بررسی پتانسیل تهویه طبیعی بخش‌های مختلف بیمارستانی در بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی تهران در سال ۱۳۹۳

محمد سرمدی[۱]، کامیار یغمائیان[۲]، رامین نبی زاده[*۳]، کاظم ندافی[۴]، رضا سعیدی[۵]، سمیرا یوسف‌زاده[۶]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۰۴ تاریخ ویرایش: ۹۵/۰۸/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۲۰

چکیده

زمینه و هدف: از جمله عناصر متعارف فعلی مؤثر بر انتقال یا کاهش انتقال ذرات هوابرد و کیفیت هوای ساختمان‌ها، سیستم‌های تهویه طبیعی می‌باشند. تهویه طبیعی به معنی تأمین هوای تازه و خنک‌سازی از طریق جابجایی هوای آزاد محیط بوده که از عوامل تأثیرگذار بر جنبه‌های بهداشت و سلامت جامعه مانند کنترل پاتوژن‌های هوابرد و عفونت‌های حاصله از آن‌ها در بخش‌های مختلف زندگی به خصوص بیمارستان‌ها و یکی از مقرون به صرفه‌ترین راهکارهای موجود در این زمینه می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی پتانسیل میزان تهویه طبیعی بخش‌های مختلف بیمارستانی در بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی تهران می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی- تحلیلی ۳۵ بخش از ۱۲ بیمارستان تابعه دانشگاه علوم پزشکی تهران که در مجموع تعداد ۲۶۹ اتاق را شامل شد ازنظر پارامترهای رطوبت، دما، سرعت باد و مشخصات اتاق مورد بررسی قرار گرفت و نتایج با استانداردها و دستورالعمل‌های مربوطه مقایسه شدند. بخش‌های مورد بررسی شامل بخش‌های عفونی، خون، گوارش، سل و ... بودند که ازنظر پاتوژن‌های هوابرد دارای اهمیت هستند. بررسی ارتباط ACH با پارامترهای جهت جغرافیایی، دما و رطوبت، به همراه دسته‌بندی بخش‌ها به گروه‌های هوابرد و غیرهوابرد و سنجش میانگین ACH آن‌ها به همراه آزمون‌های کروسکال والیس و فلیگنر-کیلن با استفاده از نرم افزار R-تحلیل آماری (ورژن R 3.2.0) و Excel 2013 انجام گرفت.

یافته‌ها: مقادیر حداقل و حداکثر سرعت باد، رطوبت و دما در اتاق ها به ترتیب (۰ و ۲/۹ متربرثانیه)، (۵٪،۱۳٪ و۴۰٪) و (۲۴ و ۳۰/۷ درجه سانتی گراد) بود. همچنین میانگین ACH در بخش‌های هوابرد و غیر هوابرد به ترتیب برابر با ۲۰/۵ و ۳۱ بود . همچنین با استفاده از آزمون آماری کروسکال-والیس روابط معنی‌داری بین پارامترهای مختلف مطالعه مشاهده شد ($p<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که بازنمودن درب و پنجره‌ی اتاق‌ها باتوجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده و اعداد بدست آمده و مقایسه با استانداردها (ACH=۱۲) پتانسیل بالایی در کاهش عفونت‌ها در بیمارستان‌ها خواهیم داشت. همچنین با استفاده از تهویه طبیعی می‌توان به میزان بسیار زیادی در هزینه‌های مرتبط با تأمین انرژی جهت تهویه در بخش‌های مختلف صرفه‌جویی نمود.

کلیدواژه‌ها: تهویه طبیعی، کنترل عفونت، تعداد تعویض هوا در ساعت، بیمارستان.

مقدمه

مواجهه با پاتوژن‌های هوابرد وجه مشترک زندگی همه مردم می‌باشد [۱]. یکی از مشکلات و چالش‌های مهم در کنترل عوامل محیطی بیماری‌ها و عوامل عفونی، همان پاتوژن‌های هوابرد است که در محیط‌های بیمارستانی به‌صورت یک معضل تبدیل شده است [۲]. لازم به ذکر است که تنها درصد کمی از افراد مبتلا به بیماری‌های عفونی، ممکن است باعث انتشار گسترده آن‌ها شوند [۳]. عفونت‌های منتقله توسط هوا در سراسر جهان مسئول مرگ میلیون‌ها نفر در سال در کشورهایی با درآمد کم و متوسط می‌باشد [۶-۴]. امروزه حتی با وجود انواع مواد ضدمیکروبی و وسایل استریل کننده جدید و متفاوت، هنوز هم بروز عفونت در بیمارستان‌ها در سطح بالایی وجود دارد. بدون تردید مؤثرترین و

۱- مربی، عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران و کاشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۲- استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۳- (نویسنده مسئول) استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران. rnabizadeh@tums.ac.ir

۴- استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۵- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده سلامت ایمنی و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۶- عضو هیئت علمی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده پیراپزشکی و بهداشت آرادان، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران و دانشجوی دکتری بهداشت محیط، دانشکده بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]

کم‌هزینه‌ترین و مطلوب‌ترین روش مبارزه با عفونت در هر مکان و زمانی جلوگیری از بروز آن می‌باشد [۴]. چندین فاکتور مختلف می‌توانند در بروز عفونت تأثیرگذار باشند که شامل: فاکتورهای بیمار (مانند حساسیت افراد)، فاکتورهای مربوط به حوزه جراحی، فاکتورهای مرتبط با اتاق (مانند نظافت و...) و فاکتورهای سیستم HVAC (مانند نرخ تغییر هوا و جریان هوای مستقیم) می‌باشند [۷]. یکی از متعارف‌ترین این عناصر که بر روی میزان انتقال ذرات هوابرد در ساختمان‌ها تأثیر زیادی دارد، سیستم (Air Co Heating, Ventilating and HVAC (nditioning می‌باشد. سیستم HVAC به مجموعه تکنولوژی‌های مربوط به «گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع» اطلاق می‌شود که در برگیرنده فناوری‌های مربوط به ایجاد آسایش از طریق تهویه و ایجاد شرایط دمایی مطبوع برای محیط‌های داخلی ساختمان است. این سیستم‌ها روش‌هایی با انرژی کارآمد و مقرون به صرفه، تحت شرایط نرمال می‌باشند [۱۰-۸]. تهویه‌ی مناسب می‌تواند خطر عفونت را از طریق رقیق‌سازی و حذف عوامل عفونی کاهش دهد. همچنین افزایش نرخ تهویه باعث کاهش غلظت تعداد ذرات عفونت ساز و گازهای مضر در اتاق می‌شود [۲، ۱۱، ۱۲]. این فرآیند می‌تواند شامل تهویه طبیعی، تهویه مکانیکی و یا کاربرد توأمان آن‌ها باشد [۲، ۱۳]؛ بنابراین در بعضی از مراکز که منابع تهویه محدود می‌باشند، از گزینه‌ی تهویه طبیعی با بازنمودن پنجره‌ها به‌منظور کنترل عفونت‌های بیمارستانی مانند سل استفاده می‌شود [۱۴]. طراحی یک سیستم تهویه طبیعی می‌تواند سه هدف عمده داشته باشد: به‌منظور تأمین آسایش حرارتی، برای کنترل عفونت موجود در هوا یا کیفیت هوای داخل ساختمان و یا به‌منظور صرفه‌جویی انرژی [۲، ۱۲]. از مزایای تهویه طبیعی می‌توان به مناسب بودن برای مناطق گرم و مرطوب، هزینه سرمایه‌گذاری کم، بهره‌برداری و نگهداری ساده و سادگی در اجرای آن اشاره نمود [۱۵، ۱۶]. در واقع نشان داده شده است که تهویه طبیعی ساده، روش بسیار مفیدی در کنترل و مبارزه با انتقال سل و حذف میکروارگانیسم‌های در تماس با بیماران، در مراکز بهداشتی درمانی می‌باشد [۱۸-۱۶]. در مطالعه‌ای که اخیراً بر روی نرخ تغییرات هوای تازه‌ی قابل حصول به‌وسیله ابزار طبیعی در مراکز بهداشتی درمانی انجام گرفته است، مشخص شده است که بازکردن درب‌ها و پنجره‌ها می‌تواند بین ۲۸ تا ۴۰ بار تغییر هوا در ساعت را برای اتاق میسر نماید که این امر در کاهش شدید ذرات عفونی معلق در هوا نقش بسزایی دارد [۲، ۱۹]. همچنین از طرف دیگر توجه به این نکته ضروریست که درنتیجه تهویه ناکافی و کم و ایجاد بیماری‌های مزمن و حاد و راهکارهای مصرف داروی زیاد یکی از عوامل مسئول در ظهور مقاومت چند دارویی در مقابل بعضی عفونت‌ها نیز می‌باشد [۴]. مطالعاتی در مورد عوامل مؤثر بر پاتوژن‌های هوابرد در ایران نیز انجام شده است که نشان‌دهنده تأثیر عوامل محیطی بر این پاتوژن‌ها می‌باشد [۱۲]. لذا با توجه به‌تمامی مباحث مطرح شده مشخص است که بهبود تهویه در مراکز بهداشتی درمانی برای جلوگیری از انتقال عفونت‌های هوابرد نه تنها لازم است بلکه به شدت نیز مورد تأکید می‌باشد. ازاین‌رو هدف از این مطالعه بررسی پتانسیل میزان تهویه طبیعی بخش‌های مختلف بیمارستانی در بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی تهران می‌باشد. لذا در این مطالعه بیشتر به بررسی وضعیت اتاق‌های موجود بیمارستان‌ها ازنظر دارا بودن پتانسیل تهویه طبیعی آن‌ها پرداخته شد و درنهایت نتایج حاصله با استانداردهای مربوط به تهویه طبیعی مقایسه شدند. همچنین سنجش پارامترهای رطوبت، دما و سرعت باد در اتاق نیز انجام گرفت. ارتباط پارامترها (ACH(Air change per hour با جهت جغرافیایی، دما و رطوبت داخل و خارج اتاق، به همراه دسته‌بندی بخش‌ها به گروه‌های هوابرد و غیرهوابرد و سنجش میانگین ACH در آن‌ها نیز از جمله دیگر اهداف ما در این مطالعه بود که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود.

روش بررسی

مطالعه حاضر یک مطالعه توصیفی-تحلیلی است که

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]

در یک مقطع زمانی ۳ ماهه (بهار و تابستان ۱۳۹۴) انجام شد. جامعه آماری منتخب و مورد مطالعه، ۱۲ عدد از بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی تهران شامل بیمارستان‌های امام خمینی (ره)، روزبه، فارابی، بهارلو، بهرامی، امیراعلم، رازی، سینا، شریعتی، ضیائیان، طبی کودکان و ولی‌عصر (عج) بودند. در مجموع ۳۵ بخش از این ۱۲ بیمارستان و به عبارتی در کل ۲۶۹ اتاق مورد بررسی قرار گرفتند. از بین بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی تهران که در سایت اصلی دانشگاه موجود بودند همه بیمارستان‌ها به‌جز بیمارستان جامع بانوان آرش (به دلیل مسائل اخلاقی و حساسیت کار) مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به معیارهای موجود که در ادامه مورداشاره قرار می‌گیرند، بخش‌های بیمارستان‌ها به دو بخش هوابرد و غیرهوابرد تقسیم شدند و در هرکدام از این بخش‌ها به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری‌ها و مقایسه‌های لازم انجام شد. با استفاده از چک‌لیست تهیه شده مشخصات اتاق‌ها و بخش‌ها به همراه سنجش‌ها در هر نوبت اندازه‌گیری، ثبت گردید. برای هر پنجره در سه حالت: درب و پنجره کاملاً باز، درب نیمه‌باز و پنجره باز و در نهایت درب و پنجره هر دو نیمه‌باز، اندازه‌گیری‌ها انجام شد. باتوجه به هماهنگی‌های انجام شده سنجش‌ها در روزهای مختلف انجام می‌گرفت. در این مطالعه از آن دسته از بخش‌ها و اتاق‌هایی که در آن‌ها تهویه به‌صورت کاملاً مکانیکی انجام می‌پذیرفت، صرف‌نظر شد و تنها به بررسی اتاق‌ها و بخش‌هایی پرداخته شد که پتانسیل تهویه طبیعی را دارا بودند. در مطالعات ذکر شده است که بهترین فصول ازنظر ایجاد شرایط مناسب برای تهویه طبیعی فصل‌های بهار و اوایل تابستان می‌باشند که در آن‌ها شرایط آب و هوایی معتدل می‌باشد. لذا در این مطالعه نیز ما این بازه‌ی زمانی را انتخاب نمودیم. متغیرهایی که در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفتند شامل دما، رطوبت، سرعت باد، نوع پنجره، مساحت درب و پنجره، جهت جغرافیایی مربوط به هر پنجره و حجم اتاق بودند. داده‌های هواشناسی مربوط به سرعت باد، رطوبت و دما در محیط بیرونی بیمارستان‌ها نیز از سازمان هواشناسی اخذ گردیدند. برای اندازه‌گیری سرعت هوا از دو دستگاه سرعت‌سنج پره‌ای و حرارتی استفاده شد. سرعت‌سنج پره‌ای مدل testo 417 vane anemometer و سرعت‌سنج حرارتی مدل Thermo-Anemometer 471 بودند. دما و رطوبت نیز توسط دستگاه‌های دماسنج و رطوبت‌سنج مدل TES-1360A اندازه‌گیری شدند. میزان رطوبت در اتاق‌ها در سه نقطه اندازه‌گیری و میانگین نهایی گزارش گردید. لازم به توضیح است که محاسبات مربوط به پارامترهای ACH و نرخ تهویه (لیتر برثانیه)، برای اتاق‌های با درب و پنجره‌ی رو به هم و اتاق‌هایی با نوع تهویه‌ی دودکشی متفاوت می‌باشد، ولی ازآنجایی‌که در این مطالعه در هیچ‌یک از بیمارستان‌ها اتاقی با تهویه دودکشی نداشتیم، لذا از آوردن معادلات مربوط به آن خودداری می‌نمائیم. فرمول‌های مربوط به محاسبه‌ی میزان ACH و نرخ تهویه برای اتاق‌های با دهانه‌های خروجی رو به هم عبارتند از:

$$\text{نرخ تهویه } (l/s) = 0.6 \times W \times A \times 1000 (l/s)$$

$$ACH = \frac{0.65 \times W \times A \times 3600\ (s/h)}{V}$$

W= سرعت باد برحسب (m/s)؛ A= کوچکترین سطح باز پنجره یا درب ها بر حسب (m^2) و V= حجم اتاق برحسب (m^3) می‌باشند.

یافته‌ها

عوامل محیطی داخل اتاق‌های بیمارستان به‌صورت کلی نشان می‌دهد که میزان متوسط دما، رطوبت و سرعت باد در پنجره به ترتیب برابر با ۲۷/۴۹، ۲۲/۳۳ و ۰/۵۹ بود. آنالیز توصیفی پارامترهای هواشناسی شهر تهران در جدول ۱ آورده شده است. مقادیر حداقل و حداکثر دما به ترتیب ۲۴ و ۳۰/۷ درجه سانتی گراد، حداقل و حداکثر رطوبت به ترتیب ۱۳/۵ و ۴۰ درصد و حداقل و حداکثر سرعت باد در پنجره به ترتیب برابر با صفر و ۲/۹ متر بر ثانیه ثبت گردید. تعداد کل اتاق‌های

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]

جدول ۱- میانگین پارامترهای هواشناسی شهر تهران در ماه‌های انجام مطالعه

تاریخ(ماه)		اردیبهشت	خرداد	تیر
دما (oC)	متوسط	۲۳/۲	۲۷٫۶	۳۱٫۳۵
	حداقل	۱۸	۲۱/۵	۲۵
	حداکثر	۲۸/۷	۳۳/۶	۳۷/۵
رطوبت(٪)	متوسط	۲۴/۶	۲۰/۳۳	۱۴/۶
	حداقل	۷	۵/۱	۴
	حداکثر	۴۲	۳۸/۹۷	۲۸/۷
سرعت باد (m/s)	متوسط	۳/۳۷	۳/۱	۳/۶
	حداقل	----	----	----
	حداکثر	۸/۴۸	۸/۸۷	۷/۷

جدول ۲- میانگین میزان ACH در بیمارستان‌های مختلف

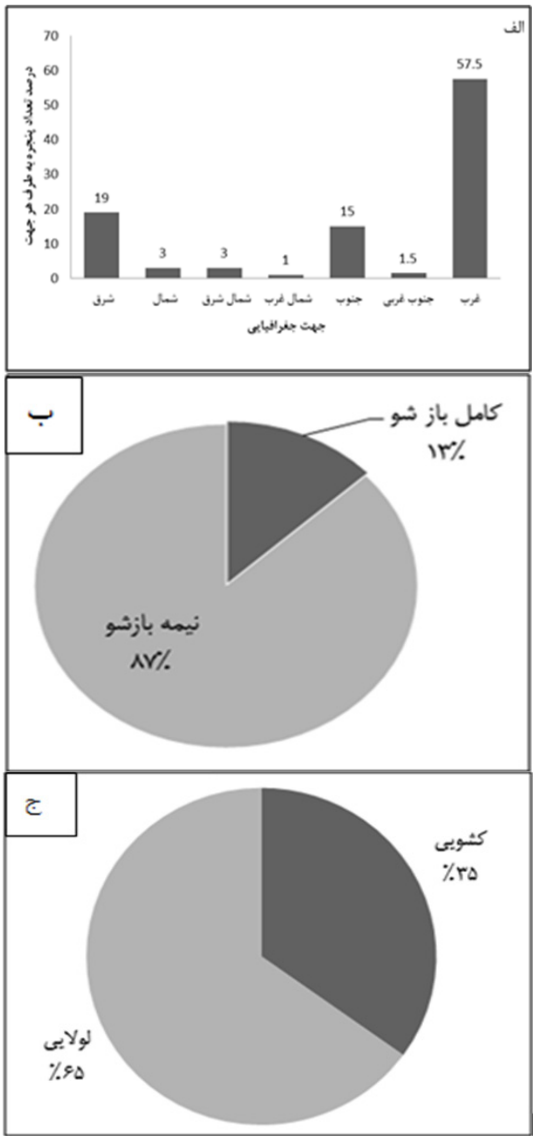
نام بیمارستان	کد بیمارستان	میانگین ACH	نام بیمارستان	کد بیمارستان	میانگین ACH
امام خمینی	۱	۱۱/۵۶	رازی	۷	۶/۴۷
فارابی	۲	۳۹/۵	سینا	۸	۶۳/۳۶
بهارلو	۳	۱۹/۳۸	شریعتی	۹	۱۵/۹۴
امیراعلم	۴	۷۲/۸۹	طبی کودکان	۱۰	۴۰/۰۶
روزبه	۵	۴/۸۶	ضیائیان	۱۱	۶/۸
بهرامی	۶	۴۶/۱۴	ولیعصر	۱۲	۷۰/۱۸

مورد بررسی در ۳۵ بخش از این ۱۲ بیمارستان، تعداد ۲۶۹ اتاق بود که در آن‌ها ۸۷۱ تخت، ۴۵۲ پنجره و ۲۲۱ فن مکانیکی وجود داشت. به طور متوسط هر بخش تقریباً شامل ۸ اتاق، ۲۵ تخت و ۱۳ پنجره بود. حداقل و حداکثر تعداد تخت در بخش‌ها به ترتیب ۱۱ و ۴۶ عدد و تعداد پنجره به ترتیب ۴ و ۳۰ عدد مشاهده شد. مساحت اتاق‌ها در هر بخش نیز به طور میانگین حدود ۲۶ متر مربع برآورد گردید. در دسته‌بندی دیگر پنجره‌ها به دو دسته‌ی کامل باز شونده و نیمه‌باز شونده تقسیم شدند. در جدول ۲ میانگین‌های ACH برای بیمارستان‌های مختلف آورده شده است. تقسیم‌بندی بخش‌ها به دو دسته‌ی هوابرد و غیرهوابرد در این مطالعه بر طبق راهنمای سازمان جهانی بهداشت (WHO) و منابع مرتبط برای کنترل بیماری‌های عفونی هوابرد می‌باشد [۲، ۱۵، ۲۰]. بیماری‌های هوابرد مربوط به بیماری‌های قابل انتقال توسط ذرات، قطرات و ناقل‌های معلق در هوا است که از این نظر بخش‌های مختلف را به دو دسته‌ی هوابرد و غیرهوابرد تقسیم‌بندی شدند. در این تقسیم‌بندی بخش‌های بیمارستان امام خمینی (ریه ۱، ریه ۲، ریه ۶، عفونت مردان و زنان) و بخش عفونی کودکان بیمارستان بهرامی و عفونی بیمارستان طبی کودکان به عنوان بخش‌های عفونی انتخاب شدند که قابلیت انتقال توسط هوا را دارند.

بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که از جدول ۱ مشاهده می‌شود، با نزدیک شدن به میانه فصل تابستان میانگین دما افزایش یافته است که قابل قبول می‌باشد. چرا که نزدیک بودن به خط استوا و تابش مستقیم خورشید باعث بالا رفتن گرما در این ماه‌ها می‌شود. از طرفی به دلیل بالا رفتن دما و خشک بودن آب و هوای تهران، با نزدیک شدن به ماه های گرم و اواسط تابستان، میزان رطوبت نسبی نیز کاهش می‌یابد. درمطالعه انجام شده توسط سلیمانی و همکاران در سال ۲۰۱۲ نیز این نتایج تایید شد [۱۲]. بین حالات مختلف در نظر گرفته شده برای تهویه طبیعی (منظور حالات سه‌گانه‌ی چگونگی باز بودن درب و پنجره‌ها) ازنظر آماری اختلاف معنی داری مشاهده نشد و هر سه حالت تقریباً در یک سطح قرار گرفتند. لذا با توجه به این موضوع برای ادامه‌ی مطالعه از حالت درب باز و پنجره باز که در مطالعات قبلی ذکر شده است و از میزان تهویه بالاتری برخوردار می‌باشد، استفاده شد [۲، ۲۱، ۲۲]. اتاق‌های بزرگتر معمولا دارای تعداد تخت بیشتری می‌باشند؛ این امر منجر به افزایش نیاز به تعداد پنجره‌ی بیشتر جهت فراهم آوری نرخ تهویه مناسب می‌گردد. حداقل، متوسط و حداکثر حجم اتاق‌های مورد بررسی نیز که با توجه به فرمول‌های ذکر شده در میزان نرخ تهویه مؤثر است به ترتیب برابر با ۳۲، ۸۱ و ۱۵۶ متر مکعب ثبت گردید. ازآنجایی‌که در فرمول تعیین میزان ACH و نرخ تهویه، حجم اتاق به‌صورت مستقیم تأثیرگذار است لذا پارامتر بسیار مهمی می‌باشد [۲]. همان‌طور که از شکل ۱ الف مشاهده می‌گردد کمترین تعداد پنجره با سهمی در حدود ۱ درصد به سمت شمال

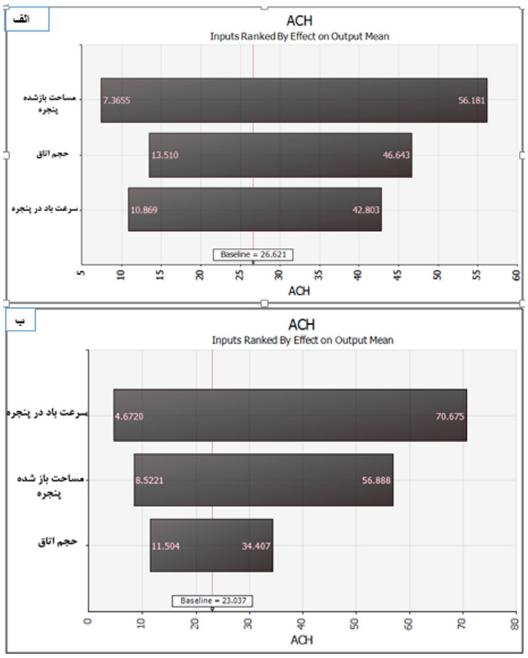
[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]



شکل ۱- درصد نوع پنجره های مورد بررسی. الف) درصد تعداد پنجره‌های واقع شده در جهت های جغرافیایی مختلف ، ب) با توجه به دسته بندی کامل بازشو و نیمه بازشو، ج) با توجه به دسته بندی کشویی و لولایی

غرب باز می‌شود و بیشترین تعداد پنجره به سمت غرب باز می شدند (این اعداد رند شده می‌باشند)؛ اما آنچه که مشخص است اینست که بیش از نیمی از پنجره‌ها در سمت غرب واقع شده بودند که سهمی در حدود ۵۷/۵ درصد را دارا می‌باشند. جهت قرارگیری پنجره‌ها از این نظر که به سمت بادهای غالب واقع شده باشند، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. چرا که اگر جهت پنجره اتاق به سمت جهت وزش باد باشد، نیاز به صرف کمترین میزان انرژی برای استفاده از نیروی باد می‌باشد و به تبع آن منجر به افزایش میزان نرخ تهویه در اتاق‌ها می‌گردد. مساحت باز شونده پنجره‌ها نیز نقش اساسی را در میزان نرخ تهویه و یا تعداد تعویض هوا در ساعت (ACH) ایفا می‌نماید. همان طور که از شکل ۱ ب مشاهده می‌شود در یک دسته‌بندی پنجره‌ها به دو دسته‌ی کامل باز شونده و نیمه‌باز شونده تقسیم شدند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که حدود ۱۳ درصد از پنجره‌ها به‌صورت کامل باز می‌شوند (پنجره‌های لولایی) و مابقی پنجره‌ها یعنی چیزی در حدود ۸۷ درصد از آن‌ها نیز از نوع نیمه‌باز شونده بودند. در کل پنجره‌ها در بیمارستان‌های تحت مطالعه‌ی ما به دو دسته‌ی کلی کشویی و لولایی تقسیم شدند. از این میان پنجره‌های لولایی درصد بالایی از پنجره‌های بیمارستانی را به خود اختصاص دادند. شکل ۱ ج نشان می‌دهد که از کل تعداد پنجره‌های اندازه‌گیری شده در این مطالعه به طور میانگین ۶۵ درصد پنجره‌ها از نوع لولایی و ۳۵ درصد از نوع کشویی بودند. مشاهده شد که از میان پنجره‌های لولایی نیز تعدادی به‌صورت نیمه‌باز شو می‌باشند؛ این نوع پنجره‌ها در اتاق‌هایی قرار داشتند که بمنظور استفاده بیشتر از نور آفتاب، پنجره ها را طوری طراحی نموده بودند که از کل مساحت پنجره، نیمی از آن به‌صورت لولایی و با هدف تهویه ساخته شده و مابقی به عنوان نورگیری مورد استفاده قرار می‌گرفتند. همان‌طور که از جدول ۲ مشاهده می‌شود میانگین ACH ازنظر بیماری‌های هوابرد برای بیمارستان‌های روزبه، رازی و ضیائیان در سطح پایینی قرار داشت اما ازنظر استاندارد بخش‌های بستری (۲ <ACH) تمامی بیمارستان‌ها در سطح قابل قبولی بودند. یکی از دلایل پائین بودن میزان ACH در این سه بیمارستان ممکن است به خاطر کم بودن ارتفاع ساختمان‌های آن‌ها باشد که این موضوع می‌تواند منجر به کاهش سرعت باد و در نتیجه پائین آمدن میزان ACH در آن‌ها گردد. مشاهده گردید که در بیمارستان ضیائیان، پنجره‌های اتاق‌های مورد بررسی عمدتاً به سمت فضایی قرار داشتند که با ساختمان‌های بلند

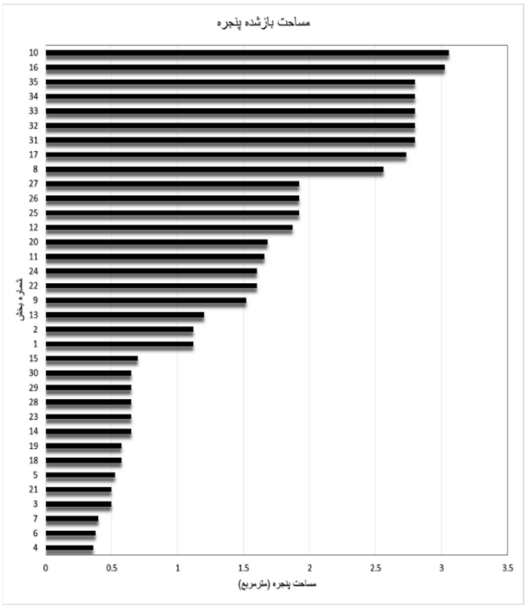
[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]



شکل ۳- توزیع مقادیر ACH وتاثیرپذیری آن از پارامترهای سرعت باد، مساحت پنجره و حجم اتاق. الف)در بخشهای هوابرد، ب) در بخش‌های غیر هوابرد

محاصره شده است، لذا می‌توان یکی دیگر از دلایل کم بودن میزان ACH در این بیمارستان را جلوگیری از ورود بادهای غربی و جنوبی توسط همین ساختمان‌ها دانست. جهت مقایسه‌ی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در میانگین ACH در میان بیمارستان‌های مختلف، ابتدا از آزمون آماری فلیگنر-کیلن استفاده گردید. مشاهده شد که در این آزمون میزان p-value کمتر از ۰/۰۵ است لذا شرط برابری واریانس‌ها وجود ندارد پس بایستی از آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس استفاده گردد. نتایج آزمون کروسکال- والیس نشان داد که میزان p-value کمتر از ۰/۰۵ است؛ بنابراین این امر نشان می‌دهد که میانگین ACH در میان بیمارستان های مختلف با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند. درمطالعه‌ای که در بیمارستان Nacional Dos de Mayo لیما درکشور پرو توسط سازمان جهانی بهداشت (۲۰۰۹) انجام گردید، مشاهده شد که میزان تعویض هوا در ساعت در بخشهای مختلف بین ۲۶ تا ۵۱ گزارش شد که تقریبا با مطالعه ما سازگار است [۲]. همچنین در مطالعه کین و همکاران (۲۰۱۰) در بخش‌های مختلف و حالتهای مختلف میزان نرخ تهویه تا حدود ۳ نیز گزارش شده است [۲۳]. همان‌طور که ذکر شد مساحت پنجره نیز یکی دیگر از عوامل مؤثر در میزان ACH می‌باشد که در جدول ۳ میانگین مساحت پنجره‌ها هر بخش آورده شده است.

با توجه به معادله‌های تعیین میزان ACH و نرخ تهویه، مشاهده می‌شود که مساحت پنجره به طور مستقیم با مقادیر این پارامترها در ارتباط است. در مطالعه‌ی انجام شده در بیمارستان Dos de mayo در کشور پرو ذکر شده است که مساحت پنجره‌های قابل باز کردن در بخش‌های گوناگون بین ۳ تا ۳۲ مترمربع متغیر بوده است [۲]. مطالعات دیگر در مورد تأثیر مساحت درب و پنجره بر میزان ACH توسط محققان انجام شده است [۲۲]. همچنین در شکل ۲ تأثیر پارامترهای مؤثر بر میزان ACH در بخش‌های هوابرد و غیرهوابرد به‌صورت نموداری آورده شده است. بخش‌های ریه از آن جهت که دارای اتاق‌های ایزوله برای بیماران سل هستند، از بخش‌های مهم هوابرد به شمار می‌آیند. مطالعات انجام شده بر روی عوامل



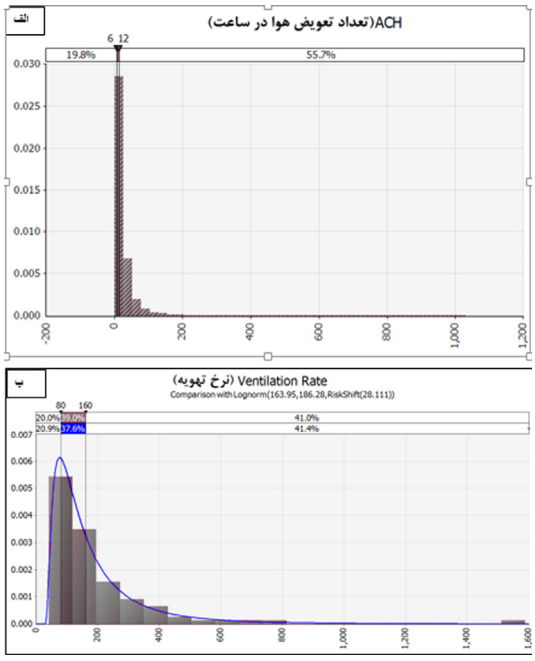
شکل ۳- مساحت باز شده کل پنجره‌های اندازه گیری شده در هر بخش

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]

بیماریزای هوابرد مثل قارچها نیز انجام شده است. در مطالعه سلیمانی وهمکاران (۲۰۱۲) که بر روی میزان قارچهای هوابرد در محیطهای مختلف وروزهای غبارآلود و نرمال در شهر اهواز انجام شد، نشان داده شد که کاهش میزان قارچهای هوابرد و رطوبت در روزهای دارای گردوغبار بیشتر می‌باشد. علاوه براین میزان متوسط تعداد قارچها در فصل زمستان نیز بیشتر از فصلهای دیگر بود [۱۲]. همان‌طور که از شکل ۲ پیداست تأثیر پارامترهای ذکر شده در بخشهای هوابرد و غیر هوابرد متفاوت می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود پارامتر ACH در بخش‌های غیرهوابرد به میزان زیادی به مساحت باز شونده پنجره بستگی دارد در حالی که در بخش‌های هوابرد این سرعت باد است که مهمترین پارامتر تأثیر گذار می‌باشد. میانگین ACH در بخش‌های هوابرد و غیرهوابرد به ترتیب برابر با ۲۰/۵۲ و ۳۱/۰۳ می‌باشد. این نشان می‌دهد که میانگین تعداد تعویض هوا در بخش‌های غیرهوابرد بیشتر بوده است اما این موضوع به معنای استاندارد نبودن شرایط تهویه طبیعی در بخش‌های هوابرد نمی‌باشد. چرا که میزان ACH در بخش‌های هوابرد برطبق راهنمای سازمان جهانی بهداشت باید بالاتر از ۱۲ باشد [۲] که با مقادیر به دست آمده در این مطالعه مطابقت دارد. در طی یک مرحله درصد پتانسیل مقادیر ACH و نرخ تهویه در بخش‌های هوابرد نیز محاسبه شده‌اند که نتایج آن را در شکل ۳ مشاهده می‌نمائید. لازم به ذکر است که رنج مقادیر نرخ تهویه برای بخش‌های هوابرد باید بین ۸۰ تا ۱۶۰(لیتربر ثانیه برای هرنفر) یا بالاتر و برای بخش‌های غیرهوابرد بیش از ۶۰ باشد [۲، ۲۴].

همان‌گونه که در نمودار لوگ نرمال موجود در شکل ۳ قسمت (الف) مشاهده می‌شود، درصد مقادیر تعداد تعویض هوا در ساعت برای بخش‌های هوابرد که در بازه استاندارد و مطابق با رهنمود سازمان جهانی بهداشت است، در حدود ۵۵/۷ درصد می‌باشد. قسمت (ب) این شکل نیز بیان می‌کند که ۸۰ درصد از مقادیر نرخ تهویه در بیمارستان‌های مورد مطالعه در این پژوهش در رنج مناسب گفته شده در رهنمود سازمان جهانی بهداشت قرار دارند.

باتوجه به یافته‌ها می‌توان دریافت که تهویه طبیعی می‌تواند تأثیر بسیار بالایی در کنترل بیماری‌های عفونی در بخش‌های مختلف بیمارستان‌ها داشته باشد. همان گونه که در اشکال و جداول مربوطه نشان داده شده است، میزان ACH در بخشهای هوابرد و غیر هوابرد در بیمارستان های مورد مطالعه در این پژوهش به‌منظور کنترل بیماری های عفونی، در حد مطلوبی (و حتی بعضاً بالاتر از میزان ذکر شده در راهنمای سازمان جهانی بهداشت) قرار داشت. همان طور که اشاره گردید، میانگین ACH در بخشهای هوابرد و غیر هوابرد به ترتیب برابر با ۲۰/۵ و ۳۱ بود که از راهنمای WHO (ACH=۱۲) به مراتب بالاتر است. همچنین در اندازه گیرهای انجام شده درصد پتانسیل مقادیر استاندارد ACH و نرخ تهویه در بخشهای هوابرد ۵۵/۷ درصد و ۳۹ درصد برآورد گردید. این نتایج حاکی از شرایط مناسب برای ایجاد تهویه طبیعی ازنظر ACH در این بیمارستان‌ها می‌باشد.



شکل ۴- درصد مقادیر استاندارد الف) ACH و ب) نرخ تهویه بر حسب لیتر بر ثانیه برای هر نفر در بخش‌های هوابرد

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]

منابع

1. Martin PMV, Martin-Granel E. 2,500-year Evolution of the Term Epidemic. Emerging Infectious Diseases. 2006;12(6):976-80.
2. Atkinson J, Chartier Y, Silvia CLP, Jensen P, Li Y, Seto WH. Natural ventilation for infection control in health-care settings: World Health Organization; 2009.
3. Fiegel J, Clarke R, Edwards DA. Airborne infectious disease and the suppression of pulmonary bioaerosols. Drug discovery today. 2006;11(1):51-7.
4. Noorian C, Aien F, Delaram M, Kazemian A. The application level of the infection control methods in the operation wards of Shahrekord university hospitals compared to the standards in 2005. 2006.[Persian]
5. Corbett EL, Watt CJ, Walker N, Maher D, Williams BG, Raviglione MC, et al. The growing burden of tuberculosis: global trends and interactions with the HIV epidemic. Archives of internal medicine. 2003;163(9):1009-21.
6. Claassens MM, Van Schalkwyk C, du Toit E, Roest E, Lombard CJ, Enarson DA, et al. Tuberculosis in healthcare workers and infection control measures at primary healthcare facilities in South Africa. PloS one. 2013;8(10):e76272.
7. Memarzadeh F, Manning AP. Comparison of operating room ventilation systems in the protection of the surgical site/Discussion. ASHRAE transactions. 2002;108:3.
8. Hughes BR, Calautit JK, Ghani SA. The development of commercial wind towers for natural ventilation: A review. Applied Energy. 2012;92:606-27.
9. Montazeri H. Experimental and numerical study on natural ventilation performance of various multi-opening wind catchers. Building and Environment. 2011;46(2):370-8.
10. Fathy H. Natural energy and vernacular architecture. The university of Chicago Press, Chicago. 1986.
11. Goudarzi G, Geravandi S, Idani E, Hosseini SA, Baneshi MM, Yari AR, et al. An evaluation of hospital admission respiratory disease attributed to sulfur dioxide ambient concentration in Ahvaz from 2011 through 2013. Environmental Science and Pollution Research. 2016;23(21):22001-7.
12. Soleimani Z, Goudarzi G, Naddafi K, Sadeghinejad B, Latifi SM, Parhizgari N, et al. Determination of culturable indoor airborne fungi during normal and dust event days in Ahvaz, Iran. Aerobiologia. 2013;29(2):279-90.
13. Gao C. The study of natural ventilation in residential buildings: The Hong Kong Polytechnic University; 2011.
14. Jarvis WR, Espinal MA, Rieder HL, Granich R, Kumaresan JA, Simone PM, et al. Guidelines for the prevention of tuberculosis in health care facilities in resource-limited settings. 1999.
15. India T. Guidelines on airborne infection control in healthcare and other settings. New Delhi: TBC India. 2010.
16. Dean BN. Natural ventilation possibilities for buildings in the United States: Massachusetts Institute of Technology; 2001.
17. Foord N, Lidwell O. The control by ventilation of airborne bacterial transfer between hospital patients, and its assessment by means of a particle tracer: I. An airborne-particle tracer for cross-infection studies. Journal of Hygiene. 1972;70(02):279-86.
18. Hambraeus A, Sanderson H. The control by ventilation of airborne bacterial transfer between hospital patients, and its assessment by means of a particle tracer: III. Studies with an airborne-particle tracer in an isolation ward for burned patients. Journal of Hygiene. 1972;70(02):299-312.
19. Fernstrom A, Goldblatt M. Aerobiology and its role in the transmission of infectious diseases. Journal of pathogens. 2013;2013.
20. Li Y, Leung GM, Tang J, Yang X, Chao Cyh, Lin JZ, et al. Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment–a multidisciplinary systematic review. Indoor air. 2007;17(1):2-18.
21. Gilkeson C, Camargo-Valero M, Pickin L, Noakes C. Measurement of ventilation and airborne infection risk in large naturally ventilated hospital wards. Building and Environment. 2013;65:35-48.
22. Escombe AR, Oeser CC, Gilman RH, Navincopa M, Ticona E, Pan W, et al. Natural ventilation for the prevention of airborne contagion. PLoS Med. 2007;4(2):e68.
23. Qian H, Li Y, Seto W, Ching P, Ching W, Sun H. Natural ventilation for reducing airborne infection in hospitals. Building and Environment. 2010;45(3):559-65.
24. Handbook A. Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta. 2001;111.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]

Investigation of natural ventilation potential in different hospital wards affiliated to Tehran University of Medical Sciences in 2014

Mohammad Sarmadi[1], Kamyar Yaghmaeian[2], Ramin Nabizadeh*[3], Kazem Naddafi[4], Reza Saeedi[5], Samira Yousefzadeh[6]

Received: 2016/04/23 Revised: 2016/11/04 Accepted: 2017/02/08

Abstract

Background and aims: The current conventional effective elements on transporting or reducing of airborne aerosols and building indoor air quality are natural ventilation systems. Natural ventilation is supplying fresh air and cooling down by replacing ambient air which is one of the effective parameter on social hygiene and health aspect through controlling airborne pathogens and their related nosocomial infections in different part of life particularly in hospitals; and is known as one of the cost-effective solutions in this field. The aim of this study is investigation of natural ventilation potential in the different ward of Tehran University of Medical Sciences affiliated hospitals.

Methods: In this cross-sectional study, humidity, temperature, wind speed and room characteristics of 35 wards of 12 hospitals affiliated to Tehran University of Medical Sciences which consisted a total of 269 rooms were investigated, and results were compared with related standards and guidelines. Investigated wards included infectious, blood, gastrointestinal and tuberculosis wards which have importance from airborne pathogens perspective. The correlation between ACH index and altitude, temperature and humidity along with wards classification to airborne and non-airborne sections, and evaluation of their ACH mean were conducted with Kruskal–Wallis and Fligner-Killeen test by R (version 3.2.0) and Excel 2013 software.

Results: The minimum, maximum and average values of wind speed, humidity and temperature in airborn and non-airborn sections were measured as (0 and 2.9 m/s), (13.5% and 40%) and (24 and 30.7 ºC), respectively. Also, the means of ACH in airborne and non-airborne were 20.5 and 31, respectively. In addition, significant relations among the different parameters of study according to the Kruskal–Wallis test were observed ($p<0.05$).

Conclusion: According to the obtained results of present study and comparing the results with related standards (ACH=12) indicated that opening of the doors and windows of rooms have high potential in reducing the nosocomial infection in studied hospitals. Furthermore, more energy costs can be saved by using natural ventilation in different wards.

Keywords: Natural ventilation, Infection control, Air changes per hour, Hospital.

1. Department of Environmental Health Engineering, Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences, Torbat Heydariyeh, Iran, & MSc, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

2. Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

3. (**Corresponding author**) Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. rnabizadeh@tums.ac.ir

4. Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

5. Assistant Professor, Department of Public Health, Faculty of Health, Safety and Environment, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

6. Department of Environmental Health Engineering, Aradan School of Public Health and Paramedical, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran, & PhD student, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]