

نقش بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی در بروز بیماری‌های تنفسی

چکیده

ذرات معلق هوا (PM) یک خطر عمده زیست‌محیطی در سراسر جهان هستند که مسئول میلیون‌ها مرگ زودرس در هر سال می‌باشند. تماس کوتاه‌مدت با PM فضای باز اغلب منجر به عفونت‌های دستگاه تنفسی تحتانی (LRI) می‌شود. در میانه این آلاینده‌ها، بیوآئروسول‌ها که شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها و آلرژنها هستند به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان عوامل کلیدی در بیماری‌های تنفسی مانند آسم و سل شناخته می‌شوند.

سل ریوی (PTB)، یک عفونت ناشی از مایکوباکتریوم توبرکلوزیس، همچنان یک نگرانی مهم بهداشتی محسوب می‌شود، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، و سالانه تقریباً یک میلیون مرگ را سبب می‌گردد. قارچ‌های *Cladosporium* و *Fusarium* به‌طور معمول در هوا، هم در محیط‌های داخلی و هم در فضای بیرون یافت می‌شوند، در حالی که باکتری‌هایی نظیر *Bacillus* و *Pseudomonas* در بسیاری از نمونه‌های هوای محیط غالب هستند. عفونت‌های گوناگون از جمله پنومونی، سل، بروسلوز، آنتراکس و تب کیو با بیوآئروسول‌های باکتریایی مرتبط‌اند، و ذرات قارچی و ویروسی در بیماری‌های مزمن تنفسی نقش دارند. قرارگیری طولانی‌مدت در معرض این ذرات بیولوژیک می‌تواند به تغییرات در سیستم ایمنی منجر شود، از جمله التهاب و بازسازی بافت که در پیشرفت آسم مقاوم به کورتیکواستروئید نقش دارند. به‌دست آوردن بینش دربارهٔ پویایی‌ها و اثرات بیوآئروسول‌های پاتوژن در کنار آلودگی ذرات معلق، برای توسعه سیاست‌های بهداشتی با هدف کاهش اثرات آنها حیاتی است. این مرور، تازه‌ترین یافته‌ها دربارهٔ سازوکارهایی که بیوآئروسول‌ها از طریق آنها بر بافت‌های راه هوایی اثر می‌گذارند، پاسخ‌های ایمنی را برمی‌انگیزند، و شرایط مزمن تنفسی را تشدید می‌کنند گردآوری می‌کند و بر اهمیت راهبردهای یکپارچهٔ زیست‌محیطی و پزشکی تأکید می‌نماید.

کلمات کلیدی: بیوآئروسول‌ها، آلودگی ذرات معلق (PM)، سل ریوی (PTB)، بیماری‌های مزمن تنفسی

The Role of Airborne Bacterial and Fungal Bioaerosols in Respiratory Diseases

Abstract

Airborne particulate matter (PM) is a major environmental hazard worldwide, responsible for millions of early deaths each year. Short-term contact with outdoor PM frequently results in lower respiratory infections (LRI). Among these pollutants, bioaerosols which include bacteria, fungi, viruses, and allergens are increasingly acknowledged as key players in respiratory diseases like asthma and tuberculosis.

Pulmonary Tuberculosis (PTB), an infection caused by *Mycobacterium tuberculosis*, remains a significant health concern, especially in developing nations, causing approximately one million deaths annually. The fungi *Cladosporium* and *Fusarium* are commonly found in air, both indoors and outdoors, while bacteria such as *Bacillus* and *Pseudomonas* dominate many environmental air samples. Various infections including pneumonia, tuberculosis, brucellosis, anthrax, and Q fever are linked to bacterial bioaerosols, with fungal and viral particles playing roles in chronic respiratory illnesses.

Long-term exposure to these biological particles can lead to immune system alterations, including inflammation and tissue remodeling that contribute to steroid-resistant asthma. Gaining insights into the dynamics and effects of pathogenic bioaerosols alongside particulate pollution is critical for developing health policies aimed at reducing their impact.

This review compiles the latest findings on the mechanisms by which bioaerosols affect airway tissues, trigger immune responses, and worsen chronic respiratory conditions, underscoring the importance of integrative environmental and medical strategies.

Keywords: Bio-aerosols, particulate matter (PM), Pulmonary Tuberculosis (PTB), chronic respiratory illnesses

References

1. He, T., Jin, L. & Li, X. On the triad of air PM pollution, pathogenic bioaerosols, and lower respiratory infection. *Environ Geochem Health* **45**, 1067–1077 (2023).
<https://doi.org/10.1007/s10653-021-01025-7>
2. Nabipur, L., Mouawad, M., & Agrawal, D. K. (2025). Bioaerosols and Airway Diseases: Mechanisms of Epithelial Dysfunction, Immune Activation, and Strategies for Exposure Mitigation. *Archives of internal medicine research*, 8(3), 178–191.
<https://doi.org/10.26502/aimr.0210>
3. Shammi, M., Rahman, M. M., & Tareq, S. M. (2021). Distribution of bioaerosols in association with particulate matter: A review on emerging public health threat in Asian megacities. *Frontiers in Environmental Science*, 9.
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.698215>
4. Mejbel, F. A. H., Aljanaby, I. A. J., Al-Hadrawi, K. K., & Aljanaby, A. A. J. (2023). Pulmonary tuberculosis risks and challenges. *E3S Web of Conferences*, 381, 01101.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338101101>
5. Al-Shaarani, A. A. Q. A., & Pecoraro, L. (2024). A review of pathogenic airborne fungi and bacteria: Unveiling occurrence, sources, and profound human health implication. *Frontiers in Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1428415>