

## راهنمای راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹

مراکز درمانی - مراکز آموزشی - ادارات - منازل - آپارتمان



معاونت بهداشت

نسخه اول - فروردین ۱۴۰۰

کد ۳۰۶/۲۳۵

فهرست

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| ۱- مقدمه .....                                                  | ۵  |
| ۲- هدف .....                                                    | ۵  |
| ۳- دامنه کاربرد .....                                           | ۵  |
| ۴- تعاریف واژه ها .....                                         | ۶  |
| ۴-۱. تهویه .....                                                | ۶  |
| ۴-۲. تهویه مطبوع .....                                          | ۶  |
| ۴-۳. تهویه طبیعی .....                                          | ۶  |
| ۴-۴. تهویه مکانیکی .....                                        | ۶  |
| ۴-۵. تهویه ترکیبی .....                                         | ۶  |
| ۴-۷. قطرات (هسته های) بسیار ریز .....                           | ۶  |
| ۴-۸. قطرات .....                                                | ۶  |
| ۴-۹. فیلتراسیون هوا (فیلتراسیون ذرات هوا با راندمان بالا) ..... | ۶  |
| ۴-۱۰. اتاق فشار منفی .....                                      | ۷  |
| ۴-۱۱. اتاق فشار مثبت .....                                      | ۷  |
| ۵. اهمیت تهویه ساختمان .....                                    | ۷  |
| ۶. راههای انتقال ویروس کرونا .....                              | ۸  |
| ۶-۱. انتقال از طریق قطرات تنفسی .....                           | ۸  |
| ۶-۲. انتقال از طریق هوا (هوابرد) .....                          | ۹  |
| ۶-۲-۱. انتشار از طریق هسته قطرات .....                          | ۹  |
| ۶-۲-۲. آئروسل های هوابرد .....                                  | ۹  |
| ۷. اقدامات احتیاطی در برابر انتقال هوابرد .....                 | ۹  |
| ۷-۱. تهویه هوا .....                                            | ۹  |
| ۷-۱-۱. تهویه طبیعی .....                                        | ۱۰ |
| ۷-۱-۲. تهویه مکانیکی .....                                      | ۱۰ |

راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا وایروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹

- ۳-۱-۷. تهویه ترکیبی..... ۱۰
- ۴-۱-۷. تهویه مطبوع..... ۱۱
- ۲-۷. تمیز کردن هوا (فیلتراسیون هوا)..... ۱۱
- ۱-۲-۷. فیلترهای مکانیکی هوا..... ۱۱
- ۲-۲-۷. فیلترهای هپا..... ۱۱
- ۱-۲-۲-۷. معایب فیلترهای هپا..... ۱۱
- ۳-۲-۷. فیلترهای الکترونیکی هوا..... ۱۱
- ۳-۷. ضد عفونی هوا..... ۱۲
- ۱-۳-۷. پرتو ماورای بنفش (UV)..... ۱۲
- ۱-۱-۳-۷. ضد عفونی کننده هوای داخل کانال..... ۱۲
- ۲-۱-۳-۷. ضد عفونی کننده هوای فوقانی اتاق..... ۱۳
- ۳-۱-۳-۷. ضد عفونی کننده قابل حمل اتاق..... ۱۳
- ۲-۳-۷. اکسیداسیون فوتوکاتالیستی (PCO)..... ۱۴
- ۳-۳-۷. ضد عفونی هوا با استفاده از مه پاش..... ۱۴
- ۱-۳-۳-۷. پراکسید هیدروژن خشک (DHP)..... ۱۴
- ۱-۱-۳-۳-۷. مزایا و معایب سیستم های گندزدایی هوا با استفاده از هیدروژن پراکساید..... ۱۴
- ۴-۳-۷. یونیزاسیون دو قطبی/ تخلیه کرونا/ یونیزاسیون نقطه ای و سایر دستگاه های تمیز کننده هوا با اکسیژن واکنشی یا یونی..... ۱۵
- ۱-۴-۳-۷. معایب روش یونیزاسیون..... ۱۵
- ۵-۳-۷. ازن ژنراتور..... ۱۵
- ۱-۵-۳-۷. مزایا و معایب سیستم های ضد عفونی هوا با استفاده از گاز ازن..... ۱۵
- ۶-۳-۷. تمیز کننده متحرک هوای داخل اتاق..... ۱۶
- ۱-۶-۳-۷. معایب تمیز کننده متحرک هوای داخل اتاق..... ۱۶
- ۴-۷. تهویه موضعی (کنترل در منبع)..... ۱۶

معاونت بهداشت

راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا وایروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹

۸. توصیه هایی برای تهویه در مراکز درمانی در زمان همه گیری کووید-۱۹ ..... ۱۶
۹. توصیه های برای تهویه در مراکز آموزشی و ادارات در زمان همه گیری کووید-۱۹ ..... ۱۸
- ۹-۱. میزان تهویه توصیه شده برای یک کلاس در زمان همه گیری کووید-۱۹ ..... ۱۸
۱۰. توصیه هایی برای تهویه در منازل و واحدهای مسکونی در زمان همه گیری کووید-۱۹ ..... ۲۱
- ۱۰-۱. توصیه های عمومی برای تهویه در منازل در زمان همه گیری کووید-۱۹ ..... ۲۱
- ۱۰-۲. توصیه هایی برای منازل دارای سیستم تهویه مطبوع در زمان همه گیری کووید-۱۹ ..... ۲۲
- ۱۰-۳. توصیه هایی برای آپارتمان ها در زمان همه گیری کووید-۱۹ ..... ۲۳
- ۱۰-۴. توصیه هایی برای ایجاد فضای ایزوله در منزل در زمان همه گیری کووید-۱۹ ..... ۲۳
۱۱. جمع بندی ..... ۲۴
- منابع مورد استفاده: ..... ۲۵
- پیوست ۱: نکات مهم در پیشگیری از کرونا وایروس ..... ۲۶

## راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا و ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹

### ۱- مقدمه

شناسایی راههای انتقال ویروس کرونا نقش مهمی در کنترل و مدیریت بیماری کووید-۱۹ دارد. فرضیه های اولیه سازمان بهداشت جهانی بر اساس تجربیات SARS-COV2 در سال ۲۰۲۰ این بود که ویروس سارس کرونای جدید از طریق هوا و قطرات تنفسی (دراپلت)<sup>۱</sup> پتانسیل ایجاد بیماری را دارد. بر اساس پروتکل های بهداشتی وزارت بهداشت، استراتژی هایی که جهت کاهش انتقال ویروس از طریق تماس دستها با محیط و سطوح آلوده به ویروس استفاده می شود شامل گندزدایی سطوح با احتمال آلودگی و ضد عفونی کردن و شستن دستها با آب و صابون پس از تماس با هر فرد یا اشیاء مشکوک و در صورت در دسترس نبودن آب و صابون، ضد عفونی کردن دستها می باشد. همچنین راهکارهایی که بمنظور قطع زنجیره انتقال و مدیریت بیماری از طریق انتقال با قطرات تنفسی ارائه شده است شامل رعایت فاصله اجتماعی و استفاده از ماسک می باشد.

بر اساس آخرین اطلاعات و با توجه به شواهد موجود و نتایج مطالعات مشاهده ای، مدلسازی و شبیه سازی های انجام شده در خصوص نحوه انتشار سارس کرونای جدید گزارش گردیده است که ویروس سارس کرونای جدید علاوه بر تماس با سطوح آلوده و قطرات تنفسی می توانند از طریق آلاینده های هوا از قبیل آئروسول ها<sup>۲</sup> که به شکل هواپرد می باشند انتقال یابند. قطرات تنفسی دارای قطر بالاتر از ۵ میکرون می باشند که در طی فاصله ۲ متر ته نشین می گردند که با رعایت فاصله می توان از شدت مواجهه کاست. از طرف دیگر جریانات هوا می تواند دراپلت ها را جابجا کند که رعایت فاصله، پیشگیری کامل از انتقال بیماری را تامین نمی کند که توصیه می شود از ماسک نیز استفاده گردد. در مورد انتقال ویروس توسط آئروسول این نکته مهم است که قطر آئروسول های محتوی ویروس کمتر از ۵ میکرون می باشند که می توانند به صورت هواپرد در فضا معلق و پراکنده گردند. یافته های مطالعات نشان می دهد که برای کاهش خطر انتقال ویروس علاوه بر استراتژی های فوق الذکر نیاز به تهویه مناسب می باشد. تهویه هوا و تهویه مطبوع نقش مهمی در کیفیت هوای داخل و کاهش انتشار ویروس کووید-۱۹ را دارند.

### ۲- هدف

هدف از این راهنما، ارائه راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان ها بمنظور کاهش انتشار و انتقال ویروس سارس کرونای جدید کنترل و کاهش بیماری کووید-۱۹ می باشد. این راهنما اقدامات احتیاطی توصیه شده بمنظور کاهش خطر انتقال ویروس های هواپرد در محیط داخل ساختمان را فراهم می نماید.

### ۳- دامنه کاربرد

راهنمای راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در شرایط همه گیری بیماری کووید-۱۹ برای کاهش انتشار و انتقال ویروس کووید-۱۹ در داخل ساختمان ها از قبیل مراکز درمانی و بیمارستان ها، مراکز آموزشی مانند مدارس و دانشگاهها، ادارات و منازل و محل های کار نظیر کارگاه ها و صنایع به کار می رود.

<sup>1</sup> Droplets

<sup>2</sup> Aerosols

راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹

## ۴- تعاریف واژه ها

### ۴-۱. تهویه

تهویه عبارت از ورود هوای تازه و پاک و انتشار آن در داخل ساختمان با هدف فراهم نمودن هوای سالم برای تنفس افراد، کاهش غلظت مواد آلاینده تولید شده و نیز خروج این آلاینده ها از داخل ساختمان می باشد به نحوی که مانع از گسترش عفونت های منتقله از هوا بین افراد و همچنین مانع از گسترش این عفونت ها به خارج از ساختمان گردد.

### ۴-۲. تهویه مطبوع

فرایندی است که طی آن شرایط فیزیکی هوای یک فضا در شرایط مطلوب نگاه داشته می شود. این کار از طریق کنترل همزمان درجه حرارت، رطوبت، پاکیزگی و جهت حرکت هوا صورت می گیرد.

### ۴-۳. تهویه طبیعی

استفاده از نیروهای طبیعی برای آوردن و توزیع هوای بیرونی به داخل یا خارج ساختمان است. این نیروهای طبیعی می توانند فشار باد یا فشار ایجاد شده توسط اختلاف چگالی بین هوای داخل و خارج باشند.

### ۴-۴. تهویه مکانیکی

استفاده از نیروهای مکانیکی برای فراهم نمودن و یا خارج نمودن هوا و تعویض هوای اتاق می باشد.

### ۴-۵. تهویه ترکیبی

سیستم تهویه ترکیبی از تهویه مکانیکی و طبیعی استفاده می نماید. فرصتی برای انتخاب مناسب ترین حالت تهویه براساس شرایط را فراهم می نماید.

### ۴-۷. قطرات (هسته های) بسیار ریز<sup>۳</sup>

باقیمانده خشک از قطرات تنفسی با قطر کمتر از ۵ میکرون توسط ذراتی به نام هسته های ریز منتقل می شوند، که می توانند از طریق سرفه، عطسه، فریاد و آواز خواندن شخص مبتلا ایجاد گردند. جریان طبیعی هوا می تواند آنها را برای مدت طولانی در هوا نگه داشته و در سرتاسر اتاق یا ساختمان منتشر نماید.

### ۴-۸. قطرات<sup>۴</sup>

ذرات قابل تنفس با قطر بزرگتر از ۵ میکرون که می توانند در دستگاه فوقانی تنفس و سطح مخاط ته نشین گردند. این ذرات به سرعت ته نشین گردیده و به آلویل ها نمی رسند.

### ۴-۹. فیلتراسیون هپا<sup>۵</sup> (فیلتراسیون ذرات هوا با راندمان بالا)

نوعی فیلتر که ذرات دارای قطر ۰/۳ میکرون یا بزرگتر را با حداقل بازدهی ۹۹/۹۷ حذف می نماید.

<sup>3</sup> Deroplets Nuclei

<sup>4</sup> Deroplets

<sup>5</sup> High-Efficiency Particulate Air (HEPA) Filters

**راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا و ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹**

#### **۴-۱۰. اتاق فشار منفی**

اتاقی که تحت فشار منفی و دارای فشار کمتری نسبت به بخش های مجاور می باشد. فشار منفی مانع جریان هوا از اتاق تحت فشار منفی به بیرون اتاق ها و بخش های مجاور می شود.

#### **۴-۱۱. اتاق فشار مثبت**

اتاق تحت فشار مثبت دارای فشار بیشتری نسبت به بخش های مجاور می باشد. فشار مثبت مانع جریان هوا از بیرون بخش های مجاور به اتاق تحت فشار می شود.

### **۵. اهمیت تهویه ساختمان**

بر اساس نتایج مطالعات انتقال بیماری در محیط های داخلی بدلیل زمان تماس بیشتر افراد و میزان پراکندگی کمتر ویروس، بسیار شایع تر از انتقال در فضاهای باز می باشد. بهترین توصیه در این مورد، باز گذاشتن درب و پنجره های ساختمان بمنظور برقراری جریان هوا و کاهش غلظت پاتوژن ها در هوا می باشد که این شیوه در فصل تابستان قابل انجام می باشد در حالیکه در فصل زمستان باعث نگرانی و چالش های دیگری می گردد. از جمله این نگرانی ها این است که در فصل زمستان و اعمال گرما در هوای داخل ساختمان ها، آب از قطرات تنفسی (دراپلت ها) سریع تر تبخیر می شود که این قطرات تنفسی شکسته و به قطرات ریزتر تبدیل می شوند. این پدیده باعث انتشار بیشتر ویروس و جابجایی آنها در فواصل بیشتر می شود. همچنین در فصل زمستان مردم زمان بیشتری را در داخل ساختمان می گذرانند.

درک نقش تهویه برای ارزیابی خطر ابتلا به ویروس و کمک به کاهش شیوع بیماری بسیار مهم می باشد. با توجه به اصل جابجایی هوا که هوای گرم در بالای اتاق و هوای سرد در پایین فضای اتاق قرار می گیرد و از طرفی نفس بازدم حاوی ویروس بدلیل گرم بودن به سمت بالا حرکت می کند و تجمع می یابد با استفاده از سیستم های تهویه مطبوع (HVAC) که بطور مناسب طراحی شوند می توانند هوای آلوده به ویروس را از فضا مکش و خارج نمایند.

به حداکثر رساندن کیفیت تهویه مطبوع در عین حال که درجه حرارت را در یک سطح راحت حفظ کند و از طرفی خطر ابتلا به ویروس را کاهش دهد نیاز به مدل سازی نحوه انتشار ویروس کرونا و ویروس های مشابه دیگر دارد. زیرا دانستن مسیر جابجایی هوای بازدم با توجه به جریانات سیستم تهویه مهم است. طبق توصیه انجمن سرمایش و گرمایش آمریکا (ASHRAE)<sup>۶</sup> غیرفعال نمودن سیستم های تهویه مطبوع بدلیل ایجاد استرس های حرارتی و کاهش مقاومت بدن پیشنهاد نمی گردد. با توجه به اینکه تعیین دقیق مداخلات مهندسی مستلزم درک صحیحی از نحوه انتقال بیماری از طریق هوا توسط افراد آلوده است دو سوال مهم بخصوص در شرایط سردی هوا در مدیریت و کاهش انتقال ویروس مطرح می شود:

**الف) چه مداخلات مهندسی ممکن است بمنظور به حداقل رساندن شیوع بیماری از طریق هوا اعمال شود؟**

**ب) مداخلات مهندسی چه مقدار در به حداقل رساندن شیوع بیماری موثر هستند؟**

انجمن سرمایش و گرمایش آمریکا در مورد انتقال SARS-CoV-2 و عملکرد سیستم های HVAC در طی بیماری همه گیر کووید-۱۹ دو اظهارنظر زیر را ارائه نموده است:

<sup>6</sup> Heating, ventilating, and air-conditioning systems

<sup>7</sup> American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers

راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا و ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹

۱- احتمال انتقال SARS-CoV-2 از طریق هوا وجود دارد که از طریق اعمال تغییرات در عملیات و عملکرد

سیستم های گرمایشی، تهویه و تهویه هوای ساختمان (HVAC) می توان باعث کاهش مواجهه با هوای آلوده به ویروس گردید.

۲- تهویه و فیلتراسیون هوا با استفاده از سیستم های گرمایشی، تهویه ای و تهویه مطبوع (HVAC) می تواند غلظت SARS-CoV-2 موجود در هوا و در نتیجه خطر انتقال از طریق هوا را کاهش دهد. فضاهای بدون تهویه می توانند باعث کاهش مقاومت در برابر عفونت شوند. به طور کلی، غیرفعال کردن سیستم های گرمایشی، تهویه و تهویه مطبوع برای کاهش انتقال ویروس توصیه نمی شود.

مطابق تحقیقات مرکز مدیریت بیماری های واگیر آمریکا (CDC) تصور می شود ویروس عامل بیماری کووید-۱۹ عمدتاً از طریق قطرات تنفسی تولید شده در هنگام سرفه یا عطسه افراد آلوده از فردی به فرد دیگر منتقل می شود. این قطرات می توانند به دهان یا بینی افرادی که در نزدیکی آنها هستند وارد یا به ریه ها استنشاق شوند. انتشار ویروس هنگامی که افراد در تماس نزدیک با یکدیگر هستند (در حدود ۶ فوت یا دو متر) بیشتر است. به نظر می رسد ویروس کووید-۱۹ در بسیاری از مناطق جغرافیایی آسیب دیده به راحتی و با پایداری در جامعه در حال گسترش است ("گسترش جامعه"). گسترش جامعه به این معنی است که افراد در یک منطقه به ویروس آلوده شده اند، که برخی از آنها مطمئن نیستند که چگونه و از کجا آلوده شده اند. افراد می توانند از طریق افراد آلوده به ویروس به بیماری کووید-۱۹ مبتلا شوند. این بیماری در درجه اول از طریق قطرات کوچکی که از بینی یا دهان افراد آلوده از فردی به فرد دیگر که با سرفه، عطسه یا صحبت کردن فرد دفع می شوند منتقل شود. این قطرات نسبتاً سنگین هستند، مسافت زیادی را طی نمی کنند و به سرعت روی زمین ته نشین می گردند. افراد در صورت تنفس این قطرات از افراد آلوده به ویروس، می توانند به کووید-۱۹ مبتلا شوند. به همین دلیل مهم است که حداقل ۱ متر (۳ فوت) از دیگران فاصله داشته باشند. بنابراین احتمال انتقال SARS-CoV-2 از طریق هوا وجود دارد که می بایست مواجهه با ویروس از طریق هوا را کنترل نمود. سیستم های گرمایشی، تهویه و تهویه مطبوع هوا، می تواند باعث کاهش مواجهه با ویروس های موجود در هوا شود.

## ۶. راههای انتقال ویروس کرونا

ویروس سارس کرونای جدید که باعث بیماری کووید-۱۹ می شود، از طریق قطرات تنفسی و هوا (هوابرد) از فردی به فرد دیگر منتقل می شود که به شرح زیر می باشند:

### ۶-۱. انتقال از طریق قطرات تنفسی

قطره های تنفسی عفونی که در هنگام سرفه یا عطسه فرد آلوده تولید می شوند بعنوان یکی از روش های انتقال مستقیم می توانند وارد دهان یا بینی دیگر افراد شوند. به عبارتی هنگام تماس نزدیک با فرد آلوده، امکان استنشاق قطرات آلوده به ویروس وجود دارد. این قطرات می توانند بر روی سطوح ته نشین شوند و از طریق تماس با سطوح آلوده پخش شوند. این قطرات مدت زمان زیادی بصورت معلق در هوا باقی نمی مانند، بنابراین تهویه و جابجایی ویژه هوا برای جلوگیری از انتقال این قطرات کارایی ندارد.

**راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا و ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹**

## **۶-۲. انتقال از طریق هوا (هوابرد)**

انتقال از طریق هوا به دو روش انتقال از طریق هسته قطرات منتقله هوا و آئروسول ها رخ می دهد. گسترش بیماری از طریق هوا از روش های انتقال غیر مستقیم می باشد. قطرات ریز، زمانی که در هوا معلق می شوند، تولید ذرات با اندازه ۱ تا ۵ میکرون می نمایند که این ذرات می توانند حاوی میکروارگانیسم های زنده بالقوه باشند که بطور نامحدود در هوا معلق مانده، به مسافتهای طولانی تر منتقل می گردند. میکروارگانیسم ها از طریق قطرات ریز در شرایط مطلوب مانند اتمسفر خشک و خنک با مواجهه کم یا بدون مواجهه با نور خورشید یا دیگر منابع پرتودهی باقی می مانند.

## **۶-۲-۱. انتشار از طریق هسته قطرات**

در اثر سرعت بالای خروج قطرات در زمان عطسه و سرفه کردن بیمار (تا ۱۰۰ متر بر ثانیه)، قطرات ریز حاوی ویروس ها از دستگاه تنفسی به بیرون منتشر می گردند که معمولاً دارای قطر ۵ میکرون یا کمتر می باشند. این هسته قطرات ته نشین نمی شوند و بنابراین به مدت زیادی در هوا باقی مانده و تا زمانی که توسط سیستم تهویه حذف نشوند در هوا به چرخش در می آیند.

## **۶-۲-۲. آئروسول های هوابرد**

آئروسول های آلوده به ویروس با قدرت ماندگاری بالا در هوا، باعث انتقال عوامل بیماری و شیوع بیماری در محیط ساختمان می شوند. انتقال ویروس کرونا از طریق هوا در برخی شرایط محتمل وجود دارد.

## **۷. اقدامات احتیاطی در برابر انتقال هوابرد**

شامل اقداماتی برای کاهش انتشار ویروس های هوابرد از جمله مجزا نمودن فرد بیمار در یک فضایی با تهویه مناسب، کنترل منبع مانند استفاده از ماسک های طبی برای افراد آلوده، کنترل در مسیر انتشار شامل فاصله ایمن و تهویه هوا، کنترل انتقال به افراد سالم مانند استفاده از ماسک های تنفسی است. این اقدامات برای همه عفونت های هوابرد پیشنهاد می گردد در مواردی مانند بیماری کووید-۱۹ باید اقدامات دیگری نیز جهت کنترل انتشار و انتقال ویروس انجام گردد. موثرترین روش کنترل انتشار بیماری در هوای داخل از طریق برقراری تهویه هوا می باشد.

جهت کنترل های مهندسی یا جلوگیری از گسترش انتقال بیماری، روش های ذیل پیشنهاد می گردد:

- تهویه هوا
- تمیز کردن هوا (فیلتراسیون)
- ضدعفونی کردن هوا
- تهویه با تخلیه موضعی (کنترل در منبع)

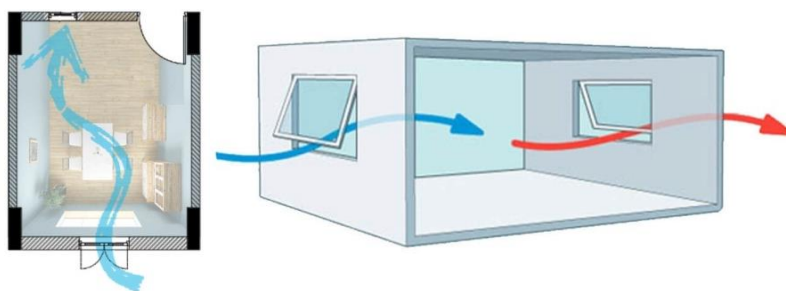
## **۷-۱. تهویه هوا**

هدف تهویه، تامین هوای سالم برای تنفس، کاهش غلظت مواد آلاینده تولید شده در داخل ساختمان و خروج آلاینده ها می باشد. با افزایش تعداد تعویض هوا به میزان دو برابر، غلظت ذرات هوابرد در هوا به نصف کاهش می یابد

راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹

## ۷-۱-۱. تهویه طبیعی

نیروهای طبیعی به عنوان مثال باد و نیروی شناوری حرارتی به علت اختلاف چگالی هوای بیرون و داخل، هوای بیرون را از طریق پنجره ها، درب ها، نورگیرها و هواکش ها به داخل ساختمان و همچنین هوای داخل را به خارج ساختمان هدایت می نمایند. بیشترین تهویه طبیعی در زمانی که پنجره ها در دو طرف اتاق باز باشند فراهم می گردد (تا ۴۰ بار تعویض هوا رخ می دهد و در مدت زمان ۵ دقیقه غلظت آلاینده ها به میزان ۹۰ درصد کاهش می یابد). مشکل اصلی تهویه طبیعی بستن پنجره ها در زمان شب و هوای سرد می باشد. استفاده از انواع فن های اختلاط از جمله سقفی یا فن های تعبیه شده در پنجره ها صرفا در صورت تامین میزان کافی هوای جایگزین از بیرون مجاز است. چون در غیر اینصورت باعث انتشار بیشتر آلاینده های هوا در اتاق بیمار می گردند.



شکل ۱: شماتیک جریان هوا در تهویه طبیعی

## ۷-۱-۲. تهویه مکانیکی

تهویه مکانیکی معمولا از طریق فن ها ایجاد می شود. فن ها می توانند بطور مستقیم در پنجره ها یا دیوارها، یا در کانال هوا برای تامین هوا یا خروج هوا از اتاق نصب گردند. تهویه مکانیکی می تواند بطور کامل کنترل شده و با سیستم های تهویه مطبوع و فیلتراسیون ترکیب شود. نوع سیستم تهویه مکانیکی مورد استفاده بستگی به آب و هوا دارد. در آب و هوای گرم و مرطوب نفوذ هوا باید به حداقل رسیده و همچنین تقطیر را کاهش داد. در این وضعیت سیستم تهویه مکانیکی فشار مثبت (فن های دمشی) معمولا استفاده می گردد. در مقابل در اقلیم های سرد برای کاهش تقطیر باید خروج هوا از ساختمان به حداقل برسد، در این وضعیت باید تهویه با فشار منفی (فن های مکشی) استفاده گردد. برای اتاق های محل تولید آلاینده مانند حمام، توالت یا آشپزخانه و اتاق هایی که بیماران مبتلا به کووید-۱۹ حضور دارند اغلب از تهویه با فشار منفی استفاده می گردد.

## ۷-۱-۳. تهویه ترکیبی

در تهویه ترکیبی جهت تامین میزان جریان هوای مورد نیاز از تهویه طبیعی همراه با تهویه مکانیکی (فن) استفاده می گردد. در زمانی که تهویه طبیعی به تنهایی مناسب نیست، می توان از هواکش ها (فن) با قدرت مناسب برای افزایش میزان تهویه در اتاق ها استفاده نمود. این فن ها باید بگونه ای نصب گردند که هوای اتاق بطور مستقیم از طریق دیوار یا سقف به محیط بیرون تخلیه گردد.

راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹

## ۷-۱-۴. تهویه مطبوع

تهویه مطبوع یکی از انواع روش های تهویه مکانیکی است که اجزاء اصلی آن سیستم گرمایشی، سیستم سرمایشی و تخلیه هوا می باشد. سیستم تهویه مطبوع چهار عامل دما، رطوبت، سرعت و پاکسازی هوا را بطور همزمان کنترل می نماید.

## ۷-۲. تمیز کردن هوا (فیلتراسیون هوا)

فیلتراسیون مهمترین روش پاکسازی هوا می باشد که شامل حذف فیزیکی آلاینده از هوا در رسیدن به هوایی با کیفیت مطلوب در فضای داخل می باشد.

### ۷-۲-۱. فیلترهای مکانیکی هوا<sup>۸</sup>

فیلترها، بسترهایی با ساختار متخلخل الیاف یا مواد غشایی تشکیل شده اند تا ذرات را از جریان های هوا جدا کنند. از آنجا که کارایی این فیلترها اغلب طی ماهها استفاده اولیه کاهش می یابد، شاخص کارایی فیلتر مطرح می باشند. کسری از ذرات خارج شده از هوای عبوری از یک فیلتر "کارایی فیلتر" نامیده می شود و توسط حداقل میزان کارایی گزارش شده (MERV) در شرایط استاندارد ارائه می شود. دامنه MERV از ۱ تا ۱۶ است. هرچه MERV بالاتر باشد بمنزله کارایی بالاتر است.  $MERV \geq 13$  در گرفتن ویروس های موجود در هوا کارآمدتر هستند.

### ۷-۲-۲. فیلترهای هپا

طبق تعریف، فیلترهای با کارایی بالا (HEPA) حداقل ۹۹٫۹۷٪ کارایی در فیلتر کردن ذرات ۰٫۳ میکرومتر در آزمایشات استاندارد را دارند. فیلترهای هپا را می توان در سیستم های تهویه مطبوع یا در تجهیزات متحرک در اتاق استفاده نمود. بر طبق پیشنهاد مرکز کنترل بیماری های واگیر و سازمان بهداشت جهانی در موارد خاصی مانند شیوع بیماری سل و سارس بهترین روش استفاده از فیلترهای هپا است

### ۷-۲-۲-۱. معایب فیلترهای هپا

از جمله معایب استفاده از فیلتر هپا امکان رشد میکروارگانیسم های حذف شده از هوا بر روی این فیلترها در صورت فراهم شدن شرایط مطلوب از نظر دمایی و رطوبت می باشد. همچنین در صورت عدم رعایت نکات لازم در بهره برداری مانند عدم تعویض به موقع فیلتر ممکن است میکروارگانیسم های حذف شده از هوا مجدداً وارد هوای بیمارستان شوند. همچنین در هنگام تغییرات ناگهانی سرعت هوا در تهویه و هنگام خاموش و روشن شدن سیستم تهویه احتمال ورود میکروارگانیسم ها به داخل هوای بیمارستان وجود دارد.

### ۷-۲-۳. فیلترهای الکترونیکی هوا<sup>۹</sup>

در تصفیه کننده های الکترونیکی هوا از مکانیسم جذب الکتروستاتیک برای به دام انداختن ذرات باردار استفاده می گردد. حذف به طور معمول با شارژ الکتریکی ذرات و جمع آوری ذرات بر روی صفحات با بار مخالف انجام می شود. دو نوع از تصفیه کننده های الکترونیکی هوا شامل رسوب دهنده الکتروستاتیک و یونیزه کننده های هوا موجود می باشند. که به علت استفاده از ولتاژ بالا برای تولید یونها، می توانند ایجاد ازن نمایند. ازن تولیدی ممکن است منجر به ایجاد محصولات جانبی نظیر

<sup>۸</sup> Mechanical Air Filters (MERV)

<sup>۹</sup> Electronic Air Filters

**راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹**

فرمالدئید، کتونها و اسیدهای آلی گردد. بنابراین استفاده از این مکانیسم در حذف آلاینده ها توصیه نمی شود. بالاترین میزان بازدهی این تصفیه کننده ها، ۹۵ درصد بوده و برای ذرات بزرگ مناسب نیستند.

**۳-۷. ضد عفونی هوا**

استفاده از ضد عفونی کننده های هوا همراه با کنترل منبع آلودگی و تهویه، موثر است ولی نمی تواند یک روش جایگزین برای روشهایی نظیر تهویه و کنترل منبع آلودگی باشد. استفاده از تصفیه کننده های هوا به تنهایی نمی تواند کیفیت مناسب هوا را فراهم آورد. روش های ضد عفونی کننده هوا شامل موارد زیر می باشد:

**۳-۷-۱. پرتو ماورای بنفش (UV)<sup>۱۰</sup>**

پرتوهای ماورای بنفش، ارگانیسم های ویروسی، باکتریایی و قارچی را غیرفعال و مانع تکثیر و تولید بیماری می نماید. پرتو UV-C (طول موجهای ۱۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر) بیشترین اثر میکروب کشی را ایجاد می کند که ۲۵۶ نانومتر طول موج مطلوب است. برای جلوگیری از آسیب دیدگی بیش از حد به چشم و یا پوست به وسایل حفاظت فردی خاص نیاز است و استفاده آن در فضای آزاد با حضور افراد توصیه نمی شود. انواع سیستم های ضد عفونی کننده با استفاده از پرتو UV-C شامل موارد زیر می باشد:

- ضد عفونی کننده هوای درون کانال
- ضد عفونی کننده هوای فوقانی اتاق
- ضد عفونی کننده قابل حمل در اتاق

**۳-۷-۱-۱. ضد عفونی کننده هوای داخل کانال**

با استفاده از لامپ های ماورای بنفش در سیستم های تهویه مطبوع یا کانالهای مرتبط میکروارگانیسم ها هنگام عبور از منطقه تابش غیرفعال می گردند. این سیستم همیشه باید با فیلتراسیون مکانیکی همراه باشد ( فیلتر 8 MERV برای کنترل گرد و غبار). راندمان ضد عفونی به دوز اشعه ماورای بنفش، سرعت جریان هوای عبوری از منطقه تابش، حداقل فاصله منطقه تابش، زمان تابش و کیفیت فیلتراسیون هوا بستگی دارد.



<sup>10</sup> Ultraviolet Energy (UV-C)

**راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹**

شکل ۲: شماتیک ضد عفونی کننده هوای داخل کانال با استفاده از لامپ های ماورای بنفش

### ۷-۳-۱-۲. ضد عفونی کننده هوای فوقانی اتاق

این وسایل اشعه ماورای بنفش در فضاهای با ارتفاع ۷ فوت و بالاتر استفاده می شوند. دیوارها و سقف باید دارای بازتابش کم ماورای بنفش باشند. سیستم تهویه باید با حداکثر اختلاط هوا همراه باشد. در مواردی که تهویه هوا کافی نیست از فن های مکمل استفاده می شود. برای جلوگیری از آسیب دیدگی بیش از حد به چشم و یا پوست به وسایل حفاظت فردی خاص نیاز است و استفاده آن در فضای آزاد با حضور افراد توصیه نمی شود.



شکل ۲: شماتیک ضد عفونی کننده هوای فوقانی اتاق با استفاده از لامپ های ماورای بنفش

### ۷-۳-۱-۳. ضد عفونی کننده قابل حمل اتاق

در بعضی از موارد برای گندزدایی سطوح اتاق، از لامپهای UV-C بطور کاملاً خودکار استفاده می گردد. برای جلوگیری از آسیب دیدگی بیش از حد به چشم و یا پوست به وسایل حفاظت فردی خاص نیاز است و استفاده آن در فضای آزاد با حضور افراد توصیه نمی شود.



شکل ۳: شماتیک ضد عفونی کننده هوای قابل حمل اتاق با استفاده از لامپ های ماورای بنفش

### ۷-۳-۱-۳-۱. مزایا و معایب سیستم های گندزدایی سطوح با استفاده از اشعه ماوراء بنفش

مزایا

- کارایی خوب بر علیه گستره وسیعی از پاتوژن های مرتبط با مراکز بهداشتی و درمانی

**راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا و بروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹**

- روش خودکار
- نیازی به کارگر نمی باشد.
- زمان مواجهه نسبتاً کوتاه (۱۵ الی ۵۰ دقیقه)
- عدم وجود باقیمانده پس از گندزدایی
- نیازی به درزگیری اتاق قبل از استفاده نیست.
- هزینه های بهره برداری پایین

**معایب**

- اثر تخریبی در زمان گندزدایی بر روی پلاستیک و ونیل ها و از بین رفتن رنگ پارچه ها
- قدرت نفوذ کم
- تاثیر کم در حضور مواد آلی
- در قسمت هایی که اشعه نفوذ نمی کند، گندزدایی نیز رخ نمی دهد، تجهیزات و مبلمان باید جابجا شوند.
- اتاق باید از بیماران و کارکنان در مدت گندزدایی با اشعه ماوراء بنفش خالی گردیده و علامت هشدار دهنده بر روی درب نصب گردد.
- کارکنان باید از ورود به اتاق در هنگام گندزدایی با اشعه ماوراء بنفش اجتناب کنند.

**۷-۳-۲. اکسیداسیون فتوکاتالیستی (PCO)**

در روش اکسیداسیون فتوکاتالیست از لامپ های ماوراء بنفش همراه با کاتالیزور عمدتاً از جنس اکسید تیتانیوم که در اثر نور فعال می گردد استفاده می نمایند. این کاتالیست ها می توانند گازها و ذرات بیولوژیکی را اکسید یا احیا نموده و جذب سطحی نمایند. ممکن است به شکل اکسیداسیون ناقص، محصولات جانبی احتمالی تشکیل شوند. استفاده از تصفیه کننده های اکسیداسیون فتوکاتالیستی در بیمارستان ها توصیه نمی شود.

**۷-۳-۳. ضد عفونی هوا با استفاده از مه پاشی**

ضد عفونی هوا با استفاده از مه پاشی برای گندزدایی روتین مراکز بهداشتی و درمانی مناسب نیست و باید به اتاق های ایزوله و اتاق هایی که با یک شیوع کنترل نشده محدود باشد.

- گرد و غبار و باقیمانده پسماند در سطوح باید از طریق روش های فیزیکی قبل از ضد عفونی هوا حذف گردند.

**۷-۳-۳-۱. پراکسید هیدروژن خشک (DHP)<sup>۱۱</sup>**

ضد عفونی هوا با استفاده از پراکسید هیدروژن خشک برای گندزدایی روتین مراکز بهداشتی و درمانی مناسب نیست.

**۷-۳-۳-۱-۱ مزایا و معایب سیستم های گندزدایی هوا با استفاده از هیدروژن پراکسید**

**مزایا**

- آلودگی زدایی موثرتر در مقایسه با روش های پاک سازی روتین
- موثر بر روی اسپورهای کلستریدیوم دیفیسیل
- محصولات جانبی برای محیط زیست ایمن هستند.
- برای آلودگی زدایی مبلمان و تجهیزات پیچیده که تمیز کردن آن مشکل است مفید می باشد.
- توزیع یکسان در اتاق از طریق یک سیستم پخش اتوماتیک

<sup>11</sup> Photocatalytic Oxidation (PCO) and Dry Hydrogen Peroxide (DHP)

**راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا و ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹**

- نیاز به جابجایی مبلمان و تجهیزات نمی باشد.
- ممکن است برای آلودگی زدایی کل واحد/بخش ها در مدت اپیدمی استفاده گردد.

**معایب**

- وقت گیر (بطور میانگین ۳ تا ۵ ساعت برای پراکسید هیدروژن)
- کلیه بیماران و پرسنل باید قبل از آلودگی زدایی از اتاق خارج شوند.
- نشست مواد بیولوژیکی کارایی هیدروژن پراکساید را کاهش می دهد.
- کانال های هوا از اتاق و شکاف های زیر درب ها باید قبل از آلودگی زدایی درز گیری شود.
- روش بهینه (شامل زمان مواجهه) هنوز تحت بررسی است و نهایی نشده است.
- ماهیت سطوح محیطی ممکن بر روی کارایی هیدروژن پراکساید موثر باشد.
- گران است.

**۷-۳-۴. یونیزاسیون دو قطبی/تخلیه کرونا/ یونیزاسیون نقطه ای و سایر دستگاه های تمیز کننده هوا با**

**اکسیژن واکنشی یا یونی<sup>۱۲</sup>**

تصفیه کننده های هوا با استفاده از یون های واکنشی و یا گونه های اکسیژن واکنش پذیر در طی بیماری همه گیری کووید-۱۹ مورد استفاده قرار گرفته اند. در این فن آوری ها، از روش های مختلفی برای ایجاد یون های واکنشی در هوا استفاده می شود که با آلاینده های موجود در هوا، از جمله ویروس ها واکنش نشان می دهند. این سیستم ها ممکن است گاز ازن را در هوا انتشار دهند که باید ملاحظات حفاظتی آنها در نظر گرفته شود. استفاده از این روش برای ضدعفونی هوا توصیه نمی شود.

**۷-۳-۴-۱. معایب روش یونیزاسیون**

آلاینده های موجود در هوا در روش یونیزاسیون باردار گردیده ولی این ذرات باردار می توانند به سطوحی نظیر دیوار و اسباب و تجهیزات اتاق چسبیده و به محض از دست دادن بار دوباره معلق شوند. یکی از معایب اصلی آن ایجاد محصول جانبی ازن می باشد که باعث ایجاد ناراحتی ریه و بیماریهای مزمن تنفسی می شود.

**۷-۳-۵. ازن ژنراتور**

در ازن ژنراتور از لامپ های ماوراء بنفش یا تخلیه الکتریکی برای تولید ازن که با آلاینده های شیمیایی و بیولوژیکی واکنش داده و آنها را به محصولات بی خطر تبدیل می نماید، استفاده می شود. ازن برای سلامتی مضر است و قرار گرفتن در معرض ازن خطر ابتلا به انواع علائم و بیماری های مرتبط با دستگاه تنفسی را ایجاد می کند. فقط باید برای ضد عفونی در فضاهای خالی از افراد در نظر گرفته شود. استفاده از ازن ژنراتور در بیمارستان ، اماکن عمومی و منازل توصیه نمی شود. استفاده از ازن برای از بین بردن ویروس سارس کرونا هیچ گونه تاثیری ندارد.

**۷-۳-۵-۱. مزایا و معایب سیستم های ضدعفونی هوا با استفاده از گاز ازن**

مزایا

<sup>12</sup> Bipolar Ionization/Corona Discharge/Needlepoint Ionization and Other Ion or Reactive Oxygen Air Cleaners

#### معاونت بهداشت

#### راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹

- نفوذ موثر در تمام قسمت های یک اتاق، حتی قسمت هایی که دسترسی به آن یا تمیز کردن بوسیله روش های پاک سازی متداول (به عنوان مثال زیر تخت، داخل شکاف ها) مشکل است.
- تولید آسان و مقرون به صرفه
- محصولات جانبی برای محیط زیست ایمن هستند.
- آلودگی زدایی سطوح حتی اگر مواد بیولوژیکی در داخل آنها خشک شوند.
- آلودگی زدایی یک منطقه بزرگ نسبتاً سریع (کمتر از یک ساعت برای کل اتاق)

#### معایب

- در غلظت های بالا سمی است.
- کلیه بیماران و پرسنل باید قبل از آلودگی زدایی از اتاق خارج شوند.
- کانال های هوا در اتاق و شکاف های زیر درب ها باید قبل از آلودگی زدایی درزگیری شود.
- مناطقی که آلودگی زدایی می شوند باید تا زمانی که سطح ازن به حد ایمن برسد درز گیری شده باقی بمانند.

### ۷-۳-۶. تمیز کننده متحرک هوای داخل اتاق<sup>۱۳</sup>

این تصفیه کننده ها که در سایزهای مختلف در بازار موجود هستند در اتاقی که تمیز کردن هوای آن مورد نظر است در جایی قرار می گیرند که مانعی برای ورود و تخلیه هوا وجود نداشته باشد (به عنوان مثال، در نزدیکی مبلمان یا پشت پرده). هوا به داخل دستگاه کشیده می شود و هوای تمیز به اتاق بر می گردد. این دستگاه ها ممکن است شامل هر ترکیبی از فن آوری های تصفیه کننده هوا (فیلترها، جاذب ها، UV و غیره) باشند. این دستگاهها در صورتی که مجهز به فیلتر هپا استاندارد و لامپ UV با طول موج ۲۶۵ میکرون باشند و دارای ظرفیت مناسب با توجه به فضای مورد استفاده باشند برای از بین بردن ویروس کووید-۱۹ می توان استفاده نمود.

### ۷-۳-۱. معایب تمیز کننده متحرک هوای داخل اتاق

میزان تاثیر گذاری یک تصفیه کننده هوا قابل جابجایی به کارایی دستگاه در حذف ذرات هوابرد، مکانیسم حذف ذرات، مقدار هوای فیلتر شده، اندازه ذرات، ابعاد اتاقی که تصفیه کننده هوا در آن قرار گرفته و محل قرار گیری آن در اتاق بستگی دارد.

### ۷-۴. تهویه موضعی (کنترل در منبع)

بمنظور کاهش انتقال ویروس و انتشار بیماری از تهویه های موضعی در بالای سر بیماران مبتلا به بیماری کووید با هدف کنترل و کاهش در منبع استقاده می گردد. این سیستم ها، ویروس ها و سایر میکروارگانیسم ها را قبل از انتشار به فضای اتاق و انتقال به سایر افراد مکش و خارج می نمایند. این سیستم ها باید مجهز به فیلتراسیون راندمان بالا جهت خروج هوای سالم و عاری از ویروس باشند. همچنین این دستگاهها باید قادر به تعویض هوا به تعداد حداقل ۶ بار در ساعت باشند. در غیر اینصورت این دستگاهها کارایی چندانی در حذف ویروس کووید-۱۹ ندارد.

### ۸. توصیه هایی برای تهویه در مراکز درمانی در زمان همه گیری کووید-۱۹

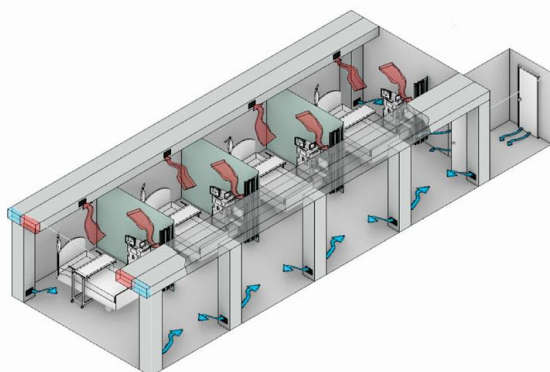
در ابتدا تصور می شد SARS-CoV-2، ویروسی که باعث بیماری کووید-۱۹ می شود، به طور عمده از طریق قطرات تنفسی از فردی به فرد دیگر منتقل می شود. تحقیقات اخیر نشان می دهد که SARS-CoV-2 به شکل آئروسل نیز می باشد که بر

<sup>13</sup> In-Room or Portable Air Cleaners

#### راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹

اساس بیانیه ها و سند جدید ASHRA، انتقال ویروس از طریق هوا و آئروسل های عفونی راه مهم تر انتقال نسبت به راههای دیگر باشد. بنابراین ترجیح داده می شود که روشهای تولید آئروسل به حداقل برسد. روش های تولید آئروسل در مراکز درمانی شامل تهویه فشار مثبت، لوله گذاری داخل تراشه، ساکشن راه هوایی، تهویه نوسانی با فرکانس بالا، تراکئوستومی، فیزیوتراپی قفسه سینه، درمان نبولایزر، اینداکشن خلط، برونکوسکوپي و .. می باشد. عفونت های ثانویه نیز یک عامل پیچیده قابل توجه برای بیماران مبتلا به کووید-۱۹ است. مطالعاتی وجود دارد که نشان می دهد بخش قابل توجهی از بیماران مبتلا به کووید-۱۹ نیز به یک بیماری عفونی دیگر مبتلا می شوند. دوره بالینی و عوامل خطر برای مرگ بیماران بستری در بزرگسالان مبتلا به کووید-۱۹ در ووهان، چین طی یک مطالعه کوهورت گذشته نگر بررسی گردید که نتایج آن نشان داد که چگونه ابتلا به عفونت مشترک (عفونت ثانویه) از بیمارستان هنگامی که بیمار به کووید-۱۹ مبتلا شده احتمال مرگ را ۲۷ برابر افزایش می دهد. بنابراین باید اقدامات احتیاطی برای بیماران کووید-۱۹ با عفونت همزمان پاتوژنهای تنفسی مورد توجه قرار گیرد.

- فضای نگهداری بیماران COVID-19 تأیید شده، مشکوک یا غیر کووید باید مجزا باشد.
- بیماران بصورت یک بیمار در هر اتاق و با درب بسته و با اجرای پروتکل های ایمنی مرتبط مرکز مدیریت بیماریها مجزا گردند.
- جهت و الگوهای مناسب جریان هوا در محیط بصورت جریان هوا از منطقه تمیز به سمت کمتر تمیز در نظر گرفته شوند.
- سیستم های تهویه با طراحی و نگهداری خوب برای حفظ تهویه، دما و رطوبت برای حفظ فضای سالم همواره فعال باشند.
- توصیه می شود دمای مطلوب ۲۳ - ۲۱ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶۰-۴۰٪ در نظر گرفته شوند.



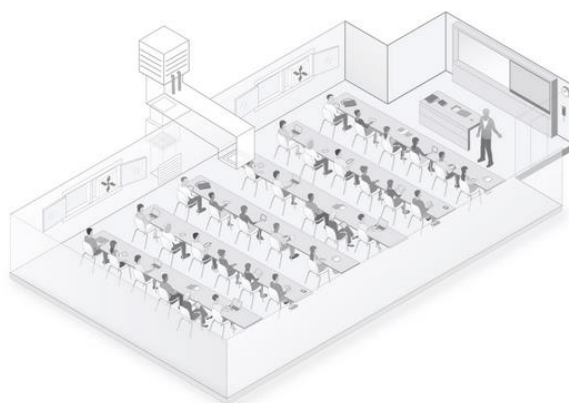
#### راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹

- بمنظور فیلتراسیون هوای فضاهای نگهداری بیماران، فیلترهای با بازده بالا مثل MERV13 و MERV14 توصیه می شوند.
- در فضاهای مراکز درمانی می توان از وسایل متحرک تصفیه هوا با فیلتراسیون هپا استفاده نمود.
- از تصفیه کننده های مایع بنفش هوا بر اساس ضوابط و پروتکل های حفاظتی مربوطه می توان استفاده نمود ولی بدلیل آسیب رسانی به افراد و اثاثیه دارای کاربرد محدود می باشند.
- کنترل منبع آلودگی (فرد بیمار) به شکل تهویه مکشی در بالای تخت بیماران توصیه می گردد.



#### ۹. توصیه های برای تهویه در مراکز آموزشی و ادارات در زمان همه گیری کووید-۱۹

تهویه و فیلتراسیون هوا نقشی اساسی در جلوگیری از شیوع کووید-۱۹ در داخل ساختمان دارد. در داخل ساختمان ها، اغلب افراد آلوده منبع آلودگی ها هستند. احتمال آلوده شدن افراد به ابعاد اتاق و تعداد افراد آلوده به کووید-۱۹ در داخل فضا بستگی دارد. وقتی افراد صحبت می کنند، می خندند و هنگام تنفس، آئروسول های تنفسی کوچک آزاد می شوند. در فضاهای داخل ساختمان، این آئروسول ها می توانند به مرور زمان تجمع یابند.



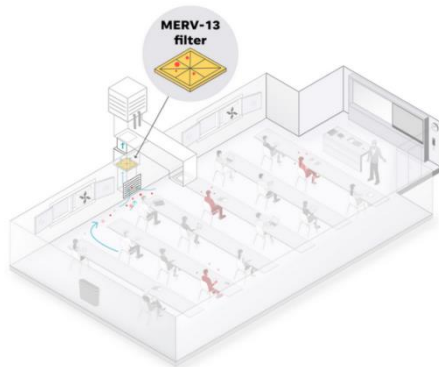
#### ۹-۱. میزان تهویه توصیه شده برای یک کلاس در زمان همه گیری کووید-۱۹

برای یک کلاس ۱۰۰۰ فوت مربع طراحی شده برای ۳۵ نفر، از جمله معلمان و دانش آموزان، ASHRAE در شرایط عادی نرخ تهویه ۵۰۰ فوت مکعب در دقیقه از هوای خارج را توصیه می کند. اگر ارتفاع سقف در کلاس ۳ متر باشد، تعداد تعویض هوا ۳ بار در هر ساعت است. در طول همه گیری بیماری کووید-۱۹، این میزان باید حداقل ۶ بار تعویض هوا در ساعت باشد. همچنین تعداد افراد حاضر در کلاس باید به نصف کاهش یابد.

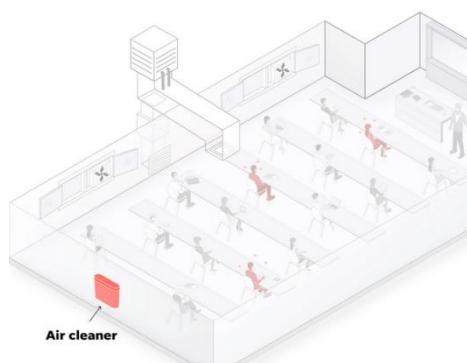
#### راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹

کارشناسان توصیه می کنند بمنظور بهبود کیفیت هوا، اشغال فضا توسط هر افراد در طی همه گیری بیماری کاهش یابد. یکی از بهترین راه ها برای کاهش خطر انتقال این است که تعداد افراد در دفتر کار یا کلاس کاهش یابند. این توصیه امکان رعایت فاصله اجتماعی را فراهم و خطر انتقال تماس نزدیک را کاهش می دهد. این راهکار همچنین تعداد عفونت های احتمالی را که در صورت وجود فرد آلوده در کلاس رخ می دهد کاهش و به عنوان یک مزیت اضافی، هوای بیرون بیشتری برای هر شخص و بهبود کیفیت کلی هوا فراهم می شود.

در صورت کاهش تعداد افراد در کلاس، فاصله اجتماعی هم رعایت می شود. استفاده از ماسک نیز خطر عفونت و میزان ذرات آزاد شده در هنگام صحبت یا عطسه را کاهش می دهد. گردش مجدد هوای داخل ساختمان با استفاده از فیلتر MERV-13 هنگام عبور از سیستم های تهویه مطبوع، باعث می شود، حداقل ۸۵٪ از ذرات بزرگتر از ۱ میکرون گرفته شوند.

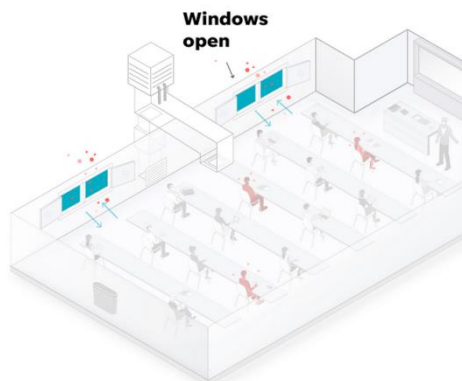


یک دستگاه تصفیه کننده هوا و مجهز به فیلتر هپا متناسب با ابعاد اتاق می تواند بیش از ۹۹٪ ذرات معلق در هوا را که از آن عبور می کنند حذف کند.

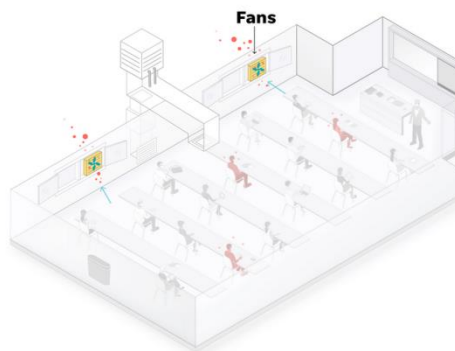


در صورت امکان با بازبودن دریچه ها و پنجره ها و اجازه ورود و خروج هوای تازه، می توان غلظت ویروس را رقیق نمود.

### راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹



با تعبیه فن های مکشی می توان هوای درون اتاق را خارج نمود. از دمیدن هوا در اطراف اتاق که می تواند ویروس را گسترش دهد، خودداری شود.



با بهبود فیلتراسیون سیستم های تهویه مطبوع در ساختمان، خطر کووید-۱۹ در هوای داخل کاهش می یابد. همانطور که گفته شد، فیلترهای هوا نقش زیادی در بهبود کیفیت هوای داخل دارند. بسیاری از سیستم های تهویه مطبوع برای استفاده با فیلترهای MERV-8 ساخته شده اند که اجازه می دهند هوا با مقاومت کمتر و سریعتر جریان یابد. اما این جریان فقط ۴۰٪ ذرات در اندازه ۱ میکرون را به دام می اندازند. از طرف دیگر، اگر سیستم تهویه بتواند مقاومت MERV-13 را تحمل کند، فیلتراسیون هوا به طور قابل توجهی بهبود می یابد. با استفاده از فیلتر MERV-13، راندمان فیلتراسیون برای یک ذره ۱ میکرونی ۸۵٪ یا بیشتر است. برای حذف موثر باید ذرات تقریباً ۵/۵ تا ۵ میکرونی که اندازه آنها می تواند حاوی ویروس باشد گرفته شوند. فیلترهای مکانیکی با بزرگتر شدن اندازه ذرات، کارایی خود را افزایش می دهند و به دلیل انتشار و جذب الکترواستاتیک، با کوچکتر شدن ذرات، بازده نیز افزایش می یابد.

#### راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا و ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹

لازم نیست اندازه ذرات از فضای الیف فیلتر بیشتر باشد، بنابراین فیلترها می توانند ذرات ریز تولید شده توسط تنفس را که ممکن است حاوی SARS-CoV-2 یا سایر عوامل بیماری زای تنفسی باشند، به طور موثر جذب کنند. باز هم، کاهش میزان اشغال فضا توسط افراد، اصلی ترین و موثرترین روش برای کاهش خطر است.

در شرایطی که فیلترهای سیستم تهویه قابل ارتقاء نیستند یا پنجره هایی برای جریان هوا وجود ندارند، فیلترهای قابل حمل هوا و نور ماورای بنفش میکروب کش می توانند کمک کننده باشند. دانشمندان می گویند تصفیه کننده های قابل حمل هوا با فیلتراسیون هپا می توانند ذرات ویروس را که باعث بیماری کووید-۱۹ می شوند، از بین ببرند. فیلترهای هوای قابل حمل با فیلتر هپا بیش از ۹۹ درصد ذرات معلق در هوا را بدون توجه به اندازه ذرات از بین می برند. در صورت نیاز به تمیز کردن هوا به صورت تکمیلی، واحدهای فیلتراسیون متحرک داخل اتاق که حاوی فیلترهای هپا هستند توصیه می شود زیرا تقریباً همه ذرات در محدوده اندازه نگرانی را با یک گذر از بین می برند. ویروس کرونا به اشعه ماورای بنفش (UV) بسیار حساس است، بنابراین اگر مدت زمان مشخصی تحت تابش قرار گیرد، غیرفعال می شود. بنابراین با تاکید بر رعایت ضوابط بهداشتی و حفاظتی مطابق با دستورالعمل های مربوطه برای مقابله با کووید-۱۹ در داخل ساختمان قابل استفاده می باشند.



#### ۱۰. توصیه هایی برای تهویه در منازل و واحدهای مسکونی در زمان همه گیری کووید-۱۹

خانه امن ترین مکان است. صرف نظر از نوع خانه ای که در آن زندگی می کنیم، باید تا آنجا که ممکن است در آنجا بمانیم تا شیوع بیماری کووید-۱۹ را کاهش دهیم. تا زمانی که یکی از اعضای خانه آلوده نشود، خانه ها به طور کلی امن ترین محیط زندگی ما هستند. از طرفی تماس با دنیای خارج اجتناب ناپذیر است و احتمال وجود منبع عفونت در خانه یا ورود آن به خانه وجود دارد. بنابراین لازم است که اقدامات احتیاطی منطقی در خانه افراد انجام شود تا در حین شیوع بیماری تا آنجا که ممکن است ایمن باشند.

#### ۱-۱۰. توصیه های عمومی برای تهویه در منازل در زمان همه گیری کووید-۱۹

به دلیل تنوع ساخت و ساز در منازل، سیستم های تهویه مطبوع و آب و هوا، برخی از توصیه های زیر ممکن است در یک شرایط خاص معنی دار یا عملی نباشند:

- بر اساس توصیه های مندرج در راهنماهای مرکز کنترل بیماریها، تا حد ممکن تماس افراد به حداقل برسد.
- بمنظور حفظ شرایط آسایش حرارتی معمول و قابل قبول، سیستم های تهویه مطبوع باید فعال و مطابق با دستورالعمل های آن نگهداری شوند، که به طور معمول در محدوده ۲۵-۲۰ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۴۰-۶۰٪ می باشد.

#### راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹

- سیستم های تهویه مکانیکی (فن های مکشی) منزل بمنظور تأمین حداقل میزان جریان هوای مورد نظر، باید همواره روشن باشند.
- فن های مکشی در سرویس های بهداشتی و توالت باید در هر وضعیت ممکن استفاده شوند. حتی المقدور، باید به طور مداوم فعال و درب توالت ها بسته باشند.
- در صورتی که شرایط آب و هوایی اجازه دهد می توان از سیستم های سرمایش تابستانی (کولر) جهت تهویه هوا در منازل استفاده نمود.
- اگر سیستم های تهویه مکانیکی (فن های مکشی) در منزل وجود نداشته باشد، بازکردن چند پنجره و دریچه قابل قبول است.
- در صورت وجود، دستگاه های تصفیه کننده هوای مجزا و مجهز به فیلتر ذرات باید به طور مداوم فعال باشند. در صورت تعداد ناکافی، باید در محلی که بیشتر افراد خانوار وقت خود را می گذرانند، قرار گیرند.
- در صورت خرید دستگاه های تهویه جدید، سیستم های با فیلترهای با بازده بالا مانند **MERV14** یا بالاتر انتخاب شوند.
- بمنظور اثر افزایشی هر یک از استراتژی های بالا، ممکن است از افزایش حرکت هوا در داخل اتاق مانند پنکه سقفی استفاده شود.



#### ۱۰-۲. توصیه هایی برای منازل دارای سیستم تهویه مطبوع در زمان همه گیری کووید-۱۹

- بسیاری از منازل دارای سیستم های تهویه مطبوع با هوای اجباری هستند که هوا را در خانه از طریق کانال دوباره وارد گردش می کنند. توصیه های زیر مختص آن سیستم هاست.
- اغلب دستگاه های کنترل هوا دارای قابلیت تعبیه و تعویض فیلتر هستند. در صورت امکان چنین فیلترهایی باید به فیلترهای با راندمان بالا مانند **MERV14** یا بالاتر ارتقا یابند.
  - هنگام تعویض فیلترها که ممکن است حاوی ذرات مملو از ویروس باشند، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی توصیه می شود.
  - سیستم های تهویه مطبوع باید تا حد ممکن بطور مداوم فعال باشند، مانند استفاده از ترموستات های هوشمند
  - از اشعه ماوراء بنفش میکروب کش بر اساس دستورالعمل های سازنده و با تاکید بر رعایت اصول ایمنی و حفاظتی استفاده از آنها می توان استفاده نمود.

**راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا وایروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹**

### **۱۰-۳. توصیه هایی برای آپارتمان ها در زمان همه گیری کووید-۱۹**

در ساختمانهایی که چندین واحد مسکونی وجود دارند (به عنوان مثال آپارتمان) باید مراقبت بیشتری جهت کاهش خطر سرایت آلودگی از یک واحد به واحد دیگر صورت پذیرد.

- همیشه مقداری آب در سیفون های لوله کشی وجود داشته باشد. سیفونها در کلیه زهکشی های لوله کشی نباید خشک شوند. ساده ترین اقدام این است که از هر سینک ظرفشویی، دوش، وان و آبیگری کف حداقل یک بار در روز استفاده شود. ۳۰ ثانیه جریان کافی است.
- توصیه می شود که واحد مسکونی را نسبت به هر فضای مشترک مجاور، مانند یک راهرو تحت فشار مثبت نگه دارید. پنجره های باز را به حداقل برسانید، مگر اینکه بمنظور رعایت حداقل شرایط تهویه یا حفظ سطح قابل قبول درجه حرارت و رطوبت داخلی ضروری باشد.
- هر روزه ای که ممکن است باعث جریان هوا به محل سکونت شود باید با درزگیر، کف، پلاستیک یا مواد مشابه مهر و موم شود.

### **۱۰-۴. توصیه هایی برای ایجاد فضای ایزوله در منزل در زمان همه گیری کووید-۱۹**

هنگامی که یکی از اعضای خانواده بعنوان فرد آلوده به ویروس شناخته می شود، اقدامات احتیاطی بیشتری برای کاهش خطر سایر اعضای خانواده لازم است. یک جنبه اصلی استفاده از یک اتاق جداگانه به عنوان فضای ایزوله است. اقدامات اضافی زیر باید هنگام ایجاد چنین فضای ایزوله در نظر گرفته شود:

- از یک اتاق جداگانه بعنوان فضای ایزوله برای افراد آلوده به ویروس در نظر گرفته شود
- ترجیحا " فضای ایزوله در فصل گرم در یک طبقه بالای منزل و در فصل سرد در یک طبقه پایین منزل باشد.



- در صورت امکان، فضای ایزوله باید امکانات دستشویی مخصوص به خود را داشته باشد.
- فضای ایزوله نباید در فضایی باشد که صرفا برگشت یک سیستم هوای اجباری را داشته باشد.
- برای فضای ایزوله یک سیستم تهویه مطبوع جداگانه توصیه می شود. در صورت لزوم، از بخاری های قابل حمل (متحرک) یا کولرهای گازی استفاده شود.

**راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا و ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹**

- اگر سیستم های هوای اجباری مثل فن های دمشی، پنکه ها و ... وجود داشته باشند که هوا را بین ساکنین منزل و فضای ایزوله جابجا می کنند، باید کلیه سیستم های تعدیل گرما مهر و موم شوند، مگر اینکه تأمین تهویه یا حفظ شرایط آسایش حرارتی به روش دیگری امکان پذیر نباشد.
- با وجود درب قابل بسته شدن ، باید موانع هوایی مانند ورق های پلاستیکی، نوارها یا مواد مشابه بین فضای ایزوله و فضای مشترک نصب شوند.
- هر روزه و در پیچه ای که فضای ایزوله را به بقیه خانه متصل می کند باید مهر و موم گردد.
- در فضای ایزوله باید تهویه مکشی جداگانه ای فراهم شود. اگر این فضا شامل یک سرویس بهداشتی خصوصی با فن خروجی باشد، این فن باید به طور مداوم با سرعت بالا کار کند.
- در شرایط نگهداری فرد آلوده به ویروس در اتاق ایزوله، استفاده از پنجره در هر نقطه از خانه باید به حداقل برسد.
- فن های خارج کننده هوا (مکشی) در قسمت اصلی خانه فقط در صورت نیاز باید کار کنند، مگر اینکه برای تامین حداقل نرخ تهویه مورد نیاز لازم باشند.

## ۱۱. جمع بندی

پیگیری از ابتلا به کووید-۱۹ به ۵ عامل بستگی دارد:

۱- پوشیدن ماسک

۲- رعایت فاصله حداقل ۲ متری از سایر افراد

۳- عدم حضور در محل های شلوغ

۴- شستشوی دست ها

۵- تهویه مناسب هوای داخل

ذرات حاوی ویروس سارس کرونای جدید بسرعت در هوای داخل پخش می شوند. در خارج از منزل ، غلظت ذرات ویروسی با سرعت باد ، حتی یک باد بسیار سبک ، به سرعت کاهش می یابد. هنگامی که در داخل خانه، راهبردهای کاهش تهویه کمک کند برای جبران فقدان باد طبیعی و کاهش غلظت ذرات ویروسی در هوا در محیط داخلی. هرچه غلظت کمتر باشد ، احتمال اینکه برخی از آن ذرات ویروسی در ریه های شما استنشاق شود ، کمتر است . با چشم ، بینی و دهان تماس بگیرید . یا از هوا خارج شود تا روی سطوح جمع شود. اقدامات و مداخلات تهویه محافظتی می تواند غلظت موجود در هوا را کاهش دهد ، که دوز ویروسی کلی را برای سرنشینان کاهش می دهد

### ملاحظات برای بهبود تهویه هوا

به روزرسانی یا بهبود سیستم تهویه و سایر مراحل برای افزایش رساندن هوای پاک و رقیق شدن آلاینده های احتمالی را در نظر بگیرید.

۱- افزایش تهویه هوا در فضای باز، با استفاده از احتیاط در مناطق بسیار آلوده می شود.

۲- وقتی شرایط آب و هوایی اجازه می دهد ، با باز کردن پنجره ها و درها هوای آزاد را در فضای باز افزایش دهید

۳- برای افزایش کارایی پنجره های باز از فن استفاده کنید . برای دستیابی ایمن به این امر ، قرارگیری فن مهم است و براساس جانمایی اتاق متفاوت خواهد بود . از قرار دادن فن ها به طریقی که به طور بالقوه می تواند باعث جریان مستقیم هوای آلوده از یک شخص بر روی دیگری شود ، خودداری کنید. یک استراتژی مفید استفاده از فن پنجره ای است که با خیال راحت و ایمن

**راهنمای گام دوم مبارزه با کووید-۱۹ (کرونا ویروس) راهکارهای برقراری تهویه در ساختمان در همه گیری کووید-۱۹**

- در پنجره قرار داده شده و هوای اتاق را به بیرون از خانه منتقل می کند. این امر به شما کمک می کند تا هوای تازه از طریق پنجره ها و درهای باز دیگر بدون ایجاد جریان شدید هوا در اتاق وارد شود.
- ۴- در فضاهایی که نمی توان تهویه خارج را افزایش داد ، میزان حضور افراد را کاهش دهید.
- ۵- اطمینان حاصل کنید که سیستم های تهویه به درستی کار می کنند و کیفیت هوای داخلی قابل قبولی را برای سطح اشغال فعلی هر فضا فراهم می کنند.
- ۶- در صورت امکان جریان هوا را به فضاهای اشغالی افزایش دهید.

### **منابع مورد استفاده:**

- ۱- راهنمای سیستم تهویه در بیمارستان، الزامات، دستورالعمل ها و رهنمودهای تخصصی مرکز سلامت محیط و کار، مرکز سلامت محیط و کار و پژوهشکده محیط زیست، تابستان ۱۳۹۳

- 2- ASHRAE, ASHRAE EPIDEMIC TASK FORCE HEALTHCARE, Updated10-23-2020
- 3- ASHRAE, ASHRAE EPIDEMIC TASK FORCE TASK FORCE SCHOOLS & UNIVERSITIES Updated10-7-2020
- 4- ASHRAE, ASHRAE EPIDEMIC TASK FORCE RESIDENTIAL Updated4-16-2020
- 5- ASHRAE, ASHRAE EPIDEMIC TASK FORCE SCIENTIFIC DATA COMMITTEE Updated4-17-2020
- 6- ASHRAE, Environmental Health Committee (EHC) Emerging Issue Brief: Pandemic COVID-19 and Airborne Transmission

## پیوست ۱: نکات مهم در پیشگیری از کرونا

### ویروس

✓ هنگام عطسه و سرفه، دهان و بینی خود را با دستمال کاغذی بپوشانید و دستمال را در سطل زباله بیندازید؛



✓ اگر علائم سرماخوردگی دارید در منزل استراحت کنید؛

✓ ویروس‌ها در هوای سرد و خشک انتقال سریع‌تری دارند و باید هوای محیط مرطوب نگه‌داشته شود؛

✓ سطوحی که در تماس مکرر با آن هستید را گندزدایی نمایید؛



✓ سیستم ایمنی خود را با مصرف میوه و سبزیجات تازه تقویت نمایید؛



✓ به اطرافیان خود آموزش دهید؛

✓ قبل از خوردن و آشامیدن دست‌های خود را تا بالای مچ به مدت حداقل ۲۰ ثانیه با آب و صابون مایع بشوید و در صورت عدم دسترسی به آب سالم از مواد ضدعفونی‌کننده بر پایه الکل استفاده نمایید؛



✓ از تماس با افرادی که مریض هستند خودداری کنید. از روبوسی و دست‌دادن با افراد دیگر بپرهیزید (فاصله ۱ تا ۲ متر از افراد بیمار حفظ شود)؛



✓ افراد بیمار و مشکوک حتماً از ماسک استفاده نمایند؛



✓ از دست‌زدن به چشم، بینی و دهان خودداری کنید؛

