik OV, Alekseeva OS. *Method of antigen retrieval during immunocytochemical*

- reactions. Available from: <https://patentimages.storage.googleapis.com/67/5b/e4/d6171b8b674e3b/RU2719163C1.pdf> (In Russ.) EDN: MJMJJP
- Schneider CA, Rasband WS, Eliceiri KW. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nat Methods*. 2012;9(7):671–675. doi: 10.1038/nmeth.2089
- Honda H, Kimura H, Rostami A. Demonstration and phenotypic characterization of resident macrophages in rat skeletal muscle. *Immunology*. 1990;70(2): 272–277.
- Pervin M, Hasan I, Kobir MA, et al. Immunophenotypic analysis of the distribution of hepatic macrophages, lymphocytes and hepatic stellate cells in the adult rat liver. *Anat Histol Emryol*. 2021;50(4):736–745. doi: 10.1111/ahc.12718 EDN: WUQDNM
- Kirik OV, Alekseeva OS, Tsyba DL, Korzhevskii DE. Reaction of the hippocampal microglia to hyperbaric oxygen. *Bull Exp Biol Med*. 2022;173(5):655–659. doi: 10.1007/s10517-022-05607-y EDN: KVPGBR
- Borst K, Dumas AA, Prinz M. Microglia: Immune and non-immune functions. *Immunity*. 2021;54(10):2194–2208. doi: 10.1016/j.immuni.2021.09.014 EDN: QHRSYM

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

***Разенкова Валерия Алексеевна**, канд. биол. наук;
адрес: Россия, 197022, Санкт-Петербург,
Каменноостровский пр-т, д. 71;
ORCID: 0000-0002-3997-2232;
eLibrary SPIN: 8877-8902;
e-mail: valeriya.raz@yandex.ru

AUTHORS' INFO

***Valeria A. Razenkova**, Cand. Sci. (Biology);
address: 71 Kamennooostrovsky ave, Saint Petersburg,
Russia, 197022;
ORCID: 0000-0002-3997-2232;
eLibrary SPIN: 8877-8902;
e-mail: valeriya.raz@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Никитина Инга Александровна;

ORCID: 0000-0001-5789-6475;

eLibrary SPIN: 3488-8851;

e-mail: inga06819@gmail.com

Коржевский Дмитрий Эдуардович, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-2456-8165;

eLibrary SPIN: 3252-3029;

e-mail: DEK2@yandex.ru

Inga A. Nikitina;

ORCID: 0000-0001-5789-6475;

eLibrary SPIN: 3488-8851;

e-mail: inga06819@gmail.com

Dmitrii E. Korzhevskii, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0002-2456-8165;

eLibrary SPIN: 3252-3029;

e-mail: DEK2@yandex.ru