



Article

Роль воспалительных маркеров и врождённого иммунитета в прогнозировании тяжести внебольничной пневмонии у детей

Н.Х.Абриева *¹, З.Ф.Сафаров ¹, Д.Р. Сабиров ²,

¹ кафедра экстренной медицины, медицины катастроф Ташкентского государственного медицинского университета, Ташкент, 100140, Узбекистан

² Администрация, Национальный детский медицинский центр, Ташкент, 100171, Узбекистан
nodiraabrieva@gmail.com (Н.А.), zafarsafarovf@gmail.com (З.С.)

* Correspondence: nodiraabrieva@gmail.com; Tel.: +998 90 7328263 (Н.А.)

Аннотация:

Цель. Оценить диагностическую и прогностическую ценность воспалительных маркеров и показателей врождённого иммунитета у детей с различной степенью тяжести внебольничной пневмонии.

Материалы и методы. В исследование включено 80 детей (40 с лёгким течением ВП и 40 с тяжёлым). Проведён статистический анализ ключевых показателей воспаления и врождённого иммунитета (лейкоциты, лимфоциты, CD16+, CD64+, фагоцитоз, прокальцитонин, С-реактивный белок). Для проверки различий использовались t-тест и U-тест, оценка силы различий проводилась с использованием критерия Cohen's d

Результаты. Наиболее значимые различия выявлены по уровням лейкоцитов, лимфоцитов, прокальцитонина, С-реактивного белка, CD64+ и фагоцитоза. Эти показатели достоверно связаны с тяжёлым течением заболевания. CD16+ не показал статистической значимости, но может быть полезен в комплексной оценке.

Заключение. Включение данных маркеров в алгоритмы стратификации риска и мониторинга состояния пациентов повышает точность диагностики и эффективность терапии.

Ключевые слова: внебольничная пневмония, дети, воспалительные маркеры, врождённый иммунитет, прокальцитонин, С-реактивный белок, CD64+, фагоцитоз.

The Role of Inflammatory Markers and Innate Immunity in Predicting the Severity of Community-Acquired Pneumonia in Children

Nodira H.Abrueva *¹, Zafar F.Safarov ¹, D.R. Sabirov ²

¹ Department of Emergency Medicine, Disaster Medicine of the Tashkent State Medical University, Tashkent, 100140, Uzbekistan
² Administration, National Children's Medical Center, Tashkent, 100171, Uzbekistan

nodiraabrieva@gmail.com (N.A.,), e-mail@e-mail.com (Z.S.)

Abstract:

Aim. To evaluate the diagnostic and prognostic value of inflammatory markers and innate immunity indicators in children with varying severity of community-acquired pneumonia.

Materials and methods. The study included 80 children (40 with mild CAP and 40 with severe CAP). A statistical analysis of key indicators of inflammation and innate immunity (leukocytes, lymphocytes, CD16+, CD64+, phagocytosis, procalcitonin, C-reactive protein) was performed. To assess differences, the t-test and U-test were applied, and the strength of differences was evaluated using Cohen's d criterion.

Results. The most significant differences were identified in the levels of leukocytes, lymphocytes, procalcitonin, C-reactive protein, CD64+, and phagocytosis. These indicators were reliably associated

Цитирование: Н.Х.Абриева, З.Ф.Сафаров, Д.Р. Сабиров., Роль воспалительных маркеров и врождённого иммунитета в прогнозировании тяжести внебольничной пневмонии у детей. 2025, 3, 3, 2. <https://doi.org/>

Полученный: 10.07.2025

Исправленный: 18.07.2025

Принято: 25.09.2025

Опубликованный: 30.09.2025

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted to for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

with severe disease progression. CD16+ did not show statistical significance but may still be useful in comprehensive assessment.

Conclusion. The inclusion of these markers in risk stratification algorithms and patient monitoring enhances diagnostic accuracy and therapeutic effectiveness.

Key words: community-acquired pneumonia, children, inflammatory markers, innate immunity, procalcitonin, C-reactive protein, CD64+, phagocytosis.)

Введение

Внебольничная пневмония (ВП) является одной из наиболее распространённых инфекций дыхательных путей у детей и представляет серьёзную проблему для современной педиатрии. Тяжёлые формы заболевания сопровождаются высокой частотой осложнений и требуют своевременной диагностики и адекватной терапии. Внебольничная пневмония (ВП) — это острое заболевание, возникающее вне стационара (или не ранее 4 недель после выписки из него, или диагностированное в течение первых 48 часов после госпитализации).

ВП является одной из ведущих причин заболеваемости и смертности у детей раннего возраста. Она занимает доминирующую позицию в структуре смертности от заболеваний нижних дыхательных путей и ассоциирована с неблагоприятным прогнозом. Согласно литературным данным, заболеваемость пневмониями составляет около 15–20 случаев на 1000 детей первых трех лет жизни и примерно 5–6 случаев на 1000 детей старше 3 лет. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), пневмония является одной из главных причин детской смертности во всем мире. На ее долю приходится 17,5% всех летальных случаев среди детей до 5 лет, что ежегодно составляет около 1,1 миллиона смертей. При этом 99% летальных исходов от пневмонии у детей до 5 лет происходят в странах с низким и средним уровнем дохода. Каждый год в мире регистрируется около 156 миллионов случаев пневмонии у детей, из которых примерно 2 миллиона заканчиваются летальным исходом. В 2019 году от пневмонии умерло 740 180 детей в возрасте до пяти лет, что составляет 14% всех случаев смерти в этой возрастной группе. Среди детей в возрасте от одного года до пяти лет на все формы пневмонии приходится 22% всех случаев смерти [1,4,13,15,16]. Проблема оценки степени риска и прогнозирования исходов лечения у детей имеет важное практическое значение. Иммунологические биомаркеры, включая иммуноглобулины, клеточные субпопуляции и показатели воспаления, играют ключевую роль в патогенезе ВП. Их исследование позволяет выявить особенности иммунного ответа, оценить тяжесть заболевания и прогнозировать исход. Анализ уровней иммуноглобулинов (IgA, IgM, IgG) даёт возможность оценить реакцию иммунной системы на инфекцию, определить особенности воспалительного процесса и уточнить этиологию заболевания. Особое значение имеют маркеры врождённого иммунитета (CD64+, фагоцитоз, NK-клетки), а также классические показатели воспаления (лейкоциты, лимфоциты, прокальцитонин, С-реактивный белок). Комплексная оценка этих параметров может стать основой для разработки алгоритмов стратификации риска и оптимизации мониторинга состояния пациентов. [13,14,17,18].

Материалы и методы

В исследование включено 80 детей (40 с лёгким течением ВП и 40 с тяжёлым). Проведён статистический анализ ключевых показателей воспаления и врождённого иммунитета (лейкоциты, лимфоциты, CD16+, CD64+, фагоцитоз, прокальцитонин, С-реактивный белок). Для проверки различий использовались t-тест и U-тест, оценка силы различий проводилась с использованием критерия Cohen's d.

Результаты

Результаты статистического анализа иммунологических показателей у детей с различной степенью тяжести внебольничной пневмонии. Проведённый анализ позволил оценить диагностическую значимость каждого маркера и определить их потенциал в качестве прогностических критериев тяжёлого течения заболевания. Особое внимание удалено различиям в уровнях иммунологических биомаркеров, что особенно актуально для детей раннего возраста в связи с незрелостью их иммунной системы и повышенной чувствительностью к респираторным патогенам.

Анализ показал, что наиболее значимые различия наблюдаются по уровням лейкоцитов, лимфоцитов, прокальцитонина, С-реактивного белка, CD64+ и показателям фагоцитарной активности. Эти маркеры достоверно коррелируют с тяжёлым течением болезни и могут рассматриваться как потенциальные прогностические критерии. CD16+ не продемонстрировал статистической значимости, однако его включение в комплексную оценку может повысить точность стратификации риска.

Проанализированы ключевые показатели воспаления и врождённого иммунитета у пациентов с различными формами ВП и при выявлении статистически значимых различий между группами по указанным параметрам получены результаты, представленные в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, наиболее выраженные различия были обнаружены по уровню лейкоцитов. Проведённый t-тест показал высокую достоверность различий ($p=0,000$), при этом размер эффекта составил $d=-0,51$, что соответствует умеренной силе различий. Повышение уровня лейкоцитов свидетельствует об активации системного воспалительного процесса и подтверждает их роль как надёжного диагностического маркера тяжёлого течения заболевания.

Уровень лимфоцитов также был проанализирован с использованием t-теста. Полученные результаты ($p=0,000$; $d=0,51$ и $d=0,32$) указывают на статистически значимые различия между группами. Направление изменений — снижение, что соответствует лимфопении, характерной для тяжёлых форм воспаления и нарушения функционирования иммунной системы. Лимфопения отражает истощение адаптивного иммунного ответа и может рассматриваться как прогностический индикатор неблагоприятного течения болезни. Таким образом, лимфоциты подтверждают свою значимость как маркера тяжести заболевания и потенциального критерия для стратификации риска.

Классические маркеры бактериального воспаления — прокальцитонин и С-реактивный белок (СРБ) — также продемонстрировали достоверные различия между группами пациентов. У детей с тяжёлой формой ВП наблюдалось повышение уровней прокальцитонина ($p=0,000$; $d=-0,49$) и СРБ ($p=0,000$; $d=-0,31$). Эти показатели отражают системную инфекцию и активацию воспалительного каскада. Несмотря на относительно умеренные значения эффекта, их статистическая значимость подтверждает высокую диагностическую ценность и необходимость включения в алгоритмы ранней диагностики и мониторинга состояния пациентов.

CD64+, являющийся маркером активации нейтрофилов и моноцитов, показал наиболее выраженные различия между группами ($p=0,000$; $d=-0,80$). Повышение уровня CD64+ у пациентов с тяжёлым течением заболевания свидетельствует об усилении врождённого иммунного ответа и активации фагоцитарной системы. Высокая сила эффекта делает данный показатель одним из наиболее информативных для оценки тяжести воспалительного процесса и прогнозирования исхода заболевания.

Анализ фагоцитарной активности также выявил статистически значимые различия ($p=0,000$) при умеренном размере эффекта ($d=-0,48$). Эти данные могут указывать на относительную однородность врождённого иммунного ответа или на умеренную чувствительность показателя в данной выборке. Тем не менее, общая тенденция к повышению фагоцитарной активности подтверждает активацию врождённого иммунитета при более тяжёлом течении заболевания и подчёркивает его роль в формировании защитных механизмов организма.

В отличие от вышеуказанных маркеров, анализ CD16+ (естественных киллеров) не выявил статистически значимых различий ($p=0,068$), несмотря на наличие небольшого эффекта ($d=-0,06$). Это может быть связано с неоднородностью выборки или низкой чувствительностью данного показателя. Однако общая тенденция к повышению уровня CD16+ указывает на возможную роль NK-клеток в активации иммунного ответа при тяжёлых формах ВП, что требует дальнейшего изучения в более крупных выборках и с использованием дополнительных методов анализа.

Несмотря на то, что большинство параметров имеют средние значения Cohen's d, их статистическая значимость свидетельствует о наличии устойчивых различий между группами. Размер эффекта позволяет не только количественно оценить силу различий, но и повысить клиническую интерпретируемость результатов, что особенно важно для практической педиатрии и разработки персонализированных подходов к лечению.

Таблица 1. Статистический анализ результатов по воспалительным маркерам и по показателю врождённого иммунитета в обследуемых больных (n=80, стратификация 40/40)**Table 1.** Statistical analysis of inflammatory markers and innate immunity indicators in the examined patients (n = 80; stratification 40/40).

Параметр	p (F-тест)		Проверка равенства исперий (F-тест)	Выбор теста	Обоснования выбранного теста	p-value по выбранному тесту	Интерпретация p	Cohen's d-тест	Интерпретации p-значения+Cohen's d	Диагностическая подсказка по основному группу
Лейкоциты $\times 10^9/\text{л}$	0,272	РД	t-тест	t-тест: различия значимы	0,000	ЕСЗР	-0,51	Незначимые, но сильные различия	▲	
Лимфоциты %	0,448	РД	t-тест	t-тест: различия значимы	0,001	ЕСЗР	0,28	Незначимые, но сильные различия	▼	
Лимфоциты $\times 10^9/\text{л}$	0,277	РД	t-тест	t-тест: различия значимы	0,000	ЕСЗР	0,51	Незначимые, но сильные различия	▼	
CD16+ (естественные киллеры)	0,951	РД	U-тест	U-тест (выбросы)	0,068	ЕСЗР	-0,06	Незначимые, но сильные различия	▲	
CD64+	0,181	РД	t-тест	t-тест: различия значимы	0,000	ЕСЗР	-0,80	Незначимые, но сильные различия	▲	
ФАГОЦИТОЗ	0,000	НРД	U-тест	U-тест (выбросы)	0,000	ЕСЗР	-0,48	Незначимые, но сильные различия	▲	
Прокальцитонин в крови	0,000	НРД	U-тест	U-тест (выбросы)	0,000	ЕСЗР	-0,49	Незначимые, но сильные различия	▲	
С-реактивный белок	0,051	РД	t-тест	t-тест: различия значимы	0,000	ЕСЗР	-0,31	Незначимые, но сильные различия	▲	

Примечание; d-тест – размер эффекта. РД – равная дисперсия (p (F-тест) $>0,05$), НРД – неравная дисперсия (p (F-тест) $<0,05$). ЕСЗР – есть статистические значимые различий ($p <0,05$ по выбранному тесту); НСЗР – нет статистические значимые различий ($p>0,05$ по выбранному тесту). ▲ – повышение; ▼ – уменьшение.

Повышение уровня лейкоцитов, прокальцитонина, С-реактивного белка и CD64+ отражает активацию воспалительного и врождённого иммунного ответа, характерного для тяжёлого течения заболевания. Снижение количества лимфоцитов подтверждает наличие иммунной дисфункции и может служить надёжным прогностическим индикатором.

Заключение

Проведённый анализ воспалительных маркеров и показателей врождённого иммунитета у детей с различной степенью тяжести внебольничной пневмонии позволил выявить ряд параметров, достоверно связанных с тяжёлым течением заболевания. Наиболее информативными оказались: лейкоциты, лимфоциты, прокальцитонин, С-реактивный белок, CD64+ и фагоцитоз. Их комплексная оценка может существенно повысить точность диагностики, улучшить стратификацию риска и повысить эффективность терапии. Показатели, не обладающие статистической значимостью (например, CD16+), имеют ограниченную диагностическую ценность, однако их использование в составе расширенного иммунологического профиля может быть полезным дополнением. Таким образом, результаты исследования подтверждают необходимость включения иммунологических биомаркеров в алгоритмы клинической практики для раннего выявления тяжёлых форм внебольничной пневмонии и оптимизации тактики ведения пациентов.

Вклад авторов.

Концептуализация, N.X.; методология, Z.S.; программное обеспечение, Z.S.; валидация, N.X.; формальный анализ, N.X. и Z.S.; исследование, N.X.; ресурсы, N.X.; кураторство данных, N.X. и Z.S.; написание оригинального текста, Z.S.; написание и редактирование, N.X. и Z.S.; визуализация, Z.S.; руководство, Z.S.; администрирование проекта, Z.S.; привлечение финансирования, N.X. Все авторы ознакомлены с опубликованной версией рукописи и согласны с ней.

Authors' contribution. A

Authors' Contributions: Conceptualization, N.X.; Methodology, Z.S.; Software, Z.S.; Validation, N.X., Formal Analysis, N.X. and Z.S.; Investigation, N.X.; Resources, N.X.; Data Curation, N.X. and Z.S.; Writing – Original Draft, Z.S.; Writing – Review Editing, Z.S.; Visualization, Z.S.; Supervision, Z.S.; Project Administration, Z.S.; Funding Acquisition, N.X. All authors have reviewed and agreed to the published version of the manuscript.

Источник финансирования.

Это исследование не получало внешнего финансирования.

Funding source.

This study did not receive external funding.

Соответствие принципам этики.

Это исследование было проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией и одобрено локальным этическим комитетом. Критерии включения участников в исследование предусматривали наличие письменного информированного согласия пациентов на проведение исследований. Критерии исключения включали отсутствие письменного согласия.

Ethics approval.

This study was conducted in accordance with the Helsinki Declaration and was approved by the local ethics committee. The inclusion criteria required written informed consent from patients for participation in the study. The exclusion criteria included the absence of written consent.

Информированное согласие на публикацию.

Все участники исследования предоставили письменное информированное согласие на участие в исследовании и использование полученных данных в научных публикациях.

Consent for publication.

All study participants provided written informed consent for participation in the study and the use of the obtained data in scientific publications

Заявление о доступности данных

Данные, полученные в ходе исследования, доступны по обоснованному запросу к соответствующим авторам. Ограничения на доступ к данным могут быть связаны с конфиденциальностью медицинской информации пациентов.

Data Availability Statement

The data obtained in this study are available upon reasonable request to the corresponding authors. Access restrictions may apply due to the confidentiality of patients' medical information.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Центру детской хирургии Самаркандского Медицинского Университета за предоставленные ресурсы и поддержку в проведении исследования. Также авторы благодарят всех пациентов, принявших участие в исследовании, и медицинский персонал, оказавший помощь в сборе клинических данных.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to the Center of Pediatric Surgery of Samarkand Medical University for the resources provided and support in conducting the study. The authors also thank all the patients who participated in the study and the medical staff for their assistance in collecting clinical data.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Исследование проводилось независимо и не имело финансовой или иной заинтересованности, способной повлиять на его результаты.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest. The study was conducted independently and had no financial or other interests that could have influenced its results.

Сокращения

В данной рукописи используются следующие сокращения:

ВП	Внебольничная пневмония.
ВОЗ	Всемирная организация здравоохранения
CD16+	иммунологический маркер, обозначающий клетки, на поверхности которых экспрессируется рецептор CD16
CD64+	клетки, на поверхности которых экспрессируется рецептор CD64 (FcRI), высокоаффинный рецептор к иммуноглобулинам класса IgG.
СРБ	C-реактивный белок
t-тест	t-критерий Стьюдента
U-тест	Тест Манна–Уитни
IgA	Иммуноглобулин A
IgM	Иммуноглобулин M
IgG	Иммуноглобулин G

Литература

- [1] McGill, T., et al. (2015). "Pediatric Respiratory Assessment Measure: a new tool for assessing respiratory distress in children." *Pediatric Pulmonology*.
- [2] Sharipov, A., Abrieva, N., Safarov, Z., Alimova, G. and Tilyakov, A. 2024. Epidemiological and etiopathogenetic features of mycoplasma pneumonia based on modern data of practical medicine. *Herald of the National Children's Medical Center*. 4, 1 (Mar. 2024), 7–13.
- [3] Safarov, Z. 2024. Modern approaches to the assessment of respiratory failure in children. *Herald of the National Children's Medical Center*. 4, 1 (Mar. 2024), 14–18.
- [4] Safarov, Z. F., Khakimov, D. P., Akhmataliyeva, M. A., Alimov, A. A. Diagnostic significance of the Algovert index for early recognition of shock in children. *Problems of modern science and education*. 2019;(5 (138)): 78–84.
- [5] Sharipov , A., Safarov, Z., Tilyakov, A., Abrieva, N. and Alimova, G. 2024. The use of integral methods for assessing the severity of the condition and predicting results in critical shock states in children. *Herald of the National Children's Medical Center*. 4, 1 (Mar. 2024), 30–36.
- [6] А. Шарипов, Ш. Кариева, З. Сафаров, А. Тиляков, и Н. Абриева, «Имитационные методы обучения при овладении навыками оказания неотложной медицинской помощи», hncmc, т. 4, вып. 1, сс. 19–23, мар. 2024.

- [7] А.М. Шарипов, З.Ф. Сафаров (2022). Интегральная оценка тяжести состояния и прогнозирование исходов детей с критическими состояниями. Вестник национального детского медицинского центра, (2), 95-99.
- [8] Н. Абриева и З. Сафаров, «Обзор по современным подходам к ранней диагностике тяжелого течения внебольничной пневмонии у детей раннего возраста», hncmc, т. 3, вып. 1, сс. 96–104, мар. 2025.
- [9] А. Шарипов, Н. Абриева, З. Сафаров, Г. Алимова, и А. Тиляков, «Эпидемиологические и этиопатогенетические особенности микоплазменной пневмонии на основе современных данных практической медицины», hncmc, т. 4, вып. 1, сс. 7–13, мар. 2024.
- [10] А. Шарипов, З. Сафаров, А. Тиляков, Н. Абриева, и Г. Алимова, «Использование интегральных методов оценки тяжести состояния и прогнозирования результатов при критических шоковых состояниях у детей», hncmc, т. 4, вып. 1, сс. 30–36, мар. 2024.
- [11] Сафаров Зафар Файзуллаевич, Абдуллаев Комилjon Гоуржонович, Шоикрамов Шоильес Шорасулович, Алимов Ахрор Абдурасулович (2018). Сравнение результатов разных интегральных оценочных систем для оценки степени тяжести критических состояний у детей. Проблемы современной науки и образования, (7 (127)), 90-97.
- [12] Сафаров Зафар Файзуллаевич, Шарипов Алишер Мирхамидович, Голубина Ирина Вячеславовна, Кариева Шахноза Абдукамаловна (2019). Сравнительный анализ интегральных оценочных систем для прогнозирования исходов критических состояний у детей. Медицина: теория и практика, 4 (S), 498-499
- [13] Сафаров Зафар Файзуллаевич, Шарипов Алишер Мирхамидович, Голубина Ирина Вячеславовна, Кариева Шахноза Абдукамаловна (2019). Диагностическая эффективность некоторых параметров центральной гемодинамики у детей при шоке. Вестник науки и образования, (9-1 (63)), 78-87.
- [14] Сафаров Зафар Файзуллаевич, Шоикрамов Шоильес Шорасулович, Алимов Ахрор Абдурасулович, Абдуллаев Комилjon Гоуржонович (2018). Применение шкалы SOFA в прогнозировании исходов критических состояний у детей. Проблемы современной науки и образования, (7 (127)), 82-90.
- [15] Сафаров, З., Шарипов, А., Алимов, А., Расулов, А., Усманов, Р. (2023). Прогнозирование исходов критических состояний у детей в процессе оказание экстренной медицинской помощи. Журнал биомедицины и практики, 1(3/2), 277–283. <https://doi.org/10.26739/2181-9300-2021-3-124>
- [16] Хакимов Джасур Пулатович, Сафаров Зафар Файзуллаевич, Кариева Шахноза Абдукамаловна (2017). Влияние психосоматических нарушений у новорожденных на развитие у них острых дыхательных расстройств. Проблемы науки, (4 (17)), 93-97.
- [17] Хакимов, Д. П., Сафаров, З. Ф., Кариева, Ш. А. Роль психосоматических нарушений у новорожденных на развитие у них острых дыхательных расстройств.
- [18] Хакимов, Д.П., Умарова, З.С., Нигматова, Л.М., et al. Роль эмоционального дисстресса в развития острых респираторных и диарейных заболеваний у детей. In: Buletin de perinatologie. 2013, нр. 2-3(58-59), p. 307. ISSN 1810-5289.

Отказ от ответственности/Примечание издателя: Заявления, мнения и данные, содержащиеся во всех публикациях, принадлежат исключительно отдельным лицам. Авторы и участники, а Журнал и редакторы. Журнал и редакторы не несут ответственности за любой ущерб, нанесенный людям или имущество, возникшее в результате любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в контенте.

Disclaimer of liability/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications belong exclusively to individuals. The authors and participants, and the Journal and the editors. The journal and the editors are not responsible for any damage caused to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products mentioned in the content.