Journal of Research in Environmental Health
Volume10, Issue1, Spring 2024

Investigating the Air Quality of the Operating Rooms and Wards of the Organ Transplantation Hospital of Mashhad: Identification and Analysis of Bacterial Bioaerosols

Amir Bohlori Hajjar
MSc student of Environmental Health Engineering, Environmental Health Engineering Department, Faculty of Health, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran.
Fatemeh Mohammadzadeh
Assistant Professor, Department of Epidemiology & Biostatistics, School of Health, Social Development & Health Promotion Research Center, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran.
Hosein Alidadi
Associate Proffessor, Environmental Health Engineering Department, Faculty of Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.
Roya Peirovi
*Assistant Professor, Environmental Health Engineering Department, Faculty of Health, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran. (Corresponding Author)
rpeirovi@yahoo.com

Received: 2023/10/21
Accepted: 2024/01/24
Doi: 10.22038/jreh.2024.24334

Abstract

Background and Purpose: Hospital air contains bioaerosols that are potential infection sources for patients and staff. This study focused on identifying and quantifying bacterial bioaerosols in Montaserieh Hospital, Mashhad, in 2021.
Materials and Methods: This cross-sectional analytical study collected 96 air samples from operating rooms and wards using a sampling pump with a flow rate of 28.3 L/min and a single-stage Anderson impactor by NIOSH0800 guidelines. The samples were cultured, and bacterial colonies were quantified as colony-forming units per cubic meter (cfu/m³). Data analysis was performed using SPSS software.
Results: Predominant bacterial bioaerosols identified included Micrococcus lotus, Coccoriacristina, and Staphylococcus hominis. The mean density of bioaerosols was 57.81 cfu/m³ (standard deviation = 42.44), aligning with World Health Organization guidelines. The intensive care unit exhibited the highest average density at 101.08 cfu/m³ (standard deviation = 48.93), whereas the bone marrow transplant ward had the lowest at 5.25 cfu/m³ (standard deviation = 7.96).
Conclusion: The study revealed varying densities of bacterial bioaerosols across different hospital wards, though the types of bacteria were consistent. Variations in bioaerosol density likely relate to the number of patients and staff per room, the quality of ventilation, and environmental sanitation standards.

Keywords: Air, Bacteria Bioaerosols, Nosocomial Infection, Organ Transplantation, Operating Room and Hospital Wards

Open Access Policy: This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Citation: Bohlori Hajjar A, Mohammadzadeh F, Alidadi H, Peirovi R. Investigating the Air Quality of the Operating Rooms and Wards of the Organ Transplantation Hospital of Mashhad: Identification and Analysis of Bacterial Bioaerosols. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Spring 2024; 10(1):11-19.

بررسی کیفیت هوای اتاق‌های عمل و بخش‌های بیمارستان پیوند اعضای منتصریه مشهد: شناسایی و تحلیل بیوآئروسل‌های باکتریایی

امیر بهلوری حجار
دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته مهندسی بهداشت‌محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم‌پزشکی گناباد، ایران
فاطمه محمدزاده
استادیار گروه اپیدمیولوژی و آمارزیستی، مرکز تحقیقات توسعه اجتماعی و ارتقای سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم‌پزشکی گناباد، گناباد، ایران.
حسین علیدادی
استاد گروه مهندسی بهداشت‌محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم‌پزشکی مشهد، مشهد، ایران.
رویا پیروی
* استادیار گروه مهندسی بهداشت‌محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم‌پزشکی گناباد، گناباد، ایران. (نویسنده مسئول)
rpeirovi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۴

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: بیوآئروسل‌های موجود در هوای بیمارستان منابع بالقوه عفونت برای بیماران وکارکنان محسوب می‌شوند. این مطالعه با هدف بررسی نوع و تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی بیمارستان منتصریه مشهد در سال ۱۴۰۰ انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه مقطعی- تحلیلی ۹۶ نمونه از هوای بخش‌ها و اتاق‌های عمل بوسیله پمپ نمونه‌بردار با دبی ۲۸/۳ L/min و ایمپکتور تک‌مرحله‌ای اندرسون به مدت ۵ دقیقه با دستورالعمل NIOSH0800 برداشت شد و بعد از کشت تعداد کلنی بر حسب cfu/m^3 محاسبه شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیوآئروسل‌های باکتریایی شایع در هوای این بیمارستان شامل میکروکوکوس لوتوس، کوکور یاکریستین و استافیلوکوکوس هومینیس بود و میانگین تراکم بیوآئروسل‌ها، cfu/m^3 ۵۷/۸۱ (انحراف معیار= ۴۲/۴۴) بود که با رهنمود پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی مطابقت داشت. در این مطالعه بیشترین میانگین تراکم مربوط به بخش مراقبت‌های ویژه با میانگین cfu/m^3 ۱۰۱/۰۸ (انحراف معیار=۴۸/۹۳) و کمترین میانگین تراکم مربوط به بخش پیوند مغز استخوان با میانگین cfu/m^3 ۵/۲۵ (انحراف معیار= ۷/۹۶) بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج بدست‌آمده در این مطالعه، تراکم بیوآئرو سل‌ها در بخش‌های مختلف، متفاوت بود ولی از نظر نوع مشابهت وجود داشت. تفاوت میزان تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی احتمالا به عواملی مانند تعداد بیماران بستری و پر سنل مرتبط با هر اتاق، کیفیت تهویه، و وضعیت گندزدایی محیط ارتباط دارد.

کلیدواژه‌ها: بیوآئروسل‌های باکتریایی، پیوند عضو، هوای اتاق‌های عمل و بخش‌های بیمارستان، عفونت بیمارستانی

استناد: بهلوری حجار ا، محمدزاده ف، علیدادی ح، پیروی ر. بررسی کیفیت هوای اتاق‌های عمل و بخش‌های بیمارستان پیوند اعضای منتصریه مشهد: شناسایی و تحلیل بیوآئروسل‌های باکتریایی. فصلنامه‌ی پژوهش در بهداشت محیط. بهار ۱۴۰۳؛۱۰(۱)؛۱۱-۱۹.

مقدمه

هوای سالم به‌طور عمده از دو عنصر نیتروژن (۷۸٪)، اکسیژن (۲۱٪) و همچنین عناصری چون نئون، آرگون، زنون، کریپتون و هلیم به مقادیر اندک تشکیل شده است. همچنین مقادیر مختلفی آب به صورت رطوبت در هوا وجود دارد. ترکیباتی چون دی‌اکسیدکربن، مونوکسیدکربن، متان، برخی هیدروکربن‌ها، اکسیدهای نیتروژن و گوگرد که عمدتا نقش آلاینده هوا را دارند، برحسب شرایط ممکن است با غلظت‌های مختلف در هوا یافت شوند. آلاینده‌های هوا به موادی در هوا گفته می‌شود، که می‌تواند بر روی انسان و اکوسیستم اثرات منفی بگذارد. این مواد می‌توانند ذرات جامد، قطره‌های مایع یا گاز باشند. آلاینده‌های هوا می‌توانند منبع طبیعی یا انسان ساخت داشته باشند (۱). بر اساس برآورد سازمان بهداشت جهانی[1]، سالانه ۵۰۰ هزار نفر، پیش از رسیدن به سن بلوغ، به علت مواجهه با ذرات معلق منتقله توسط هوا، می‌میرند (۲). طبق گزارش سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا[2]، مقدار آلاینده‌های هوای داخل ساختمان ممکن است ۲ تا ۵ برابر و گاهی اوقات بیش از ۱۰۰ برابر بیشتر نسبت به هوای بیرون از ساختمان باشد (۳). از جمله ذرات معلق می‌توان به بیوآئروسل‌ها اشاره کرد، که شامل باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها، آلرژن‌ها با وزن مولکولی بالا، آندوتوکسین باکتریایی، سموم قارچی و سایر موارد می‌باشند (۴). بیوآئروسل‌ها با گستره وسیعی از اثرات بهداشتی شامل بیماری‌های واگیر، اثرات سمی حاد، آلرژی و عفونت‌های بیمارستانی مرتبط هستند. در مطالعات زیادی پژوهشگران به وجود ارتباط معنی‌دار بین عفونت‌های بیمارستانی و تراکم و نوع بیوآئروسل‌های موجود در هوا اشاره کرده‌اند (۷-۵). عفونت‌های بیمارستانی یا عفونت‌های منتقله از بیمارستان که بیش از یک قرن است، به چالشی بزرگ برای بیمارستان‌ها تبدیل شده‌اند، می‌توانند کاملا پیچیده و چند وجهی باشند. اگرچه میکروارگانیسم‌های عامل عفونت‌های بیمارستانی مشخص شده‌اند، ولی اقدامات معمول مانند پاکسازی، شستشو، گندزدایی، تهویه مطبوع و اقدامات مدیریتی تاکنون موفق به حذف کامل عفونت‌های بیمارستانی نشده‌اند و حتی بیمارستان‌های مدرن با بهترین پرسنل و تجهیزات کاملا پیشرفته هنوز نتوانسته‌اند، از نفوذ پاتوژن‌ها به بخش‌های بیمارستانی و اتاق‌های عمل بطور کامل پیشگیری نمایند. عفونت بیمارستانی به تنهایی می‌تواند زحمات مجرب‌ترین جراحان و پرسنل را از بین برده و سیستم بهداشت و درمان را متحمل هزینه‌های سنگین نموده و برای بیماران سرنوشت غم‌انگیزی را رقم بزند (۸). از دلایل اهمیت عفونت‌های بیمارستانی می‌توان به افزایش بیمارستان‌ها، نیاز به خدمات متنوع پزشکی و نیز افزایش روزافزون مقاومت‌های میکروبی و بروز عفونت‌های ناشی از خدمات درمانی اشاره کرد. عفونت‌های بیمارستانی منجر به افزایش موارد بیماری، مرگ‌ومیر و افزایش طول مدت بستری بیماران در بیمارستان می‌گردد (۹, ۱۰). اهمیت این عفونت‌ها در بیمارستان‌های پیوند اعضا به مراتب بالاتر است چراکه، پیوند عضو برای بسیاری از کسانی که سایر معالجات در مورد آن‌ها کارساز نبوده است و در اندام‌های حیاتی خود مانند قلب، کلیه، کبد، ریه، مغزاستخوان و غیره دچار اختلال شده‌اند، اجتناب‌ناپذیر است. با وجود این، یافتن اعضای پیوندی جهت بیماران نیازمند پیوند عضو، به چالشی بزرگ تبدیل شده است، به‌طوری‌که در ایران لیست افراد نیازمند اهدای عضو در سال ۱۳۹۶ شامل ۲۵۰۰۰ مورد بوده است و تنها ۳ درصد از متقاضیان پیوند عضو، نیاز خود را از طریق مرگ مغزی برآورده نموده‌اند. سالانه ۷۰۰۰ بیمار نیازمند پیوند کلیه وجود دارد که تعدادی از آن‌ها به دلیل عدم دستیابی به کلیه پیوندی فوت می‌کنند و تعداد زیادی از آن‌ها زندگی مشقت باری را با دیالیز سپری می‌کنند (۱۱). از طرفی دیگر بیماران پیوندی به دلیل استفاده از داروهای سرکوب‌کننده ایمنی، علاوه بر بیماری‌های زمینه‌ای خود، بیش از پیش مستعد ابتلا به عفونت هستند؛ بنابراین با توجه به اینکه بیوآئروسل‌ها در ایجاد عفونت‌های بیمارستانی نقش بسزایی دارند و با توجه به انجام مطالعه در خصوص نوع و تراکم بیوآئروسل‌های قارچی در این مرکز توسط سجادی و همکاران (۱۲) و اندک بودن مطالعات در زمینه تعیین نوع و تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی در بیمارستان‌های فعال در زمینه پیوند و بیمارستان منتصریه مشهد، پژوهش حاضر، با هدف بررسی بیوآئروسل‌های باکتریایی در هوای اتاق‌های عمل و

[1] World Health Organization

[2] Environmental Protection Agency

بخش‌های بیمارستان پیوند اعضای منتصریه مشهد در سال ۱۴۰۰ انجام شد.

روش‌کار

در این مطالعه مقطعی-تحلیلی ۹۶ نمونه از هوای اتاق‌های عمل و بخش‌های پیوند مغز استخوان، بخش پیوند یک، بخش پیوند دو، دیالیز و بخش مراقبت‌های ویژه برداشت شد. نمونه‌برداری به مدت سه ماه از اتاق‌های عمل و بخش‌ها در هر ماه بصورت هفته‌ای یکبار در روزهای انتقال بیمار مرگ‌مغزی[1] به اتاق عمل در سال ۱۴۰۰ انجام شد. جهت نمونه‌برداری از روش فعال[2] به علت قابلیت تکرارپذیری و اعتبار نتایج نهایی استفاده شد. در این مطالعه، نمونه‌برداری طبق دستورالعمل NIOSH0800 و به کمک پمپ نمونه-بردار با دبی ۲۸/۳ L/min و بیوسمپلر تک مرحله‌ای اندرسون در مدت زمان پنج دقیقه انجام شد.

به منظور جلوگیری از هرگونه تداخل میکروبی و آلودگی قبل از نمونه‌برداری، بیوسمپلر قبل از نمونه‌برداری بوسیله دستگاه اتوکلاو استریل شد. در فواصل نمونه‌برداری‌ها در یک روز بیوسمپلر به وسیله گاز استریل یکبار مصرف و اتانول ۷۰٪ گندزدایی شد. جهت جلوگیری از آلودگی بیوسمپلر در طی مسیر تا محل نمونه‌برداری، پس از گندزدایی نمودن بیوسمپلر داخل جعبه سرد[3] قرار گرفت و در محل نمونه-برداری، درب جعبه باز شد. در زمان نمونه‌برداری پلیت ۹۰ میلیمتری حاوی محیط کشت در داخل بیوسمپلر قرار داده شد. نمونه‌برداری در فاصله ۱۵۰-۱۲۰ سانتیمتری از ناحیه تنفسی بیمار و هر مانع دیگر و ۱۵۰-۱۰۰ سانتیمتری از کف اتاق انجام شد. همزمان با هر بار نمونه‌برداری، دما و رطوبت هوای محل نمونه‌برداری نیز با استفاده از رطوبت‌سنج دیجیتال و ترمومتر دیجیتال اندازه‌گیری شد.

جهت پیشگیری از تاثیر عوامل مداخله‌گر، در هر بار نمونه‌برداری شرایط محل از نظر پارامترهایی مانند تراکم بیماران و پرسنل در محیط، باز و بسته شدن درب ها و پنجره و مواردی از این قبیل یکسان در نظر گرفته شد.. ابعاد اتاق‌های عمل و اتاق‌های مورد نمونه‌برداری در بخش‌ها جهت محاسبه مساحت اندازه‌گیری شد.

بعد از جمع‌آوری داده‌های پژوهش، این داده‌ها بصورت کمی وارد نرم افزار SPSS 21 شد. برای تحلیل‌های آماری ابتدا داده‌های پژوهش از نظر نرمال‌بودن بررسی شد، جهت تعیین نرمال‌بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف[4] استفاده شد و چولگی و کشیدگی[5] داده‌ها نیز بررسی شد. برای مقایسه میانگین تراکم بیوآئروسل‌ها با مقدار استاندارد از آزمون تی تک‌نمونه‌ای استفاده شد و برای بررسی ارتباط میزان تراکم بیوآئروسل‌ها با دما، رطوبت و مساحت از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. سطح معنی‌داری نیز ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

میانگین دما، رطوبت نسبی هوا، مساحت در بخش‌ها و اتاق‌های عمل بیمارستان در **جدول ۱** بیان شده است. در بخش‌های مختلف میانگین دما در طی نمونه‌برداری (SD=۱/۲۹) ۲۶/۴۵ درجه سانتیگراد، میانگین رطوبت نسبی (SD=۴/۴۴) ۲۱/۸۷ درصد و میانگین مساحت (SD=۱۳۰/۳۹) ۱۰۳/۷۹ متر مربع بود.

جدول ۱ میانگین دما، رطوبت و مساحت در بخش‌ها

نام متغیر	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین
دما (درجه سانتیگراد)	۲۶/۴۵	۱/۲۹	۲۴/۰۰	۲۹/۰۰
رطوبت نسبی (درصد)	۲۱/۱۸	۴/۴۴	۱۴/۰۰	۳۱/۰۰
مساحت (متر مربع)	۱۰۳/۷۹	۱۳۰/۳۹	۱۸/۰۰	۴۰۸/۰۰

طبق نتایج این مطالعه در این بیمارستان تنها در بخش پیوند مغز استخوان ۶۶/۷۰ درصد نمونه‌ها فاقد رشد باکتری بود و در سایر بخش‌ها و اتاق‌های عمل ۱۰۰/۰۰ درصد نمونه‌ها دارای رشد باکتری بود. در **جدول ۲** میانگین تراکم بیوآئروسل‌ها در بخش‌های مختلف ارائه شده است. در این بیمارستان بیشترین میانگین تراکم مربوط به بخش‌های مراقبت‌های ویژه و اتاق عمل ۱ به ترتیب با cfu/m^3 ۱۰۱/۰۸ (انحراف معیار= ۴۸/۹۳) و cfu/m^3 ۹۲/۰۸ (انحراف معیار= ۴۴/۲۷) و کمترین میانگین تراکم مربوط به بخش پیوند مغز استخوان با cfu/m^3 ۵/۲۵ (انحراف معیار= ۷/۹۶) بود.

[1] Brain Death
[2] Active Sampling
[3] Cold Box
[4] Kolmogorov-Smironov Test
[5] Skewness and Kurtosis

جدول ۲. میانگین تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی در بخش‌های مختلف

بخش	تراکم کلنی (cfu/m^3)			
	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین
پیوند مغزاستخوان	۵/۲۵	۷/۹۶	۰/۰۰	۲۱/۰۰
پیوند یک	۵۱/۵۰	۳۳/۱۲	۱۴/۰۰	۱۴۲/۰۰
پیوند دو	۴۱/۳۳	۲۷/۲۸	۷/۰۰	۸۵/۰۰
دیالیز	۵۵/۴۱	۳۷/۵۰	۷/۰۰	۱۴۲/۰۰
مراقبت‌های ویژه	۱۰۱/۰۸	۴۸/۹۳	۵۰/۰۰	۱۹۹/۰۰
اتاق‌عمل ۱	۹۲/۰۸	۴۴/۲۷	۲۱/۰۰	۱۷۰/۰۰
اتاق‌عمل۲	۶۱/۵۸	۱۸/۹۱	۲۱/۰۰	۹۹/۰۰
اتاق‌عمل ۳	۵۴/۲۵	۲۸/۶۴	۲۱/۰۰	۹۹/۰۰

در این بیمارستان بعد از نمونه‌برداری، کشت و انجام آزمایشات افتراقی بر روی آن‌ها ۱۴ نوع جرم باکتریایی در هوای بخش‌ها و اتاق‌های عمل شناسایی شد، که در **جدول ۳** ارائه شده است. میانگین تراکم کل بیوآئروسل‌ها cfu/m^3 ۵۷/۸۱ (انحراف معیار= ۴۲/۴۴) بود. بیشترین تراکم کلنی باکتریایی مربوط به کوکوریا کریستین با میانه cfu/m^3 ۷/۰۰ (دامنه میان چارکی= ۲۱/۰۰) بود.

WHO عدد ۱۰۰ کلنی بیوآئروسل‌های باکتریایی در هر متر مکعب هوای بیمارستان را به عنوان شاخصی از وضعیت کیفی بیوآئروسل‌های باکتریایی پیشنهاد داده است. برطبق نتایج این مطالعه که در **جدول ۴** ارائه شده است، مقادیر میانگین تراکم بیوآئروسل‌ها در همه بخش ها به طور معنی‌داری کمتر از حد استاندارد بود و فقط در بخش مراقبت‌های ویژه از رهنمود کمی بیشتر بود ولی تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۳. نوع و میانگین تراکم کلنی انواع بیوآئروسل‌های باکتریایی در بیمارستان

بیوآئروسل‌ها	تراکم کلنی (cfu/m^3)			
	میانه	دامنه میان‌چارکی	کمترین	بیشترین
میکروکوکوس لوتوس	۰/۰۰	۲۱/۰۰	۰/۰۰	۱۴۱/۰۰
کوکوریا کریستین	۷/۰۰	۲۱/۰۰	۰/۰۰	۱۹۸/۰۰
استافیلوکوکوس همولیتیکوس	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۷۸/۰۰
لوکونوستوک مزانتروئیدس	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۵/۰۰
استافیلوکوکوس ویتولینوس	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۴۱/۰۰
اریزیپلئوتریکس رزیوپاته	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۷/۰۰
کوکوریا رزا	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۷۱/۰۰
درماکوکوس نیشینومیانسیس	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۵۷/۰۰
استافیلوکوکوس هومینیس	۰/۰۰	۱۲/۲۵	۰/۰۰	۱۲۰/۰۰
ارگانیسم ناشناس	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۵/۰۰
کوکوریا واریانس	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۸/۰۰
گاردنلا واژینالیس	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۷/۰۰
استافیلوکوکوس اورئوس	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۴/۰۰
گرانولیکاتلا الگانس	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۷۱/۰۰
بیوآئروسل	میانگین	انحراف-معیار	کمترین	بیشترین
میکروکوکوس لوتوس	۰/۰۰	۲۱/۰۰	۰/۰۰	۱۴۱/۰۰
کل باکتری‌ها	۵۷/۸۱	۴۲/۴۴	۰/۰۰	۱۹۹/۰۰

جدول ۴. مقایسه میانگین تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی بخش‌ها با رهنمود WHO

تعداد نمونه	میانگین(cfu/m^3)	انحراف‌معیار(cfu/m^3)	نتیجه آزمون تی تک‌نمونه‌ای	نتیجه
۱۲	۵/۲۵	۷/۹۶	< ۰/۰۰۱	مطابقت
۱۲	۵۱/۵۰	۳۳/۱۲	< ۰/۰۰۱	مطابقت
۱۲	۴۱/۳۳	۲۷/۲۸	< ۰/۰۰۱	مطابقت
۱۲	۵۵/۴۱	۳۷/۵۰	۰/۰۲	مطابقت
۱۲	۱۰۱/۰۸	۴۸/۹۳	۰/۹۴	مطابقت
۱۲	۹۲/۰۸	۴۴/۲۷	۰/۵۴	مطابقت
۱۲	۶۱/۵۸	۱۸/۹۱	< ۰/۰۰۱	مطابقت
۱۲	۵۴/۲۵	۲۸/۶۴	< ۰/۰۰۱	مطابقت
۹۶	۵۷/۸۱	۴۲/۴۴	< ۰/۰۰۱	مطابقت

با توجه به **جدول ۵** بین متغیرهای دما، رطوبت و مساحت با میزان تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی ارتباط آماری معنی‌داری یافت نشد (P>۰/۰۵).

جدول ۵. بررسی همبستگی بین دما، رطوبت و مساحت با تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی با استفاده از آزمون پیرسون

متغیر	شاخص	مساحت	دما	رطوبت
تراکم بیوآئروسل باکتریائی	ضریب همبستگی	۰/۱۶۳	۰/۰۷۲	-۰/۰۸
	p-value	۰/۱۱	۰/۴۸	۰/۴۴

بحث

طبق یافته‌های این مطالعه گونه‌های غالب شناسایی‌شده شامل میکروکوکوس لوتوس، کوکوریا کریستین، استافیلوکوکوس هومینیس بود. در مطالعه مروری قاسمیان و همکاران بیان نمودند که بیوآئروسل‌های باکتریایی غالب شناسایی‌شده در مطالعات شامل استافیلوکوکوس و میکروکوکوس بود که با مطالعه حاضر مطابقت دارد (۱۳). در مطالعه نورمرادی و همکاران گونه بیوآئروسل‌های باکتریایی غالب در سه بیمارستان دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، استافیلوکوکوس اورئوس و گونه‌های استافیلوکوک کواگولاز منفی بود (۱۴).

در مطالعه مروری استاک‌ول[1] و همکاران، مطالعه رسول‌زاده در بیمارستان شهر میاندوآب و مطالعه گودینی در بیمارستان خرم‌آباد بیوآئروسل‌های باکتریایی غالب استافیلوکوک و استرپتوکوک بودند (۱۵-۱۷). در مطالعه لی چن[2] در پنج بیمارستان در شرق چین گونه‌های باکتریایی غالب شامل ویبریو مشنکووی[3]، استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس و استافیلوکوکوس همولیتیکوس و در مطالعه مروری ابوراب[4] و همکاران در خاورمیانه و شمال آفریقا، استافیلوکوکوس از شایع‌ترین گونه‌های بیوآئروسل‌های باکتریایی بود(۱۸, ۱۹).

در مطالعه حسین‌زاده و همکاران در بیمارستان‌های منتخب همدان بیوآئروسل‌های باکتریایی غالب استافیلوکوک کواگولاز منفی، باسیلوس و میکروکوکوس بودند که با نتایج مطالعه حاضر مشابهت دارد (۲۰). گونه استافیلوکوکوس، گونه غالب باکتریایی شناسایی شده در مطالعه مهراسبی و همکاران بر روی هوای بیمارستان ولی‌عصر زنجان(۲۱)، در مطالعه میرزایی و همکاران بر روی هوای بیمارستانی در زاهدان (۲۲)، مطالعه کاتگیر[5] در بیمارستانی در هند (۲۳) و مطالعه منتظر و همکاران (۲۴) بر روی هوای ایستگاه‌های پرستاری در بیمارستانی در شهر تهران بود. بررسی‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که بیوآئروسل‌های باکتریایی یافت‌شده در این بیمارستان از نوع باکتری‌های گرم مثبت بودند که با توجه به مقاومت بیشتر باکتری‌های گرم مثبت در مقابل شرایط نامساعد طبیعی، منطقی به نظر می‌رسد (۲۵, ۲۶).

طبق یافته‌های این مطالعه میانگین تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی در این بیمارستان ۵۷/۸۱ cfu/m^3 است که با رهنمود پیشنهادی WHO مطابقت داشت. کم‌ترین میانگین تراکم مربوط به بخش مغزاستخوان با میانگین ۵/۲۵ cfu/m^3 و بیشترین میانگین تراکم مربوط به بخش مراقبت‌های ویژه با میانگین ۱۰۱/۰۸ cfu/m^3 و اتاق‌عمل ۱ با میانگین تراکم ۹۲/۰۸ cfu/m^3 بود. در مطالعه عبداللهی نیز هوای بخش پیوند مغز استخوان دارای کم‌ترین بارآلودگی و هوای بخش مراقبت‌ویژه دارای بیشترین میزان بار آلودگی بیوآئروسل‌ها بود که با مطالعه حاضر مطابقت داشت (۲۷). بیشتر بودن میزان تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی در بخش مراقبت‌ویژه می‌تواند به دلیل حضور تعداد بیشتر بیمار و پرسنل به صورت هم‌زمان نسبت به سایر مکان‌های نمونه‌برداری در بخش‌های بستری باشد. یکی از دلایل بالا بودن میزان تراکم بیوآئروسل‌ها در اتاق‌عمل ۱، احتمالا نوع اعمال جراحی انجام شده در آن می‌باشد که در این اتاق، عمل جراحی پیوند کلیه و سایر اعمال جراحی به جز پیوند عضو در این اتاق انجام می‌شود. مناسب‌بودن وضعیت تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی در اتاق‌های بخش پیوند مغز استخوان به دلیل کیفیت مناسب تهویه در اتاق‌های ایزوله تک‌تخته فشار مثبت آن، بسته-بودن درب‌ها و پنجره‌ها، قوانین سختگیرانه عبور و مرور به بخش و گندزدایی دقیق محیطی می‌باشد. بر اساس مشاهدات تجربی در این بیمارستان میزان فشار مثبت در اتاق‌های بخش پیوند مغز استخوان نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر بود که باعث بهبود قابل توجه وضعیت تهویه و به دنبال آن باعث کاهش چشمگیر میزان تراکم بیوآئروسل‌ها می‌شود.

[1] Stockwell
[2] Lei Chen
[3] Vibrio Metschnikovii
[4] Abu Rub
[5] Kotgire

یافته‌های این مطالعه نشان داد که میانگین دمای محیط در بخش‌های مورد بررسی در بیمارستان منتصریه مشهد برابر با ۲۶/۵ درجه سانتیگراد بود. میانگین دمای اندازه‌گیری‌شده در کل بخش‌های بیمارستان شهرستان دامغان در مطالعه دهدشتی و همکاران نیز در محدوده ۲۶-۲۴ درجه سانتیگراد و در بیمارستان‌های آموزشی شهر اردبیل در مطالعه والدینی اصل و همکاران ۲۴ درجه سانتیگراد و در مطالعه یوسف‌زاده و همکاران رنج تغییرات دما ۲۵-۲۴ درجه سانتیگراد بود که با یافته‌های این پژوهش مطابقت داشت. میانگین رطوبت‌نسبی در مطالعه حاضر ۲۰/۵ درصد بود و رطوبت‌نسبی در مطالعه دهدشتی و همکاران در محدوده ۳۵-۳۰ درصد، در مطالعه یوسف‌زاده ۲۷-۲۳ درصد و در مطالعه والدینی اصل و همکاران به‌طور میانگین ۵۵ درصد گزارش شد (۳, ۲۸, ۲۹).

طبق نتایج این مطالعه رابطه معنی‌داری بین رطوبت و دمای محیط و تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی یافت نشد که علت آن می‌تواند کم‌بودن رنج تغییرات دما و رطوبت در بخش‌های این بیمارستان به دلیل استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع باشد به‌طوری‌که بر تراکم بیوآئروسل‌ها تاثیر زیاد نداشته باشد. همان‌طور که در مطالعه یوسف‌زاده و همکاران نیز به این موضوع اشاره شده است (۲۹). در مطالعه‌ای که توسط نورمرادی و همکاران در بیمارستان‌های منتخب اصفهان انجام شد نیز ارتباط معنی‌داری بین رطوبت و دما با تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی یافت نشد (۱۴) اما در مطالعه‌ای که توسط فنگ و اوبارد[1] در بیمارستانی در سنگاپور انجام دادند، ارتباط بین میزان رطوبت و تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی معنی‌دار بود (۳۰).

طبق نتایج مطالعه حاضر ارتباط معنی‌داری بین مساحت و میزان تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی مشاهده نشد ($P>0/05$). محمدیان و همکاران مهم‌ترین عامل را در تراکم و تنوع زیاد بیوآئروسل‌ها در هوای بیمارستانی در شهر ساری را تعداد زیاد افراد حاضر در بخش‌ها عنوان کردند (۳۱)، منتظر و همکاران در بررسی آلودگی باکتریایی هوای ایستگاه‌های پرستاری بیمارستانی در تهران، بین تعداد پرستاران حاضر در هر ایستگاه و میزان آلودگی باکتریایی ارتباط معنی‌داری مشاهده کردند (۲۴)، والدینی اصل و همکاران یکی از عوامل مهم افزایش بیوآئروسل‌ها در شیفت عصر بیمارستان‌های مورد مطالعه را وجود ساعت ملاقات در شیفت عصر و حضور تعداد زیادی ملاقات‌کننده عنوان کردند (۲۸). از مهم‌ترین دلایل معنی‌دار نبودن ارتباط میان مساحت و تراکم بیوآئروسل‌ها در این مطالعه می‌تواند طراحی سیستم‌های تهویه متناسب با مساحت و تعداد بیمار بستری‌شده در هر اتاق باشد همچنین در این بیمارستان با توجه به حساسیت نوع بیماران دستورالعمل ملاقات معمول روزانه ممنوع اعلام شده است. در این بیمارستان ملاقات منحصر به شرایط خاص و بسیار محدود و معمولا در خارج از بخش انجام می‌شود و از ورود و تردد غیر ضروری همراهان و ملاقات‌کنندگان حتی در بخش‌های بستری جلوگیری به‌عمل می‌آید.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی در بخش‌های مختلف بیمارستانی متفاوت بود، لیکن نوع میکروارگانیسم‌های پراکنده در محیط‌های بیمارستانی مشابه بود. میزان تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی با توجه به مطابقت آن با رهنمود WHO مناسب بود و میزان آلودگی در بخش‌های مختلف تابع فاکتورهایی نظیر نوع بیماران بستری‌شده، تعداد تخت در هر اتاق، وضعیت تهویه، تعداد پرسنل و وضعیت گندزدایی محیط و ابزار می‌باشد. نظافت و گندزدایی مستمر سطوح و ابزار و تعویض به موقع فیلترهای هواسازها و بازدید ادواری از آن‌ها می‌تواند نقش بسزایی در کنترل آلاینده‌ها، بویژه بیوآئروسل‌های باکتریایی داشته باشد.

تشکر و قدردانی: بدین‌وسیله از همکاری پرسنل خدوم بیمارستان منتصریه در انجام مراحل مختلف نمونه‌برداری قدردانی می‌شود.

تعارض منافع: هیچ گونه تضاد منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

حمایت مالی: این مقاله از پایان‌نامه دانشجویی استخراج شده و ۸۰ درصد هزینه‌های انجام مطالعه از محل منابع شخصی و ۲۰ درصد از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم‌پزشکی و خدمات‌درمانی گناباد تامین شده است.

[1] Fang and Obbardd

ملاحظات اخلاقی: نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند و همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیرمقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند. این مقاله از پایان‌نامه مقطع کارشناسی‌ارشد با کد IR.GMU.REC.1400.034 استخراج شده است.

مشارکت نویسندگان: ایده و طراحی مطالعه : رویا پیروی و امیر بهلوری حجار، آنالیز داده‌ها و تفسیر: امیر بهلوری-حجار و فاطمه محمدزاده، نگارش پیش‌نویس مقاله: امیر بهلوری‌حجار و رویا پیروی، ویرایش انتقادی: حسین علیدادی

References

1. Hardy JT. Climate change: causes, effects, and solutions: John Wiley & Sons; 2003.
2. Choobineh A, Rostam R, Tabatabae S. Assessment of BioaerosolsTypes and Concentration inAmbientAirof Shiraz University of Medical Sciences Educational Hospitals, 2008. Iran Occupational Health. 2009;6(2):69-76.
3. Dehdashti A, Sahranavard N, Rostami R, Barkhordari A, Banayi Z. Survey of bioaerosols type and concentration in the ambient air of hospitals in Damghan, Iran. Occupational medicine quarterly Journal. 2012;4(3):41-51.
4. AziziFar M. Effect of Nano Silver-colored stain on the lower level of pollution Fungal Kamkar Hospital. Qom University of Medical Sciences Journal. 2009;3(3):25-30.
5. Sadeghi Hasanvand Z, Sekhavatjo MS. Assessment the bio-aerosols type and concentration in various wards of Valiasr Hospital, Khorramshahr during 2011. Iranian journal of health and environment. 2013;6(2):201-10.
6. Khan AH, Karuppayil SM. Fungal pollution of indoor environments and its management. Saudi journal of biological sciences. 2012;19(4):405-26. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.06.002 PMid:23961203 PMCid:PMC3730554
7. Lim T, Cho J, Kim BS. The predictions of infection risk of indoor airborne transmission of diseases in high-rise hospitals: Tracer gas simulation. Energy and Buildings. 2010;42(8):1172-81. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.02.008
8. Kowalski W. Hospital airborne infection control: CRC Press; 2011.
9. Ortiz G, Yagüe G, Segovia M, Catalán V. A study of air microbe levels in different areas of a hospital. Current microbiology. 2009;59(1):53-8. https://doi.org/10.1007/s00284-009-9398-7 PMid:19330376
10. Masumi Asil H, Zahraie M, Majidpur A, Nateghian A, Afhami S, Rahbar M. National Guideline of nosocomial infections surveillance. Tehran, Iran: Department of Health and Medical Education. Center for Disease Management. 2006:7-30.
11. Kiani M, Abbasi M, Ahmadi M, Salehi B. Organ transplantation in Iran; current state and challenges with a view on ethical consideration. Journal of clinical medicine. 2018;7(3):45. https://doi.org/10.3390/jcm7030045 PMid:29510570 PMCid:PMC5867571
12. Sajjadi S, Ketabi D, Joulaei F, Zarrinfar H. Evaluation of fungal air contamination in wards and operating rooms of Montaserie organ transplant hospital, Mashhad. Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation. 2017;6(1):17-25.
13. Ghasemian A, Khodaparast S, Moghadam FS, Nojoomi F, Vardanjani HR. Types and levels of Bioaerosols in healthcare and community indoor settings in Iran. Avicenna Journal of Clinical Microbiology and Infection. 2016;4(1):41036-. https://doi.org/10.17795/ajcmi-41036
14. Nourmoradi H, Nikaeen M, Amin MM, Hatamzadeh M. An Investigation on Bio-aerosol Concentrations in the Different Wards of Hospitals of Isfahan University of Medical Sciences. Journal of Isfahan Medical School. 2011;29(149).
15. Stockwell RE, Ballard EL, O'Rourke P, Knibbs LD, Morawska L, Bell SC. Indoor hospital air and the impact of ventilation on bioaerosols: a systematic review. Journal of Hospital Infection. 2019;103(2):175-84. https://doi.org/10.1016/j.jhin.2019.06.016 PMid:31279762
16. Khodabandelou H, Rasoulzadeh Y, Mirzaeei R, Rezaeei MA. Bio-aerosols variety and concentration in different hospital wards of Miandoab City in winter. Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences. 2016;38(3):58-65.
17. Godini H, Azimi F, Kamarehie B, Mohammadin P, Mansoury N, Norozian H, et al. Bio-aerosols concentrations in different wards of Khorramabad Hospital, Iran, 2013. International Journal of Environmental Health Engineering. 2015;4(1):23.
18. Chen L, Song Z, Zhou X, Yang G, Yu G. Pathogenic bacteria and fungi in bioaerosols from specialized hospitals in Shandong province, East China. Environmental Pollution. 2024;341:122922. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122922 PMid:37984476
19. Abu-Rub LI, Johar A-RA, Al Mana H, Abdelrahman HA, Althani AA, Qotba H, et al. Bacterial indoor air contaminations in hospitals in MENA region: A systematic review. International Journal of Environmental Health Research.

2023;33(12):1218-32. https://doi.org/10.1080/09603123.2022.2083087 PMid:35658652
20. Hoseinzadeh E, Samarghandie MR, Ghiasian SA, Alikhani MY, Roshanaie G. Evaluation of bioaerosols in five educational hospitals wards air in Hamedan, during 2011-2012. Jundishapur Journal of Microbiology. 2013;6(6). https://doi.org/10.5812/jjm.10704
21. Mehrasbi MR, Mohammadi G, MOHAMMADIAN FM, Hajikarim B, Jafari G. Indoor Airborne Bio Aerosols in Valiasr Hospital in Zanjan, Iran. 2015. https://doi.org/10.29252/jhehp.1.1.6
22. Mirzaei R, Shahriary E, Qureshi MI, Rakhshkhorshid A, Khammary A, Mohammadi M. Quantitative and qualitative evaluation of bio-aerosols in surgery rooms and emergency department of an educational hospital. Jundishapur Journal of Microbiology. 2014;7(10). https://doi.org/10.5812/jjm.11688
23. Kotgire S, Akhtar R, Damle A, Siddiqui S, Padekar H, Afreen U. Bioaerosol assessment of indoor air in hospital wards from a tertiary care hospital. Indian J Microbiol Res. 2020;7:28-34. https://doi.org/10.18231/j.ijmr.2020.007
24. Montazer M, Soleimani N, Zendehdel R, Etemad K, Abtahi Mohasel M, Malmir M. Bacterial bioaerosols determination in nurse stations in a governmental hospital in Tehran. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;11(2):281-92.
25. Faridi S, Hassanvand MS, Naddafi K, Yunesian M, Nabizadeh R, Sowlat MH, et al. Indoor/outdoor relationships of bioaerosol concentrations in a retirement home and a school dormitory. Environmental Science and Pollution Research. 2015;22(11):8190-200. https://doi.org/10.1007/s11356-014-3944-y PMid:25516249
26. Cichowicz R, Stelęgowski A. Effect of thermal sludge processing on selected components of air quality in the vicinity of a wastewater treatment plant. Chemical Papers. 2019;73:843-9. https://doi.org/10.1007/s11696-018-0636-y
27. Kamali Sarwestani Z, Dasdar A, Agha Kuchak Afshari S, Gerami Shoar M, Hashemi SJ, Pakzad R, et al. Evaluation of fungal air contamination in selected wards of two tertiary hospitals in Tehran, Iran. Tehran University Medical Journal TUMS Publications. 2017;75(4):299-306.
28. Valedeyni Asl F, Hazrati S, Arzanlo M, Fazlzadeh M. Assessment of bacterial bio-aerosols types and its concentration in the ambient air of educational hospitals of Ardabil University of Medical Sciences in 2016. Journal of Health and Safety at Work. 2018;8(1):15-28.
29. Yousefzadeh A, Maleki A, Athar SD, Darvishi E, Ahmadi M, Mohammadi E, et al. Evaluation of bio-aerosols type, density, and modeling of dispersion in inside and outside of different wards of educational hospital. Environmental Science and Pollution Research. 2022:1-15.
30. Obbard JP, Fang LS. Airborne concentrations of bacteria in a hospital environment in Singapore. Water, Air, and Soil Pollution. 2003;144:333-41. https://doi.org/10.1023/A:1022973402453
31. MOHAMMADIAN M, MOVAHEDI MA. Assessment of biological agents in the air of different wards in Imam Khomayni and Shahid Zare hospitals in Sari, 2007. 2010. https://doi.org/10.29252/jnkums.2.2.3.51