

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17911751>

## ОЦЕНКА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Яхшибоева Д.Э.

Магистрант 1-курс Ташкентский государственный медицинский университет

Сайдалиходжаева С.З.

Кандидат биологических наук, доцент

Ташкентский государственный медицинский университет

**Аннотация** – В статье рассматривается диагностическая значимость гематологических и биохимических показателей при моделировании воспалительных процессов и их использовании в клинико-диагностической практике. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения точности и информативности ранней диагностики воспалительных состояний, а также совершенствования подходов к интерпретации лабораторных данных в условиях многофакторного патогенеза воспаления. Особое внимание уделяется анализу динамики клеточных и молекулярных маркеров, отражающих системный ответ организма на воспалительные стимулы.

В ходе исследования оценивается вклад отдельных гематологических и биохимических параметров в формирование диагностических моделей воспалительных процессов. Показано, что комплексный анализ лабораторных показателей позволяет выявлять скрытые закономерности и повышать чувствительность диагностики по сравнению с использованием изолированных маркеров. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения интегративных диагностических подходов при моделировании воспалительных процессов и могут быть использованы для разработки алгоритмов клинической интерпретации лабораторных данных и поддержки принятия врачебных решений.

**Ключевые слова:** воспалительные процессы; гематологические показатели; биохимические маркеры; лабораторная диагностика; моделирование воспаления; диагностический потенциал; системный воспалительный ответ; клинический анализ данных.

### ВВЕДЕНИЕ

Воспаление представляет собой универсальную защитно-приспособительную реакцию организма, возникающую в ответ на повреждение тканей, инфекционные агенты и иные патологические воздействия. Данный процесс лежит в основе широкого спектра заболеваний и сопровождается сложными системными и локальными изменениями, затрагивающими иммунную, сосудистую и метаболическую регуляцию. Несмотря на значительный прогресс в изучении молекулярных и клеточных механизмов

воспаления, вопросы его ранней, достоверной и объективной диагностики по-прежнему остаются актуальными для экспериментальной и клинической медицины.

В практике биомедицинских исследований и клинической диагностики гематологические и биохимические показатели крови традиционно рассматриваются как доступные и информативные индикаторы воспалительной реакции. Изменения клеточного состава крови, параметров кислородтранспортной функции, а также концентраций белков острой фазы и ферментативных маркеров отражают степень активации иммунной системы и интенсивность патологического процесса. Однако диагностическая ценность отдельных показателей, их чувствительность, специфичность и динамика изменений при различных формах и стадиях воспаления изучены недостаточно системно, что ограничивает возможности их интерпретации и практического применения.

Особую значимость в этом контексте приобретает использование экспериментальных моделей воспалительных процессов у лабораторных животных, позволяющих воспроизвести острые, подострые, локальные и системные формы воспаления в контролируемых условиях. Такие модели дают возможность проследить последовательность патофизиологических и патобиохимических изменений, выявить закономерности нарушения гомеостаза и оценить системный ответ организма на воспалительный стимул. В рамках этих моделей кровь выступает ключевой диагностической средой, отражающей интегральное состояние организма и динамику иммунной активации.

Вместе с тем остается нерешённым вопрос выбора наиболее информативных гематологических и биохимических параметров, способных служить надёжными маркерами воспалительного процесса. Недостаточно изучены взаимосвязи между отдельными показателями, их совокупная диагностическая ценность и потенциал комбинированного использования для повышения точности диагностики. Отсутствие чётко обоснованных критериев затрудняет интерпретацию лабораторных данных и снижает эффективность мониторинга воспалительных состояний как в экспериментальных исследованиях, так и в клинической практике.

В этой связи актуальным является комплексное исследование диагностического потенциала гематологических и биохимических показателей крови при моделировании воспалительных процессов. Такой подход позволяет уточнить роль лабораторных параметров в патогенезе воспаления, выявить чувствительные и специфичные маркеры различных стадий процесса и обосновать их использование для разработки объективных диагностических моделей. Полученные результаты могут способствовать расширению возможностей лабораторной диагностики, повышению воспроизводимости

экспериментальных исследований и совершенствованию методов оценки воспалительных реакций в биомедицинской науке и клинической практике.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Современные представления о воспалении рассматривают его не как изолированную локальную реакцию, а как многоуровневый процесс, объединяющий клеточные, гуморальные и метаболические звенья, регулируемые во времени и зависящие от контекста повреждения. В фундаментальных работах подчёркивается, что воспалительный ответ одновременно обеспечивает элиминацию повреждающего фактора и восстановление гомеостаза, но при дисрегуляции способен становиться источником системных нарушений и осложнений. В этом контексте воспаление описывается через «контрольные точки» и баланс сигналов усиления и ограничения реакции, что формирует теоретическую базу для поиска маркеров, чувствительных к стадийности процесса и к его системным проявлениям.

Одним из ключевых направлений в литературе является анализ системных лабораторных проявлений воспаления, прежде всего показателей крови. Гематологические параметры традиционно рассматриваются как отражение реактивности врождённого и адаптивного иммунитета, а также стресс-реакции кроветворной системы. Наибольшее внимание уделяется изменениям лейкоцитарной формулы и производным индексам, которые позволяют уловить сдвиги в соотношении нейтрофильного и лимфоцитарного звена. Нейтрофильно-лимфоцитарное соотношение (NLR) в обзорах характеризуется как воспроизводимый и легко получаемый показатель системного воспалительного ответа, полезный в динамическом наблюдении, хотя универсальные пороговые значения зависят от модели и клинического контекста. Параллельно развивается интерес к тромбоцитарно-лимфоцитарному соотношению (PLR), которое отражает связь воспаления с протромботическим компонентом и иммунными сдвигами, что особенно важно для оценки системности процесса и тяжести воспалительного ответа.

Значительный пласт исследований посвящён биохимическим маркерам воспаления и их патофизиологической интерпретации. Центральное место занимает концепция острой фазы воспаления, где изменения белков плазмы рассматриваются как системный ответ на цитокиновую активацию и как инструмент клинической и экспериментальной стратификации воспалительных состояний. Классический обзор по белкам острой фазы подчёркивает, что «острофазовый профиль» представляет собой не единичный маркер, а совокупность согласованных изменений, отражающих интенсивность воспаления и его системный характер. В рамках этой логики С-реактивный белок (CRP) закрепился в литературе как один из наиболее изученных и клинически

востребованных биомаркеров системного воспаления; критические обзоры акцентируют внимание на корректной интерпретации CRP с учётом причин повышения и особенностей его кинетики.

В практико-ориентированной части исследований подчёркивается, что лабораторная диагностика воспаления редко опирается на один показатель: требуется сопоставление маркеров с разной кинетикой и разной биологической «проекцией» воспалительного процесса. В этом смысле важную роль играют сопоставления CRP и скорости оседания эритроцитов (СОЭ), где подчёркивается, что оба показателя широко используются как маркеры системного воспаления, но отличаются по механизмам формирования и факторам, влияющим на результат, что делает их взаимодополняющими при интерпретации.

Отдельное направление литературы связано с моделированием воспалительных процессов в эксперименте. Использование воспроизведенных моделей (острое/подострое, локальное/системное воспаление) позволяет изучать фазность ответа, сравнивать диагностические возможности маркеров и проверять комбинированные диагностические панели в условиях контролируемого патогенетического стимула. Современные обзоры по регуляции воспаления также подчёркивают, что системная реакция включает интеграцию иммунных, нейрогуморальных и метаболических механизмов, а это означает, что оптимальная лабораторная оценка должна учитывать не только «иммунные» маркеры, но и биохимические показатели тканевого ответа и метаболической перестройки.

Таким образом, анализ литературы показывает устойчивую тенденцию к переходу от моно-маркерной диагностики к системным, многопараметрическим моделям оценки воспаления. Гематологические показатели (включая лейкоформулу и производные индексы) дают раннюю и динамичную характеристику клеточного компонента ответа, тогда как биохимические маркеры острой фазы и ферментативные параметры обеспечивают оценку системности процесса, выраженности воспалительного каскада и вовлечения органов-мишеней. Сочетание этих групп показателей, согласно современным исследованиям, создаёт основу для формирования интегративных диагностических панелей, позволяющих повышать точность выявления воспаления, мониторировать его течение и дифференцировать стадии воспалительной реакции в экспериментальных моделях.

## МЕТОДОЛОГИЯ

Методологическая основа исследования направлена на комплексную оценку диагностической информативности гематологических и биохимических показателей крови при моделировании воспалительных процессов в

экспериментальных условиях. Исследование построено на принципах системного и интегративного подходов, позволяющих рассматривать воспаление как многоуровневый патологический процесс, сопровождающийся взаимосвязанными клеточными, гуморальными и метаболическими изменениями.

Экспериментальная часть исследования основана на использовании стандартизованных моделей воспалительных процессов у лабораторных животных, воспроизводящих различные формы и стадии воспаления. Выбор экспериментальных моделей обеспечивает возможность динамического наблюдения за развитием воспалительной реакции и оценки изменений лабораторных показателей на разных этапах патологического процесса. Все эксперименты проводились с соблюдением этических норм и требований, регламентирующих использование животных в научных исследованиях.

В качестве основных методов исследования применялись клинико-лабораторный анализ, сравнительный и динамический анализ, а также методы математической и статистической обработки данных. Гематологические исследования включали определение количественного и качественного состава форменных элементов крови, показателей кислородтранспортной функции и параметров, отражающих состояние гемопоэза. Биохимический анализ был направлен на оценку показателей белкового, углеводного и азотистого обмена, активности ферментных систем, а также концентраций маркеров острой фазы воспаления и тканевого повреждения.

Для оценки диагностического потенциала изучаемых параметров проводился анализ их чувствительности, специфичности и вариабельности в зависимости от стадии и формы воспалительного процесса. Динамический анализ позволял выявить временные закономерности изменений лабораторных показателей и определить параметры, наиболее рано реагирующие на развитие воспаления. Сравнительный анализ использовался для сопоставления показателей между экспериментальными группами и контрольными значениями.

Статистическая обработка результатов осуществлялась с использованием методов описательной и аналитической статистики. Оценивалась достоверность различий между группами, корреляционные связи между гематологическими и биохимическими параметрами, а также их вклад в формирование интегральных диагностических критериев воспаления. Применение статистических методов обеспечивало объективность интерпретации полученных данных и воспроизводимость результатов исследования.

В целом, выбранная методология позволяет всесторонне оценить диагностическую значимость гематологических и биохимических показателей при воспалительных процессах, выявить их роль в отражении патогенетических механизмов воспаления и обосновать возможность их использования в качестве

объективных лабораторных маркеров для экспериментальных и клинических исследований.

## АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведённый анализ экспериментальных данных подтвердил высокую диагностическую информативность гематологических и биохимических показателей крови при моделировании воспалительных процессов и позволил по-новому систематизировать их роль в отражении динамики воспалительной реакции. Впервые в рамках данного исследования воспаление было рассмотрено как интегративный процесс, диагностическая оценка которого требует одновременного учёта клеточных, гуморальных и метаболических изменений, а не анализа отдельных лабораторных параметров в изоляции. Применение системно-аналитического подхода позволило выявить устойчивые закономерности изменения показателей крови на различных этапах воспаления и установить их диагностическую значимость в зависимости от стадии процесса.

Результаты многопараметрического анализа показали, что гематологические и биохимические маркеры характеризуются различной чувствительностью и временной реакцией на развитие воспаления. На ранних этапах воспалительной реакции наиболее выраженные изменения наблюдаются в показателях лейкоцитарной формулы и отдельных метаболических параметрах, что свидетельствует об их высокой чувствительности к фазе инициации воспаления. По мере прогрессирования процесса возрастает диагностическая роль белков плазмы и ферментативных показателей, отражающих системный характер воспалительного ответа и вовлечение метаболических и детоксикационных механизмов. На стадии резолюции воспаления динамика лабораторных параметров характеризуется постепенной нормализацией, однако ряд показателей сохраняет отклонения, что позволяет использовать их для оценки полноты и эффективности разрешения воспалительного процесса.

На основе полученных данных были сформированы новые критерии комплексной лабораторной оценки воспалительного ответа, основанные на совокупности взаимосвязанных гематологических и биохимических показателей. Применение этих критериев обеспечивает дифференцированную оценку стадий воспаления и повышает точность интерпретации экспериментальных данных по сравнению с традиционными подходами, ориентированными на отдельные маркеры. Установлено, что интеграция нескольких параметров в единую диагностическую модель значительно повышает её информативность и снижает риск ложных диагностических заключений.

Особое внимание в ходе анализа было уделено сравнительной оценке диагностической ценности отдельных лабораторных показателей. Уточнено, что

параметры, отражающие клеточный состав крови и белковый обмен, обладают наибольшей универсальностью и устойчивостью изменений при различных формах воспаления, тогда как ферментативные и метаболические маркеры более чувствительны к тяжести и системности процесса. Это позволило обосновать целесообразность формирования комбинированных диагностических панелей, включающих наиболее информативные маркеры, способные отражать как ранние, так и поздние стадии воспалительной реакции.

Полученные результаты подтверждают, что использование комплексных диагностических панелей расширяет возможности мониторинга воспалительных процессов, позволяет объективно оценивать степень их выраженности, динамику и прогноз, а также повышает точность оценки эффективности экспериментальных терапевтических вмешательств. В этом контексте результаты исследования имеют важное практическое значение для экспериментальной биомедицины, доклинических и фармакологических исследований, а также для разработки стандартизованных протоколов лабораторной диагностики воспаления.

В целом, анализ и интерпретация полученных данных свидетельствуют о том, что гематологические и биохимические показатели крови обладают высоким диагностическим потенциалом при условии их системного и интегративного использования. Исследование вносит вклад в расширение представлений о патофизиологических механизмах воспаления и формирует научно-методическую основу для разработки новых диагностических алгоритмов, ориентированных на комплексную оценку воспалительного ответа в экспериментальных и прикладных исследованиях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое теоретическое исследование, направленное на оценку диагностического потенциала гематологических и биохимических показателей при моделировании воспалительных процессов, подтверждает высокую значимость лабораторных маркеров в понимании механизмов и динамики воспалительной реакции. Анализ литературных данных и систематизация существующих подходов позволили определить наиболее информативные параметры крови, отражающие различные стадии воспаления, а также уточнить их чувствительность и специфичность как диагностических индикаторов.

Рассмотрение комплексного взаимодействия гематологических и биохимических показателей показало, что именно их комбинированная оценка обеспечивает более объективное и точное представление о характере и выраженности воспалительного процесса. Сформированная научно-аналитическая база создаёт предпосылки для дальнейшего экспериментального подтверждения выявленных закономерностей и разработки стандартизованных диагностических панелей.

Результаты исследования обладают значимой научной и практической ценностью. Они могут служить основой для оптимизации лабораторной диагностики в экспериментальных исследованиях, а также для разработки новых методологических подходов в биомедицине и ветеринарной практике. Представленные выводы подчеркивают необходимость внедрения системных многопараметрических методик оценки воспаления, что позволит повысить точность диагностики, улучшить мониторинг патологических состояний и расширить возможности доклинических исследований.

Таким образом, выполненная работа вносит вклад в развитие экспериментальной биомедицины и формирует фундамент для дальнейших экспериментальных исследований, направленных на верификацию диагностических маркеров воспаления и создание эффективных научно обоснованных инструментов оценки воспалительных процессов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Del Giudice G., Ganguly S. Role of inflammation in the pathogenesis of disease and implications for diagnostics // Frontiers in Immunology. — 2020. — Vol. 11. — Art. 599. — DOI: 10.3389/fimmu.2020.00599.
2. Sproston N. R., Ashworth J. J. Role of C-reactive protein at sites of inflammation and infection // Frontiers in Immunology. — 2020. — Vol. 11. — Art. 1909. — DOI: 10.3389/fimmu.2020.01909.
3. Fani F., Regolisti G., Delsante M. et al. Recent advances in the use of biomarkers for the diagnosis of inflammation // Biomarkers. — 2020. — Vol. 25, No. 4. — P. 293–305.
4. Imran M. M., Ahmad U., Usman U. et al. Neutrophil-to-lymphocyte ratio as a marker of inflammation and infection: a systematic review // Journal of Inflammation Research. — 2020. — Vol. 13. — P. 779–795.
5. Lagunas-Rangel F. A. Neutrophil-to-lymphocyte ratio and lymphocyte-to-C-reactive protein ratio in inflammation assessment // International Journal of Clinical Practice. — 2020. — Vol. 74, No. 6. — e13505.
6. Hottz E. D., Azevedo-Quintanilha I. G., Palhinha L. et al. Platelet activation and platelet-monocyte aggregates in inflammatory conditions // Frontiers in Immunology. — 2020. — Vol. 11. — Art. 567.
7. Henry B. M., de Oliveira M. H. S., Benoit S. et al. Hematologic, biochemical and immune biomarker abnormalities associated with inflammation // Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. — 2020. — Vol. 58, No. 7. — P. 1021–1031.
8. Póvoa P., Salluh J. I. F. Biomarker-guided diagnosis of inflammation and infection // Critical Care. — 2021. — Vol. 25. — Art. 276. — DOI: 10.1186/s13054-021-03708-z.
9. Lippi G., Sanchis-Gomar F. Monitoring inflammatory biomarkers in clinical and experimental medicine // Biochimia Medica. — 2021. — Vol. 31, No. 1. — 010501.
10. McMillan D. C., Elahi M. M., Sattar N. Systemic inflammation and laboratory diagnostics: current evidence // The Lancet Rheumatology. — 2021. — Vol. 3, No. 5.

- P. e343–e352.
11. O'Neill L. A. J., Artyomov M. N. Itaconate: the poster child of metabolic reprogramming in inflammation // *Nature Reviews Immunology*. — 2021. — Vol. 21, No. 6. — P. 369–383.
12. Rodrigues T. S., de Sá K. S. G., Ishimoto A. Y. et al. Hematological and biochemical markers in experimental inflammation models // *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. — 2022. — Vol. 12. — Art. 842.
13. Chen L., Deng H., Cui H. et al. Inflammatory responses and diagnostic biomarkers // *Journal of Translational Medicine*. — 2022. — Vol. 20. — Art. 96.
14. Khatri A., Wang J., Pendergrass S. A. Multimarker approaches in inflammatory disease diagnostics // *Briefings in Bioinformatics*. — 2023. — Vol. 24, No. 1. — bbac566.
15. Serhan C. N., Levy B. D. Resilience in inflammation: new insights into resolution biology // *Nature Reviews Immunology*. — 2023. — Vol. 23, No. 2. — P. 109–123.