Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 5, Issue 1, Spring 2018, Pages: 53-60

Original Article

doi: 10.21859/johe-5.1.53

# Evaluation of Indoor Air Quality in Different Hospital Wards by Bioaerosol Sampling and Particle Counting in 2016

**Ahmad Nikpey[1], Mohadeseh Choubdar[2,*], Ali Dastamouz[2], Mohammad Rahmani[3]**

[1] *Associate Professor, Department of Occupational Health, School of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran*
[2] *MSc Student, Department of Occupational Health, School of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran*
[3] *BSc in Occupational Health, School of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran*

**** Corresponding Author:** Mohadeseh Choubdar, Department of Occupational Health, School of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran. Email: m.choobdar@gmail.com*

**Received:** 06/12/2017
**Accepted:** 03/06/2018

**How to Cite this Article:**
Nikpey A, Choubdar M, Dastamouz A, Rahmani M. Evaluation of Indoor Air Quality in Different Hospital Wards by Bioaerosol Sampling and Particle Counting in 2016. *J Occup Hyg Eng*. 2018; 5(1): 53-60. DOI: 10.21859/johe-5.1.53

## Abstract

**Background and Objective:** Hundreds of millions of patients are annually affected by nosocomial infections worldwide, the most important complications of which are mortality and imposition of financial burdens on health systems. The maintenance of adequate indoor air quality (IAQ) at hospitals is critical to the prevention of these infections. The evaluation of IAQ can be performed through bioaerosol sampling and particle counting. Regarding this, the present study aimed to evaluate IAQ by investigating bioaerosol concentration and particle counting in various wards of a hospital in Qazvin province, Iran.

**Materials and Methods:** This descriptive, analytical, and cross-sectional study was conducted on air samples obtained from seven wards of a hospital in Qazvin. Air samples were taken according to the standards of the National Institute for Occupational Safety and Health using the Andersen impactor equipped with tryptic soy agar and Sabouraud dextrose agar media at a flow rate of 28.3 L/min for 10 min. The samples were incubated, then counted in terms of CFU/$m^3$. The counting of particulate matters was accomplished using China Way CW-HPC200 (A).

**Results:** The lowest mean fungal and total concentrations were observed in the pathology department and laboratory, while the highest concentration was detected in the Intensive Care Unit and Coronary Intensive Care Unit. The mean $PM_{2.5}$ and $PM_{0.3}$ were obtained as 189 n/$m^3$ and 100499 n/$m^3$, respectively. The results of the Spearman test revealed a significant correlation between the total microbial concentration and $PM_{0.3}$ (P=0.003).

**Conclusion:** As the findings indicated, bioaerosol concentration was higher in the hospital than in outdoor. This might be related to the presence of patients, their activities, as well as unsuitable ventilation and disinfection. Therefore, continuous monitoring, enhancement of hygienic disinfection standards, and promotion of ventilation systems are needed to improve IAQ, especially in the hospital wards.

**Keywords:** Bioaerosol, Hospitals; IAQ; Particulate Matter

**Copyright** © 2018 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

مقاله پژوهشی

doi: 10.21859/johe-5.1.53

# ارزیابی کیفیت هوا در بخش‌های مختلف بیمارستانی با تأکید بر نمونه‌برداری از بیوآئروسل‌ها و شمارش ذرات معلق هوا در سال ۱۳۹۵

احمد نیک‌پی[۱]، محدثه چوبدار[۲،*]، علی دست‌آموز[۲]، محمد رحمانی[۳]

[۱] دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

[۳] کارشناس بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

* **نویسنده مسئول:** محدثه چوبدار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران.

ایمیل: m.choobdar@gmail.com

**تاریخ دریافت مقاله:** ۱۳۹۶/۰۹/۱۵

**تاریخ پذیرش مقاله:** ۱۳۹۶/۰۳/۱۳

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

## چکیده

**سابقه و هدف:** سالیانه صدها میلیون بیمار در جهان از عفونت‌های بیمارستانی رنج می‌برند که برجسته‌ترین پیامد آن مرگ و تحمیل هزینه‌های گزاف مالی بر نظام‌های درمانی است. حفظ کیفیت هوای مناسب در بیمارستان‌ها برای پیشگیری از وقوع این دسته از عفونت‌ها بسیار مهم می‌باشد. بررسی کیفیت هوای داخل (IAQ: Indoor Air Quality) می‌تواند براساس نمونه‌برداری از بیوآئروسل‌ها و شمارش ذرات معلق هوا انجام گیرد. در این ارتباط، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کیفیت هوا با تأکید بر تراکم بیوآئروسل‌ها و ذرات معلق هوا در بخش‌های مختلف بیمارستانی در استان قزوین انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه توصیفی- تحلیلی و مقطعی، هوای هفت بخش داخلی بیمارستان مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌برداری از هوا براساس استاندارد NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) و ایمپکتور Anderson مجهز به محیط کشت TSA (Tryptic Soy Agar) و سابرود دکستروز آگار در فلوی ۲۸/۳ لیتر بر دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. نمونه‌ها پس از انکوباسیون و شمارش بر حسب واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب گزارش شدند. شمارش ذرات معلق هوا با استفاده از دستگاه China Way مدل CW-HPC200(A) صورت گرفت.

**یافته‌ها:** حداقل میانگین تراکم قارچی و کل در بخش‌های پاتولوژی و آزمایشگاه و حداکثر غلظت در CCU وICU به ثبت رسید. میانگین ذرات $PM_{2.5}$ و $PM_{0.3}$، ۱۸۹ و ۱۰۰۴۹۹ ذره در متر مکعب هوا بود. نتایج آزمون Spearman همبستگی معناداری را بین ذرات $PM_{0.3}$ و آلودگی کل میکروبی نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد که غلظت بیوآئروسل‌ها در محیط داخل بیشتر از هوای آزاد است که می‌تواند با حضور بیماران، فعالیت آن‌ها، سیستم تهویه و پاک‌سازی نامناسب مرتبط باشد؛ از این رو پایش مستمر، ارتقای استانداردهای پاک‌سازی و سیستم تهویه جهت بهبود کیفیت هوای داخل به‌ویژه در بخش‌های بیمارستان پیشنهاد می‌گردد.

**واژگان کلیدی:** بیمارستان‌ها؛ بیوآئروسل‌ها؛ ذرات معلق هوا؛ IAQ

## مقدمه

کیفیت هوای داخل از شاخص‌های اصلی سلامت محیط‌های بهداشتی- درمانی محسوب می‌شود. کیفیت نامطلوب هوا عوارض جدی چون آلرژی، تحریک ناحیه تنفسی، سندرم ساختمان بیمار (SBS: Sick Building Syndrome)، بیماری‌های عفونی نظیر سندرم حاد تنفسی (SARS: Severe Acute Respiratory Syndrome) و عفونت‌های بیمارستانی (ثانویه) را به همراه دارد [۱]. عفونت‌های بیمارستانی یکی از مهم‌ترین عوامل مخاطره‌آمیز برای شاغلین، بیماران و حتی عیادت‌کنندگان به شمار می‌روند که برجسته‌ترین پیامد آن‌ها مرگ و هزینه‌های مالی گزاف می‌باشد. شیوع این عفونت‌ها در کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته به‌ترتیب ۷ و ۱۰ درصد گزارش شده است و طبق برآوردها ۵-۱ درصد از هزینه‌های بیمارستان‌ها مربوط به عفونت‌های ثانویه می‌باشد [۲-۴]. برآورد می‌گردد که بین ۲۰-۱۰ درصد از عفونت‌های ثانویه از طریق هوا و به شکل ذرات

معلق منتقل می‌شوند. انتقال هوابرد به عفونت‌های ناشی از بیوآئروسل‌ها اطلاق می‌گردد. به ذرات معلق هوا با منشأ بیولوژیک نیز بیوآئروسل می‌گویند [۵،۶]. گونه‌های مختلفی نظیر استافیلوکوکوس اورئوس، سودوموناس آئروژینوز، اسینتوباکتر بومانی، مایکوباکتریوم توبرکلوزیس و آسپرژیلوس می‌توانند از مسیر هوابرد انتقال یابند [۲]؛ بنابراین مجموعه بیمارستان نیازمند توجه ویژه به کیفیت هوا است تا بیماران و پرسنل مراقبت سلامت را در مقابل عفونت‌های بیمارستانی و بیماری‌های شغلی حفاظت نمایند [۷]. پایش کیفیت هوای داخل نخستین قدم در جهت پیشگیری از عفونت‌های نوزوکومیال است [۸]. ذرات معلق و بیوآئروسل‌ها از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده کیفیت هوای داخل هستند که عموماً به واسطه حضور بیماران عفونی، فعالیت‌های انسانی و اقدامات نظافتی در محیط منتشر می‌شوند [۱]. تراکم بیوآئروسل‌ها از بخشی به بخش دیگر یک بیمارستان و همچنین از بیمارستانی به بیمارستان دیگر در یک شهر یا منطقه جغرافیایی متغیر است و در مجموع ۳۴-۵ درصد از آلودگی هوا در محیط‌های داخل را شامل می‌شود [۲،۹]. ذرات هوابرد غیربیولوژیک می‌توانند محل مناسبی برای استقرار عوامل زیان‌آور میکروبی باشند و از پتانسیل بالایی برای ورود به اعماق سیستم تنفسی افراد برخوردار هستند [۱۰،۱۱]. مطالعات پیشین سنجش ذرات معلق هوا را به‌عنوان شاخصی از آلودگی میکروبی پیشنهاد نموده‌اند [۱۱]. Tang و همکاران در مطالعات خود جزئیات انتقال هوابرد عفونت‌ها و کیفیت هوای داخل را به تفصیل بیان نمودند. آن‌ها فعالیت‌هایی نظیر سرفه، عطسه و صحبت‌کردن را از عوامل تولید ذرات عفونی در هوا برشمردند که به دلیل اندازه کوچک به مدت طولانی در هوا باقی مانده و موجبات بیماری‌زایی را فراهم می‌نمایند [۱۲]. Landrin و همکاران نیز کیفیت هوای داخل اتاق‌های عمل را با توجه به استاندارد فرانسه (۵ واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب) نامناسب عنوان نمودند. این پژوهشگران حداکثر تعداد ذرات در اندازه‌های ۵< و ۵> میکرون را ۶۴۲۶۲ ذره در متر مکعب هوا گزارش کردند [۱۳]. از سوی دیگر، Jung و همکاران در پژوهش خود به اندازه‌گیری ذرات $PM_{2.5}$ و $PM_{10}$ و گازهایی چون $CO_2$، CO، HCHO و $O_3$ در بیمارستان‌ها پرداختند. آن‌ها فعالیت‌های انسانی و تفاوت در سیستم‌های تهویه را از تأثیرگذارترین عوامل بر کیفیت هوای بیمارستانی دانستند. اطلاعات مربوط به سنجش کیفیت هوای داخل جهت ارزیابی ریسک، شناسایی توزیع منابع آلودگی و بهبود وضعیت موجود کمک می‌کند [۱۴]. همچنین، پایش بیوآئروسل‌ها و ذرات معلق هوا می‌تواند اطلاعات مفیدی را به‌منظور بررسی‌های اپیدمیولوژیک عفونت‌های ثانویه، رابطه تعداد و غلظت ذرات معلق با عوامل بیولوژیک هوابرد، شاخصی از آلودگی هوا یا تمیزبودن این محیط‌ها و نحوه کنترل آن‌ها ارائه نماید [۱۵]؛ از این رو مطالعه حاضر با هدف بررسی کیفیت هوای داخل یک بیمارستان واقع در شهر قزوین براساس شمارش ذرات هوابرد و بیوآئروسل‌ها در سال ۱۳۹۵ انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه توصیفی- تحلیلی با روش مقطعی در زمستان سال ۱۳۹۵ در ارتباط با هوای هفت بخش داخلی یک بیمارستان شامل: مراقبت‌های ویژه (ICU: Intensive Care Unit)، اتاق عمل، جراحی زنان، مراقبت‌های ویژه قلب (CCU: Coronary Care Unit)، اورژانس، پاتولوژی و آزمایشگاه و ۱ ایستگاه در خارج از بیمارستان انجام شد. زمان نمونه‌برداری به دلیل تردد کم ملاقات‌کنندگان و خلوتی بخش‌ها، ساعت ۸ صبح تا ۲ بعدازظهر انتخاب گردید. به‌منظور بررسی تراکم ذرات هوابرد بیولوژیک از نمونه‌بردار تک‌مرحله‌ای Anderson، دستگاه QuickTake 30 ساخت کشور انگلستان و روش استاندارد NIOSH استفاده شد. شایان ذکر است که نمونه‌برداری در دبی ۲۸/۳ لیتر بر دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین و با فاصله یک متر از دیوارها و موانع صورت گرفت [۱۶،۱۷]. در این پژوهش از محیط کشت TSA برای کل عوامل میکروبی و از محیط کشت سابرود دکستروز آگار برای رشد عوامل قارچی استفاده گردید. قبل از قراردادن پلیت‌های حاوی محیط کشت، به‌منظور گندزدایی دستگاه از الکل اتانول ۷۰ درصد استفاده شد تا هرگونه آلودگی اولیه زدوده شود. پس از هر بار نمونه‌برداری، اطراف پلیت توسط نوار چسب مسدود می‌گشت تا مانع از خطای ناشی از آلودگی ثانویه گردد. در ادامه، تمام محیط‌ها به همراه برچسب اطلاعاتی (نام بخش، نام اتاق و تاریخ) که روی آن‌ها درج شده بود به آزمایشگاه منتقل شدند و به مدت ۴۸-۷۲ ساعت در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس شمارش کلونی‌ها انجام شد [۱۸]. برای محاسبه تراکم کلنی‌های شمارش‌شده بر روی محیط کشت، ابتدا حجم هوای نمونه‌برداری با توجه به دما و فشار محیطی اصلاح گشت و سرانجام تراکم بر حسب واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب محاسبه گردید [۱۹]. برای نمونه‌برداری از ذرات معلق $PM_{2.5}$ و $PM_{0.3}$ از دستگاه شمارنده لیزری China Way مدل CW-HPC200(A) به‌طور همزمان با نمونه‌برداری میکروبی استفاده شد و نتایج حاصل به‌صورت تعداد ذره در متر مکعب هوا گزارش گردید. سنجش دما و رطوبت نسبی نیز توسط دستگاه قرائت مستقیم Indoor Air Quality Meter مدل IAQ55 ساخت Supco به‌صورت همزمان با نمونه‌برداری انجام شد [۲۰]. جهت تعیین نسبت I/O (Indoor/Outdoor)، نمونه‌برداری‌ها در یک ایستگاه خارج از بیمارستان و نزدیک به در اصلی با فاصله دو متر از موانع و دیوارها صورت گرفت [۱۴]. علاوه‌براین، به‌منظور تعیین حدود مجاز آلودگی از استانداردهای EU GMP (EuropeanUnion Good Manufacturing Practice) و

ISO کلاس ۶ استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20 صورت گرفت و جهت بررسی ارتباط بین متغیرها از همبستگی Spearman در سطح معناداری ۹۵درصد استفاده شد.

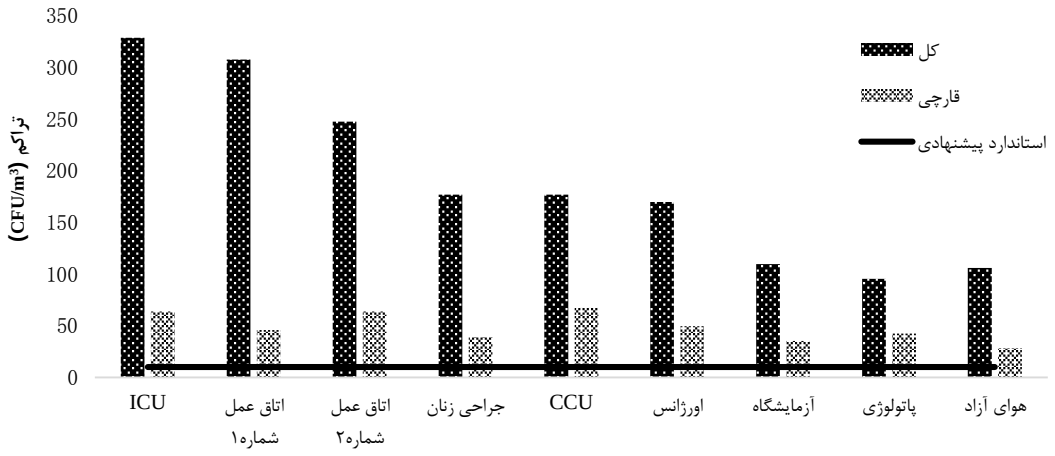
## یافته‌ها

براساس نتایج حاصل از نمونه‌گیری‌ها مشخص گردید که دمای اندازه‌گیری‌شده در محدوده ۲۵-۲۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی در دامنه ۳۰-۱۸ درصد بود (جدول ۱). تعداد ذرات معلق $PM_{2.5}$ و $PM_{0.3}$ مربوط به بخش‌های داخل بیمارستان و هوای محوطه بیرون در جدول ۱ ارائه شده است. مطابق با نتایج این جدول، بیشترین تعداد ذرات $PM_{2.5}$ و $PM_{0.3}$ به اتاق عمل شماره ۱ و بخش اورژانس اختصاص داشت. همچنین نسبت متغیرهای هوای داخل به محوطه خارج از بیمارستان در تمامی موارد کمتر از ۱ بود (I/O<۱) که نشان از ورود هوای محیط بیرونی به محیط داخلی دارد. به‌منظور تعیین سطح مجاز ذرات معلق $PM_{0.3}$ از استاندارد ISO کلاس ۶ استفاده شد که در آن ۱۰۲۰۰۰ ذره در متر مکعب هوا پیشنهاد شده است [۲۱]. بر پایه این استاندارد، متوسط ذرات معلق در ایستگاه‌های داخلی پایین‌تر از حد توصیه شده بود.

حداقل و حداکثر تراکم کل میکروبی در بخش‌های پاتولوژی و مراقبت‌های ویژه به‌ترتیب ۹۵/۴۱ و ۳۲۸/۶۲ واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب گزارش شد. نمودار ۱ میانگین تراکم عوامل بیولوژیک در هوای هر بخش را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج اندازه‌گیری عوامل بیولوژیک هوابرد لازم است این مقادیر برای آگاهی از متجاوزبودن آن‌ها از رهنمودهای موجود با حد مجاز مقایسه شود و اظهار نظر نهایی صورت گیرد. در حال حاضر هیچ استاندارد مطلقی از سوی مؤسسات یا سازمان‌هایی که مورد پذیرش متخصصان هستند ارائه نشده است و مقادیر ارائه شده جنبه راهنما یا پیشنهاد دارند [۲۲،۲۳]. در این مطالعه از استاندارد EU GMP به‌عنوان حد مجاز استفاده گردید. بر پایه این استاندارد، مقدار ۱۰ واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب

**جدول ۱:** متوسط مقادیر دما، رطوبت نسبی و غلظت گاز دی‌اکسید کربن مربوط به هر بخش

| بخش | متغیر | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $PM_{0.3}$ (تعداد ذره در متر مکعب هوا) | $PM_{2.5}$ (تعداد ذره در متر مکعب هوا) | دما (سلسیوس) | رطوبت نسبی (درصد) |
| اورژانس | ۱۴۹۱۰۰ | ۲۱۰ | ۲۱/۳ | ۲۷/۸ |
| آزمایشگاه | ۱۴۳۴۰۰ | ۱۶۸ | ۲۴ | ۲۵ |
| پاتولوژی | ۱۳۶۷۹۴ | ۱۴۷ | ۲۱/۵ | ۲۷ |
| اتاق عمل شماره ۱ | ۵۹۰۷۳ | ۲۵۲ | ۲۱/۵ | ۲۳ |
| اتاق عمل شماره ۲ | ۵۷۸۳۴ | ۱۰۵ | ۲۳/۷ | ۲۸/۵ |
| CCU | ۸۰۸۷۱ | ۲۱۰ | ۲۵/۱ | ۱۸ |
| ICU | ۵۸۶۳۲ | ۱۰۵ | ۲۲/۵ | ۲۶ |
| جراحی زنان | ۸۷۶۱۲ | ۳۱۵ | ۲۱ | ۳۰ |
| انحراف معیار±میانگین | ۱۰۰۴۹۹±۳۹۱۶۹/۶ | ۱۸۹±۷۲/۷ | ۲۲/۵۷±۱/۵ | ۲۵/۶۶±۳/۸ |
| هوای آزاد | ۱۳۰۷۲۵ | ۲۷۳ | ۹/۸ | ۵۱ |
| نسبت I/O | ۰/۸ | ۰/۷ | ۲/۳ | ۰/۵ |




**نمودار ۱:** میانگین تراکم عوامل میکروبی (واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب) به تفکیک بخش‌های بیمارستان و در مقایسه با استاندارد پیشنهادی

نشان‌دهنده محیط تمیز است؛ بنابراین آلودگی کلیه بخش‌ها از حیث تراکم کل و قارچی بیشتر از حد مجاز بود. نتایج تجزیه و تحلیل آماری آزمون تی (One Sample T-Test) برای مقایسه غلظت عوامل میکروبی با مقدار استاندارد، تفاوت معناداری را نشان داد (P<۰/۰۰۰۱)؛ اما نتایج حاصل از آزمون Kruskal-Wallis هیچ تفاوت معناداری را در میانگین آلودگی میکروبی بخش‌های بیمارستان نشان نداد (P=۰/۵۶).

به‌منظور ارزیابی ارتباط متغیرهای مورد بررسی با یکدیگر از آزمون همبستگی Spearman استفاده شد. مقادیر ضرایب همبستگی در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج حاصل تنها نشان‌دهنده وجود ارتباطی معنادار بین تراکم عوامل میکروبی کل و ذرات معلق $PM_{0.3}$ بود (P<۰/۰۰۵، $r^2$=۰/۸۵)؛ این درحالی است که هیچ ارتباط معناداری بین انواع عوامل قارچی و سایر متغیرها مشاهده نگردید (P>۰/۰۵).

**جدول ۲:** بررسی ارتباط ذرات معلق هوا و بیوآئروسل‌ها در بخش‌های داخلی بیمارستان و هوای آزاد

| متغیر | تراکم بیوآئروسل‌های قارچی | | تراکم بیوآئروسل‌های کل | |
|---|---|---|---|---|
| | Sig. | Coefficient Spaerman | Sig. | Coefficient Spaerman |
| تراکم بیوآئروسل‌های قارچی | - | - | ۰/۰۷ | ۰/۶۲ |
| تراکم بیوآئروسل‌های کل | ۰/۰۷ | ۰/۶۲ | - | - |
| $PM_{2.5}$ | ۰/۱۶ | ۰/۵۱ | ۰/۵۹ | ۰/۲۱ |
| $PM_{0.3}$ | ۰/۰۶ | ۰/۶۴ | ۰/۰۰۳ | ۰/۸۵ |

## بحث

بر مبنای نتایج پژوهش حاضر میانگین درجه حرارت و رطوبت نسبی بخش‌های داخلی بیمارستان ۲۲/۵۷ درجه سلسیوس و ۲۵/۶۶ درصد به‌دست آمد که به نتایج حاصل از مطالعات خدابنده‌لو در بیمارستان‌های شهرستان میان‌دوآب و نیز پژوهش شارکوی در ارتباط با بررسی بیمارستان‌های آموزشی عربستان نزدیک بود [۷،۲۴]. در بسیاری از مقالات رطوبت نسبی در دامنه ۳۵-۳۰ درصد گزارش شده است که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مغایرت دارد [۹،۲۵]. برای بیشتر بخش‌های بیمارستان دمای ۲۴-۲۱ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰-۳۰ درصد توصیه گردیده است [۲۶]. مطابق با جدول ۱، دمای هوای بخش‌های داخلی بیمارستان منطبق بر استاندارد پیشنهادی بود؛ درحالی که رطوبت نسبی به غیر از بخش زنان در دیگر واحدهای بیمارستان پایین‌تر از حد استاندارد ثبت گردید. حداکثر تعداد ذرات $PM_{0.3}$ به‌ترتیب به بخش اورژانس، آزمایشگاه و پاتولوژی تعلق داشت که فراتر از حدود پیشنهادی استاندارد ISO کلاس ۶ بود. در بخش اورژانس به دلیل تردد بالای مراجعه‌کنندگان و عدم رعایت موازین بهداشتی همچون استعمال دخانیات، شاهد افزایش تعداد ذرات معلق کمتر از ۰/۳ میکرون می‌باشیم. مطالعات قبلی نیز رابطه مستقیمی را بین دود سیگار و افزایش ذرات $PM_{0.5}$ گزارش کرده‌اند [۱۲].

با وجود اینکه خطرات بهداشتی مواجهه با بیوآئروسل‌ها شناسایی شده و به قطعیت رسیده‌اند؛ اما برای این دسته از عوامل هوابرد حدود مجازی ارائه نشده است و بیشتر منابع حد ۱۰۰-۵۰ واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب را برای بیمارستان‌ها پیشنهاد نموده‌اند [۲۲-۲۴]. در مطالعه حاضر به‌منظور ارزیابی کیفیت میکروبی هوای داخل از استاندارد EU GMP استفاده گردید. این استاندارد شامل ۱۴ رده می‌باشد: رده A یا بسیار تمیز (<۱ واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب)، رده B یا تمیز (۱۰-۱ واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب)، رده C یا آلودگی متوسط (۱۰۰-۱۰ واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب) و رده D یا آلوده (۲۰۰-۱۰۰ واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب) [۲۷]. بر این اساس، ۱۲/۵ درصد از نمونه‌های کل میکروبی در رده C، ۵۰ درصد در رده D و ۳۷/۵ درصد در رده بیش از D بودند. تمامی نمونه‌های قارچی نیز در رده D قرار داشتند. از سوی دیگر، در مقایسه بخش‌های مورد مطالعه بیمارستان با یکدیگر، بخش پاتولوژی به دلیل تردد کم افراد و داشتن یک فرد شاغل کمترین آلودگی کل میکروبی را داشت؛ درحالی که بخش ICU به دلیل داشتن کارکنان بیشتر و عدم تهویه مناسب، آلودگی بالایی داشت (جدول ۱). قاسمیان و همکاران نیز در مطالعه خود بیشترین آلودگی میکروبی را به بخش‌های عفونی و ICU نسبت دادند [۲۸]. علاوه‌براین در مطالعه دیگری که توسط عبدالهی انجام شد، بخش ICU با تراکم ۷۶۰ واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب بیشترین آلودگی را داشت. این پژوهشگران عوامل مختلفی همچون روش نامناسب استریلیزاسیون، سیستم نامناسب تهویه و نامناسب‌بودن در و پنجره‌ها را سبب آلودگی محیط دانسته‌اند [۲۹] که این موارد در مطالعه حاضر نیز صدق می‌کند. بر مبنای نتایج، بیشترین آلودگی قارچی مربوط به بخش CCU با میانگین ۶۷/۱۴ واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب بود که دلیل آن می‌تواند بستری‌بودن بیماران با زخم باز و کمتربودن جابه‌جایی هوا باشد. در مطالعه حسین‌زاده و همکاران نیز حداکثر تراکم عوامل قارچی (۶۶/۴۹ واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب) مربوط به بخش مراقبت‌های ویژه قلب بود. در این پژوهش بالابودن آلودگی میکروبی به‌عنوان یک عامل مخاطره‌آمیز برای بیماران حساس بستری در نظر گرفته شد [۳۰].

از سوی دیگر، آلودگی کل میکروبی در اتاق عمل شماره ۱، ۳۰۷/۴۲ واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب بود که پس از بخش

ICU بالاترین تراکم را داشت. این درحالی بود که اتاق‌های عمل این بیمارستان دارای سیستم تصفیه هوا بودند. در پژوهشی مشابه که در بیمارستان‌های دارای سیستم تصفیه هوا صورت گرفت، مقادیر میانگین غلظت آلودگی در هوای بیمارستان و اتاق عمل به‌ترتیب ۱۹ و ۱۲ واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب بود [۳۱]. این درحالی است که در مطالعه حاضر تراکم عوامل میکروبی حدود ۱۷ برابر بالاتر بود. تفاوت نتایج حاصل نشان‌دهنده کارایی نامطلوب سیستم تصفیه موجود می‌باشد. شایان ذکر است که در اتاق عمل تنها کف، دیوارها و برخی از تجهیزات با مواد گندزدا شستشو داده می‌شوند که این امر موجب افزایش رطوبت هوا و تسهیل رشد و ماندگاری میکروارگانیسم‌ها می‌شود [۹]. از سوی دیگر، عدم رعایت نکات لازم در بهره‌برداری مانند عدم تعویض به موقع فیلتر می‌تواند عاملی در جهت بازگشت دوباره میکروارگانیسم‌های حذف‌شده از هوا به محیط داخل باشد [۲۳]. در پژوهش چوبینه و همکاران [۱۷] و عزیزی‌فر و همکاران [۳۱] آلودگی میکروبی هوای اتاق‌های عمل بیشتر از استاندارد پیشنهادی ۳۰ واحد تشکیل کلنی بر متر مکعب بود و نقص سیستم تهویه و نحوه گندزدایی به‌عنوان عوامل اصلی بالابودن تراکم بیوآئروسل‌ها در نظر گرفته شدند. علاوه‌براین در مطالعه Scaltriti ارتباط معناداری بین تعداد افراد حاضر در اتاق عمل، نوع و مدت زمان انجام عمل، تهویه و نحوه تصفیه هوا، تعداد دفعات بازبودن در اتاق‌های جراحی و تعداد ذرات معلق گزارش گردید [۱۱]. در اتاق عمل شماره ۱ نسبت به اتاق عمل شماره ۲ تعداد پرسنل بیشتری حضور داشتند و به دلیل نوع عمل‌های صورت‌گرفته، مدت زمان انجام عمل و دفعات باز و بسته‌شدن در اتاق افزایش می‌یافت؛ بنابراین می‌توان بالابودن تعداد ذرات $PM_{2.5}$ و $PM_{0.3}$ و آلودگی میکروبی را به موارد فوق نسبت داد.

مشاهدات محیطی بیانگر این مطلب بودند که در بیمارستان مورد بحث از سیستم تهویه مرکزی و استانداردی جهت تهویه هوای درون بخش‌ها استفاده نشده است. جابه‌جایی هوا در بخش‌های مختلف بیمارستان توسط هواکش‌های آکسیال نصب‌شده در انتها یا ابتدای کانال‌ها انجام می‌شد که طبق نتایج حاصل کارایی مناسبی نداشتند. بر این اساس، شاخص‌های ارزیابی سیستم تهویه نظیر تعداد دفعات جابه‌جایی هوا، فشار مثبت یا منفی و سرعت جابه‌جایی هوا در بخش‌ها عملاً غیر قابل ارزیابی بود؛ بنابراین شاهد رکود و عدم جابه‌جایی هوا در بخش‌های مختلف بیمارستان بودیم. باید خاطرنشان ساخت که این جریان ضعیف هوا قادر به جابه‌جایی، انتشار و پراکندگی بیوآئروسل‌ها از بیماران و سایر منابع موجود نمی‌باشد [۱۷]. از سوی دیگر، این بیمارستان در یکی از پرترددترین خیابان‌های شهر قزوین واقع شده است و این احتمال وجود دارد که کیفیت هوای داخل متأثر از کیفیت هوای محوطه بیرون باشد. از آنجایی که در بیشتر بخش‌های مورد بررسی به دلیل بازبودن پنجره‌ها از تهویه طبیعی استفاده می‌شد، امکان ارتباط بین بار آلودگی هوای داخل و بیرون وجود داشت [۱۷]؛ به همین دلیل پارامترهای محیطی هوای محوطه پیرامون بیمارستان مورد سنجش قرار گرفت. علاوه‌براین، نسبت ذرات معلق در هوای داخل به محوطه خارج از بیمارستان کمتر از ۱ بود که نشان از ورود هوای محیط بیرونی به محیط داخلی دارد؛ اما این نسبت در تراکم میکروبی در همه ایستگاه‌ها به غیر از بخش پاتولوژی بیشتر از ۱ به‌دست آمد که گواه بالاتربودن آلودگی هوای داخل نسبت به هوای آزاد بود؛ به عبارت دیگر، عمده منابع تولید بیوآئروسل‌ها مربوط به بخش‌های داخلی بود.

در پژوهش حاضر علاوه بر مقایسه آلودگی با مقادیر پیشنهادی، ارتباط تعداد ذرات معلق با بیوآئروسل‌ها سنجیده شد. نتایج حاصل از آزمون همبستگی هیچ ارتباط معناداری را بین ذرات $PM_{2.5}$ و آلودگی میکروبی نشان ندادند؛ اما ذرات $PM_{0.3}$ از توافق خوبی با آلودگی کل برخوردار بودند. در مطالعه Seal و Clark عوامل باکتریایی با ذرات در دامنه سایزی ۷-۵ میکرومتر همبستگی بالا ($r^2$=۰/۷) و با ذرات ۰/۳ میکرومتر ارتباط ضعیفی داشتند. آن‌ها شمارش ذرات در محدوده ۱۰ میکرون را جهت تعیین فلور باکتریایی هوا پیشنهاد نمودند [۳۲]. در پژوهش Li و Hou حداکثر غلظت ذرات ۰/۵-۰/۳ میکرومتر در محدوده $۱۰^{۵}$-$۱۰^{۳}$ ذره در متر مکعب هوا گزارش شد. در مطالعه مذکور هیچ ارتباط معناداری بین بیوآئروسل‌ها و ذرات مشاهده نگردید [۳۳]؛ اما در مطالعه Parat و همکاران ارتباط معناداری بین ذرات ۰/۵-۰/۳ میکرومتر و بیوآئروسل‌ها به‌دست نیامد. آن‌ها سنجش تعداد ذرات معلق را به‌عنوان روشی آسان و سریع جهت ارزیابی کیفیت میکروبی هوای داخل پیشنهاد نمودند [۳۴]. بررسی مطالعات پیشین نشان داد که وجود رابطه معنادار بین ذرات معلق در دامنه سایزی متفاوت و انواع بیوآئروسل‌ها به شرایط و زمان انجام مطالعه و محیط مورد ارزیابی بستگی دارد؛ اما در بیشتر مطالعات انجام‌شده تراکم یا تعداد ذرات معلق و عوامل بیولوژیکی هوابرد وابسته به فعالیت‌ها و تعداد افراد حاضر، شرایط سیستم تهویه، نوع بیماری و پاک‌سازی سطوح می‌باشد [۱۱،۱۶،۳۴]. در مطالعه حاضر عدم همبستگی بین ذرات $PM_{2.5}$ و بیوآئروسل‌ها را می‌توان با تغییر شرایط محیط داخل از جمله تعداد افراد، انواع فعالیت‌های کاری، تعداد دفعات ضدعفونی و باز و بسته‌بودن در و پنجره‌ها مرتبط دانست [۳۳]. به دلیل ارتباط قوی بین تعداد ذرات $PM_{0.3}$ و آلودگی میکروبی پیشنهاد می‌گردد از شمارش این ذرات جهت پیش‌بینی و پایش سریع کیفیت میکروبی هوای بیمارستانی استفاده گردد [۳۴].

## نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر به‌منظور بررسی کیفیت هوای داخل بیمارستان از شمارش ذرات معلق $PM_{2.5}$ و $PM_{0.3}$ و غلظت بیوآئروسل‌ها استفاده گردید. براساس استاندارد پیشنهادی، کیفیت میکروبی هوا در هیچ‌یک از ایستگاه‌ها در حد مطلوب نبود؛

اما متوسط تعداد ذرات معلق پایین‌تر از استاندارد ISO کلاس ۶ بود. توصیه می‌گردد در مطالعات آتی عوامل باکتریایی، شناسایی گونه‌های میکروبی و بررسی دقیق پارامترهای مؤثر بر کارایی سیستم‌های تهویه مورد ارزیابی قرار گیرند.

## پیشنهادات

در مجموع، جهت بهبود وضعیت موجود موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

- انجام نمونه‌برداری مستمر از ذرات برای تأیید کارایی سیستم تهویه موجود
- شمارش ذرات $PM_{0.3}$ به‌منظور پیش‌بینی و پایش سریع کیفیت میکروبی هوا
- اعمال فشار مثبت در داخل اتاق/ بخش جهت جلوگیری از ورود جریان هوای خارج به داخل اتاق‌ها (به غیر از اتاق ایزوله تنفسی و برونکوسکوپی) [۲۳]
- استفاده از هوای تمیز تک‌جهتی در برخی از واحدها نظیر هماتولوژی و یا مراقبت‌های ویژه به دلیل حضور بیماران با سطوح ایمنی پایین [۳۵]
- انجام اقدامات اصولی جهت ضدعفونی مناسب و مداوم بخش‌ها تحت نظر متخصصان این امر

## تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از مسئولین محترم بیمارستان، به جهت همکاری در اجرای این طرح پژوهشی ابراز می دارند.

## REFERENCES


1. Yau YH, Chandrasegaran D, Badarudin A. The ventilation of multiple-bed hospital wards in the tropics: a review. *Build Environ*. 2011;**46**(5):1125-32. DOI: 10.1016/j.buildenv.2010.11.013
2. King MF, Noakes CJ, Sleigh PA, Camargo-Valero MA. Bioaerosol deposition in single and two-bedhospital rooms: anumerical and experimental study. *Build Environ*. 2013;**59**:436-47. DOI: 10.1016/j.buildenv.2012.09.011
3. Chen YY, Chou YC, Chou P. Impact of nosocomial infection on cost of illness and length of stay in intensive care units. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2005;**26**(3):281-7. PMID: 15796281DOI: 10.1086/502540
4. Maesoumy Asil H, Zahraee M, Majidpour A, Nateghian A, Afhamy S, Rahbar M, et al. Country guide for the hospital care system. Tehran: Center for Disease Management, in Collaboration with the Chakameava; 2006. [Persian]
5. Fletcher LA, Noakes CJ, Beggs CB, Sleigh PA. The importance of bioaerosols in hospital infections and the potential for control using germicidal ultraviolet irradiation. Proceedings of the First Seminar on Applied Aerobiology, Murcia, Spain; 2004.
6. Rathore L, Khatri PK, Chandora A, Meena S, Bora A, Maurya V, et al. Microbial profile and antibiogram of air contamination in hospital wards of a tertiary care hospital, western Rajasthan, India. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*. 2015;**4**(8):40-6.
7. El-Sharkawy MF, NoweirME. Indoor air quality levels in a University Hospital in the Eastern Province of Saudi Arabia. *J Family Community Med*. 2014;**21**(1):39-47. PMID: 24696632 DOI: 10.4103/2230-8229.128778
8. Okten S, Asan A. Airborne fungi and bacteria in indoor and outdoor environment of the Pediatric Unit of Edirne Government Hospital. *Environ Monit Assess*. 2012;**184**(3):1739-51. PMID: 21611848 DOI: 10.1007/s10661-011-2075-x
9. Hoseinzadeh E, Samarghandie MR, Ghiasian SA, Alikhani MY, Roshanaie G, Moghadam Shakib M. Qualitative and quantitative evaluation of bioaerosoles in the air of different wardsof governmental Hamedan hospitals, during 2011-2012. *Yafteh*. 2012;**14**(4):29-39.
10. Alghamdi MA, Shamy M, Redal MA, Khoder M, Awad AH, Elserougy S. Microorganisms associated particulate matter: a preliminary study. *Sci Total Environ*. 2014;**479**:109-16. PMID: 24561289 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.02.006
11. Scaltriti S, Cencetti S, Rovesti S, Marchesi I, Bargellini A, Borella P. Risk factors for particulate and microbial contamination of air in operating theatres. *J Hosp Infect*. 2007;**66**(4):320-6. PMID: 17655973 DOI: 10.1016/j.jhin.2007.05.019
12. Tang JW, Li Y, Eames I, Chan P, Ridgway GL. Factors involved in the aerosol transmission of infection and control of ventilation in healthcare premises. *J Hosp Infect*. 2006;**64**(2):100-14. PMID: 16916564 DOI: 10.1016/j.jhin.2006.05.022
13. Landrin A, Bissery A, Kac G. Monitoring air sampling in operating theatres: can particle counting replace microbiological sampling? *J Hosp Infect*. 2005;**61**(1):27-9. PMID: 16009457 DOI: 10.1016/j.jhin.2005.03.002
14. Jung CC, Wu PC, Tseng CH, Su HJ. Indoor air quality varies with ventilation types and working areas in hospitals. *Build Environ*. 2015;**85**(5):190-5.DOI: 10.1016/j.buildenv.2014.11.026
15. Rostami N, Alidadi H, Zarrinfar H, Salehi P. Assessment of indoor and outdoor airborne fungi in an Educational, Research and Treatment Center. *Italian J Med*. 2016; **11**(1):52-6. DOI: 10.4081/itjm.2016.663
16. Sepahvand A, Godini H, Omidi Y, Tarrahi M, Rashidi R, Basiri H. Investigation of fungal bioaerosols and particulate matter in the teaching-medical hospitals of Khorramabad City, Iran during 2015. *Iran J Health Environ*. 2016;**9**(1):115-26. [Persian]
17. Choobineh A, Rostam R, Tabatabaei SH. Assessment of bioaerosolstypes and concentration inambientairof Shiraz University of Medical Sciences Educational Hospitals, 2008. *Iran Occupat Health*. 2009;**6**(2):69-76. [Persian]
18. Kowalski W. Hospital airborne infection control. Florida: CRC Press; 2012.
19. Malakootian M, Gharghani MA. Investigation of type and density of bio-aerosols in air samples from educational hospital wards of Kerman city, 2014. *Environ Health Engine Manage J*. 2016;**3**(4):197-202. DOI: 10.15171/EHEM.2016.20
20. Yassin MF, Almouqatea S. Assessment of airborne bacteria and fungi in an indoor and outdoor environment. *Int J Environ Sci Technol*. 2010;**7**(3):535-44.
21. Universal T, Universal T, Standard F. FS209E and ISO cleanroom standards. Fullerton: Terra Universal Inc; 2012.
22. Massoudinejad M, Niknahad E. Determination of the amount of bioaerosols in hospital environments.*J Saf Promot Injury Prev*. 2014;**1**(4):198-204. [Persian]
23. A Guide To Ventilation System In Hospital.Center Iroimohameeaoh. Tehran: Tehran University of Medical Sciences; 2014. [Persian]
24. Khodabandelou H, Rasoulzadeh Y, Mirzaeei R, Rezaeei MA. Bio-aerosols variety and concentration in different hospital wards of Miandoab City in winter. *Med J Tabriz Univ Med Sci Health Ser*. 2016;**38**(3):58-65. [Persian]
25. 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. *Occupat Med Quart J*. 2013;**4**(3):41-51. [Persian]
26. Sehulster L, Chinn RY, Arduino M, Carpenter J, Donlan R, Ashford D, et al. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. *Morbid Mortal Week Rep*

*Recommend Rep RR*. 2003;**52**(10):1-66.
27. Pasquarella C, Pitzurra O, Savino A. The index of microbial air contamination. *J Hosp Infect*. 2000;**46**(4):241-56. PMID: 11170755 DOI: 10.1053/jhin.2000.0820
28. Ghasemian A, Khodaparast S, Moghadam FS, Nojoomi F, Vardanjani HR. Types and levels of bioaerosols in healthcare and community indoor settings in Iran. *Avicenna J ClinMicrobiolInfect*. 2016;**4**(1):e41036. DOI: 10.17795/ajcmi-41036
29. Abdolahi AR, Mehrazma M. Concurrence of nosocomial infections with microorganisms spreading in the air of hospital wards. *Med Lab J*. 2009;**3**(2):40-5. [Persian]
30. Hoseinzadeh E, Taghavi M, Samarghandie MR. Evaluation of fungal and bacterial aerosols in the different wards of Malayer city's hospitals in 2011-2012. *J Hosp*. 2014;**13**(3):99-108. [Persian]
31. Azizifar M, Jabbari H, Naddafi K, Nabizadeh, Tabaraie Y, Solgi A. A qualitative and quantitative survey on air-transmitted fungal contamination in different wards of Kamkar Hospital in Qom, Iran, in 2007. *Qom Univ Med Sci J*. 2009;**3**(3):25-30.[Persian]
32. Seal DV, Clark RP. Electronic particle counting for evaluating the quality of air in operating theatres: a potential basis for standards? *J Appl Microbiol*. 1990;**68**(3):225-30. PMID: 2341326
33. Li CS, Hou PA. Bioaerosol characteristics in hospital clean rooms. *SciTotal Environ*. 2003;**305**(1):169-76. PMID: 12670766 DOI: 10.1016/S0048-9697(02)00500-4
34. Parat S, Perdrix A, Mann S, Baconnier P. Contribution of particle counting in assessment of exposure to airborne microorganisms. *Atmos Environ*. 1999;**33**(6):951-9. DOI: 10.1016/S1352-2310(98)00218-0
35. Environmental health guideline for limitedand outpatient surgical centers Islamic Republic Of Iran.Tehran: Ministry of Health and Medical Education Enviromental and Occupational Health Center; 2012. [Persian]