Original Article

Indoor and ambient air concentrations of respirable particles between two hospitals in Kashan (2014-2015)

Mohammadyan M[1], Keyvani S[1*], Yazdani-Charati J[2], Bahrami A[3], Yousefi-Nejad R[1]

1- Department of Occupational Health, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, I. R. Iran.
2- Department of Biostatistics, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, I. R. Iran.
3- Department of Occupational Health, Faculty of Health, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, I. R. Iran.

Received February 26, 2016; Accepted September 4, 2016

Abstract:

Background: The hospital environment requires special attention to provide healthful indoor air quality for protecting patients and healthcare workers against the occupational diseases. The aim of this study was to determine the concentrations of respirable particles indoor and ambient air of two hospitals in Kashan.

Materials and Method: This cross-sectional study was conducted during 3 months (Marth 2014 to May 2015). Indoor and outdoor PM_{10} and $PM_{2.5}$ concentrations were measured four times a week in the operating room, pediatric and ICU_2 (Intensive Care Unit) wards using a real time dust monitor at two hospitals. A total number of 480 samples (80 samples indoors and 40 outdoors) from wards were collected.

Results: The highest mean $PM_{2.5}$ and PM_{10} for indoors were determined 57.61± 68.57 μg m^{-3} and 212.36±295.49 μg m^{-3}, respectively. The results showed a significant relationship between $PM_{2.5}$ and PM_{10} in the indoor and ambient air of two hospitals (P<0.05). $PM_{2.5}$ and PM_{10} concentrations were different in all of the selected wards (P<0.05).

Conclusion: The respirable particle concentrations in the indoor and ambient air in both hospitals were higher than the 24-hours WHO and US-EPA standards. Thence, utilizing sufficient and efficient air conditioning systems in hospitals can be useful in improving indoor air quality and reducing the respirable particle concentrations.

Keywords: $PM_{2.5}$, PM_{10}, Indoor air, Hospital

* **Corresponding Author.**
Email: s.keyvani90@yahoo.com
Tel: 0098 913 742 8453
Fax: 0098 31 5555 4011

Conflict of Interests: ***No***

Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, April, 2017; Vol. 21, No 1, Pages 66-73

Please cite this article as: Mohammadyan M, Keyvani S, Yazdani-Charati J, Bahrami A, Yousefi-Nejad *R.* Indoor and ambient air concentrations of respirable particles between two hospitals in Kashan (2014-2015). ***Feyz*** 2017; 21(1): 66-73.

بررسی غلظت ذرات قابل استنشاق در هوای داخل و خارج دو بیمارستان در شهر کاشان طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳

محمود محمدیان [۱]، سپیده کیوانی [۲*]، جمشید یزدانی چراتی [۳]، عباس بهرامی [۴]، راضیه یوسفی نژاد [۵]

خلاصه:

سابقه و هدف: به‌منظور کسب اطمینان از کیفیت هوای داخل بیمارستان و حفاظت از بیماران و کارکنان در مقابل بیماری‌ها باید به محیط بیمارستان توجه ویژه نمود. هدف از انجام این مطالعه تعیین میزان غلظت ذرات قابل استنشاق در هوای داخل و خارج دو بیمارستان در شهر کاشان بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه مقطعی-تحلیلی از اسفند ۱۳۹۳ تا اردیبهشت ۱۳۹۴ انجام شد. غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای داخل و خارج دو بیمارستان به‌صورت چهار روز در هفته در بخش‌های اتاق عمل، اطفال و ICU_2، با استفاده از دستگاه Grimm Monitor اندازه‌گیری شد. در مجموع ۸۰ نمونه از هوای داخل و ۴۰ نمونه از هوای خارج هر بخش از هریک از بیمارستان‌ها جمع-آوری گردید.

نتایج: بیشترین میزان میانگین غلظت $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای داخل بخش‌ها به‌ترتیب ۵۷/۶۱±۶۸/۵۷ و ۲۹۵/۴۹±۲۱۲/۳۶ میکروگرم بر متر مکعب بود. رابطه معنی‌دار بین میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای داخل و خارج بیمارستان‌ها دیده شد ($P<۰/۰۵$). هم‌چنین، غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در همه بخش‌های مورد بررسی متفاوت بود ($P<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: غلظت ذرات قابل استنشاق در هوای داخل و خارج هر دو بیمارستان بالاتر از حد استاندارد ۲۴ ساعته WHO (World Health Organization) و US-EPA (United States Environmental Protection Agency) بود. به‌کار بردن سیستم تهویه مؤثر می‌تواند به کاهش غلظت ذرات و مناسب‌تر شدن کیفیت هوای داخل بخش‌های بیمارستان کمک نماید.

واژگان کلیدی: $PM_{2.5}$، PM_{10}، هوای داخل، بیمارستان

دو ماه‌نامه علمی- پژوهشی فیض، دوره بیست و یکم، شماره ۱، فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۶، صفحات ۷۳-۶۶

مقدمه

ذرات معلق (PM: Particulate Matter) یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های هوا در نواحی شهری هستند [۲،۱]. طبق مطالعات انجام شده، افرادی که در مناطق با سطح غبار بالا زندگی می‌کنند در مقایسه با افرادی که در مناطق تمیزتر زندگی می‌کنند، از سطح سلامتی پایین‌تری برخوردار هستند. علاوه بر آلاینده‌های گازی، وجود ذرات آلاینده در هوا نیز منجر به بروز مشکلات زیادی در محیط زیست شده است. اندازه ذرات، مهم‌ترین عامل فیزیکی آن‌ها بوده که روی رفتار آنها در بدن انسان تأثیر بسیار زیادی می‌گذارد.

براساس سازمان حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا (United States Environmental Protection Agency; US-EPA)، ذرات از نظر اندازه به ذرات معلق کلی، ذرات با قطر کوچک‌تر از ۱۰ میکرون (Particulate Matters less than 10 µm یا PM_{10})، ذرات با قطر کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون (Particulate Matters less than 2.5 µm یا $PM_{2.5}$)، ذرات زیر ۰/۱ میکرون و ذرات معلق قابل چگالش تقسیم می‌گردند [۳]. ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در دسته ذرات قابل استنشاق قرار می‌گیرند؛ چراکه این ذرات قادرند به قسمت‌های عمقی ریه نفوذ کرده و اثرات نامطلوبی بر سلامتی انسان داشته باشند [۴]. ذرات آلوده کننده هوا علاوه بر محیط زیست، منجر به آلودگی هوا در فضاهای بسته می‌شوند. آلودگی‌هایی را که از محیط بیرون وارد فضای داخل می‌شوند، به دو دسته آلاینده‌های طبیعی و آلاینده‌های غیرطبیعی تقسیم می‌کنند که انسان در تولید آن، نقش بیشتری ایفا می‌کند؛ این آلاینده‌ها شامل آلاینده‌های حاصل از صنایع و کارخانه‌ها و وسایل گرمایشی به‌ویژه آلاینده‌های تولیدی از وسایل نقلیه موتوری می‌باشند [۵]. باتوجه به اینکه انسان مدت زمان زیادی را در محیط‌های داخل ساختمان سپری می‌کند، کیفیت هوای ساختمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در گذشته، افراد

[۱] دانشیار، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران

[۳] دانشیار، گروه آمار حیاتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران

[۴] مربی، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان

[۵] کارشناس بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران

* **نشانی نویسنده مسئول:**
کاشان، کیلومتر ۵ بلوار قطب راوندی، دانشگاه علوم پزشکی کاشان

تلفن: ۰۹۱۳ ۷۴۲۸۴۵۳ **دورنویس:** ۰۳۱ ۵۵۵۵۴۰۱۱

پست الکترونیک: s.keyvani90@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۷ **تاریخ پذیرش نهایی:** ۹۵/۶/۱۴

مدت زمان بیشتری را در محیط‌های بیرون سپری می‌کردند، ولی امروزه به‌خصوص در کشورهای صنعتی، مردم بیش از ۹۰ درصد از اوقات‌شان را در فضاهای بسته سپری می‌کنند [۷،۶]. بنابراین، خطر تماس با ذرات قابل استنشاق علاوه بر محیط زیست در محیط‌های بسته مانند خانه، دانشگاه، مدرسه و محل کار نیز وجود دارد. ذرات $PM_{2.5}$ از نظر ایجاد بیماری از اهمیت بیشتری برخور-دارند؛ به‌طوری‌که ۲۰ تا ۶۰ درصد ذرات استنشاق شده با قطر ۰/۰۱ تا ۲/۵ میکرون به داخل ریه‌ها نفوذ کرده و در آنجا رسوب می‌کنند [۸]. از جمله اثرات حاد بهداشتی در غلظت‌های بالای ذرات ریز افزایش شدت مرگ‌ومیر، افزایش شیوع آسم و برونشیت و افزایش میزان عفونت‌های سیستم تنفسی است. هم‌چنین، از جمله اثرات مزمن ذرات ریز کاهش ظرفیت ریوی و وارد آمدن صدمه به ریه‌هاست که در نتیجه ذرات ریزی است که از مسیرهای عبور هوا در کیسه‌های هوایی ریه رخ می‌دهد [۹]. مطالعات اپیدمیو-لوژیک نشان داده‌اند که مواجهه با آلودگی هوا رابطه مثبتی با پذیرش‌های بیمارستانی به‌دلیل التهاب ریه، آسم و بیماری انسدادی مزمن ریوی (COPD) دارد [۱۰]. طبق بررسی‌های سازمان بهداشت جهانی (WHO) هر ۱۰ میکروگرم افزایش در اندازه ذرات معلق موجب افزایش ۳-۱ درصد مرگ‌ومیر می‌گردد [۱۱]. هم‌چنین، بر اساس آمار WHO، سالیانه ۵۰۰۰۰۰ نفر بر اثر مواجهه با ذرات معلق موجود در هوا، دچار مرگ زودرس می‌شوند [۱۲]. به‌منظور کسب اطمینان از کیفیت هوای داخل بیمارستان و حفاظت از بیماران و کارکنان در مقابل بیماری‌ها باید به محیط اطراف آن توجه ویژه نمود. بیمارستان‌هایی که کیفیت هوای داخلی مناسبی ندارند ممکن است منجر به شیوع بیماری‌های عفونی و یا بیماری‌های مرتبط با ساختمان از قبیل سردردها، خستگی، تحریکات پوست و چشم و علایم دیگر در بین بیماران و کارکنان بیمارستان شوند [۱۸-۱۳]. نشان داده شده است که افزایش غلظت ذرات در محیط زیست می‌تواند منجر به افزایش غلظت ذرات در هوای داخل بیمارستان‌ها شود. به‌عنوان مثال، در یک مطالعه مشخص شده است که میزان ذرات $PM_{2.5}$ در هوای داخل چهار بیمارستان در شهر گوانگژو چین بیش‌تر از استاندارد US-EPA بوده است [۱۹]. هم‌چنین، در پژوهشی دیگر در رابطه با بررسی کیفیت هوای داخل بیمارستانی در شیراز مشخص گردید که بین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای داخل و خارج بیمارستان ارتباط معنی‌دار وجود دارد [۲۰]. مطالعات اپیدمیو-لوژیک نشان داده‌اند که عفونت دستگاه تنفسی ناشی از عفونت‌های بیمارستانی به شدت تحت تأثیر ذرات ریز مایع یا جامد معلق در هوای بیمارستان قرار می‌گیرد که می‌تواند به‌عنوان عاملی برای انتشار میکروارگانیسم‌ها باشد [۱۹]. در پژوهشی که Tao و همکاران در سال ۲۰۱۴ در لانژوو چین انجام دادند، مشخص شد که بین آلاینده‌های SO_2، NO_2 و PM_{10} با پذیرش‌های بیمارستانی رابطه وجود دارد [۲۱]. هم‌چنین، در مطالعه‌ای دیگر که توسط Scarinzi و همکاران در سال ۲۰۱۳، در ۲۵ شهر در ایتالیا انجام شد ارتباط بین PM_{10}، $PM_{2.5}$ و NO_2 با پذیرش‌های بیمارستانی مشاهده شد [۲۲]. آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا هشدار داده است که افراد مبتلا به بیماری‌های قلبی یا ریوی، اطفال و افراد سالخورده بیشتر از سایرین تحت تأثیر آلودگی ذره‌ای قرار می‌گیرند [۲۳]. اطفال به-دلیل داشتن سیستم ایمنی و تنفسی در حال تکامل، نسبت به خطرات سلامتی $PM_{2.5}$ حساس‌ترند [۲۴]. در بخش ICU با وجود اینکه تعداد بیماران بستری کمتری نسبت به سایر بخش‌های بیمارستان دارد اما، به‌دلیل افزایش طول مدت بستری و اجرای برنامه‌های مراقبتی متعدد میزان بروز عفونت‌های بیمارستانی ۵ تا ۱۰ برابر سایر بخش‌های بیمارستان است [۲۶،۲۵]. تخمین زده می‌شود که بیش از ۲۰ درصد موارد عفونت‌های بیمارستانی در ICU اتفاق می‌افتد و مرگ‌ومیر بیماران در اثر عفونت‌های بیمارستانی در این بخش نیز از ۱۰ تا ۸۰ درصد متغیر است [۲۷]. به‌دلیل انجام عمل جراحی در بخش اتاق عمل، کیفیت هوای داخل این بخش نیز دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. انتظار می‌رود آلودگی هوا در شهر کاشان، به‌دلیل بالا بودن میزان ترافیک وسایل نقلیه موتوری در مرکز شهر به‌ویژه طی ساعات کاری و وجود صنایع متعدد در اطراف شهر، بیش از حد مجاز باشد. باتوجه به موارد ذکر شده در خصوص اهمیت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در بروز بیماری‌ها و نیز خطر ابتلا به مرگ‌ومیر در اثر بیماری‌های قلبی-عروقی و ریوی، و هم‌چنین، با توجه اینکه هیچ مطالعه‌ای در زمینه بررسی غلظت ذرات قابل استنشاق در هوای داخل و خارج بیمارستان‌های این شهر انجام نشده است، این مطالعه با هدف بررسی غلظت ذرات معلق قابل استنشاق در هوای داخل و خارج بخش‌های اتاق عمل، اطفال و ICU بیمارستان‌های شهید بهشتی و نقوی شهر کاشان انجام گردید.

مواد و روش‌ها

مطالعه مقطعی- تحلیلی حاضر از اسفند ماه سال ۱۳۹۳ تا اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۴ در بخش‌های اتاق عمل، کودکان و ICU_2 بیمارستان‌های شهید بهشتی و در بخش اتاق عمل بیمارستان نقوی انجام گردید. ساختمان بیمارستان نقوی در فاصله حدود ۱۵ متری پیاده‌رو و در یکی از خیابان‌های اصلی و پرترافیک

شهر و بیمارستان شهید بهشتی، در خارج از محدوده ترافیک شهری و در مجاورت دانشگاه علوم پزشکی کاشان و در فاصله حدود ۳۰ متری از پیاده‌رو خیابان واقع شده است. در بیمارستان نقوی، بخش اتاق عمل در طبقه دوم و در ضلع جنوب غربی بیمارستان است و در بیمارستان شهید بهشتی، بخش‌های مورد مطالعه اتاق عمل و ICU_2 در طبقه اول و به‌ترتیب در ضلع شمال غربی و شمال شرقی و بخش اطفال در طبقه سوم و در ضلع جنوب غربی بیمارستان واقع شده است. به‌نظر می‌رسد بیماران بستری در بخش‌های اتاق عمل، اطفال و ICU_2 در صورت مواجهه با غلظت‌های بالای ذرات آلاینده هوا می‌توانند حساسیت بیشتری از خود نشان دهند و وجود ذرات آلاینده هوا می‌تواند منجر به انتقال و انتشار بیشتر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در محیط بیمارستان شده و بیماران و افراد شاغل در بیمارستان را تحت تأثیر قرار دهد، لذا این بخش‌ها در بیمارستان شهید بهشتی برای مطالعه انتخاب شدند و از آنجا که بخش‌های ICU_2 و اطفال در بیمارستان نقوی وجود نداشت، تنها در بخش اتاق عمل اندازه‌گیری ذرات انجام شد. اندازه‌گیری در ۴ روز در هفته و در دو نوبت صبح (ساعت ۸-۱۲) و عصر (ساعت ۱۴-۱۷) به‌صورت گردشی و پشت سرهم در داخل و خارج بخش‌ها انجام شد؛ به‌نحوی‌که در داخل هر بخش، در یک راهروی عمومی، در ارتفاع ایستگاه پرستاری و داخل یک اتاق بیمار در فاصله حداقل یک متری از دیوار و در فاصله ۱/۱ متر بالاتر از سطح زمین، در ناحیه تنفسی بیمار و در خارج هر بخش، در نزدیکی در یا پنجره به فاصله حداقل ۱ متر از دیوار یا سایر موانع و در ارتفاع یک متری از سطح زمین اندازه‌گیری انجام گردید. در مجموع ۱۵۷۸ اندازه‌گیری یک دقیقه‌ای در داخل و ۱۵۷۶ اندازه‌گیری یک دقیقه‌ای در خارج بیمارستان‌ها انجام شد. تعداد کل نمونه‌های جمع-آوری شده شامل ۸۰ نمونه در هوای داخل هر بخش و ۴۰ نمونه در هوای خارج هر بخش در هریک از بیمارستان‌ها بود. غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} با استفاده از دستگاه Grimm Monitor، مدل ۱/۱۰۸، ساخت کشور آلمان اندازه گیری شد. این دستگاه هوا را با دبی ۱/۲ لیتر بر دقیقه نمونه‌برداری کرده و پس از اندازه‌گیری مستقیم، ذرات را روی یک فیلتر ۴۷ میلی‌متری از جنس PTFE با قطر منافذ ۲ میکرومتر جمع‌آوری می‌کند. سپس، به‌منظور استانداردسازی داده‌های گردآوری شده از طریق دستگاه از ۳ فیلتر استفاده شد. با اختلاف وزن فیلتر قبل و بعد از نمونه‌برداری و تقسیم آن بر حجم هوای استاندارد مکش شده توسط پمپ دستگاه، میانگین غلظت ذرات محاسبه شده و با تقسیم کردن آن بر میانگین غلظت ذرات کلی به‌دست آمده توسط دستگاه در طی دوره زمانی اندازه‌گیری، ضریب تصحیح برای استاندارد سازی داده‌ها تعیین شده و غلظت استاندارد شده ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ به‌دست آمد. داده‌های استانداردسازی شده با استفاده از نرم‌افزارهای آماری Excel نسخه ۲۰۱۰ و SPSS ویرایش ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. به‌منظور بررسی ارتباط بین غلظت ذرات معلق در هوای داخل بیمارستان و هوای خارج آن، از ضریب همبستگی اسپیرمن و برای مقایسه میانگین غلظت‌ها در بیمارستان‌ها از آزمون من‌ویتنی استفاده شد. هم‌چنین، نتایج حاصل از میانگین غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هر یک از بخش‌های بیمارستان‌ها با استانداردهای ۲۴ ساعته US-EPA و WHO مقایسه گردید. در این مطالعه $P<0/05$ به‌صورت معنی‌دار در نظر گرفته شد.

نتایج

میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای داخل و خارج بیمارستان‌های نقوی و شهید بهشتی، به‌تفکیک در جداول شماره ۱ و ۲ آورده شده است. حداقل و حداکثر میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در داخل بخش‌های مورد مطالعه در بیمارستان شهید بهشتی به‌ترتیب به بخش ICU_2 و اطفال با میزان ۵۴/۳۲ و ۵۷/۶۱ میکروگرم بر مترمکعب اختصاص دارد. هم‌چنین، حداقل و حداکثر میانگین غلظت ذرات PM_{10} در هوای داخل این بیمارستان را بخش‌های اطفال و اتاق عمل به‌ترتیب با میزان ۲۰۳/۶۴ و ۲۱۲/۳۶ میکروگرم بر مترمکعب دارا بودند. هوای داخل بخش اتاق عمل بیمارستان نقوی از نظر میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} مقادیر کمتری نسبت به داخل بخش اتاق عمل بیمارستان شهید بهشتی داشت (به‌ترتیب ۳۴/۴۳ و ۱۱۶/۸۲ میکروگرم بر مترمکعب). نتایج این مطالعه نشان داد که حداقل میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای خارج بیمارستان شهید بهشتی مربوط به هوای خارج بخش ICU_2 و به‌ترتیب با میزان ۶۶/۴۳ و ۳۱۲/۳۲ میکرو-گرم بر مترمکعب می‌باشد. هم‌چنین، حداکثر میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای خارج بیمارستان شهید بهشتی به بخش اطفال به‌ترتیب با مقادیر ۹۸/۹۳ و ۵۳۱/۲۹ میکروگرم بر مترمکعب مربوط می‌شد. رابطه بین غلظت ذرات در هوای داخل و خارج بیمارستان نقوی با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن در نمودارهای شماره ۱ و ۲ نشان داده شده است. بین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای داخل با هوای خارج در این بیمارستان رابطه مستقیم و معنی‌دار وجود داشت ($P<0/05$). هم‌چنین، نمودارهای ۳ و ۴ نشان‌دهنده وجود ارتباط مستقیم و معنی‌دار بین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} هوای داخل و هوای خارج بیمارستان شهید بهشتی می‌باشد ($P<0/05$). همان‌طور که مشاهده

می‌شود با افزایش غلظت ذرات در هوای خارج هریک از بیمارستان‌ها، غلظت ذرات در هوای داخل نیز افزایش یافته است. نتایج آزمون من‌ویتنی جهت مقایسه میانگین غلظت‌های $PM_{2.5}$ و PM_{10} به تفکیک در بیمارستان‌های نقوی و شهید بهشتی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای داخل دو بیمارستان وجود ندارد؛ اما، بین میانگین غلظت‌های $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای خارج هر دو بیمارستان اختلاف معنی‌دار دیده شد ($P<۰/۰۵$). از طرف دیگر، نتایج حاصل از مقایسه غلظت ذرات در هوای داخل بخش‌های مورد بررسی در بیمارستان‌های نقوی و شهید بهشتی نشان داد که تفاوت معنی‌دار بین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای داخل بخش‌های مورد بررسی وجود دارد ($P<۰/۰۵$). میانگین، حداقل و حداکثر نسبت غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در داخل بخش‌های مختلف دو بیمارستان به غلظت این ذرات در خارج (I/O: Indoor/Outdoor) بخش‌های دو بیمارستان نقوی و شهید بهشتی در جدول شماره ۳ آمده است. میانگین نسبت غلظت ذرات I/O در اکثر بخش‌ها کمتر از یک است که نشان‌دهنده این است که میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای داخل بخش‌ها از میانگین غلظت این ذرات در خارج بخش‌ها کمتر است.

جدول شماره ۱- میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}^{*}$ و PM_{10}^{**} در هوای داخل بخش‌های بیمارستان‌های نقوی و شهید بهشتی شهر کاشان

بیمارستان	بخش	تعداد نمونه	میانگین و انحراف معیار ($\mu g\ m^{-3}$) $PM_{2.5}$	میانگین و انحراف معیار ($\mu g\ m^{-3}$) PM_{10}
نقوی	اتاق عمل	۸۰	۳۴/۴۳±۲۳/۸۱	۱۱۶/۸۲±۵۰/۹۲
شهید بهشتی	اتاق عمل	۸۰	۵۵/۲۵±۷۸/۷۷	۲۱۲/۳۶±۲۹۵/۴۹
	اطفال	۸۰	۵۷/۶۱±۶۸/۵۷	۲۰۳/۶۴±۲۵۸/۵۵
	ICU_2	۸۰	۵۴/۳۲±۶۳/۳۱	۲۱۰/۹۶±۲۱۲/۳۲
P			۰/۲۶	۰/۰۷

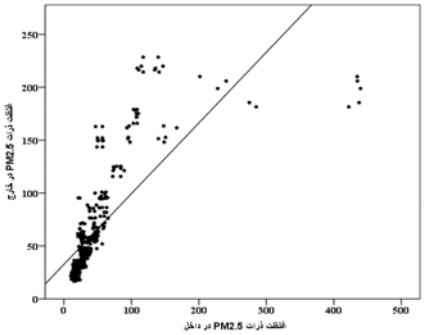
$^{*}PM_{2.5}$: Particulate Matter less than 2.5 micron
$^{**}PM_{10}$: Particulate Matter less than 10 micron

جدول شماره ۲- میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای خارج بخش‌های بیمارستان‌های نقوی و شهید بهشتی شهر کاشان

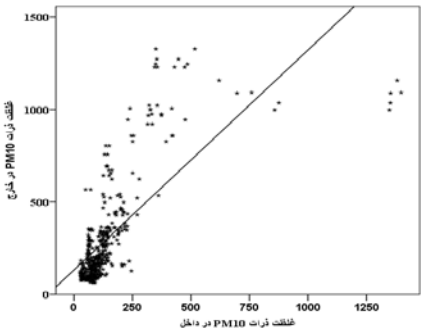
بیمارستان	بخش	تعداد نمونه	میانگین و انحراف معیار ($\mu g\ m^{-3}$) $PM_{2.5}$	میانگین و انحراف معیار ($\mu g\ m^{-3}$) PM_{10}
نقوی	اتاق عمل	۴۰	۳۵/۹۳±۱۵/۳۵	۱۵۲/۰۰±۱۱۲/۸۳
شهید بهشتی	اتاق عمل	۴۰	۹۱/۰۰±۱۴۰/۴۵	۴۶۰/۹۳±۹۱۹/۵
	اطفال	۴۰	۹۸/۹۳±۱۷۲/۱	۵۳۱/۲۹±۱۲۰۱/۳۵
	ICU_2	۴۰	۶۶/۴۳±۵۷/۷۹	۳۱۲/۳۲±۳۰۴/۸۶
P			۰/۰۳۲	۰/۰۰۳

جدول شماره ۳- نسبت غلظت ذرات داخل به خارج (I/O) برای مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین $PM_{2.5}$ و PM_{10} در طول اندازه‌گیری هوای بخش‌های مختلف بیمارستان‌های نقوی و شهید بهشتی شهر کاشان

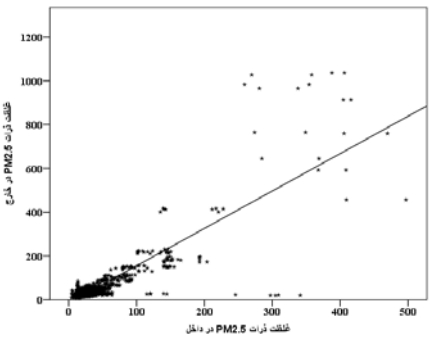
بیمارستان	محل نمونه برداری	شاخص آماری	I/O	
			$PM_{2.5}$	PM_{10}
نقوی	اتاق عمل	حداقل	۰/۸۸	۱/۰۴
		حداکثر	۱/۵۷	۰/۵۱
		میانگین	۰/۹۶	۰/۷۷
شهید بهشتی	اتاق عمل	حداقل	۰/۸۶	۰/۹۷
		حداکثر	۰/۵۶	۰/۳۳
		میانگین	۰/۶	۰/۴۶
	اطفال	حداقل	۰/۳۸	۰/۷
		حداکثر	۰/۳۶	۰/۲۱
		میانگین	۰/۵۸	۰/۳۸
	ICU_2	حداقل	۰/۲۳	۰/۵
		حداکثر	۱/۵۵	۰/۸۷
		میانگین	۰/۸۲	۰/۶۸



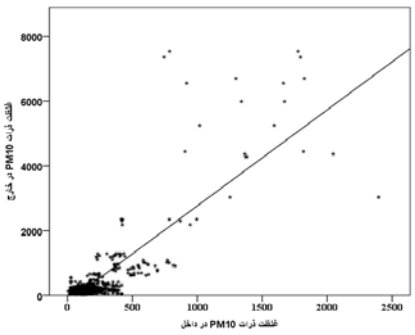
نمودار شماره ۱- رابطه بین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$) در هوای داخل و خارج بیمارستان نقوی شهر کاشان



نمودار شماره ۲- رابطه بین غلظت ذرات PM_{10} ($\mu g\ m^{-3}$) در هوای داخل و خارج بیمارستان نقوی شهر کاشان



نمودار شماره ۳- رابطه بین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$) در هوای داخل و خارج بیمارستان شهید بهشتی شهر کاشان



نمودار شماره ۴- رابطه بین غلظت ذرات PM_{10} ($\mu g\ m^{-3}$) در هوای داخل و خارج بیمارستان شهید بهشتی شهر کاشان

بحث

میانگین غلظت ذرات اندازه‌گیری شده $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای داخل و خارج بخش‌های هر دو بیمارستان نقوی و شهید بهشتی شهر کاشان در روزهای مورد مطالعه از استاندارد ۲۴ ساعته توصیه شده توسط WHO و سازمان حفاظت از محیط زیست ایران بیشتر بود. غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در داخل بخش اتاق عمل بیمارستان نقوی به‌ترتیب در ۳۹/۲۹ و۲۱/۴۳ درصد موارد اندازه‌گیری شده بیشتر از استاندارد WHO بود [۲۳]. با توجه به اینکه استانداردهای ارائه شده برای ذرات اندازه‌گیری شده توسط ایستگاه‌های ثابت پایش آلاینده‌های هوا در شهرها و روستاها می‌باشد، مقایسه غلظت‌های اندازه‌گیری شده با احتیاط و صرفا جهت اطلاع از وضعیت آلودگی هوا به ذرات انجام می‌شود. در بیمارستان شهید بهشتی غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در داخل بخش اتاق عمل به‌ترتیب در ۴۶/۴۳ و ۴۲/۸۶ درصد، در بخش اطفال به‌ترتیب در ۵۷/۱۴ و ۳۲/۱۴ درصد موارد و در بخش ICU_2 در ۴۶/۴۳ و ۵۳/۵۷ درصد موارد بیش از استاندارد فوق بود. هم‌چنین، در این بیمارستان غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در خارج بخش اتاق عمل به‌ترتیب در ۶۰/۷۱، ۵۷/۱۴ درصد موارد، بخش اطفال به‌ترتیب در ۶۰/۷۱ و ۶۴/۲۹ درصد موارد و در بخش ICU_2 به‌ترتیب در ۶۷/۸۶ و ۷۸/۵۷ درصد موارد بیشتر از استاندارد بود. مقایسه میانگین غلظت ذرات اندازه‌گیری شده PM_{10} و $PM_{2.5}$ با استاندارد ۲۴ ساعته WHO و استاندارد ملی ایران که توسط سازمان حفاظت محیط زیست تعیین شده است، نتیجه متفاوتی نشان می‌دهد؛ بدین‌معنی‌که در بیشتر موارد غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در داخل بخش‌های مختلف در هر دو بیمارستان از حدود استاندارد تعیین شده (۵۰ و ۲۵ میکروگرم بر مترمکعب به‌ترتیب برای ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$) بیشتر بوده است [۲۸]. در مطالعه انجام شده در بیمارستان کودکان در شهر تهران، غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای آزاد بیمارستان به‌ترتیب در ۷۵ و ۸۶ درصد موارد بیشتر از استاندارد WHO و در ۴۲ و ۶ درصد موارد بیشتر از استاندارد US-EPA بوده است [۲۹]. نتایج این مطالعه نشان داد که رابطه معنی‌دار بین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای داخل و خارج بیمارستان‌های نقوی و شهید بهشتی وجود دارد. در پژوهش‌های دیگر نیز رابطه معنی‌دار بین غلظت ذرات در هوای داخل و خارج بیمارستان‌های مورد مطالعه به‌دست آمده است [۱۹،۲۰،۲۹]. باتوجه به بالاتر بودن غلظت این ذرات در هوای خارج بخش‌های بیمارستان، احتمالاً نفوذ ذرات آلاینده هوا از خارج به داخل بخش‌ها باعث افزایش غلظت ذرات در داخل شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد حداکثر و

حداقل نسبت I/O برای غلظت $PM_{2.5}$ به‌ترتیب ۱/۵۵ و ۰/۲۳ و مربوط به بخش ICU_2 بیمارستان شهید بهشتی است. هم‌چنین، حداکثر و حداقل نسبت I/O در بیمارستان شهید بهشتی برای PM_{10} به‌ترتیب ۰/۸۷ و ۰/۵ است که به همین بخش اختصاص دارد. در مقایسه میان بخش اتاق عمل در دو بیمارستان نقوی و شهید بهشتی، حداکثر و حداقل نسبت I/O برای $PM_{2.5}$ به‌ترتیب ۱/۵۷ و ۰/۸۶ بود که به بخش اتاق عمل بیمارستان نقوی اختصاص دارد. در تحقیقی که در یکی از بیمارستان‌های شیراز انجام گرفت، حداکثر و حداقل نسبت I/O برای PM_{10} به‌ترتیب ۱/۴۵ و صفر بود که مربوط به بخش آزمایشگاه و ICU جراحی قلب بود. از طرف دیگر، حداکثر و حداقل نسبت I/O برای $PM_{2.5}$ به‌ترتیب ۱/۹۳ و ۰/۰۵ بود که به بخش آزمایشگاه و یکی از اتاق‌های عمل مربوط شده بود [۳۰]. در مطالعه دیگری در بیمارستانی در شهر گوانگژو چین، میانگین نسبت I/O برای PM_{10}، ۰/۳۳ تعیین شد که به‌طور قابل ملاحظه‌ای از نسبت‌های به‌دست آمده در مطالعه ما کمتر است و این موضوع نشان‌دهنده کیفیت بهتر و تمیزتر بودن هوای داخل بیمارستان نسبت به هوای خارج است [۱۹]. این پژوهش از لحاظ بررسی غلظت ذرات قابل استنشاق در سایر بیمارستان‌های شهر کاشان دچار محدودیت بوده است. هم‌چنین، به‌دلیل نیاز به‌صرف زمان و هزینه بیشتر این تحقیق در مورد تعیین غلظت ذرات قابل استنشاق در سایر بخش‌های بیمارستان‌های مورد بررسی، این تحقیق تنها در بخش‌هایی که از نظر ذرات قابل استنشاق دارای اهمیت بیشتری بودند، انجام گرفت. بنابراین، انجام پژوهش‌های آتی در سایر بخش‌ها می‌تواند تکمیل کننده پژوهش حاضر در خصوص نتیجه‌گیری کلی در مورد کیفیت هوای تمامی بخش‌های بیمارستان‌های مورد بررسی باشد.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد میانگین غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای داخل و خارج بخش‌های هردو بیمارستان نقوی و شهید بهشتی شهر کاشان بالاتر از حد استاندارد توصیه شده توسط WHO، سازمان حفاظت از محیط زیست ایران و US-EPA است و آلودگی هوای بیرون در میزان غلظت ذرات معلق در داخل بخش‌های بیمارستان مؤثر است. بنابراین، به‌کار بردن سیستم تهویه مؤثر که مجهز به فیلترهای مناسب و کارا برای جذب ذرات معلق هوا بوده و نیز نظافت محیط بیمارستان و رعایت مقررات ورود و خروج افراد می‌تواند به مناسب‌تر شدن کیفیت داخل بخش‌های بیمارستان و نیز کاهش غلظت ذرات قابل استنشاق کمک نماید.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از همکاری صمیمانه مسئولین بیمارستان‌های شهید بهشتی و نقوی شهر کاشان که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌نماییم. این تحقیق حاصل پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای است که به‌عنوان طرح تحقیقاتی با کد ۷۹۲ با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی مازندران انجام شده است.

References:

[1] Pope CA, Thun MJ, Namboodiri MM, Dockery DW, Evans JS, Speizer FE, Heath CW Jr. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective studyof U.S. adults. ***Am J Respir Crit Care Med*** 1995; 151(3 Pt1): 669-74.

[2] Reichhardt T. Weighing the health risks of airborne particulates. ***Environ Sci Technol*** 1995; 29(8): 360A-4A.

[3] Bahrami A, Zare MJ. Air Pollutant Control. first ed. Tehran: Fanavaran; 2011. p. 35-8. [in Persian]

[4] Rezaei S, Naddafi K, Nabizadeh R, Yonesian M, Jabbari H, Rezaei M. Assess the relationship between the concentration of suspended particles in the air around the outdoor children's hospital in Tehran. *12th National Conference Environ Health*, 2009 Nov 1-2, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, School of Public Health, Iran.

[5] Zarei A, Mohammadi M, Salmani S, Ehteshami S. Measuring the burden disease due to air pollution indoors serious need for health system. *14th National Conference Environmental Health*, 2012, Yazd, Iran.

[6] Geller MD, Chang M, Sioutas C, Ostra BD, Lipsett MJ. Indoor/outdoor relationship and chemical composition of fine and coarse particles in the southern California deserts. ***Atmos Environ*** 2002; 36(6): 1099-110.

[7] Zhang Y. Indoor Air Quality Engineering. London: CRC Press; 2005.

[8] Monn C, Fuchs A, Hogger D, Junker M, Kogelschaz D, Roth N, et al. Particulate matter less than 10 micron(PM_{10}) and fine particles less than 2.5 micron ($PM_{2.5}$): Relationships between indoor, outdoor and personal concentrations. ***Sci Total Environ*** 1997; 208(1-2): 15-21.

[9] Griffin RD. Principal of Air Quality Management. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2007.

[10] Atkinson RW, Anderson HR, Sunyer J, Ayres J, Baccini M, Vonk JM, et al. Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions:

results from APHEA 2 project. Air Pollution and Health: a European Approach. ***Am J Respir Crit Care Med*** 2001; 164(10 Pt 1): 1860-6.
[11] Ghiassedin M. Air Pollution. Tehran: Tehran University Press; 2007. [in Persian]
[12] WHO. WHO's global air-quality guidelines. ***Lancet*** 2006; 368(9544): 1302.
[13] U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Indoor air quality and student performance. 2013. [cited 2013 Jan 1].
Available at: http://www.neisd.net/envhealth/docume nts/IAQandstudentperformance.pdf
[14] Brook RD, Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G, Lipsett M, et al. Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. Air pollution and cardiovascular disease: A statement for healthcare professionals from the expert panel on population and prevention science of the American Heart Association. ***Circulation*** 2004; 109: 2655–71.
[15] Berne RM, Levy MN, Koeppen B, Stanton BA. Physiology. 4th ed. St. Louis: Mosby; 1998 .
[16] Leung M, Chan AH. Control and management of hospital indoor air quality. ***Med Sci Monit*** 2006; 12(3): 17-23.
[17] Nakata Y, Kawasaki Y, Matsukawa K, Goto T, Nimi Y, Morita S. Pollution of the medical air at a university hospital in the metropolitan Tokyo area. ***J Clin Anesth*** 2002; 14(3): 193-5.
[18] Vasifeshenas Y, Sajadi H. Enhancing residential building operation through its envelope. *Proceedings of the 10th International Conference Enhanced Building Operations*, 2010 Oct 26-8, Kuwait.
[19] Wang X, Bi X, Sheng G, Fu J. Hospital indoor PM10/PM2.5 and associated trace elements in Guangzhou, China. ***Sci Total Environ*** 2006; 366(1): 124-35.
[20] Dehghani M, Kamali Y, Shamsedini N, Ghanbarian M. A study of the relationship between indoor/ outdoor particle concentrations in Hafez hospital in Shiraz. ***J Health Res Community*** 2013; 1(1): 49-56. [in Persian]
[21] Tao Y, Mi S, Zhou S, Wang S, Xie X. Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in Lanzhou, China. ***Environ Pollut*** 2014; 185: 196-201.
[22] Scarinzi C, Alessandrini ER, Chiusolo M, Galassi C, Baldini M, Serinelli M, et al. Gruppo Collaborative EpiAir2. Air pollution and urgent hospital admissions in 25 Italian cities: results from the EpiAir2 project. ***Epidemiol Prev*** 2013; 37(4-5): 230-41.
[23] US-EPA. National Ambient Air Quality Standards. Air Quality Criteria for Particulate Matter. 2006. [2 screen].
Available at: http://www3.epa.gov/ttn/naaqs/criteria.html.
[24] Yurtseven E, Erdogan S, Ulus T, Shahin UA, Onat B, Erginoz E, et al. An assessment of indoor $PM_{2.5}$ concentrations at a Medical Faculty in Istanbul, Turkey. ***Environment Protection Engineering*** 2012; 1(38): 116-127.
[25] Asle Soleimani H, Afhami SH. Prevention and control of nosocomial infections. 2nd ed. Tehran: Teimourzade & Tabib Pub; 2000. p. 13-62. [in Persian]
[26] American Nurses Association. Nursing report card for acute care settings. Washington DC: The Institute; 1995. p. 254-56.
[27] Alberti C, Brun-Buisson C, Burchardi H, Martin C, Goodman S, Artigas A, et al. Epide- miology of sepsis and infection in ICU patients from an international multicenter cohort study. ***Intensive Care Med*** 2002; 28(2): 108-21.
[28] World Health Organization Regional Office for Europe, Particulate Matter Air Pollution: How it Harms Health Fact sheet, retrieved June 21,2008. Available at: http://www.euro.who .int/document/mediacentre/fs0405e.pdf.
[29] Rezaei S, Naddafi K, Nabizadeh R, Jabbari H, Yonesian M, Jamshidi A, et al. Relationship between the Particulate Matter Concentrations in the Indoor and Ambient Air of the Tehran Children Hospital in 2007. ***Iran J Health Environ*** 2013; 6(1): 103-12. [in Persian]
[30] Dehghani M, Kamali Y, Ghanbarian M, Shamsedini N. A study of the relationship between indoor/outdoor particle concentrations in Dena hospital in Shiraz. ***J Health Res Community*** 2015; 1(1): 49-55. [in Persian]