مدل‌سازی ارتباط بین میزان تهویه ساختمان با علائم ایجاد شده تحت عنوان علائم سندرم ساختمان بیمار

سعید حسین‌پور[1]، فتح الله غلامی بروجنی[2*]، یوسف محمدیان[3]

تاریخ دریافت 1392/05/31 تاریخ پذیرش 1392/08/01

چکیده

پیش زمینه و هدف: آلودگی هوای داخل ساختمان به آلاینده‌های میکروبی، شیمیایی و فیزیکی می‌تواند منجر به ایجاد سندرم ساختمان بیمار شود. تهویه مناسب ساختمان‌ها، یکی از مهم‌ترین راهکارهای کاهش علائم سندرم ساختمان بیمار می‌باشد. در این مطالعه به بررسی ارتباط بین میزان تهویه و علائم سندرم ساختمان بیمار پرداخته شده است و مدل‌سازی ارتباط بین این دو عامل انجام شده است.

مواد و روش کار: در این مطالعه به منظور مدل سازی ارتباط بین میزان تهویه ساختمان با علائم سندرم ساختمان بیمار، داده‌های حاصل از مطالعات منتشر شده جمع آوری شده و سپس تجزیه و تحلیل این داده‌ها به منظور بسط بهترین معادلات و برازش منحنی تغییر در شیوع علائم سندرم ساختمان بیمار با نرخ تهویه انجام شده است. برای هر کدام از مطالعات انجام شده، تغییر در شیب منحنی‌های شیوع علائم سندروم ساختمان بیمار به ازای هر واحد تغییر در میزان تهویه به ازای هر نفر محاسبه شد. داده‌های مربوط به سرعت تهویه، در ارتباط با هر مقدار از شیب منحنی‌ها، نیز محاسبه شد. سپس انتگرال شیب معادلات منحنی‌های سرعت تهویه در مقابل علائم سندرم ساختمان بیمار محاسبه شده است. در نهایت مدل بهینه شده ارتباط بین میزان تهویه و سندرم ساختمان بیمار ارائه شده است.

یافته‌ها: بر اساس آنالیزهای فوق، با کاهش سرعت تهویه از ۱۰-۵ لیتر در ثانیه به ازای هر نفر، علائم سندرم ساختمان بیمار تقریباً ۲۳درصد (۳۲%-۱۲%) افزایش یافته است. همچنین زمانی که میزان تهویه ۲۵-۱۰ لیتر در ثانیه به ازای هر نفر افزایش یافت، علائم سندرم ساختمان بیمار تقریباً ۲۹درصد (۴۲%-۱۵%) کاهش یافته است. با استفاده از آنالیز داده‌های ورودی، مدل حداقل تهویه مورد نیاز برای جلوگیری از شیوع علائم سندروم ساختمان بیمار در ساختمان‌ها بدست آمد.

بحث و نتیجه گیری: با توجه به مدل بدست آمده حداقل تهویه مورد نیاز برای جلوگیری از شیوع علائم سندروم ساختمان بیمار در ساختمان‌ها، می‌توان تصمیم گیری مناسبی در مورد طراحی مناسب تهویه در ساختمان‌های اداری و مسکونی انجام داد.

کلید واژه‌ها: مدل‌سازی، میزان تهویه، سندرم ساختمان بیمار، علائم، شیوع

مجله دانشکده پرستاری و مامایی ارومیه، دوره یازدهم، شماره دهم، پی در پی51 ، دی 1392، ص 772-765

آدرس مکاتبه: گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، تلفن: ۲۷۵۲۳۰۰- ۰۴۴۱
Email: gholami_b_f@yahoo.com

مقدمه

امروزه ارتقاء کیفیت ساخت و ساز، عایق سازی و بهینه سازی ساختمان‌ها باعث کاهش ورود هوای آزاد به داخل ساختمان و در نتیجه کاهش تبادل هوای داخل و خارج گردیده که مانع رقیق شدن هوا و افزایش غلظت آلودگی هوای داخل ساختمان می‌شود. از طرف دیگر به منظور استفاده بهینه از انرژی و افزایش بهره‌وری سیستم‌های تهویه مطبوع، سعی بر کاهش ارتباط هوای داخل ساختمان با هوای آزاد می‌شود که باعث تشدید مشکل خواهد شد(۱). آلودگی هوای داخل ساختمان به آلاینده‌های میکروبی، شیمیایی و فیزیکی به عنوان یک مسئله بهداشتی جدی شناخته شده و عامل ایجاد بیماری وابسته به

۱کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه، عضو هیأت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی ارومیه
۲دکترای بهداشت محیط، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت و استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی ارومیه (نویسنده مسئول)
۳کارشناسی ارشد بهداشت حرفه ای، عضو هیأت علمی گروه بهداشت حرفه ای دانشگاه علوم پزشکی ارومیه

ساختمان (BRI) و سندرم ساختمان بیمار[1] بوده که عوارض و علائم زیادی را برای افراد در معرض تماس ایجاد می‌کنند. هوای با کیفیت بالا در یک محیط سربسته دارای دمایی برابر با۲۳-۱۹درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۴۰ – ۶۰درصد و سرعت حرکت جریان هوا برابر با ۰/۱ متر بر ثانیه می‌باشد. رطوبت بیش از ۷۰درصد در محیط‌های سر بسته می‌تواند موجب افزایش ریسک در تولید قارچ‌های کپکی شود. سرعت حرکت ۰/۳متر بر ثانیه هوا موجب کاهش ۱ درجه سانتی‌گراد دما می‌گردد. میزان علل مشکلات ایجاد شده ناشی از کیفیت هوای منازل عبارتند از تهویه ناکافی (۵۲درصد)، آلودگی ناشی از داخل ساختمان (۱۷درصد)، آلودگی ناشی از خارج ساختمان (۱۳درصد)، آلودگی میکروبی (۵درصد) و دلایل دیگر (۱۳درصد) (۲).

سندرم ساختمان بیمار یکی از بیماری‌های شایع در ساختمان‌های با تهویه نامناسب می‌باشد. در این نوع بیماری، افرادی که در ساختمان محل زندگی خود بیمار می‌باشند با تغییر مکان حالات آن‌ها رو به بهبودی می‌رود. علائم این بیماری به صورت سوزش و آبریزش چشم، گرفتگی بینی، عطسه‌های مداوم، خشکی گلو، سردرد و در بعضی مواقع آسم نمایان می‌شود. در این گونه سردردها دو طرف پیشانی دچار درد می‌گردد. در تحقیقاتی که در سال‌های اخیر به عمل آمده علل سندرم ساختمان بیمار و بعضی از انواع قارچ‌ها با یکدیگر مرتبط بوده است. قارچ‌های کپکی یکی از مهم‌ترین آلرژن‌ها می‌باشند. ولی بعضی از قارچ‌ها معضلات بسیار جدی تری را در سلامتی موجب می‌گردند که از مهم‌ترین آن‌هاstachybotrys می‌باشد که برای تولید و تکثیر خود نیاز مبرم به رطوبت و مواد سلولزی دارد. این قارچ باعث ایجاد علائمی چون مشکلات تنفسی، سردرد، سرگیجه، از دست دادن حافظه، خستگی بدن و تحریکات شدید پوستی می‌گردد(۳).

سه روش کلی برای کنترل آلاینده‌های هوای داخل اماکن وجود دارد که عبارتند از :

۱- اصلاح، جایگزینی یا حذف منبع آلودگی : حذف منبع یا اصلاح آن باید قبل از سایر گزینه‌ها مورد توجه قرار بگیرد چرا که حذف منبع تولید کننده آلاینده بهترین گزینه می‌باشد. اما گاهی اوقات این امکان وجود ندارد، در چنین شرایطی با اقداماتی در جهت اصلاح منبع باعث کاهش انتشار آلاینده‌ها می‌شویم. جایگزینی نیز شامل استفاده از گزینه‌هایی که سمیت کمتری دارند به جای مواد خطرناک می‌باشد مانند استفاده از موادی که حلال آن‌ها آب است به جای موادی که حلال‌های شیمیایی دارند.

۲- تهویه : تهویه باعث خروج آلاینده‌ها و ورود هوای بیرون به داخل ساختمان می‌شود. تهویه برای کاهش غلظت آلاینده‌ها به میزانی که اثرات زیان‌باری نداشته باشند، استفاده می‌شود.

۳-پاک‌سازی هوا: تمیز کننده‌های هوا با مکانیسم‌هایی مانند فیلتراسیون، جذب و ترسیب الکترواستاتیکی آلاینده‌ها کار می‌کنند. ترسیب الکترواستاتیکی روش موثری در پاک‌سازی هوای حاوی ذرات معلق می‌باشد ولی ممکن است سبب تولید ازن به میزان ۰/۱ پی پی‌ام که محرک بالقوه سیستم تنفسی است، بشود. کربن فعال و فیلترهای خاصی نیز برای جذب و حذف آلاینده‌های گازی کاربرد دارند(۴).

مهم‌ترین آلاینده‌های هوای داخل اماکن عبارتند از فرمالدئید، آزبست، رادون، دود سیگار، منواکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، میکروارگانیسم‌ها، آلرژن‌ها، کپک‌ها و آفت کش‌ها. علائم همراه با بیماری‌های مرتبط با هوای آلوده داخل اماکن عمومی عبارتند از :

تحریک چشم‌ها، بینی و گلو، سردرد، سرفه، آبریزش بینی، بی خوابی یا پرخوابی و به میزان کمتر اسهال، خارش و خشکی پوست (۱).

مطالعات متعدد و مقطعی به بررسی ارتباط بین شیوع علائم سندرم ساختمان بیمار با میزان تهویه ساختمان‌های اداری انجام شده است. مطالعات به طور معمول از نسبت شانس یا خطر نسبی برای نشان دادن شیوع علایم SBS با نرخ‌های تهویه استفاده کردند و به طور کلی با طراحی نوع مطالعه و یا نوع روش تجزیه و تحلیل برای چندین عامل مخدوش کننده بالقوه که روی این ارتباط تأثیر گذار می‌باشند بررسی‌های مختلفی انجام دادند(۵). اگر چه ارتباط بین داده‌های مربوط به میزان تهویه ساختمان و انواع علائم سندرم ساختمان بیمار در میان این مطالعات متنوع بوده است، اما اکثر مطالعات نشان داده‌اند که ساکنان ساختمان‌های اداری با نرخ پایین تر تهویه میزان آماری بالاتری از شیوع علائم SBS در هر فرد مشاهده شده است. در این مقاله با تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از سایر مطالعات به بهترین برازش معادلات کمی در تغییر فراوانی نسبی علائم SBS با میزان تهویه پرداخته شده است(۶).

با کمی کردن داده‌ها و وزن دهی به آن‌ها و دیگر روابط بین عوامل IAQ۲ و سلامت به بررسی ارتباط بین میزان تهویه ساختمان با علائم ایجاد شده تحت عنوان علائم سندرم ساختمان بیمار پرداخته شده است تا با این معادلات بدست آمده بتوان تصمیم گیری در مورد طراحی تهویه ساختمان‌ها و میزان تهویه مورد نیاز را به طور مؤثرتری انجام داد.

[1] Sick Building Syndrome (SBS)

[2] Indoor Air Quality

مواد و روش‌ها

روش کلی به کار گرفته شده در این مطالعه به صورت مراحل زیر بوده است:

- ایجاد ضوابط برای داده‌های ورودی و یکپارچه سازی داده‌ها
-جستجو و به دست آوردن داده‌ها (به عنوان مثال، اسناد دارای داده‌های صحیح)
- استخراج و تجزیه و تحلیل داده‌های قابل اجرا از هر منبع بدست آمده برای استخراج شیب ارتباط بین شیوع علائم سندرم ساختمان بیمار و میزان تهویه (تغییر در شیوع علائم SBS با تغییرات در میزان تهویه)
- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به منظور متناسب سازی معادلات
- یکپارچه سازی بهترین و مناسب‌ترین معادلات برای ارائه معادلاتی که تغییر در فراوانی نسبی علائم SBS در مقابل میزان تهویه را نشان می‌دهد.

تجزیه و تحلیل روی داده‌های ارائه شده در مقالات یا گزارش‌های فنی و یا مطالعات تحقیقاتی تخصصی انجام شده است. مقالات قابل استناد بایستی دارای نسبت شانس و یا خطر نسبی برای تغییر در شیوع یا شدت علائم با تغییر در میزان تهویه، تغییر جزئی در شیوع علائم یا شدت با تغییر در میزان تهویه، یا شیوع علائم یا شدت داده‌ها با نرخ‌های مختلف تهویه و میزان تغییر در میزان تهویه برای هر نفر باشند و یا داده‌های فوق از داده‌های مورد مطالعه قابل استخراج باشد.

در حالت ایده آل، تمام داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از مطالعات انجام شده با متدولوژی‌های یکسان و تعاریف مشخص از علائم SBS استخراج شده است. عملاً با این کار، تعداد مطالعاتی که برای جمع آوری داده‌ها مناسب بود محدودتر شده بود(۷).

لازم بود که داده‌ها از مطالعات انجام شده بر روی میزان تهویه در ساختمان‌های اداری همراه با کارکنان آن‌ها به عنوان افراد مورد مطالعه و علائم SBS (به عنوان مثال، سوزش چشم، تحریک پوست، سردرد، اشکال در تنفس،و غیره) که توسط پرسشنامه مناسب تکمیل می‌گردید، استخراج گردد.

روش‌های مورد استفاده برای اندازه گیری نرخ‌های تهویه در میان مطالعات مختلف متفاوت بوده است. به همین خاطر داده‌های بدست آمده بر اساس روش اندازه گیری زیر پذیرفته شده است:

الف) مواردی که از هود جریان هوا و یا روش‌های مشابه برای اندازه گیری سرعت جریان هوای ورودی به اتاق‌ها و یا بخش‌هایی از ساختمان‌ها استفاده می‌شد و یا سیستم‌های تهویه مطبوع که ۱۰۰٪ هوا به بیرون فرستاده می‌شد، مورد بررسی قرار گرفتند.

ب) مواردی که اندازه گیری غلظت دی اکسید کربن در فضاهای ساختمانی و یا استفاده از معادلات موازنه جرم برای محاسبه نرخ تهویه انجام می‌شد(۸).

ج) مواردی که استفاده از روش‌های گازهای ردیاب و یا سایر روش‌های ردیابی مورد استفاده قرار می‌گرفت (۹).

د) مواردی که از بادسنج برای اندازه گیری سرعت جریان هوا استفاده می‌شد(۱۰).

سه مرحله اساسی در فرایند تجزیه و تحلیل داده‌ها وجود داشت. اول این که، داده‌ها در مقالات اصلی برای تعیین شیب‌های نرمال شده (تغییرات جزئی در شیوع علائم SBS تقسیم بر تغییرات در میزان تهویه) و نقاط مرکزی مقادیر داده‌ها جمع‌آوری شدند. دوم، یک برنامه آماری متناسب برای ارزیابی تبعیت از معادلات در مقیاس واقعی مورد استفاده قرار گرفت. معادلات مورد استفاده معادلاتی بودند که ارتباط بین علائم SBS و تهویه را نشان می‌دادند. سوم، این معادلات برای محاسبه معادلات فراوانی نسبی علائم SBS در مقابل نرخ تهویه مورد استفاده قرار گرفت.

پروتکل‌های مورد استفاده در هر مرحله در زیرآورده شده است:

روش‌های به کار گرفته شده برای محاسبه شیب، به عنوان مثال، تغییر در شیوع علائم SBS تقسیم بر تغییرات مرتبط با آن در میزان تهویه، از داده‌های اصلی متفاوت بوده است. با این حال، هدف محاسبه شیب نرمال به روش زیر بود:

$$S = \frac{\frac{[P_H - P_L]}{P_H}}{(V_H - V_L)} \quad (۱)$$

که در آن S شیب،P شیوع علائم SBS، V میزان تهویه به ازای هر نفر است، H و L اشاره به میزان تهویه بالا و تهویه کم سرعت، می‌باشد.

همان‌طور که در بالا گفته شده است، در صورتی که با افزایش نرخ تهویه علائم مربوط به SBS افزایش یابد شیب مثبت خواهد بود اگر چه در عمل مخالف است یعنی بایستی شیب منفی باشد.

شیب در میانگین تهویه بینP_H و P_L از رابطه زیر محاسبه شده است:

$$S_{min} = \frac{\frac{[P_H - P_L]}{P_{mid}}}{(V_H - V_L)} \quad (۲)$$

که در آن "mid" اشاره به یک مقدار در نقطه میانی تهویه دارد.

نرخ تهویهV_{mid}یا همان مقادیر میانی تهویه از فرمول زیر محاسبه شد.

$$V_{mid} = \frac{(V_H - V_L)}{2} \quad (۳)$$

برآورد نقطه S_{mid} در نقطه میانی از میزان تهویه در هر مطالعه با استفاده از معادله ۴ محاسبه شده است. این معادله بر اساس این واقعیت است که فرض شود رابطه خطی بین P(شیوع) علائم SBS و میزان تهویه را از V_L به V_H در نقطه میانی برابر است با باشد.

$$S_{mid} = \frac{S}{1-[0.5.S.(V_H - V_L)]} \quad (۴)$$

برخی از مطالعات تجربی شیوع علایم SBS را برای شرایط بالا و پایین میزان تهویه ارائه دادند. در این موارد، معادله (۱) برای محاسبه S مورد استفاده قرار گرفت. برخی از مطالعات از ریسک نسبی برای علائم SBS استفاده کردند. ریسک نسبی (RR) با استفاده از روابط زیر محاسبه شده است:

$$RR = \frac{P_L}{P_H} \quad (۵)$$

با اصلاح جبری معادله فوق داریم:

$$1 - RR = \frac{(P_H - P_L)}{P_H} \quad (۶)$$

بنابراین داریم:

$$S = \frac{(1-RR)}{(V_H - V_L)} \quad (۷)$$

برخی مطالعات ارائه شده برای محاسبه نسبت شانس (OR) از فرمول زیر استفاده کردند:

$$OR = \frac{\frac{P_L}{1-P_L}}{\frac{P_H}{1-P_H}} \quad (۸)$$

برای میزان شیوع علائم کمتر از حدود ۱۵ درصد، نسبت شانس (OR) عددی بسیار نزدیک به RR بوده است:

$$RR = OR\frac{(1-P_L)c}{(1-P_H)c} \quad (۹)$$

که در آن C بیانگر علائم شیوع SBS است.

به منظور استخراج منحنی‌های فراوانی نسبی شیوع علائم (SBSRP) در مقابل میزان تهویه، از معادله زیر استفاده شده است.

$$RP = \frac{P(V)}{P(V=10)} = exp\left[\int_{10}^{V} S_{mid}\,dv\right] \quad (۱۰)$$

یافته‌ها

در جدول ۱ خلاصه اطلاعات مطالعات انجام شده با داده‌های ورودی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها به منظور کمی سازی ارتباط بین میزان تهویه ساختمان با علائم ایجاد شده تحت عنوان علائم سندرم ساختمان بیمار SBS آورده شده است.

جدول شماره (۱): داده‌های بدست آمده برای تجزیه و تحلیل به منظور کمی سازی ارتباط بین میزان تهویه ساختمان با علائم ایجاد شده تحت عنوان علائم سندرم ساختمان بیمار SBS

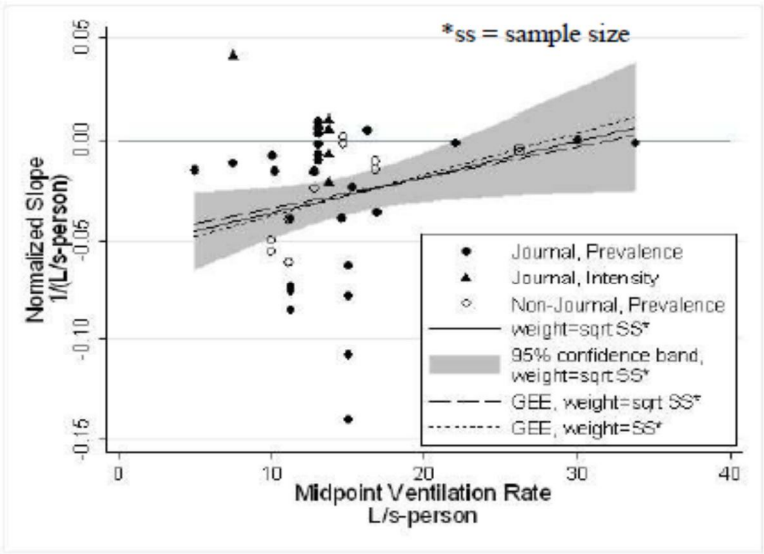
منبع	نوع مطالعه	تعداد موارد	نوع علائم SBS	تعداد نقاط بدست آمده
(Jaakkola et al. 2007)	CS	۸۰-۴۸۴	Al, He, Mu, Na,	۹
(Jaakkola et al. 2011)	Ex	۷۵	Al, Cn, Ey, He, Mu, Na,	۶
(Jaakkola and Miettinen 1995)	CS	۲۹۴	Cn, Ey, He, Na	۸
(Mendell et al. 2005)	CS	۱۱۶۰-۱۳۰۶	Lr, Mu	۱۲
(Menzies et al. 1993)	Ex	۱۰۸۷	An	۱
(Stenberg et al. 1994)	CC	۲۳۳	He	۲
(Tham 2004)	Ex	۵۶	Ey, He, Na	۱
(Wargocki et al. 2004)	Ex	۱۷	Ey, Na	۲

نوع مطالعه: CS = مقطعی، EX= تجربی، CC= مورد- شاهدی
طبقه بندی علائم: AL= آلرژی، An= بدون علامت، Cn= سیستم اعصاب مرکزی، Ey= چشم، He = سردرد، Mu= تولید خلط، Na= آبریزش بینی

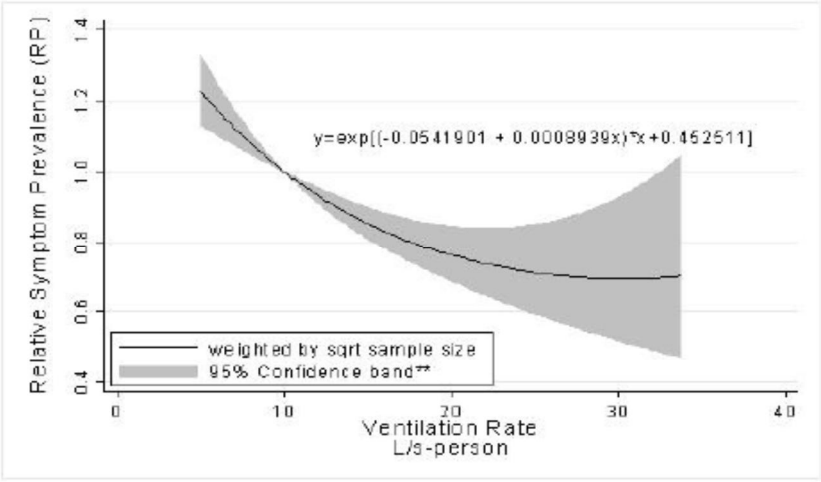
در نمودار ۱ شیب نرمال شده تهویه بر حسب L/s-person در مقابل میانگین تهویه بر حسب L/s-person رسم شده است. نتایج نشان داد پراکندگی قابل توجهی در داده‌ها وجود دارد، اما اکثراً شیب منفی بوده که نشان دهنده کاهش در شیوع علائم SBS با افزایش میزان تهویه می‌باشد.

در نمودار شماره ۲، منحنی برآورد فراوانی نسبی شیوع علائم SBS (RP)در مقابل میزان تهویه در میزان تهویه l/s ۱۰ به ازای هر شخص ترسیم شده است، که این میزان تهویه در بسیاری از استانداردها به عنوان حداقل میزان تهویه به ازای هر نفر ذکر شده است.

همان‌طور که از منحنی قابل استنتاج می‌باشد، زمانی که میزان تهویه از ۱۰ لیتر در ثانیه به ازای هر نفر به ۵ لیتر در ثانیه کاهش یافته است با ۹۵درصد ضریب اطمینان فراوانی نسبی شیوع علائم SB (RP) به میزان ۱ تا ۱/۲۳ افزایش یافته است و زمانی که میزان تهویه از ۱۰ لیتر بر ثانیه به ازای هر نفر به ۲۵ لیتر در ثانیه به ازای هر نفر رسیده، فراوانی نسبی شیوع علائم (RP) SBSبا ضریب اطمینان ۹۵درصد از ۱ به حدود ۰/۷۱ رسیده است. در نمودار شماره ۲، معادله شیوع نسبی علائم SBS در مقابل میزان تهویه نیز برآورد شده است.



نمودار شماره (۱): شیب نرمال شده تهویه بر حسب L/s-person در مقابل میانگین تهویه بر حسب -s/lبه ازای هر نفر



نمودار شماره (۲): برآورد شیوع نسبی علائم SBS در مقابل میزان تهویه است (با ۹۵% ضریب اطمینان) p= ۰/۰۵

بحث و نتیجه گیری

اگرچه مطالعات قبلی به این نتیجه رسیدند که نرخ پایین تر تهویه با میزان شیوع علائم SBS بالاتر ارتباط معنی داری دارد ولی این مطالعه به عنوان یکی از محدود مطالعاتی است که به کمی سازی ارتباط بین میزان تهویه و شیوع علائم SBS پرداخته است. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که نرخ‌های تهویه

دارای اثرات قابل توجهی در شیوع علائم SBS می‌باشند و این اثرات به صورت کمی در این مطالعه آورده شده است. به عنوان مثال، با کاهش ۲ برابری در میزان تهویه با شروع از نرخ تهویه از ۱۰l/s (حداقل تهویه مورد نیاز در برخی از استانداردها)، افزایش شیوع علائم در حدود ۲۳٪ بوده است. به طور مشابه، با دو برابر شدن نرخ تهویه از ۱۰ تا ۲۰ لیتر بر ثانیه به ازای هر شخص، کاهش شیوع علائم در حدود ۲۴٪ بوده است.

تجزیه و تحلیل ارائه شده در این مقاله دارای محدودیت‌های مختلف بوده است. تعداد داده‌هایی که بتوان از آن‌ها به طور موثری استفاده کرد محدود بودند به طوری که تنها هشت مطالعات قابل استناد در بین مطالعات انجام شده وجود داشت.

از آنجا که داده‌های مربوطه محدود بوده‌اند تجزیه و تحلیل‌های مجزا برای انواع مختلف علائم SBS قابل انجام نبوده است. در واقع، رابطه بین میزان تهویه با شیوع علائم SBS ممکن است با نوع علائم متفاوت باشد. علاوه بر این، انتظار می‌رود که رابطه بین شیوع علائم SBS با نرخ تهویه بسته به قدرت منابع آلوده کننده‌های داخلی، سطح آلودگی هوا در محیط‌های باز، و عوامل دیگر متفاوت خواهد بود. تجزیه و تحلیل سیستماتیک داده‌های در دسترس نشان می‌دهد که نرخ‌های تهویه دارای اثرات قابل توجهی در شیوع علائم SBS می‌باشد. تجزیه و تحلیل این داده‌ها نشان می‌دهد، با کاهش سرعت تهویه از ۱۰-۵ لیتر در ثانیه به ازای هر نفر، علائم سندرم ساختمان بیمار تقریباً ۲۳درصد (۳۲%-۱۲%) افزایش یافته است. همچنین زمانی که میزان تهویه به ۲۵-۱۰ لیتر در ثانیه به ازای هر نفر افزایش یافت، علائم سندرم ساختمان بیمار تقریباً ۲۹درصد (۴۲%-۱۵%) کاهش یافته است. با استفاده از معادلات بدست آمده در نمودار شماره ۲ می‌توان تصمیم گیری در مورد طراحی تهویه ساختمان‌های اداری را به طور مؤثرتری انجام داد و در باره حداقل تهویه مورد نیاز برای جلوگیری از شیوع علائم SBS در ساختمان‌های اداری تصمیم‌گیری مناسبی انجام داد.

References:

1. Jaakkola JJ, Miettinen P. Ventilation rate in office buildings and sick building syndrome. Occup Environ Med 2007; 52: 709-14.
2. Salvato JA, Nemerow NL, Agardy FG. Environmental Enginnring. 5th ed. New Jersey: John Wily & Sons Publication, 2003.
3. Jaakkola JJ, Tuomaala P, Seppanen O. Air recirculation and sick building syndrome: a blinded crossover trial. Am J Public Health 2011; 84: 422-8.
4. Jaakkola JKK, Reinikainen LM, Heinonen OP, Majanen A, Seppanen O. Indoor air requirements for healthy office buildings: recommendations based on an epidemiologic study. Environment Int 1991; 17: 371-8.
5. Indoor Air Quality [Internet]. Environmental Health program office of Toxic Substancess. 1999 [cited 2013 Dec 21]. Available from: http://www.mass.gov/eohhs/gov/departments/dph/programs/environmental-health/exposure-topics/iaq/
6. Mendell MJ, Lei QH, Apte MG, Fisk WJ. Outdoor air ventilation and work-related symptoms in U.S. office buildings - results from the BASE study. LBNL-56381. Berkeley: CA, Lawrence Berkeley National Laboratory; 2005.
7. Menzies R, Tamblyn R, Farant JP, Hanley J, Nunes F, Tamblyn R. The effect of varying levels of outdoor-air supply on the symptoms of sick building syndrome. N Engl J Med 1991; 328: 821-7.
8. Seppanen O, Fisk WJ, Lei QH. Ventilation and performance in office work. Indoor Air 2006; 16: 28-36.
9. Seppanen OA, Fisk WJ, Mendell MJ. Association of ventilation rates and CO2 concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. Indoor Air 1999; 9: 226-52.
10. Stenberg B, Eriksson N, Hoog J, Sundell J, Wall S. The sick building syndrome (SBS) in office workers. A case referent study of personal, psychosocial and building-related risk indicators. Int J Epidem 1994; 23: 1190-7.
11. Tham KW. Effects of temperature and outdoor air supply rate on the performance of call center

operators in the tropics. Indoor Air 14 Suppl 2004; 7: 119-25.

12. Wargocki P, Sundell J, Bischof W, Brundrett G, Fanger PO, Gyntelberg F, et al. Ventilation and health in non-industrial indoor environments: report from a European multidisciplinary scientific consensus meeting (EUROVEN). Indoor Air 2002; 12: 113- 28.
13. Wargocki P, Wyon DP, Fanger PO. The performance and subjective responses of call-center operators with new and used supply air filters at two outdoor air supply rates. Indoor Air 14 Suppl 2004; 8: 7-16.

Original Article

MODELING OF RELATIONSHIP BETWEEN VENTILATION RATE OF BUILDINGS AND SICK BUILDING SYNDROME SYMPTOMS

Hosseinpoor S[1], GholamiBorujeni F[2], Mohammadian Y[3]*

Received: 22 Aug, 2013; Accepted: 23 Oct , 2013

Abstract

Background & Aims: Indoor air pollution with microbilal, chemical and physical pollutants lead to Sick Building Syndrome (SBS). Suitable ventilation of buildings, is one of the best methods to reduction of sick building syndrome symptoms. In this study, relationship between ventilation rate of buildings and sick building syndrome symptoms were done and modeling of these parameter was carried out.

Materials & Methods:To modeling of relationship between ventilation rate of buildings and sick building syndrome symptoms, in this study, data from published studies were collected and analyzed to develop best-fit equations and curves quantifying the change in sick building syndrome (SBS) symptom prevalence with ventilation rate. For each study, slopes were calculated, representing the fractional change in SBS symptom prevalence per unit change in ventilation rate per person. Integration of the slope ventilation rate equations yielded curves of relative SBS symptom prevalence versus ventilation rate. Finally optimized model of relationship between ventilation rate of buildings and sick building syndrome symptoms are presented.

Results:Based on above analyses, relative SBS symptom prevalence increases approximately 23% (12% to 32%) as the ventilation rate drops from 10 to 5 L/s-person and relative prevalence decreases aproximately 29% (15% to 42%) as ventilation rate increases from 10 to 25 L/s-person. Based on analysis of input data, model of minimum ventilation requierd to prevantion of sick building syndrome symptoms was developed.

Conclusion:According to the obtained model, minimum ventilation requierd to prevantion of sick building syndrome symptoms in buildings, we can make good decisions about the appropriate design of office buildings and residential air conditioning.

Keywords: modeling, ventilation rate, sick building syndrome, symptoms, prevalence

Address: Department of Environmental Health, School of Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran
Tel: (+98)0441-2752300
Email: gholami_b_f@yahoo.com

[1]*MSc of of Civil Engineering, Faculty of Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran*
[2]*Social Determinants of Health Research Center, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran and Ph.D of Environmental Health, School of Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran (Corresponding Author)*
[3]*MSc of Occupational Health, School of Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran*