

ВНЕДРЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАГОЦИТАРНОЙ АКТИВНОСТИ НЕЙТРОФИЛОВ МЕТОДОМ ПРОТОЧНОЙ ЦИТОФЛУОРИМЕТРИИ В КЛИНИЧЕСКУЮ ЛАБОРАТОРНУЮ ПРАКТИКУ

Шушкова И.Г.^{1,2}, Панина А.А.^{1,2}, Никулина Л.В.², Павловская В.Н.^{1,2}, Олейникова И.С.^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет», г. Волгоград, Россия

² ГУЗ «Консультативно-диагностическая поликлиника № 2», г. Волгоград, Россия

Резюме. В последнее время проточная цитофлуориметрия используется как в научных целях, так и в рутинной лабораторной практике. Круг задач, решаемых методом проточной цитофлуориметрии постоянно расширяется, и на данный момент она используется не только для диагностики гемобластозов и оценки эффективности терапии, но и является перспективным методом анализа функционирования различных популяций клеток, в том числе нейтрофилов крови, играющих роль в патогенезе целого ряда иммунодефицитных состояний, сопровождающихся развитием рецидивирующих бактериальных инфекций. Данная работа посвящена внедрению в лабораторную практику метода определения фагоцитарной активности нейтрофильных гранулоцитов с помощью проточной цитофлуориметрии. При проведении исследования данный тест был сопоставлен с традиционно используемым в лаборатории методом простой визуальной оценки реакции фагоцитоза суспензии пекарских дрожжей. Результаты фагоцитарной активности нейтрофилов, полученные методом проточной флуориметрии, оказались более воспроизводимыми, легко контролировались по сравнению с методом простой визуальной оценки. В ходе работы было установлено, что на результаты исследования параметров фагоцитоза, измеренных методом проточной цитофлуориметрии, не оказывает влияние пол и возраст пациентов. Поэтому были рассчитаны единые границы референтных интервалов для различных категорий пациентов. Клиническая апробация метода определения фагоцитарной активности нейтрофильных гранулоцитов с помощью проточной цитофлуориметрии была проведена на группе пациентов, страдающих рецидивирующими бактериальными инфекциями. Оценка фагоцитарной активности методом проточной цитофлуориметрии позволила выявить пациента с дефектом фагоцитарного звена, в то время как метод простой визуальной оценки реакции фагоцитоза суспензии пекарских дрожжей оказался в данной ситуации недостаточно чувствительным, и полученные по-

Адрес для переписки:

Шушкова Ирина Геннадьевна
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный
медицинский университет»
400081, Россия, г. Волгоград, ул. Ангарская, 114а.
Тел.: 8 (937) 566-13-75.
E-mail: i_surok@mail.ru

Address for correspondence:

Irina G. Shushkova
Volgograd State Medical University
114a Angarskaya St
Volgograd
400081 Russian Federation
Phone: +7 (937) 566-13-75.
E-mail: i_surok@mail.ru

Образец цитирования:

И.Г. Шушкова, А.А. Панина, Л.В. Никулина,
В.Н. Павловская, И.С. Олейникова «Внедрение
исследования фагоцитарной активности нейтрофилов
методом проточной цитофлуориметрии в клиническую
лабораторную практику» // Медицинская
иммунология, 2025. Т. 27, № 2. С. 457-464.
doi: 10.15789/1563-0625-IOF-3003

© Шушкова И.Г. и соавт., 2025

Эта статья распространяется по лицензии
Creative Commons Attribution 4.0

For citation:

I.G. Shushkova, A.A. Panina, L.V. Nikulina,
V.N. Pavlovskaya, I.S. Oleinikova "Implementation of flow
cytometry technique for evaluation of neutrophil phagocytic
activity in clinical laboratory practice", Medical Immunology
(Russia)/Meditsinskaya Immunologiya, 2025, Vol. 27, no. 2,
pp. 457-464.
doi: 10.15789/1563-0625-IOF-3003

© Shushkova I.G. et al., 2025

The article can be used under the Creative
Commons Attribution 4.0 License

DOI: 10.15789/1563-0625-IOF-3003

казатели фагоцитарной активности нейтрофилов не выходили за границы референтных интервалов. Таким образом, метод определения фагоцитарной активности нейтрофильных гранулоцитов с помощью проточной цитофлуориметрии предпочтителен при использовании его в рутинной лабораторной практике по сравнению с методом простой визуальной оценки реакции фагоцитоза суспензии пекарских дрожжей.

Ключевые слова: фагоцитарная активность, проточная цитофлуориметрия, фагоцитоз пекарских дрожжей, референтный интервал, иммунодефицит

IMPLEMENTATION OF FLOW CYTOMETRY TECHNIQUE FOR EVALUATION OF NEUTROPHIL PHAGOCYTIC ACTIVITY IN CLINICAL LABORATORY PRACTICE

Shushkova I.G.^{a, b}, Panina A.A.^{a, b}, Nikulina L.V.^b, Pavlovskaya V.N.^{a, b}, Oleinikova I.S.^{a, b}

^a Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

^b Consultative and Diagnostic Polyclinic No. 2, Volgograd, Russian Federation

Abstract. Recently, flow cytometry (FC) has been used both for scientific purposes and in routine laboratory practice. The range of tasks solved by the FC technique is constantly expanding, and flow cytometry is currently used not only for the diagnosis of hemoblastoses and evaluation of therapeutic efficiency, but also is a promising method for analyzing functions of various cell populations, including blood neutrophils, which play a role in pathogenesis of different immunodeficiency conditions accomplished by recurrent bacterial infections. This work concerns implementation of an FC-based method for determining phagocytic activity of neutrophil granulocytes into laboratory practice. In the course of this study, this test was compared with a traditional technique used in laboratories, i.e., simple visual assessment of phagocytosis reaction of baker's yeast in suspension. Determining the phagocytic activity of neutrophils by means of flow cytofluorimetry proved to be more reproducible and easily controlled when compared to simple visual assessment technique. We have found that the results of studying the phagocytosis parameters measured by FC-based technique were not influenced by gender and age of the patients. Therefore, uniform ranges for the reference intervals were calculated for different categories of patients. Clinical testing of the FC-based method for determining phagocytic activity of neutrophils was performed in a group of patients suffering from recurrent bacterial infections. Assessment of phagocytic activity by FC approach enabled us to identify a patient with phagocytosis deficiency. Meanwhile, the method of simple visual phagocytosis with a suspension of baker's yeast showed inferior sensitivity in this case, and the obtained indices of neutrophils' phagocytic activity did not exceed the reference intervals. Thus, the FC-based method of determining phagocytic activity of neutrophils using FC approach is preferable when used in routine laboratory practice as compared with the method of simple visual assessment of baker's yeast phagocytosis.

Keywords: phagocytic activity, flow cytometry, baker's yeast phagocytosis, reference interval, immune deficiency

Введение

Нейтрофильные гранулоциты — это клетки, которые выполняют различные функции в реализации адаптивного и врожденного иммунитета. Они способны синтезировать различные белки, которые обладают ферментативной активностью, антибактериальными и регуляторными свойствами, выполняют рецепторную функ-

цию, обеспечивая взаимосвязи нейтрофилов с микроокружением и другими клетками иммунной системы. Однако основная функция данных клеток — фагоцитарная, заключается захвате и последующем уничтожении бактерий, вирусов, грибов и пр. Поэтому они играют важную роль в патогенезе многих инфекционно-воспалительных (в том числе сепсис), аллергических, аутоим-

мунных, неопластических заболеваний [4]. Для пациентов, страдающих данными заболеваниями, исследование фагоцитарной активности нейтрофилов клинически целесообразно. Методы оценки фагоцитоза известны достаточно давно, но внедренных в рутинную лабораторную практику — относительно ограниченное количество, прежде всего это простые и доступные методы с визуальной оценкой реакции фагоцитоза, но стандартизация данных тестов невозможна [2]. Включение в программу неонатального скрининга новорожденных оценки риска развития первичных иммунодефицитов путем определения TREC и KREC привело к необходимости внедрения в лабораторную практику более надежных и чувствительных методов исследования фагоцитарного звена иммунитета, так как в 10–20% случаев первичные иммунодефицитные состояния связаны с дефектом фагоцитоза [3].

ГУЗ «Консультативно-диагностическая поликлиника № 2» оказывает специализированную иммунологическую и аллергологическую помощь населению г. Волгограда и Волгоградской области в том числе, с 2023 года проводит консультирование и обследование лиц, подозреваемых в наличии первичных иммунодефицитных состояний по результатам проведения скрининговых исследований TREC и KREC. Поэтому возникла необходимость внедрения исследования фагоцитарной активности нейтрофилов.

Материалы и методы

В работе использовались образцы гепаринизированной цельной крови условно здоровых добровольцев (55 человек, в возрасте от 2 до 67 лет: 24 женщины и 31 мужчина), а также пациентов, страдающих рецидивирующими бактериальными инфекциями (6 человек). Группа здоровых добровольцев включала 28 взрослых человек (15 мужчин, 13 женщин) и 27 детей (15 мальчиков, 13 девочек).

В лаборатории ГУЗ «Консультативно-диагностическая поликлиника № 2» с 2003 года для определения фагоцитарной активности нейтрофилов использовали прямой визуальный метод оценки реакции фагоцитоза суспензии пекарских дрожжей в модификации [2]. Приготовление 1%-ной суспензии пекарских дрожжей проводили путем разведения свежих дрожжей в 0,9%-ном растворе хлорида натрия в соотношении 1:5. Затем взвесь выдерживали на водяной бане в течение 60 минут. После охлаждения несколько раз отмывали полученную смесь физиологическим раствором до получения прозрачной надосадочной жидко-

сти и готовили 1%-ную взвесь дрожжевых клеток. Далее в несенсебилизованном полистероловом 96-луночном планшете смешивали в равном соотношении 1%-ную взвесь пекарских дрожжей и крови пациента. Полученную смесь инкубировали при 37 °С в течение 30 минут. После чего проводили приготовление мазка с последующей окраской по Романовскому—Гимзе. Оценку фагоцитарной активности проводили по двум показателям: фагоцитарное число (ФЧ) и фагоцитарный показатель (ФП). Расчет проводили по следующим формулам:

ФП (фагоцитарный показатель) = D/HG ,

где D — количество фагоцитированных дрожжевых клеток, HG — количество «активных» нейтрофилов.

ФЧ (фагоцитарное число) = $HG/100$,

где HG — число фагоцитирующих нейтрофилов на 100 подсчитанных нейтрофилов.

Для оценки фагоцитарной активности методом проточной цитофлуориметрии использовался коммерческий набор FagoFlowEx®Kit («ЭКСБИО Прага, а.с.», Чешская Республика). Детекцию образующегося в ходе реакции флуоресцентного родамина 123 осуществляли с помощью проточного цитфлуориметра FS500 (Beckman Coulter, США). На основании полученных данных рассчитывали индекс стимуляции (ИС), который равен отношению средней интенсивности флуоресценции активированных гранулоцитов стимулированных образцов и отрицательных контролей.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ Statistica 7.0 и Microsoft Excel. Расчет себестоимости методов исследования осуществлялся в соответствии с приложением 13 Приказа № 380 Минздрава РФ от 25.12.97 г. Проверка соответствия распределений распределению Гаусса (по критерию Шапиро—Уилка) показала, что распределения показателей в группе здоровых лиц значительно отличались от нормального. Поэтому наличие различий между несвязанными выборками проверяли с помощью критерия Манна—Уитни. В качестве референсного интервала (РИ) использовали значения 2,5% и 97,5% перцентилей.

Результаты и обсуждение

Согласно литературным данным, для оценки фагоцитарной активности на первом этапе осуществляют активацию нейтрофилов с помощью различных микроорганизмов, частиц и пр. А затем проводят детекцию реакции фагоцитоза, используя методы световой микроскопии, хемилю-

менисценции, проточной цитофлуориметрии и пр. [1]. Анализ публикаций в базе PubMed показал, что в последние годы интерес исследователей к определению параметров фагоцитоза методом проточной цитофлуориметрии растет и для него разработаны коммерческие наборы, прошедшие процедуру валидации методики и имеющие документы, разрешающие их использование в клинической практике.

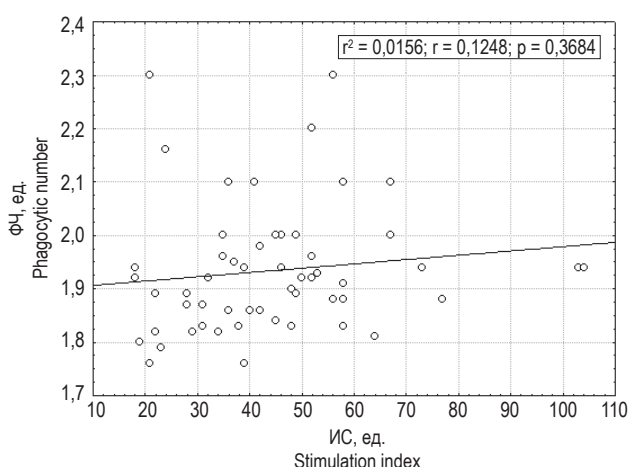
Для внедрения нового теста в лабораторную практику необходимо сопоставить его с существующей на данный момент методикой, оценить преимущества и недостатки и затем принимать обоснованное решение. Параметрами для сопоставления могут служить аналитические характеристики метода, себестоимость, трудоемкость.

В ходе исследования была определена фагоцитарная активность 54 образцов гепаринизированной цельной крови методом прямой визуальной оценки реакции фагоцитоза суспензии пекарских дрожжей и методом проточной цитофлуориметрии. Результаты корреляционного анализа представлены на рисунке 1. При сопоставлении результатов, полученных двумя методами, статистически значимых взаимосвязей параметров (индекса стимуляции и фагоцитарного числа — рисунок 1Б, индекса стимуляции и фагоцитарного показателя — рисунок 1А) обнаружено не было.

Определение основных аналитических характеристик, таких как сходимость, воспроизводимость и правильность, предполагает наличие доступных стабильных контрольных материалов, а в случае фагоцитоза таким материалом могут быть только образцы, содержащие функционально активные нейтрофильные гранулоциты. Таким образом, оценка воспроизводимости и правильности не проводилась в связи с отсутствием стабильного биоматериала. В таблице 1 представлены основные характеристики методов исследования фагоцитарной активности, используемых в ГУЗ «Консультативно-диагностическая поликлиника № 2».

Для оценки экономической составляющей внедрения нового теста была рассчитана стоимость 1 исследования. Она составила 285 руб. для исследования фагоцитарной активности методом прямой визуальной оценки и 1875 руб. при проведении данного исследования методом проточной цитофлуориметрии. Кроме того, прямой визуальный метод не требует дорогостоящего оборудования и высококвалифицированного медицинского персонала, быстр и прост. Однако данный тест уступает по своим аналитическим характеристикам, оценка получаемых результатов субъективна, контроль качества не разработан, что существенно ограничивает использование данной методики на современном этапе.

А (А)



Б (Б)

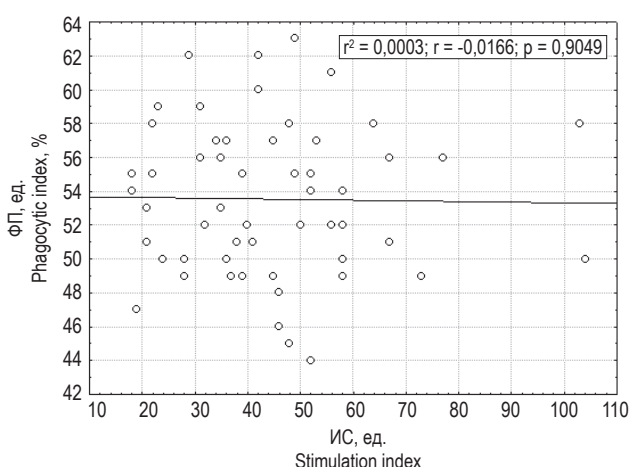


Рисунок 1. Взаимосвязь показателей фагоцитоза, полученных методом прямой визуальной оценки реакции фагоцитоза суспензии пекарских дрожжей и методом проточной цитофлуориметрии

Примечание. А – взаимосвязь индекса стимуляции и фагоцитарного числа. Б – взаимосвязь индекса стимуляции и фагоцитарного показателя.

Figure 1. Relationship between phagocytosis indicators obtained by direct visual assessment of the phagocytosis reaction of a suspension of baker's yeast and the method of flow cytometry

Note. A, the relationship between the stimulation index and the phagocytic number. B, the relationship between the stimulation index and the phagocytic index.

ТАБЛИЦА 1. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАГОЦИТАРНОЙ АКТИВНОСТИ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ГУЗ «КОНСУЛЬТАТИВНО-ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ПОЛИКЛИНИКА № 2»

TABLE 1. COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF PHAGOCYTIC ACTIVITY RESEARCH METHODS USED IN THE CONSULTATIVE AND DIAGNOSTIC POLYCLINIC No. 2

Наименование параметра Name of the parameter	Прямой визуальный метод Direct visual method	Метод проточной цитофлуориметрии Flow cytometry method
Упоминание в литературе за период 2014-2024 год (согласно данным PubMed) References in the literature for the period 2014-2024 (according to PubMed data)	5	717
Сходимость, % Coefficient of variation inter-assay, %	28,4	7,7
Себестоимость исследования, руб. Cost of the study, RUB	285	1875
Трудозатраты, мин Labor costs, min	20	45
Оборудование Equipment	Микроскоп Microscope	Проточный цитофлуориметр Flow cytometer
Квалификация медицинского персонала Qualification of medical personnel	Нет требований No requirements	Требуется высококвалифицированный медицинский персонал (врач КЛД, биолог) Highly qualified medical personnel (KLD doctor, biologist)

До использования метода в клинической практике требуется определить границы референтного интервала. При анализе фагоцитарной активности нейтрофилов методом проточной цитофлуориметрии статистически значимых различий показателей индекса стимуляции нейтрофилов у мужчин и женщин обнаружено не было ($p = 0,734$). Кроме того, результаты определения индекса стимуляции не коррелировали с возрастом пациента ($R^2 = 0,011$, при $p = 0,81$). Таким образом, согласно полученным данным, было установлено, что границы референтного интервала фагоцитарной активности нейтрофилов периферической крови, измеренной методом проточной цитофлуориметрии, составляли 20,4-74,2 ед., и их можно использовать для пациентов различных возрастных групп вне зависимости от пола.

Клиническая апробация метода проводилась среди пациентов, страдающих рецидивирующими бактериальными инфекциями. Анализ фагоцитарной активности у 5 пациентов не выходил за границы референтного интервала. Тем не менее у одного пациента С. 25 лет данный показатель индекса стимуляции составил 6 ед. Из анамнеза пациента следует, что он страдает частыми про-

студными заболеваниями, хроническим риносинуситом. При осмотре было выявлено затрудненное носовое дыхание без отделяемого, на коже многочисленные папилломы. Данному пациенту было проведено развернутое лабораторное обследование, результаты которого представлены в таблице 2. При анализе иммунограммы пациента С. обнаружено снижение абсолютного количества Т-цитотоксических лимфоцитов и НК-клеток. Интересным является тот факт, что при существенном снижении индекса стимуляции показатели фагоцитоза, измеренные прямым визуальным методом, не выходят за границы референтного интервала. Вероятно, отличие результатов фагоцитарной активности, полученных двумя методами, связаны различными принципами, лежащими в основе данных тестов. Согласно литературным данным, прямой визуальный метод оценки реакции фагоцитоза суспензии пекарских дрожжей используют при выявлении дефектов компонента C5, а определение фагоцитарной активности методом проточной цитофлуориметрии предполагает оценку окислительного взрыва в гранулоцитах после стимуляции их *E. coli* [2, 5]. Различие механизмов, на

ТАБЛИЦА 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПАЦИЕНТА С., 1998 г. р.

TABLE 2. RESULTS OF A LABORATORY EXAMINATION OF A PATIENT BORN IN 1998

Показатель Laboratory test	Результат Result	Референтный интервал Reference range
Риноцитограмма Rhinocytogram	Клетки эпителия 12 в п/з 12 epithelial cells in the field of view	–
IgA в крови, г/л Level IgA in blood, g/L	1,6	0,7-4,0
IgM в крови, г/л Level IgM in blood, g/L	1,96	0,4-2,3
IgG в крови, г/л Level IgG in blood, g/L	12,05	7-16
IgE в крови, МЕ/мл Level IgE in blood, U/mL	11,9	0-87
Лейкоциты, × 10⁹/л Leukocytes, × 10 ⁹ /L	6,4	3,8-8,6
Эритроциты, × 10¹²/л Red blood cells, × 10 ¹² /L	4,8	3,5-5,2
Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g/l	150	110-150
Тромбоциты, × 10⁹/л Platelets, × 10 ⁹ /L	256	140-360
Нейтрофилы, × 10⁹/л Neutrophils, × 10 ⁹ /L %	4,54 71	1,52-6,62 40-77
Лимфоциты, × 10⁹/л Lymphocytes, × 10 ⁹ /L %	1,49 23	0,72-3,35 19-39
Моноциты, × 10⁹/л Monocytes, × 10 ⁹ /L %	0,29 4,5	0,11-1,03 3-12
Эозинофилы, × 10⁹/л Eosinophils, × 10 ⁹ /L %	0,05 0,8	0,03-0,60 1-7
Базофилы, × 10⁹/л Basophils, × 10 ⁹ /L %	0,02 0,4	0,00-0,11 0-1
Скорость оседания эритроцитов по Вестергрену, мм/ч Erythrocyte sedimentation rate according to Westergren, mm/h	8	0-20
Т-лимфоциты (CD3⁺), кл/мкл T lymphocytes, cells/μL %	1208 81	1100-1900 60-85
В-лимфоциты (CD22⁺), кл/мкл B lymphocytes, cells/μL %	89 6	50-600 1-15
НК-клетки, кл/мкл NK cells, cells/μL %	104 7	6-29 200-600
Т-хелперы, кл/мкл T helper cells, cells/μL %	746 50	700-1400 29-59

Таблица 2 (окончание)
Table 2 (continued)

Показатель Laboratory test	Результат Result	Референтный интервал Reference range
Т-цитотоксические, кл/мкл Cytotoxic T cells, cells/ μ L %	418 28	500-1100 19-46
Иммунорегуляторный индекс, ед. Immunoregulatory index, units CD4 ⁺ /CD8 ⁺ ratio	1,79	1,0-1,5
ФП, % Phagocytic index, %	42	40-90
ФЧ, ед. Phagocytic number, units	2,5	1,0-2,5
ИС, ед. Stimulation index, units	6	20,4-74,2

которых основаны данные методы, объясняет и отсутствие корреляционной взаимосвязи между индексом стимуляции и показателями фагоцитоза, полученными методом простой визуальной оценки, описанными выше.

Заключение

Таким образом, определение фагоцитарной активности нейтрофилов методом проточной ци-

тофлуориметрии характеризуется целым рядом преимуществ, среди которых хорошие аналитические характеристики, возможность проведения контроля качества для каждого пациента, высокая чувствительность и надежность. В совокупности это дает право рекомендовать данный метод для проведения скрининговых исследований фагоцитарного звена у пациентов с первичными иммунодефицитами.

Список литературы / References

1. Хайдуков С.В., Зурочка А.В. Возможности проточной цитофлуориметрии в диагностике инфекционных заболеваний. Часть 3 // Инфекция и иммунитет, 2011. Т. 1, № 3. С. 221-230. [Khaidukov S.V., Zurochka A.V. Opportunities of the flow cytometry in diagnostics of infectious diseases. Part 3. *Infektsiya i immunitet = Russian Journal of Infection and Immunity*, 2011, Vol. 1, no. 3, pp. 221-230. (In Russ.)] doi: 10.15789/2220-7619-2011-3-221-230.
2. Фриммель Г. Иммунологические методы. М.: Медицина, 1987. 472 с. [Frimmel G. Immunological methods]. Moscow: Meditsina, 1987. 472 p.
3. Dinanuer M.C. Primary immune deficiencies with defects in neutrophil function. *Hematology Am. Soc. Hematol. Educ. Program*, 2016, Vol. 2016, Iss. 1, pp. 43-50.
4. Liew P.X., Kubes P. The neutrophil's role during health and disease. *Physiol. Rev.*, 2019, Vol. 99, Iss. 2, pp. 1223-1248.
5. Pilaian R.K., Rawat A., Shandilya J., Arora K., Gupta A., Saikia B., Sharma M., Kaur G., Singh S. Pediatric systemic lupus erythematosus: phagocytic defect and oxidase activity of neutrophils. *Pediatr. Res.*, 2022, Vol. 92, pp. 1535-1542.

Авторы:

Шушкова И.Г. — к.м.н., ассистент кафедры лучевой, функциональной и лабораторной диагностики, Институт непрерывного медицинского и фармацевтического образования ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»; заведующая лабораторией ГУЗ «Консультативно-диагностическая поликлиника № 2», г. Волгоград, Россия

Authors:

Shushkova I.G., PhD (Medicine), Assistant Professor, Department of Radiation, Functional and Laboratory Diagnostics, Institute of Continuing Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University; Head of Laboratory, Consultative and Diagnostic Polyclinic No. 2, Volgograd, Russian Federation

Панина А.А. — д.м.н., профессор кафедры лучевой, функциональной и лабораторной диагностики, Институт непрерывного медицинского и фармацевтического образования ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»; главный врач ГУЗ «Консультативно-диагностическая поликлиника № 2», г. Волгоград, Россия

Никulina Л.В. — врач клинической лабораторной диагностики ГУЗ «Консультативно-диагностическая поликлиника № 2», г. Волгоград, Россия

Павловская В.Н. — ассистент кафедры лучевой, функциональной и лабораторной диагностики, Институт непрерывного медицинского и фармацевтического образования ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»; заведующая лабораторией ГУЗ «Консультативно-диагностическая поликлиника № 2», г. Волгоград, Россия

Олейникова И.С. — ассистент кафедры лучевой, функциональной и лабораторной диагностики, Институт непрерывного медицинского и фармацевтического образования ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»; врач клинической лабораторной диагностики ГУЗ «Консультативно-диагностическая поликлиника № 2», г. Волгоград, Россия

Panina A.A., PhD, MD (Medicine), Professor, Department of Radiation, Functional and Laboratory Diagnostics, Institute of Continuing Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University; Chief Medical Officer, Consultative and Diagnostic Polyclinic No. 2, Volgograd, Russian Federation

Nikulina L.V., Doctor of Clinical Laboratory Diagnostics, Consultative and Diagnostic Polyclinic No. 2, Volgograd, Russian Federation

Pavlovskaya V.N., Assistant Professor, Department of Radiation, Functional and Laboratory Diagnostics, Institute of Continuing Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University; Head of Laboratory, Consultative and Diagnostic Polyclinic No. 2, Volgograd, Russian Federation

Oleinikova I.S., Assistant Professor, Department of Radiation, Functional and Laboratory Diagnostics, Institute of Continuing Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University; Doctor of Clinical Laboratory Diagnostics, Consultative and Diagnostic Polyclinic No. 2, Volgograd, Russian Federation

Поступила 23.05.2024
Отправлена на доработку 07.10.2024
Принята к печати 14.09.2024

Received 23.05.2024
Revision received 07.10.2024
Accepted 14.09.2024