

О.Л. Іванків
М.С. Регеда
І.Л. Дячок

ДНП «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»
Львів, Україна

Надійшла: 02.10.2025

Прийнята: 26.10.2025

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2025.4.42-46>

УДК: 616-056.3:616.24]-06:616.24-002]-07:616.155.321-07]-092.9

ЗНАЧЕННЯ ЗМІН ПОКАЗНИКІВ ІМУНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПАТОГЕНЕЗУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО АЛЕРГІЙНОГО АЛЬВЕОЛІТУ ТА ПНЕВМОНІЇ

Ivankiv O.L. , Regeda M.S. , Diachok I.L.  Significance of immune system parameter changes for the pathogenesis of experimental allergic alveolitis and pneumonia.

Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine.

ABSTRACT. Relevance. The problem of bronchopulmonary diseases remains relevant today. According to experts, the state of the immune system is considered one of the leading influences on the development and manifestations of pulmonary pathology. **The aim** of the study is to identify and compare the characteristics of changes in certain immune system indicators and to determine their role in the pathogenesis of experimental allergic alveolitis and experimental allergic alveolitis, combined with experimental allergic alveolitis. **Methods.** The guinea pigs were divided into three groups: the first group – intact animals – control (10); the second group (experimental) – animals with experimental allergic alveolitis (EAA): on the 7th, 14th, and 21st days of the experiment (27); the third group (experimental) – guinea pigs with combined pathology of EAA and experimental pneumonia (EP), also on the 7th, 14th, and 21st days of the experiment (30). EP and EAA were induced using the method of Reheda M.S. (2024). The animals were decapitated under chloroform anesthesia at the above-mentioned time points of the experiment. **Results.** Our results suggest that under the conditions of development of experimental allergic alveolitis, combined with experimental pneumonia, there are quite significant changes in the immune system. This was manifested by a decrease in serum T-lymphocyte levels of guinea pigs both in the development of experimental allergic alveolitis and experimental allergic alveolitis, combined with experimental pneumonia. At the same time, these two investigated pathologies are accompanied by the activation of the humoral level of immunity, which was manifested by an increase in the concentration of B-lymphocytes and the interest of serum of guinea pigs in all terms of the studied pathology. It is also established that the experimental allergic alveolitis is associated with experimental pneumonia and more significant disorders of cellular and humoral immunity. **Conclusion.** Experimental allergic alveolitis, especially when combined with pneumonia, leads to a gradual suppression of cell-mediated immunity (decrease in T-lymphocytes) and activation of humoral immunity (increase in B-lymphocytes and circulating immune complexes (CIC)), with the combination of alveolitis and pneumonia causing more pronounced immune disorders, particularly in the early stages of the pathology.

Key words: experimental pneumonia, experimental allergic alveolitis, T-lymphocytes, B-lymphocytes, circulating immune complexes, immune system.

Ivankiv OL, Regeda MS, Diachok IL. [Significance of immune system parameter changes for the pathogenesis of experimental allergic alveolitis and pneumonia]. Morphologia. 2025;19(4):42-6. Ukrainian.

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2025.4.42-46>

 Ivankiv O.L. 0000-0002-4719-3263;  Regeda M.S. 0000-0003-2810-914X;

 Diachok I.L. 0000-0002-1465-9688

✉ OksanaLvivna@gmail.com

© Dnipro State Medical University, «Morphologia»

Вступ

Сьогодні в Україні висока поширеність захворювань бронхолегеневої системи робить цю проблему особливо актуальною. [1-5]. На думку фахівців, одним із провідних впливів на розвиток та прояви легеневої патології вважається стан імунної системи. Оскільки, саме під час розладів імунної системи, розвиваються значні зміни орга-

нів і систем, резистентності організму, що призводить до затяжного перебігу хвороби, зниження ефективності лікування і навіть, смерті [5-8].

Для захисту легень, бронхів від патогенних чинників (вірусів, мікобактерій, грибків ін.) та позаклітинних організмів, які важко піддаються фагоцитозу, дуже важливою є специфічна імунна відповідь [9]. Інфекції, що уникають природних за-

хисних механізмів, виробляють антигени, що провокує розвиток антигенспецифічної проліферації та диференціації В-лімфоцитів [10].

Як відомо, з літературних джерел, стан адаптаційних можливостей імунітету організму залежить від поєднання неспецифічних та специфічних клітинних та гуморальних складових, що вкладається в поняття функціонування імунної системи, як фактору гомеостазу [11, 12]. Отже, розлад в цій складній системі, спричинені дисбалансом цитокинів [13], зниженням роботи фагоцитів, послабленою активністю імунних комплексів організму людини. З цієї точки зору, вивчення механізмів зрушень у різних ланках імунної системи, дозволяє проаналізувати перебіг патологічного процесу, адекватність та ефективність лікування та спрогнозувати можливі наслідки хвороби [11, 12].

Крім того, важливо підкреслити, що на ґрунті пневмонії можуть виникати інші захворювання, зокрема, такі як альвеоліт, пневмоніт, плеврит, бронхіальна астма та інші. На сьогодні можемо говорити про можливі етіологічні чинники цих хвороб, проте залишаються не до кінця вивченими значення та роль змін показників імунної системи для патогенезу алергійного альвеоліту, поєданого з пневмонією.

Мета дослідження: з'ясувати особливості змін та роль деяких показників імунної системи: Т- і В — лімфоцитів та циркулюючих імунних комплексів (ЦІК) сироватки крові для патогенезу розвитку експериментального алергійного альвеоліту, асоційованого з експериментальною пневмонією.

Матеріали та методи

Експериментальні дослідження здійснювали на 67 морських свинках (самцях) масою тіла 0,18 - 0,22 кг. Усі процедури, що стосувалися питань утримання, догляду, маркування тварин та всі інші маніпуляції проводилися із дотриманням положень «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1985), «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001), Закону України No 3447 – IV «Про захист тварин від

жорстокого поводження» згідно з директивою Ради ЄС 2010/63/EU про дотримання постанов, законів, адміністративних положень Держав ЄС з питань захисту тварин, які використовуються з науковою метою [14, 15], протоколом №4 засідання комісії з питань етики наукових досліджень, експериментальних розробок і наукових творів ЛНМУ імені Данила Галицького від 17.03.2025 р.

Морські свинки є класичним об'єктом для моделювання алергійних та запальних процесів. Мурчаків розподіляли на три групи: перша група — інтактні тварини — контроль (10); друга група (дослідна) — тваринки з експериментальним алергійним альвеолітом (ЕАА): на 7, 14, 21 доби експерименту (27); третя група (дослідна) — морські свинки з поєднаною патологією ЕАА та експериментальною пневмонією (ЕП) також на 7, 14, 21 доби експерименту (30).

ЕП та ЕАА відтворювали за методом Регеди М.С. [16]. Декапітацію тварин проводили за допомогою хлороформного наркозу у зазначені вище терміни експерименту. Вміст Т- і В-лімфоцитів у крові визначали за методом Чернушенко Е.Ф., Когосова Л.С. [17], рівень ЦІК — за методом V. Haskova, J.Kaslik [18, 19].

Статистичну обробку результатів проводили за критерієм Стюдента, з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel 8.0. Розбіжності вважали достовірними при $p < 0,05$. Для проведення статистичних розрахунків, створення графіків і таблиць використовували програмне забезпечення RStudio v1.2.5042, а також електронні таблиці Excel з пакету MS Office 2010 з використанням ліцензійної програми STATISTICA (версія 6.1; серійний номер AGAR 909 E415822FA). Послідовність статистичних процедур виконували згідно з рекомендаціями [20].

Результати та їх обговорення

Результати досліджень показали, що в динаміці розвитку ЕАА (7, 14, 21 доби) спостерігалось достовірне зниження показників клітинної ланки імунної системи, починаючи із 14 доби експерименту (Табл. 1), що становило зниження рівня Т-лімфоцитів крові на 23,9% ($p < 0,05$) порівняно з дослідною групою морських свинок та відповідно на 21 добу — на 29,0% ($p < 0,05$).

Таблиця 1

Рівень ЦІК сироватки крові морських свинок за умов розвитку експериментального алергійного альвеоліту (ЕАА) на 7, 14, 21 доби експерименту

	Контроль	7 доба	14 доба	21 доба
Т-лімфоцити, %	47,1 ± 3,5	47,5,1 ± 3,5*	35,8 ± 2,9*	33,4 ± 2,7*
В-лімфоцити, %	15,9 ± 1,5	19,1 ± 1,6*	20,7 ± 2,1*	22,3 ± 2,2*
ЦІК, одиниці оптичної густини	38,3 ± 1,8	46,3 ± 2,9*	49,5 ± 1,9*	54,7 ± 2,8*

Примітка: * - $P < 0,05$ відносно контрольної групи.

На 7 добу не було встановлено достовірних змін. Це може свідчити про ймовірне пригнічення клітинної ланки імунітету за умов розвитку ЕАА.

Крім того, нами проводилося порівняння отриманих даних не тільки з групою інтактних тварин, але й між різними підгрупами другої дослідної групи у межах тривалості досліджуваної патології. До прикладу, рівень Т-лімфоцитів у крові знижувався у всі досліджувані доби: на 24,63% ($p < 0,05$) на 14 добу, та на 29,68% ($p < 0,05$) на 21 добу, порівняно із мурчаками на 7 - у добу моделювання ЕАА. Також встановлено, що на 21-

шу добу спостерігається тенденція до зниження цього показника, що незначно відрізняється від другої підгрупи дослідної групи.

При вивченні рівня Т-лімфоцитів при поєднаній патології ЕАА та ЕП було встановлено наступну закономірність. Відбувалося поступове зниження рівня Т-лімфоцитів сироватки крові в динаміці розвитку експерименту, тобто достовірне зниження вказаного показника на 27,6% ($p < 0,05$) спостерігали вже на 7 добу, на 14 добу — на 31,6% ($p < 0,05$) та 21 — на 35,7% ($p < 0,05$) проти контролю (Табл. 2).

Таблиця 2

Показники концентрації Т-лімфоцитів, В-лімфоцитів, ЦІК сироватки крові морських свинок за умов формування експериментального алергійного альвеоліту та пневмонії на 7, 14, 21 доби експерименту

	Контроль	7 доба	14 доба	21 доба
Т-лімфоцити, %	47,1 ± 3,5	34,1 ± 2,8*	32,2 ± 2,7*	30,3 ± 2,6*
В-лімфоцити, %	15,9 ± 1,5	23,7 ± 2,3*	25,6 ± 2,4*	28,8 ± 3,2*
ЦІК, одиниці оптичної густини	38,3 ± 1,8	54,9 ± 2,9*	58,7 ± 2,4*	69,2 ± 3,8*

Примітка: * - $P < 0,05$ відносно контрольної групи.

Результати досліджень показали, що рівень іншого показника, який характеризує стан гуморального імунітету, В-лімфоцитів крові тварин під час розвитку ЕАА змінювався наступним чином. Табл.1 Їх рівень поступово підвищувався на 20,1% ($p < 0,05$), починаючи із 7-ї доби розвитку альвеоліту та залишався стабільно високим у наступні досліджувані доби, що склало зростання цього показника на 30,1% ($p < 0,05$) і 40, 2% ($p < 0,05$) відповідно на 14 та 21 доби експерименту порівняно із контрольною групою. Важливо, що дослідження рівня В-лімфоцитів за коморбідної патології ЕАА та ЕП показали зростання їх у крові морських свинок відповідно на 49,05%, 61,0% та на 81,76% ($p < 0,05$) проти групи здорових тварин, що вказує на виражену активацію В-лімфоцитів за розвитку поєднаної патології ЕАА та ЕП. Див. Табл.2.

На нашу думку, значним доповненням для оцінки гуморальної ланки імунітету та імунного статусу загалом, було вивчення нами рівня циркулюючих імунних комплексів (ЦІК) сироватки крові при досліджуваній патології. ЦІК у наших дослідженнях змінювалися наступним чином. Нами було зафіксовано достовірне підвищення рівня ЦІК за умов розвитку ЕАА на 7 добу на 20,88% ($p < 0,05$), на 14 добу — на 29,4%, та на 21 добу — на 42,8% ($p < 0,05$) проти інтактних тварин. Табл.1. Тоді як при поєднаній досліджуваній патології спостерігали достовірне підвищення рівня ЦІК на 7 добу на 43,34% ($p < 0,05$), на 14 добу — на 53,26%, та на 21 добу — на 80,67% ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою тварин. Див. Табл.2.

Висновки

1. Визначення вмісту Т- і В-лімфоцитів, ЦІК має важливе значення для патогенезу розвитку експериментального алергійного альвеоліту, асоційованого з експериментальною пневмонією.

2. Експериментальний алергійний альвеоліт, як і експериментальне поєднання алергійного альвеоліту з пневмонією на деяких стадіях свого розвитку (7,14,21 доби) супроводжується поступовим зниженням Т-лімфоцитів, що може свідчити про ймовірне пригнічення клітинної ланки імунітету та достовірне зростання В-лімфоцитів та ЦІК сироватки крові морських свинок.

3. Експериментальний алергійний альвеоліт поєднаний з експериментальною пневмонією викликає більш істотні розлади клітинної та гуморальної ланок імунітету, особливо на ранніх етапах його розвитку.

Перспективи подальших досліджень

Перспективи подальших досліджень можуть бути спрямовані на: вивчення ролі окремих субпопуляцій Т-лімфоцитів (наприклад, Th1, Th2, Treg) та В-лімфоцитів (наприклад, плазматичні клітини, клітини пам'яті) у розвитку імунної відповіді та аналіз цитокінового профілю сироватки крові для визначення специфічних цитокінів, що сприяють розвитку імунної регуляції.

Інформація про конфлікт інтересів

Потенційних або явних конфліктів інтересів, що пов'язані з цим рукописом, на момент публікації не існує та не передбачається.

Джерела фінансування

Дослідження проведено в рамках науково-дослідної роботи «Роль метаболічних та імунних

Літературні джерела References

1. Regeda MS, Regeda-Furdychko MM, Regeda SM. [Inflammation: mechanisms of damage and protection]. Lviv; 2021. 177 p. Ukrainian.
2. Regeda MS, Regeda-Furdychko MM, Furdychko LO. [Pneumonia]. Lviv; 2021. 228 p. Ukrainian.
3. Regeda MS, Shkliarskyi NV. [Significance of prooxidant-antioxidant process disturbances in the pathogenesis of experimental pneumonia and adrenaline-induced myocardial damage]. *Experimental and Clinical Physiology and Biochemistry*. 2024;2(100):58-64. Ukrainian. doi: 10.25040/ecpb2024.01.005.
4. Eshwara VK, Mukhopadhyay C, Rello J. Community-acquired bacterial pneumonia in adults: An update. *Indian J Med Res*. 2020;151(4):287–302. doi: 10.4103/ijmr.IJMR_1678_19.
5. Bereznyakov VI. [The state of cellular and humoral immunity in community-acquired pneumonia. Ukraine]. *Nation's Health*. 2022;1:107-10. Ukrainian. doi: 10.24144/2077-6594.1.1.2022.254649.
6. Smiyan OI, Gorbas VA. [Community-acquired pneumonia in school-aged children: impact on the immune system]. Sumy: Sumy State University; 2024. 111 p. Ukrainian. Available from: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/97611>.
7. Lanks CW, Musani AI, Hsia DW. Community-acquired Pneumonia and Hospital-acquired Pneumonia. *Med Clin North Am*. 2019;103(3):487–501. doi: 10.1016/j.mcna.2018.12.008.
8. Regeda MS, Kolishetska MA, Yurevych VR. [Influence of "Thiotriazoline" on the immune system shifts in the blood of guinea pigs under conditions of experimental bronchial asthma formation]. *Medical and Clinical Chemistry*. 2015;17(2):52-5. Ukrainian. Available from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Medkh_2015_17_2_13.
9. Chugay OO. [Influence of corvitin on humoral immunity indices under the development of experimental pneumonia]. *Achievements of Clinical and Experimental Medicine*. 2018;2:255-7. Ukrainian. doi: 10.11603/1811-2471.2018.v0.i2.8471.
10. Drannik HL. [Clinical immunology and allergology]. Kyiv: Poligrafplyus LLC; 2010. 552 p. Ukrainian.
11. Kononova OV. [Indicators of cellular im-
- munity in patients with generalized periodontitis under psychoemotional stress]. *Modern Dentistry*. 2019;1:42-5. Ukrainian. http://nbuv.gov.ua/UJRN/ss_2019_1_11.
12. Romanova YuH, Barnich II. [Modern view on methods of prevention and treatment of chronic generalized periodontitis]. *Experimental and Clinical Dentistry*. 2018;1(2):9-13. Ukrainian. Available from: <https://repo.odmu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/9823>.
13. Regeda-Furdychko MM. Evaluation of the influence of thiotriazoline on the cytokine status disturbances in the blood serum under the condition of experimental contact dermatitis and experimental pneumonia. *Journal of Education, Health, and Sport*. 2020;10(1):25-30. doi: 10.12775/JEHS.2020.10.01.003.
14. European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Strasbourg: Council of Europe. 1986;123:52. Available from: <https://rm.coe.int/168007a67b>.
15. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the Protection of Animals Used for Scientific Purposes. *Off J Eur Union*. 2010;53(L276):33–79.
16. Regeda MS [Experimental models of allergic alveolitis and pneumonia], *Methodological guidelines*. Lviv; 2024. 10 p. Ukrainian.
17. Chernushenko EF, Kogosova LS. [Immunology and immunopathology of lung diseases]. Kyiv: Zdorov'ya; 1981. 208 p. Ukrainian. doi: 10.11603/1811-2471.2018.v0.i2.8471.
18. Haskova V, Kaslik J, Matejkava M. [A new method for determining circulating immune complexes in human sera]. *Cas. Lek. Ces*. 1977;116(14):436-7. Czech.
19. Matsumoto Y, Aryal RP, Heimbürg-Molinaro J, et al. Identification and characterization of circulating immune complexes in IgA nephropathy. *Sci Adv*. 2022;8(43):eabm8783. doi: 10.1126/sciadv.abm8783.
20. Hruzieva TS, Lekhan VM, Ohniev VA, Halienko LI, Kriachkova LV, Palamar BI, et al. [Biostatistics]. Vinnytsia: New Book; 2020. 384 p. Ukrainian.

Іванків О.Л., Регеда М.С., Дячок І.Л. Значення змін показників імунної системи для патогенезу експериментального алергічного альвеоліту та пневмонії.

РЕФЕРАТ. Актуальність. Проблема захворювань бронхолегеневого апарату залишається актуальною для сьогодення. На думку фахівців, одним із провідних впливів на розвиток та прояви легеневої па-

тології вважається стан імунної системи. **Мета** дослідження – вияснити та порівняти особливості змін деяких показників імунної системи та з'ясувати їх роль для патогенезу експериментального алергійного альвеоліту та експериментального алергійного альвеоліту, поєднаного з експериментальною пневмонією. **Методи.** Експериментальні дослідження здійснювали на 67 морських свинках (самцях) масою тіла 0,18 - 0,22 кг. Мурчаків розподіляли на три групи: перша група — інтактні тварини — контроль (10); друга група (дослідна) — тваринки з експериментальним алергійним альвеолітом (ЕАА): на 7-у, 14-ту, 21 -у доби експерименту (27); третя група (дослідна) — морські свинки з поєднаною патологією ЕАА та експериментальною пневмонією (ЕП) також на 7-у, 14-ту, 21-у доби експерименту (30). ЕП та ЕАА відтворювали за авторською методикою Регеди М.С. (2024). Декапітацію тварин проводили за допомогою хлороформного наркозу у зазначені вище терміни експерименту. **Результати.** Отримані нами результати дозволяють стверджувати, що за умов розвитку експериментального алергійного альвеоліту, поєднаного з експериментальною пневмонією відбуваються доволі значні зміни зі сторони імунної системи. Це проявлялося зниженням рівня Т-лімфоцитів сироватки крові морських свинок як за умов розвитку експериментального алергійного альвеоліту так і експериментального алергійного альвеоліту, поєднаного з експериментальною пневмонією. Одночасно ці дві досліджувані патології супроводжуються активацією гуморальної ланки імунітету, що проявлялося підвищенням концентрації В-лімфоцитів та ЦІК сироватки крові морських свинок у всі терміни досліджуваної патології. Також встановлено, що експериментальний алергійний альвеоліт асоційований з експериментальною пневмонією викликає більш істотні розлади клітинної та гуморальної ланок імунітету. **Висновок.** Експериментальний алергійний альвеоліт, особливо в поєднанні з пневмонією, призводить до поступового пригнічення клітинної ланки імунітету (зниження Т-лімфоцитів) та активації гуморальної ланки (зростання В-лімфоцитів та ЦІК), причому поєднання альвеоліту з пневмонією викликає більш виражені імунні розлади, особливо на ранніх етапах розвитку патології.

Ключові слова: експериментальна пневмонія, експериментальний алергійний альвеоліт, Т-лімфоцити, В-лімфоцити, циркулюючі імунні комплекси, імунна система.