DOI: 10.31393/reports-vnmedical-2021-25(3)-21

УДК: 616.98:578.834.1:614.89

ОЦІНКА ПРОТИБАКТЕРІАЛЬНОЇ ТА ПРОТИВІРУСНОЇ БАР'ЄРНОЇ ФУНКЦІЇ КОНЦЕПТ-МОДЕЛІ ПНЕВМОШОЛОМУ

Кліщ І. М., Ковальчук А. О., Медвідь І. І., Павлишин А. В., Климнюк С. І.

Тернопільський національний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського МОЗ України (майдан Волі, 1, м. Тернопіль, Україна, 46001)

Відповідальний за листування:
e-mail: kovalchuk_an@tdmu.edu.ua

Статтю отримано 05 липня 2021 р.; прийнято до друку 06 серпня 2021 р.

Анотація. Розробка надійних та ергономічних засобів індивідуального захисту органів дихання є особливо актуальною в умовах світової пандемії. У роботі проведено перевірку інноваційної концепт-моделі пневмошолому з ламінарною системою подачі повітря на її проникність для бактерій *Micrococcus luteus* та протистафілококових бактеріофагів. Останні подавалися у вигляді аерозолів на зовнішній фільтр діючого пристрою з подальшим титруванням і посівом. Оцінку бактерійного обсіменіння проводили шляхом підрахунку колонієутворюючих одиниць з множенням наведеного показника на ступінь розведення. Присутність бактеріофагів та їх чисельність визначали за методом Грація з підрахунком бляшкоутворюючих одиниць на культурі золотистого стафілокока. Статистичну обробку результатів здійснювали на персональному комп'ютері Intel Core i3 за допомогою одно- і багатofакторного дисперсійного аналізу (пакети ліцензійних програм Microsoft Office 2016 та Statistica 10). У повній та частковій комплектації пристрою (з присутністю лише зовнішнього або внутрішнього фільтру) проникнення мікроорганізмів у внутрішній простір не виявлено. За результатами дослідження підтверджено надійність системи протибіологічного захисту впродовж 6-ти годин безперервної роботи, що робить концепт-модель пневмошолому більш ергономічною альтернативою загальнопоширених засобів захисту органів дихання.

Ключові слова: пневмошолом, протибактеріальний захист, противірусний захист, засіб індивідуального захисту органів дихання, бактеріофаги.

Вступ

Професійна діяльність цілого ряду медичних спеціальностей пов'язана з підвищеним ризиком контамінації небезпечними інфекціями вірусної і бактерійної етіології. Насамперед наведене є актуальним для залучених до аерозоль-генеруючих процедур осіб, працівників реанімаційних та патологоанатомічних відділень, палат інтенсивної терапії, служби екстреної медичної допомоги (при транспортуванні пацієнтів із підозрою на COVID-19), лабораторій III-IV рівня біологічної безпеки, ПЛР-лабораторій [3, 7, 10]. Загально поширені засоби індивідуального захисту органів дихання не надають достатнього ефекту, а використання спеціалізованих костюмів утруднюється їх низькими ергономічними властивостями та дороговизною [4, 9].

Мета роботи - провести оцінку протибактеріального, противірусного захисту розробленої концепт-моделі

пневмошолому з ламінарною системою подачі повітря, поставивши завдання вивчити проникну здатність *Micrococcus luteus* та протистафілококового бактеріофага через систему фільтрації діючої моделі пневмошолому. Повторити дослідження при частковій та неповній комплектації пристрою.

Матеріали та методи

Оцінка ефективності бактеріальної фільтрації виконується шляхом розпилення культури *Micrococcus luteus* над поверхню зовнішнього фільтру пневмошолому за допомогою генератора аерозолів. Вихідний отвір спрямований на розміщену всередині пристрою чашку Петрі з рідким живильним середовищем. Після завершення дослідів відбувається титрування та посів (рис. 1).

Оцінка бактерійного обсіменіння проводиться шляхом підрахунку колонієутворюючих одиниць (КУО) з множенням наведеного показника на ступінь розведення. Для перевірки противірусного захисту генерується аерозоль протистафілококового бактеріофага, який через фільтруючу систему пневмошолому спрямовується на ємність із фаговим буфером. Далі виконуються розведення, посів матеріалу разом із культурою *Staphylococcus aureus* на живильні середовища і підра-

Рис. 1. Методика проведення дослідів.

хунок бляшкоутворюючих одиниць (БУО) за методом Грація [1, 8]. Під частковою комплектацією пристрою розуміється використання лише зовнішнього або лише внутрішнього фільтра, під неповною - проведення досліду з попереднім вилученням фільтруючих компонентів. Тривалість безперервної експлуатації запропонованої концепт-моделі - 6 год. Дослід був повторений шестикратно із кожним варіантом комплектації пристрою. У якості контролю було розміщено ємність із живильним середовищем усередину вимкненого пневмошолому на зазначений термін.

Статистичну обробку результатів здійснювали на персональному комп'ютері Intel Core i3 за допомогою однієї багатфакторного дисперсійного аналізу (пакети ліцензійних програм MicrosoftOffice 2016 та Statistica 10).

Результати

При використанні запропонованої концепт-моделі пневмошолому у повній комплектації росту колоній *Micrococcus luteus* на розміщеному живильному середовищі не отримано (табл. 1). Вилучення внутрішнього фільтра не призвело до порушення ефективності протибактеріального захисту, адже бактерії також виявлялися лише на зовнішній стороні фільтра № 2 - $(3,40 \pm 0,20) \times 10^4$ КУО/мл. Після повторення досліду з використанням виключно внутрішнього фільтра змив із поверхні компонентів повітряно-

го компресору показав присутність бактерій у відмінній від контролю концентрації - $(1,51 \pm 0,13) \times 10^4$ КУО/мл.

Водночас, внутрішній простір пневмошолому залишився ізольованим від бактерійного аерозолі, про що свідчать негативні результати посіву. Використання концепт-моделі без фільтрів обумовило виявлення колоній *Micrococcus luteus* на середовищі та компонентах пристрою з підрахунком КУО у 3-х, 4-х кратних розведеннях.

Після безперервного використання запропонованої концепт-моделі у повній комплектації впродовж 6-ти год. негативних колоній (лізису внаслідок присутності бактеріофагів) у культурі *Staphylococcus aureus* виявлено лише зі змивів із зовнішньої сторони фільтра № 2 - $(5,37 \pm 0,32) \times 10^4$ БУО/мл (табл. 2).

Окреме вилучення зовнішнього або внутрішнього фільтра не обумовило проникнення бактеріофагів у внутрішнє середовище пристрою, на що вказують дані посіву. $(5,76 \pm 0,95) \times 10^4$ БУО/мл отримано при одночасній відсутності обох фільтруючих елементів.

Обговорення

Наведені результати підтверджують спроможність пневмошолому протидіяти проникненню бактерійних агентів із оточуючого середовища протягом 6-ти годин безперервної роботи. Захист зберігався і при частковій комплектації, що вказує на існування резерву надійності

Таблиця 1. Проникність пневмошолому для *Micrococcus luteus*.

Матеріал	Комплектація пневмошолому			
	Повна комплектація, КУО/мл	Без внутрішнього фільтра, КУО/мл	Без зовнішнього фільтра, КУО/мл	Без внутрішнього та зовнішнього фільтра, КУО/мл
Контроль	0	0	0	0
Середовище	0	0	0	$3,60 \pm 0,70 \times 10^4$ *
Внутрішня сторона фільтра № 1	0	-	0	-
Зовнішня сторона фільтра № 1	0	-	$3,10 \pm 1,00 \times 10^4$ *	-
Лопасті вентилятора	0	0	$1,51 \pm 0,13 \times 10^4$ *	$1,44 \pm 0,37 \times 10^4$ *
Внутрішня сторона фільтра № 2	0	0	-	-
Зовнішня сторона фільтра № 2	$3,40 \pm 0,20 \times 10^4$ *	$3,00 \pm 0,40 \times 10^4$ *	-	-

Примітка. * - достовірна відмінність із контролем досліду ($p < 0,001$).

Таблиця 2. Проникність пневмошолому для протистафілококових бактеріофагів.

Матеріал	Комплектація пневмошолому			
	Повна комплектація, КУО/мл	Без внутрішнього фільтра, КУО/мл	Без зовнішнього фільтра, КУО/мл	Без внутрішнього та зовнішнього фільтра, КУО/мл
Контроль	0	0	0	0
Середовище	0	0	0	$5,76 \pm 0,95 \times 10^4$ *
Внутрішня сторона фільтра № 1	0	-	0	-
Зовнішня сторона фільтра № 1	0	-	$4,73 \pm 1,60 \times 10^4$ *	-
Лопасті вентилятора	0	0	$1,14 \pm 0,21 \times 10^4$ *	$1,28 \pm 0,52 \times 10^4$ *
Внутрішня сторона фільтра № 2	0	0	-	-
Зовнішня сторона фільтра № 2	$5,37 \pm 0,32 \times 10^4$ *	$5,01 \pm 0,63 \times 10^4$ *	-	-

Примітка. * - достовірна відмінність із контролем досліду ($p < 0,001$).

даної системи. Усунення обох фільтрів зробило концепт-модель проникною для мікроорганізмів.

Отримані показники обсіменіння матеріалу протистафілококовими бактеріофагами незначно перевищують проникну здатність бактерій. Частково це можна пояснити тим, що віруси переносяться повітрям не поодиночці, а у складі більших краплинок аерозолі (в іншому випадку використання медичних масок із порами 1-10 мкм виявилося б повністю неефективним) [2, 5, 6]. Однак враховуючи меншу концентрацію фагів у початковому розчині (10^5 БУО/мл при чисельності *Micrococcus luteus* 10^6 КУО/мл) можна зробити висновок про більшу інформативність використання бактеріофагів для перевірки показників біологічної безпеки. Останні вказують на вищу ефективність запропонованої концепт-моделі пневмошолому.

Список посилань - References

- [1] Chang, R., Kwok, P., Khanal, D., Morales, S., Kutter, E., Li, J., & Chan, H. K. (2020). Inhalable bacteriophage powders: Glass transition temperature and bioactivity stabilization. *Bioengineering & translational medicine*, 5(2), e10159. <https://doi.org/10.1002/btm2.10159>
- [2] Cheberichko, S., Deryugin O., Mirnenko, V., & Borodina, N. (2020). Selection of effective filter respirators. Challenges and opportunities. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 10(4), 23-41. <https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.4.3>
- [3] Danilevich, Yu. O., Mazur, L. P., & Yastremskaya, S. O. (2020). Особливості раціонального використання засобів індивідуального захисту при роботі з пацієнтами з гострою респіраторною хворобою COVID-19 на амбулаторному етапі [Features of rational use of personal protective equipment when working with patients with acute respiratory disease COVID-19 at the outpatient stage]. *Медсестринство - Nursing*, 2, 5-8. <https://doi.org/10.11603/2411-1597.2020.2.11228>
- [4] Dolgikh, W. O. (2020). Маска: защитное средство или модный тренд? [Mask: Protective or Fashion Trend?]. Інновації та дизайн, збірник трудов міжнародної науково-практичної конференції - Innovation and design, collection of proceedings of the international scientific and practical conference, 1, 144-146. doi: 10.24412/cl-35915-2020-1-144-146
- [5] DSTU EN 149: 2017. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтрувальні півмаски для захисту від аерозолів. Вимоги, випробування, маркування (EN 149:2001+A1:2009, IDT) Чинний від 2018-02-01 [Respiratory protection. Filter half masks for protection against aerosols. Requirements, tests, markings (EN 149: 2001 + A1: 2009, IDT). Valid from 2018-02-01]. Київ: Держспоживстандарт України - Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=75012
- [6] Li, J., Leavey, A., Yang, W., O'Neil, C., Wallace, M., Boon, A., ... & Babcock, H. M. (2017). Defining Aerosol Generating Procedures and Pathogen Transmission Risks in Healthcare Settings. *Open Forum Infectious Diseases*, 4(1), 34-35. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofx162.085>
- [7] O'Dowd, K., Nair, K. M., Forouzandeh, P., Mathew, S., Grant, J., Moran, R., ... & Pillai, S. C. (2020). Face Masks and Respirators in the Fight against the COVID-19 Pandemic: A Review of Current Materials, Advances and Future Perspectives. *Materials* (Basel, Switzerland), 13(15), 3363. <https://doi.org/10.3390/ma13153363>
- [8] Shcherbenkov, I. M. (2013). Бактериофаги. Что мы знаем о них? [Bacteriophages. What do we know about them?]. *Медицинский совет - Medical advice*, 2-3, 56-63.
- [9] Whitley, H., Keerthirathne, T. P., Nisar, M. A., White, M., & Ross, K. E. (2020). Viral Filtration Efficiency of Fabric Masks Compared with Surgical and N95 Masks. *Pathogens* (Basel, Switzerland), 9(9), 762. <https://doi.org/10.3390/pathogens9090762>
- [10] Zagorodniuk, K., Zagorodniuk, Yu., Boyko, I., Wojciechowski, V., Korobochka, O., Kudryavtsev, S., & Novikov, M. (2021). Медичні маски із знезаражуючими властивостями [Medical masks with disinfectant properties]. *Грааль науки - The Grail of Science*, 8, 385-391. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.24.09.2021.72>

EVALUATION OF ANTIBACTERIAL AND ANTIVIRAL BARRIER FUNCTION OF THE CONCEPTUAL MODEL OF A PNEUMATIC HELMET

Klishch I. M., Kovalchuk A. O., Medvid I. I., Pavlyshyn A. V., Klymnyuk S. I.

Annotation. The global pandemic has necessitated the development of new respiratory protective equipment that seems to combine reliability and ergonomics. The article tests an innovative conceptual model of a pneumatic helmet with a laminar air supply system for its permeability to bacteria *Micrococcus luteus* and antistaphylococcal bacteriophages. The latter were fed in the form of an aerosol to the external filter of the working device with subsequent titration and seeding. Evaluation of bacterial infection is performed by counting the units that form colonies by multiplying the above indicator by the degree of dilution. The presence of bacteriophages and their number was determined by the Grace method with the calculation of plaque-forming units in the culture of *Staphylococcus aureus*. Statistical processing of the results was performed on a personal computer Intel Core i3 using one- and multi-factor analysis of variance (licensed software packages Microsoft Office 2016 and Statistica 10). In the full and partial configuration of the device (if there is only an external or internal filter), the penetration of microorganisms into the internal space is not detected. The results of the study confirmed the reliability of the protection system for 6 hours of continuous operation, which makes the conceptual model of a pneumatic helmet a more ergonomic alternative to the usual means of respiratory protection.

Keywords: pneumatic helmet, antibacterial protection, antiviral protection, aid for respiratory protection, bacteriophages.