

بررسی ارتباط بین غلظت ذرات معلق در هوای داخل بیمارستان کودکان تهران و هوای آزاد اطراف آن در سال ۱۳۸۶

سهیلا رضایی^۱، کاظم ندافی^۲، حسین جباری^۳، مسعود یونسیان^۴، ارسلان جمشیدی^۵، سید عبدالمحمد سادات^۶، علیرضا رایگان شیرازی نژاد^۶

دریافت: ۹۰/۰۴/۲۷ پذیرش: ۹۰/۰۷/۲۴

چکیده

زمینه و هدف: در سال‌های اخیر تماس با ذرات هوا برود به صورت یک مشکل عمده مطرح شده است که سلامتی انسان را به مخاطره می‌اندازد. مطالعات اپیدمیولوژیکی نشان داده است که آبروشل‌های موجود در هوا می‌توانند به عنوان عاملی برای انتشار میکروارگانیسم‌ها باشند. بدون توجه به منابع داخلی، کیفیت هوای داخل ساختمان به شدت تحت تاثیر کیفیت هوای آزاد است. با توجه به اینکه بخش اعظم زمان مردم در فضاهای بسته سپری می‌شود و مطالعات اندکی در زمینه کیفیت هوای داخل ساختمان صورت گرفته است، هدف از انجام این مطالعه تعیین غلظت ذرات معلق در هوای داخل بیمارستان مرکز طبی کودکان تهران و هوای آزاد است.

روش بررسی: نمونه‌های ذرات معلق (PM_{10} , $PM_{2.5}$) در هوای داخل بیمارستان و هوای آزاد مجاور آن با استفاده از دستگاه لیزری پایش ذرات معلق مدل ۱/۰۸ به مدت ۴ ماه از آذر تا اسفند ۱۳۸۶ برداشت شدند. محل نمونه برداری در هوای داخل ساختمان، اتاق بستری بیمار و در هوای آزاد، پشت بام بیمارستان بود.

یافته‌ها: طبق نتایج این مطالعه، غلظت ذرات PM_{10} در اتاق بستری در ۸۰٪ موارد از استاندارد WHO بیشتر بود. غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در اتاق بستری در ۴۲٪ موارد از استاندارد EPA و در ۶۴٪ موارد از استاندارد WHO بیشتر بود. برای سنجش ارتباط بین غلظت ذرات معلق و در هوای داخل بیمارستان و هوای آزاد از رگرسیون خطی استفاده شد. نتایج نشان داد که ارتباط خطی معنی داری بین غلظت ذرات معلق در هوای داخل بیمارستان و هوای آزاد وجود دارد.

نتیجه‌گیری: ارتباط غلظت آلاینده‌ها در هوای آزاد و هوای داخل بیمارستان نشان دهنده نفوذ این ذرات از محیط بیرون به داخل ساختمان است و هوای آزاد می‌تواند کیفیت هوای داخل ساختمان را تحت تاثیر قرار دهد.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، ذرات معلق، هوای آزاد، هوای داخل ساختمان، بیمارستان، تهران

s.rezaei85@gmail.com

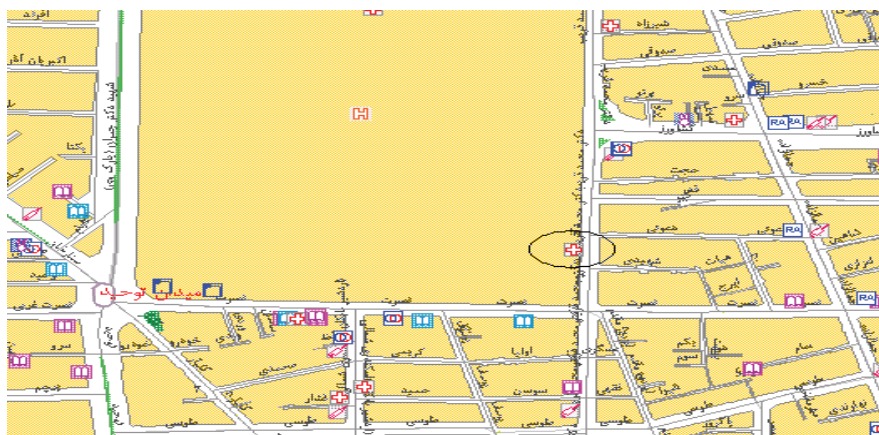
- ۱- (نویسنده مسئول): دانشجوی دکترای بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۲- دکترای بهداشت محیط، دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۳- دکترای تخصصی بیماری‌های عفونی، استادیار مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۴- دکترای اپیدمیولوژی، دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۵- دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی یاسوج
- ۶- کارشناس ارشد بهداشت محیط، مربی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی یاسوج

مقدمه

ذرات قابل تنفس (particulates respirable) به دو گروه ذرات درشت (coarse particles) و ذرات ریز (fine particles) تقسیم می شوند (۱). ذرات درشت ($\mu > 2.5$) عمدتاً از طریق فرایندهای مکانیکی تشکیل می شوند در حالی که ذرات ریز ($\mu < 2.5$) مستقیماً از منبع منتشر می شوند و در اثر واکنش های شیمیایی از پیش سازهای گازی تشکیل می شوند (۲). ذرات کوچکتر از 10μ را PM_{10} و ذرات کوچکتر از 2.5μ را $PM_{2.5}$ می گویند. ذرات کوچکتر از 10μ به قسمت های پایینی ریه وارد می شوند و بیشتر ذرات رسوب کننده در حبابچه ها یا ذراتی که از جدار ریه عبور می کنند و وارد جریان خون می شوند، کوچکتر از 2.5μ هستند. این دو گروه از ذرات از نظر بهداشتی اهمیت خاصی دارند. طبق بررسی های سازمان بهداشت جهانی هر $10 \mu g$ افزایش ذرات معلق موجب ۱-۳٪ افزایش مرگ و میر خواهد بود (۳). از جمله اثرات حاد بهداشتی در غلظت های بالای ذرات ریز افزایش شدت مرگ و میر، افزایش شیوع آسم و برونشیت و افزایش میزان عفونت های سیستم تنفسی است. این ذرات علاوه بر این که به طور مستقیم در لوله تنفسی سایش ایجاد کرده، مسیرهای عبور هوا را مسدود می کنند و به مسیرهای موکوسی در ریه آسیب وارد می کنند. از جمله اثرات مزمن ذرات ریز شامل از بین رفتن ظرفیت ریه و صدمه به ریه ها است که در نتیجه ذرات ریزی که از مسیرهای عبور هوا در ریه یا کیسه های هوایی عبور می کنند، رخ می دهد (۴). مطالعات زیادی ارتباط مثبتی را بین بیماری های تنفسی و تماس با ذرات ریز هوا برد (fine airborne particles) نشان داده اند (۵و۶). ذرات با توجه به اندازه شان می توانند در قسمت های مختلف دستگاه تنفسی رسوب کنند. ذرات کوچکتر در نتیجه ضریب نفوذ بیشتر نسبت به ذرات بزرگتر می توانند در قسمت های عمیق تر دستگاه تنفسی رسوب کنند (۷). امروزه به ویژه با توجه به تاثیر نامطلوب ذرات ریزتر بر سلامتی، توجه عموم به سمت این ذرات معطوف شده است (۱). صدها مورد از شیوع بیماری های مرتبط با ساختمان (building related illness) در میان ساکنین ادارات، مدارس و سایر مکان های عمومی گزارش شده است (۸).

فاکتورهای متعددی منابع ذرات در داخل ساختمان، غلظت ذرات معلق در هوای داخل ساختمان را تحت تاثیر قرار می دهد (۹). توجه به کیفیت هوای داخل ساختمان در نتیجه صرف زمان زیادی است که افراد در محیط های داخل ساختمان سپری می کنند. در گذشته افراد زمان های بیشتری را در محیط های بیرون سپری می کردند ولی امروزه خصوصاً در کشورهای صنعتی مردم بیش از ۹۰٪ از اوقات شان را در فضاهای بسته سپری می کنند (۱۰و۱۱). با توجه به این که مطالعات اپیدمیولوژیکی نشان داده است که عفونت دستگاه تنفسی ناشی از عفونت های بیمارستانی به شدت تحت تاثیر آبروسل های موجود در هوای بیمارستان است که می تواند به عنوان عاملی برای انتشار میکروارگانیسم ها باشند (۱) دهه هاست که سازمان های مسئول اعلام می کنند تا افراد به منظور جلوگیری از مواجهه با سطوح بالای آلاینده در حوادث آلودگی هوا در خانه بمانند. تصور عمومی این است که محیط داخل ساختمان از نظر آلودگی هوا ایمن تر از آلودگی هوای آزاد است (۳).

نفوذ ذرات قابل تنفس از هوای آزاد به درون ساختمان در نتیجه قطر آیرودینامیکی ذرات و مدت زمان ماند طولانی ذرات در اتمسفر صورت می گیرد (۴). نسبت بین غلظت ذرات در هوای داخل ساختمان و هوای آزاد (I/O) می تواند ارتباط بین غلظت ذرات در هوای داخل و خارج ساختمان را نشان دهد و شاخصی برای تعیین این که ذرات در محیط داخل از منابع داخل تولید شده اند یا خیر باشد (۱۲). اهداف اصلی این مطالعه تعیین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوای داخل یک بیمارستان کودکان و همچنین تعیین ارتباط بین غلظت این ذرات در هوای داخل ساختمان با هوای آزاد بود.



شکل ۱: نقشه موقعیت مکانی مرکز طبی کودکان تهران

مواد و روش‌ها

هوای داخل بیمارستان و هوای آزاد غلظت ذرات معلق در هوای آزاد نیز اندازه‌گیری شد. محل نمونه برداری در هوای آزاد با توجه به معیارهای آژانس حفاظت محیط زیست امریکا (US agency protection Environmental) مانند بیش از ۲۰ m فاصله از خیابان، درخت، منابع تولید آلودگی مانند دودکش و ۱۵ m فاصله از زمین، پشت بام بیمارستان انتخاب شد (۱۴).

اندازه‌گیری غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10}

اندازه‌گیری غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در هوا توسط سیستم لیزری Environment مدل ۱/۱۰۸ انجام شد. هوای محیط توسط یک پمپ کالیبره شده داخلی با دبی ۱/۲ L/min به داخل دستگاه مکش گردید. نمونه هوا از داخل یک سل نمونه برداری عبور کرده و از مقابل دیود آشکارساز لیزری عبور می‌کند. پس از عبور از یک فیلتر ۴۷ mm از جنس PTFE ذرات خود را باقی می‌گذارد. این دستگاه بر اساس سنسور لیزری تعداد و قطر ذرات عمل می‌نماید وقواعد اندازه‌گیری در این دستگاه با قواعد و استانداردهای USEPA و اتحادیه

این مطالعه در یک بیمارستان کودکان در تهران از آذر تا اسفند ماه ۱۳۸۶ انجام شد. بیمارستان مرکز طبی کودکان از بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه علوم پزشکی تهران است که در جوار مجتمع بزرگ بیمارستانی امام خمینی واقع شده است (شکل ۱) موقعیت مکانی این بیمارستان را نشان می‌دهد. این بیمارستان در منطقه‌ای با تراکم بالای رفت و آمد مردم و ترافیک شهری قرار دارد. تهویه اتاق‌های بیمارستان در طول دوره نمونه برداری به صورت طبیعی و از طریق باز کردن پنجره‌ها صورت می‌گرفت. نقاط نمونه برداری شده اتاق بستری بیماران بود. به علت پایداری هوا به خصوص در دو فصل پاییز و زمستان و همچنین تهویه کمتر هوای داخل ساختمان در این دو فصل به خاطر استفاده از وسایل گرمایشی زمان نمونه برداری از آذرماه تا اسفند ۱۳۸۶ انتخاب شد. نمونه برداری هر ۶ روز یک بار (۱۳) برای هر طبقه انجام شد. تعداد کل نمونه‌های جمع‌آوری شده ۶۰ نمونه بود. در جدول ۱ اطلاعات مربوط به نقاط نمونه برداری خلاصه شده است. به منظور بررسی ارتباط بین غلظت ذرات معلق در

جدول ۱: بخش‌های نمونه برداری و دلایل انتخاب آنها در هوای داخل بیمارستان کودکان تهران

| محل نمونه برداری | دلیل انتخاب محل | طبقه ساختمان | بخش نمونه برداری |
|------------------|---|--------------|--------------------------|
| اتاق بستری بیمار | تاثیر بیماران بستری شده بر ذرات هوا برد | اول | فوق تخصصی عفونی |
| اتاق بستری بیمار | مراجعه نسبتاً بالا و حساسیت بیماران بستری شده | دوم | فوق تخصصی جراحی اطفال |
| اتاق بستری بیمار | مراجعه بالا | سوم | فوق تخصصی خون و انکولوژی |

جدول ۳: مقادیر مربوط به میانگین، حداقل و حداکثر غلظت ۲۴ ساعته ذرات معلق در هوای آزاد در طول دوره نمونه برداری

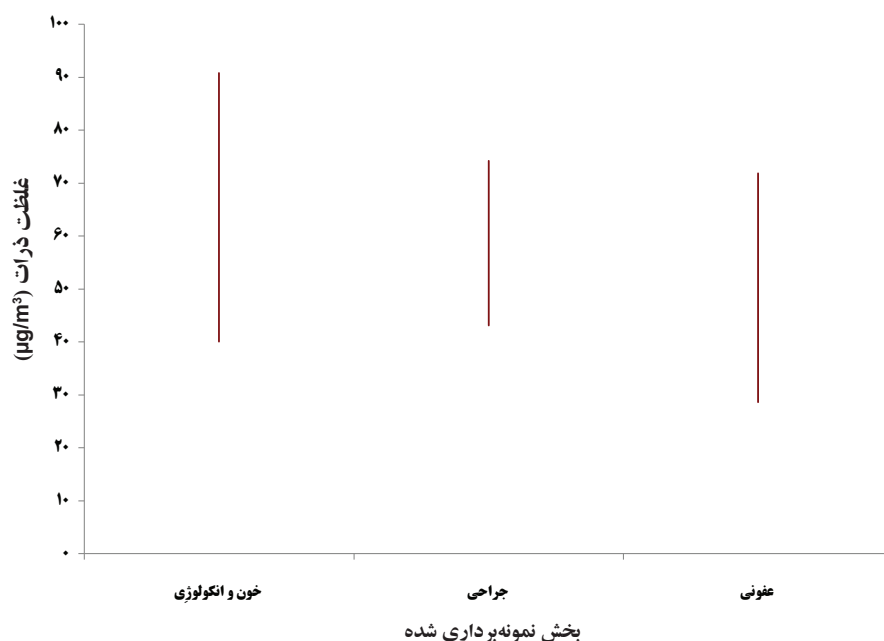
| شاخص آماری | طبقه نمونه برداری در هوای داخل | PM ₁₀ | PM _{2.5} |
|------------|--------------------------------|------------------|-------------------|
| Min | اول | ۴۱/۸۵ | ۸/۸۵ |
| Max | اول | ۱۱۴/۵۰ | ۶۳/۹۵ |
| Mean | اول | ۷۱/۲۶ | ۳۴/۳۱ |
| Min | دوم | ۴۳/۷۷ | ۱۶/۶ |
| Max | دوم | ۱۸۳/۷۵ | ۱۰۶/۵۸ |
| Mean | دوم | ۹۳/۲۸ | ۴۱/۹۷ |
| Min | سوم | ۲۹/۷ | ۱۹/۶ |
| Max | سوم | ۱۷۳/۸ | ۱۲۱/۹ |
| Mean | سوم | ۸۹/۳۱ | ۴۴/۵ |

جدول ۲: مقادیر مربوط به میانگین، حداقل و حداکثر غلظت ۲۴ ساعته ذرات معلق در هوای داخل بیمارستان در طول دوره نمونه برداری

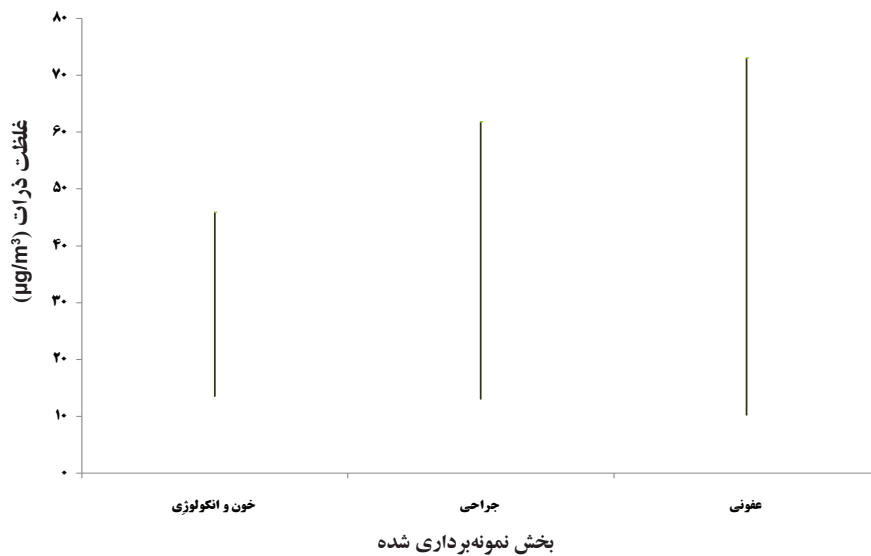
| شاخص آماری | طبقه | PM ₁₀ | PM _{2.5} |
|------------|------|------------------|-------------------|
| Min | اول | ۲۵/۵۵ | ۱۰/۲ |
| Max | اول | ۱۲۵/۶۵ | ۷۲/۹۵ |
| Mean | اول | ۷۱/۷۷ | ۳۱/۹۲ |
| Min | دوم | ۴۳/۱ | ۱۳ |
| Max | دوم | ۱۰۸/۱۵ | ۶۱/۷۵ |
| Mean | دوم | ۷۴/۱۵ | ۳۵/۷ |
| Min | سوم | ۴۰ | ۱۳/۵ |
| Max | سوم | ۱۳۹/۲ | ۴۵/۸ |
| Mean | سوم | ۹۰/۷۵ | ۲۷/۷۵ |

از نرم افزار SPSS 12.5 و Excel 2003 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. نتایج حاصل از غلظت ۲۴ ساعته ذرات معلق با رهنمودهای (۱۵) EPA و WHO (۱۶) مقایسه شدند. به منظور بررسی ارتباط بین غلظت ذرات در هوای داخل بیمارستان و هوای آزاد از مدل رگرسیون خطی استفاده شد.

اروپا منطبق است. در طول دوره نمونه برداری در هوای داخل ساختمان یک دستگاه نمونه بردار m ۱/۱ بالاتر از سطح زمین در ناحیه تنفسی بیمار قرار داشت. نکته مهم در این مطالعه این بود که منابع مشخص شده ای برای ذرات در داخل بیمارستان در نظر گرفته نشد. بنابراین در این مطالعه نفوذ ذرات از هوای آزاد به داخل بیمارستان بررسی شد. در نهایت داده‌ها با استفاده



شکل ۲: مقایسه غلظت ذرات PM₁₀ در بخش‌های مختلف بیمارستان



شکل ۳: مقایسه غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در بخش های مختلف بیمارستان

یافته ها

میانگین ۲۴ ساعته $PM_{2.5}$ در طول دوره نمونه برداری در اتاق بستری در طبقه دوم بخش جراحی با مقدار $35/7 \mu g/m^3$ از سایر بخش های بیشتر بود مقایسه میانگین غلظت ۲۴ ساعته $PM_{2.5}$ در بخش های مختلف به صورت زیر است (شکل ۳)

بخش خون و انکولوژی > بخش عفونی > بخش جراحی

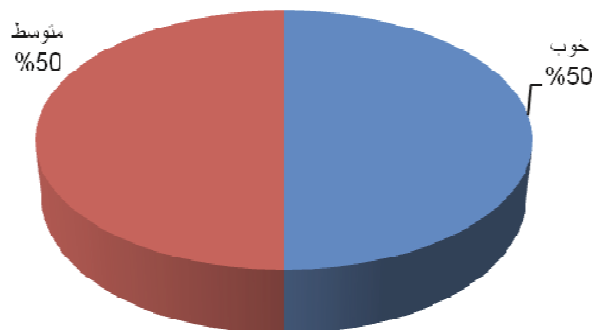
غلظت ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ در هوای آزاد محدوده بیمارستان

طبق جدول ۳ حداکثر و حداقل میانگین غلظت ۲۴ ساعته

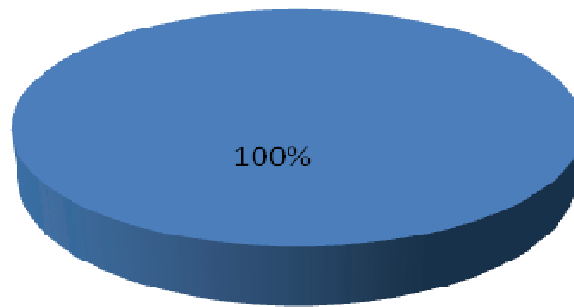
نتایج حاصل از سنجش غلظت ۲۴ ساعته PM_{10} و $PM_{2.5}$ در هوای داخل بیمارستان

غلظت ذرات اندازه گیری شده در هوای داخل بیمارستان در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین غلظت ۲۴ ساعته PM_{10} در هوای داخل بیمارستان در طبق سوم، بخش خون و انکولوژی با میزان $90/75 \mu g/m^3$ از سایر بخش ها بیشتر بود. مقایسه میانگین غلظت ۲۴ ساعته PM_{10} در بخش های مختلف به صورت زیر است (شکل ۲).

بخش عفونی > بخش جراحی > بخش خون و انکولوژی



شکل ۴: درصد طبقات مختلف شاخص AQI مربوط به ذرات PM_{10} در آذرماه ۱۳۸۶



شکل ۵: درصد طبقات مختلف شاخص AQI مربوط به ذرات $PM_{2.5}$ در آذر ۱۳۸۶

این شاخص در کمتر از استاندارد ($AQI < 100$) قرار داشت که از این میزان برای PM_{10} در ۷۰٪ موارد وضعیت کیفی هوا متوسط و در ۱۹٪ موارد وضعیت کیفی هوا خوب بوده است. در ۱۱٪ موارد دیگر وضعیت کیفی هوا برای گروه حساس غیر بهداشتی بوده است (شکل ۶).

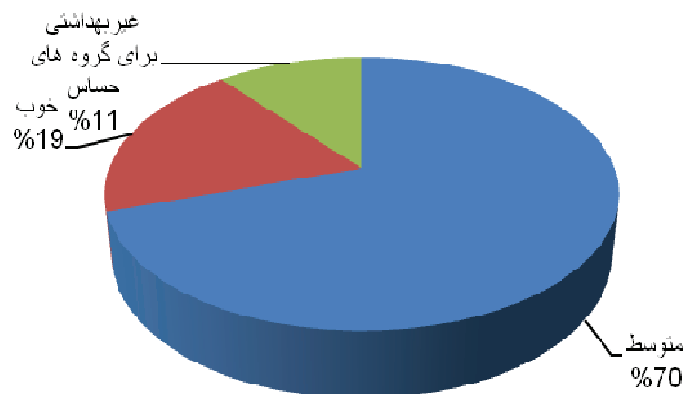
برای ذرات $PM_{2.5}$ از این میزان در ۸٪ موارد وضعیت کیفی هوا خوب و در ۴۶٪ موارد وضعیت کیفی هوا متوسط و در ۴۶٪ موارد این شاخص بیشتر از استاندارد ($AQI > 100$) بوده که از این میزان در ۲۷٪ موارد وضعیت کیفی هوا برای گروه‌های حساس غیر بهداشتی و در ۱۹٪ دیگر وضعیت هوا غیر بهداشتی بود (شکل ۷).

نتایج حاصل از ارتباط بین غلظت های ذرات معلق در هوای داخل بیمارستان و هوای آزاد اطراف محدوده بیمارستان با محاسبه ضریب همبستگی بین غلظت ذرات PM_{10} در هوای

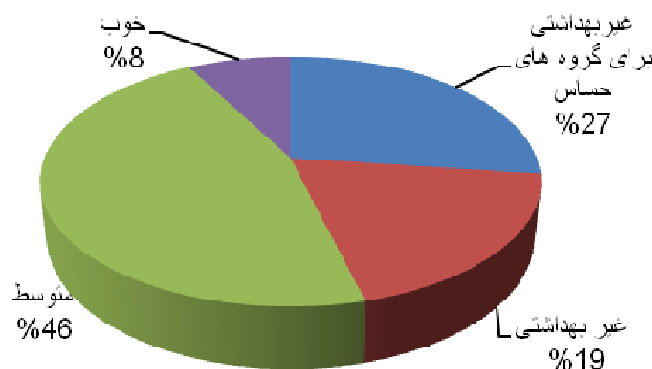
PM_{10} به ترتیب $103/67 \mu g/m^3$ و $62/22 \mu g/m^3$ به دست آمد. حداکثر و حداقل میانگین غلظت ۲۴ ساعته $PM_{2.5}$ نیز به ترتیب $58/07 \mu g/m^3$ و $25/58 \mu g/m^3$ به دست آمد. شاخص کیفیت هوا (quality indoor air) برای PM_{10} و $PM_{2.5}$ در هوای آزاد با استفاده از نرم افزار AQI calculator محاسبه شد که نتایج آن به شرح ذیل است:

در آذر ماه ۱۳۸۶ (شکل ۴ و ۵) در ۱۰۰٪ موارد از مجموع نمونه‌های برداشت شده این شاخص برای PM_{10} و $PM_{2.5}$ در کمتر از استاندارد ($AQI > 100$) قرار داشت که از این میزان برای PM_{10} ، ۵۰٪ موارد وضعیت کیفی هوا خوب و در ۵۰٪ دیگر وضعیت کیفی هوا متوسط بود. ولی برای $PM_{2.5}$ در ۱۰۰٪ موارد وضعیت کیفی متوسط بود.

در زمستان ۱۳۸۶ در ۸۹٪ و ۵۴٪ موارد به ترتیب برای ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ از مجموع نمونه های برداشت شده



شکل ۶: درصد طبقات مختلف شاخص AQI مربوط به ذرات PM_{10} در زمستان ۱۳۸۶



شکل ۷: درصد طبقات مختلف شاخص AQI مربوط به ذرات $PM_{2.5}$ در زمستان ۱۳۸۶

ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ (WHO برای ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} $50 \mu g/m^3$ و $35 \mu g/m^3$ برای ذرات $PM_{2.5}$ و $25 \mu g/m^3$ برای ذرات PM_{10}) نشان داد که در طول دوره نمونه برداری در ۱۰۰٪ موارد میزان PM_{10} کمتر از استاندارد EPA ولی در ۸٪ موارد بیشتر از استاندارد WHO بود. برای $PM_{2.5}$ در طول دوره نمونه برداری در ۴۲٪ موارد میزان $PM_{2.5}$ بیشتر از استاندارد EPA و در ۶۴٪ موارد میزان این آلاینده در اتاق های بستری بیشتر از استاندارد WHO بود. در هوای آزاد در ۶٪ و ۴۲٪ موارد به ترتیب برای ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ بیشتر از استاندارد EPA و در ۸۶٪ و ۷۵٪ موارد به ترتیب برای PM_{10} و $PM_{2.5}$ بیشتر از استاندارد WHO بود.

نتایج مطالعات مشابه نیز نشان داده است که بین غلظت ذرات در هوای داخل ساختمان و هوای آزاد ارتباط معنی داری وجود دارد. در مطالعه ای که در شهر Guangzhou چین انجام شد غلظت ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ باهم مرتبط بودند (۱). ($R_p = 0.78$ برای $PM_{2.5}$ و $R_2 = 0.67$ برای PM_{10}) در این مطالعه طبق جدول ۴ میانگین نسبت O/I برای PM_{10} ۰/۸۹۶ و برای $PM_{2.5}$ ۱/۰۱ به دست آمد. در مطالعه ی دیگر که در یانگوک انجام شد میانگین میانگین نسبت O/I برای PM_{10} ۰/۳۳ به دست آمد (۱۷).

در مطالعه ای که در استرالیا انجام شد نسبت O/I ۰/۰۷ به دست آمد و نتایج نشان داد که تست شرایط تهویه طبیعی و بدون توجه به منابع داخلی غلظت ذرات ریز در محیط داخل ساختمان تابع غلظت این در هوای آزاد اطراف ساختمان است. برای نسبت های O/I بزرگتر از یک می توانیم انتظار

آزاد و هوای اتاق بستری، $R_p = 0.177$ و $P = 0.010$ به دست آمده که نشان می دهد همبستگی خطی معنی داری بین غلظت ذرات PM_{10} در هوای آزاد و هوای اتاق بستری وجود دارد. با محاسبه این ضریب بین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در هوای آزاد و هوای اتاق بستری $R_p = 0.14$ و $P = 0.024$ به دست آمد که نشان می دهد همبستگی خطی معنی داری بین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در هوای آزاد و هوای اتاق بستری وجود دارد.

بحث

همان گونه که اشاره شد بخش های مختلف از نظر سطح آلودگی یکسان نبودند و میزان آلودگی در بخش های مختلف تابع فاکتورهایی نظیر نوع بیماران بستری شده، تعداد تخت در هر اتاق، میزان تهویه، تعداد پرسنل و شرایط محیط نظیر دما و رطوبت است. در مطالعه حاضر شرایط تهویه در اتاق های بستری به صورت تهویه طبیعی (بازکردن تهویه) بود که توجه کافی به آن نمی شد و تهویه اتاق ها بر حسب صلاحدید ساکنین اتاق ها صورت می گرفت. بیشترین غلظت ذرات PM_{10} در اتاق بستری مربوط به بخش خون و انکولوژی بود که به دلایلی نظیر طولانی بودن زمان بستری بیمار، تردد زیاد همراهان بیمار و پرسنل بخش، تهویه نامناسب اتاق ها، تعداد زیاد تخت در اتاق ها می توان اشاره کرد. دلیل بالا بودن میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در بخش جراحی، تهویه ناکافی در این بخش بود. مقایسه نتایج حاصل از غلظت ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ با استاندارد EPA ($150 \mu g/m^3$ برای

جدول ۴: مقادیر مربوط به میانگین، حداقل و حداکثر نسبت I/O* در طول دوره نمونه برداری

| I/O | | | طبقه | شاخص آماری | محل نمونه برداری |
|-----------------|-------------------|------------------|------|------------|------------------|
| PM ₁ | PM _{2.5} | PM ₁₀ | | | |
| ۱/۲۸ | ۱/۱۵ | ۰/۶۸ | اول | Min | اتاق بستری |
| ۰/۹۹ | ۱/۱۴ | ۱/۱ | اول | Max | |
| ۰/۸۸ | ۰/۹۳ | ۱/۰۱ | اول | Mean | |
| ۰/۸۵ | ۰/۷۸ | ۰/۹۸ | دوم | Min | اتاق بستری |
| ۰/۵۴ | ۰/۵۸ | ۰/۵۹ | دوم | Max | |
| ۰/۸۴ | ۰/۸۵ | ۰/۷۹ | دوم | Mean | |
| ۰/۲۱ | ۰/۶۹ | ۱/۳۵ | سوم | Min | اتاق بستری |
| ۰/۳۲ | ۰/۳۸ | ۰/۸ | سوم | Max | |
| ۰/۴۶ | ۰/۶۲ | ۱/۰۲ | سوم | Mean | |

* Indoor/Outdoor

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از پرسنل محترم مرکز طبی کودکان تهران و کلیه افرادی که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

این مقاله / طرح تحقیقاتی حاصل از پایان نامه با عنوان "بررسی غلظت ذرات معلق و شمارش باکتری ها در هوای داخل بیمارستان مرکز طبی کودکان تهران و هوای آزاد" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۸۷ با کد ۳۰۸ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی تهران انجام شده است.

داشته باشیم که میزان تبادل هوا در داخل ساختمان بیمارستان پایین بوده است (۱۸).

نتیجه گیری

با توجه به موارد فوق می‌توان گفت که ارتباط بین غلظت آلاینده ها در هوای آزاد و هوای داخل بیمارستان نشان دهنده نفوذ این ذرات از محیط بیرون به داخل ساختمان است. کیفیت هوای آزاد می‌تواند کیفیت هوای داخل ساختمان را تحت تاثیر قرار دهد و غلظت آلاینده ها در هوای آزاد فاکتور اولیه در تعیین کیفیت هوای داخل ساختمان است. بنابراین با توجه به رهنمودهای شاخص AQI مبنی بر عدم ترک ساختمان زمانی که این شاخص از استاندارد تجاوز می‌کند و همچنین با توجه به مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در زمینه عایق کاری به منظور حفظ انرژی توجه به سیستم تهویه مناسب برای حفظ سلامت ساکنین در زمان اخذ مجوز و ساخت ساختمان توسط کارشناسان مربوطه امری ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

1. Wang X, Bi X, Sheng G, Fu J. Hospital indoor PM10/PM2.5 and associated trace elements in Guangzhou, China. *Science of the Total Environment*. 2006; 366:124-35.
2. Hoek G, Kos G, Harrison R, Hartog GD, Meliefste K, Brink HT et al. Indoor-outdoor relationships of particle number and mass in four European cities. *Atmospheric Environment*. 2008;42:156-69.
3. Ghiasseddin M. *Air Pollution*. Tehran: Tehran University Press; 2007.
4. Griffin RD. *Principals of Air Quality Management*, 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2007.
5. Vette AF, Rea AW, Lawless PA, Rodes CE, Evans G, Highsmith VR, et al. Characterization of indoor-outdoor aerosol concentration relationships during the Fresno PM exposure studies. *Aerosol Science and Technology*. 2001;34:118-26.
6. Monn C, Becker S. Cytotoxicity and pro-inflammatory cytokines from human monocytes exposed to fine (PM2.5) and coarse particles (PM2.5-10) in indoor and outdoor air. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 1999;155:245-52.
7. Jamriska M, Thomas S, Morawska, L, Clark B. A Relationship between indoor and outdoor exposure to fine particles near a busy arterial road. *Indoor Air*. 1999;9:75-84.
8. Lee SC, Li W-M, Ao C-H. Investigation of indoor air quality at residential homes in Hong Kong—case study. *Atmospheric Environment*. 2002;36:225-37.
9. Environmental Protection Agency. Review of the national ambient air quality standards for particulate. Washington DC: Office of Air Quality Planning and Standards Research; 2005. Report No.: 425/R-05-005.
10. 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. *Atmospheric Environment*. 2002;36:1099-110.
11. Zhang Y. *Indoor Air Quality Engineering*. London: CRC Press; 2005.
12. El-Batrawy OA. Relationships between personal, indoor, and outdoor PM10 in the residential environment in Damietta, Egypt. *Journal of American Science*. 2010;6(12):1782-91.
13. Environmental Protection Agency. Alternate 1 in 3 sampling and return shipping schedule. Washington DC: Environmental Protection Agency; 2006 [cited 2012 Jul 21]. Available from: <http://www.epa.gov/ttnamti1/files/ambient/pm25/2006altspec.pdf>.
14. Environmental Protection Agency. SLAMS / NAMS / PAMS network review guidance. Washington DC: Office of Air Quality Planning and Standards Research; 1998. Report No.: 454/R-98-003.
15. Environmental Protection Agency. Air quality guide for particle pollution. Washington DC: Environmental Protection Agency; 2003 [Cited 2012 Aug 13]. Available from: <http://airnow.gov/index.cfm?action=static.aqguidepart>.
16. World Health Organization. Use of the air quality guideline in protecting public health: A global update. Geneva: World Health Organization; 2003 [Cited 2012 Aug 15]. Available from: <http://www.who.int/media-centre/factsheets/Fs313/en/>.
17. Leong ST, Muttamara S. Preliminary study of relationship between outdoor and indoor air pollutant concentrations at Bangkok, s major streets. *Thammasat International Journal of Science and Technology*. 2003;8(3):29-39.
18. Morawska L, He C, Hitchins J, Gilbert D, Parappukkaran S. The Relationship between indoor and outdoor airborne particles in the residential environment. *Atmospheric Environment*. 2001;35:3463-73.

Relationship between the Particulate Matter Concentrations in the Indoor and Ambient Air of the Tehran Children Hospital in 2007

*Soheila Rezaei¹, Kazem Naddafi¹, Hossain Jabbari¹, Masoud Yonesian¹, Arsalan Jamshidi², Abdolmohamad Sadat²,
Alireza Raygan Shirazi Nejad²

¹Department of Environmental Health Engineering Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

²Department of Environmental Health Engineering Faculty of Health, Yasouj University of Medical Sciences, Kohkilouye and Boyer-Ahmad, Iran

Received; 18 July 2011 Accepted; 16 October 2011

ABSTRACT

Background and Objectives: In recent years exposure to fine airborne particles has been identified as an important factor affecting human health. Epidemiological studies have showed that the aerosol laden air can be an agent for microorganisms' dispersion. Ignoring internal sources, ambient air quality significantly affects indoor air quality. Since people spend most of their times in the indoor spaces and little data are available on the general understanding of the indoor air quality, therefore, the aim of this study is to determine the particulate matter concentrations in indoor and ambient air of Tehran Children Medical Center Hospital.

Materials and Method: PM₁₀/PM_{2.5} samples were collected in the indoor environment of the Tehran Children Medical Center Hospital and its adjacent outdoor environment by a portable GRIMM dust monitor model 1.108 from November 26 to March 10, 2007. The places of sampling for indoor and ambient air were in the patient room and the roof of the hospital respectively.

Results: The results showed that indoor PM₁₀ level was higher than WHO standards in 80% cases in patient room, whereas, for indoor PM_{2.5} level, this value was 42 and 64% more than the EPA standards and WHO standards respectively. The relationship between outdoor and indoor particulate matters was examined by linear regression analysis. The indoor particulate matter levels were correlated with the corresponding ambient air ones.

Conclusion: Our analysis revealed that infiltration of ambient air could substantially increased indoor pollutants and thereby influences the indoor air quality.

Keywords: Air pollution, Particulate matter, Ambient air, Indoor air, Hospital, Tehran

*Corresponding Author: s.rezaei85@gmail.com

Tel: ... Fax: