



معاونت بهداشت  
مرکز سلامت محیط و کار  
گروه سلامت هوا و تغییر اقلیم

عنوان:

راهنمای اصلاح و راه اندازی سیستم تهویه بیمارستانی در بخش های بستری بیماران مبتلا  
(COVID-19) SARS-CoV-2

نسخه اول

## مقدمه

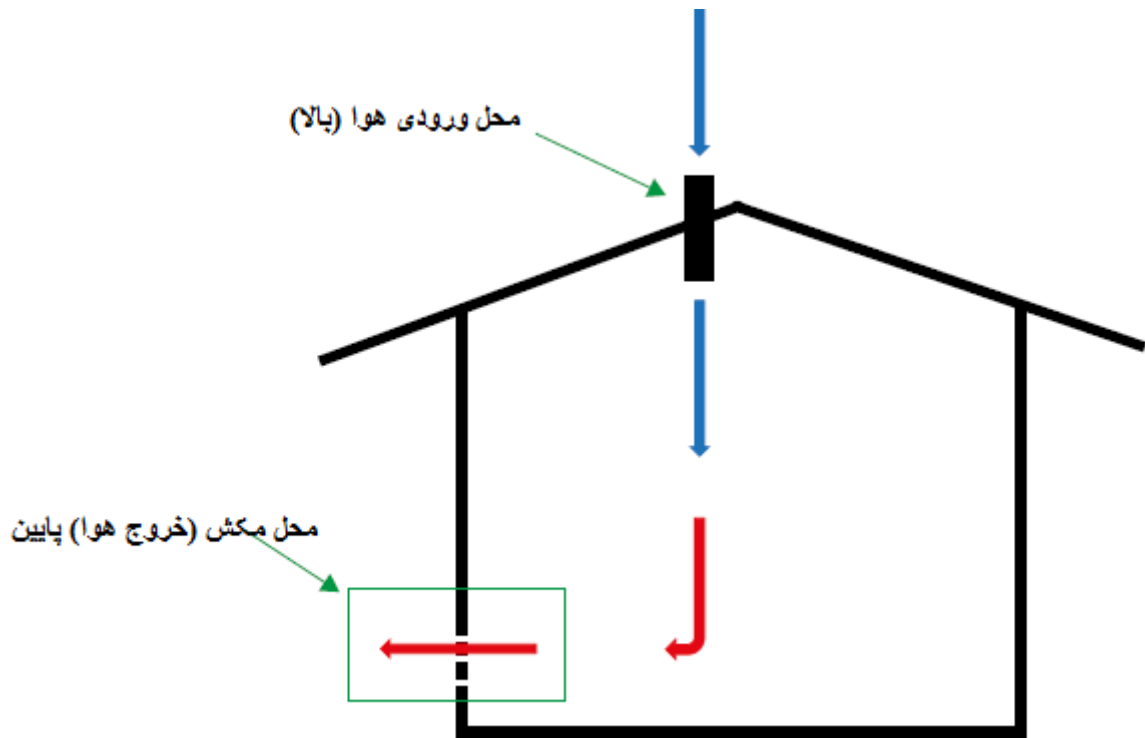
از تاریخ ۲۹ بهمن که موارد ابتلا به (COVID-19) در کشور از سوی وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی گزارش گردید تا کنون هزاران نفر به این بیماری مبتلا شده اند و با مراجعه به مراکز درمانی در کشور و تعداد زیادی از تختهای بیمارستانی توسط این بیماران اشغال شده است و با توجه به سرایت فرد به فرد باعث ابتلا کارکنان بیمارستان و گسترش بیماری در کشور و نگرانی در کادر درمانی شده است. بر اساس گزارشات بسیاری از افراد مبتلا به COVID-19 دارای علائم سرفه و عطسه بوده که می تواند تا فاصله حداقل دو متری فضای بیمارستان را به ویروس (SARS-CoV-2) آلوده نماید از طرفی تجمع و بستری کردن این بیماران در فضاهای محصور می تواند باعث انتشار آلودگی شده و در صورت عدم وجود فشار منفی، ویروس (SARS-CoV-2) می تواند در سایر قسمت های بیمارستان پخش گردد لذا به منظور حفظ و صیانت سلامت کادر درمانی و کاهش بار آلودگی در واحدهای بیمارستانی و اماکن محصور مورد استفاده توجه به سیستم تهویه و نحوه جابجایی هوا ضروری است. لذا رعایت اصول زیر برای تهویه واحدهای درمانی از کووید-۱۹ توصیه می شود:

### ۱- انتخاب سیستم تهویه

تصمیم گیری در مورد استفاده از سیستم تهویه مکانیکی یا طبیعی برای کنترل عفونت باید براساس نیاز، در دسترس بودن منابع و هزینه سیستم باشد. با توجه به شرایط موجود نصب سیستم ترکیبی (طبیعی و مکانیکی) برای بخش های بستری بیماران مبتلا به کرونا ویروس (COVID-19) پیشنهاد می گردد.

### ۲- جانمایی دریچه دمنده (ورودی) و مکند (خروجی) و جهت جریان هوا

خروجی هواکش باید حتی الامکان در محلی نصب شود که هوا را مستقیماً از فاصله ۲۰ سانتیمتری کف اتاق به سمت بیرون ساختمان هدایت کند. اندازه و تعداد خروجی ها بستگی به مساحت بخش بستری و میزان تعویض هوای مورد نظر دارد. پیشنهاد می گردد در سیستم های ترکیبی، هوای تمیز از سمت سقف به داخل بخش دمیده شود (ارتفاع ورودی هوا باید حداقل ۲۰ سانتیمتر از سقف بالاتر باشد) و هواکش خروجی در پایین دیوار (۲۰ سانتی متری از کف) نصب شود. (شکل ۱ و ۲)



شکل ۱: جانمایی دریچه دمنده (ورودی) و مکنده (خروجی)

- ۱- هوای تمیز ورودی از بیرون ساختمان
- ۲- کانال ورودی
- ۳- گردش هوا در اتاق و سرویس بهداشتی بیماران
- ۴- خروجی هوا (اکزهاست فن مکنده)
- ۵- هوای خروجی



شکل ۲: جهت جریان هوا در اتاق های بیماران مبتلا به کرونا ویروس

۳- کلیه محل های بستری بیماران مبتلا به کرونا ویروس (COVID-19) باید مجهز به پیش اتاق ورودی دارای فشار منفی باشد.

۴- کلیه واحدهای محل بستری بیماران بایستی فشار منفی (۲/۵ پاسکال نسبت به راهرو) یا ۰/۰۲۵ سانتیمتر ستون آب) داشته بطوریکه هوا به سمت دریچه های خروجی هوا جریان یابد. دریچه مکنده هوا باید در ۲۰ سانتی متری کف و در نزدیکترین فاصله ممکن به تخت بیمار تعبیه شود. دریچه های دمنده نیز ترجیحا در بیشترین فاصله ممکن نسبت به دریچه های مکنده و ترجیحا در سقف (۲۰ سانتی متری از سقف) نصب شود تا هوای کل اتاق با اثربخشی مناسب تهویه شود. نصب آگزوز فن های مکنده باید بگونه ای باشد که در فاصله ۳ متری و در بخش بستری (اتاق بیمار) بیش از ۳۸ دسی بل تراز فشار صوت ایجاد نکند. پیشنهاد می شود، هواکش های سانتریفوژ سیستم مکنده در بیرون اتاق ها و تا حد امکان از هواکش های با الکتروموتور با دور ۱۵۰۰ rpm یا کمتر استفاده شود.

۵- سیستم تهویه بخش های بستری بیماران مبتلا به کرونا از سایر بخش های بیمارستان مستقل و هوا پس از ورود به کانال ورودی و گردش در بخش بستری بیماران مبتلا به کرونا بطور مستقیم به سمت هواکش خروجی هدایت گردد. نصب فیلتر هپا با استاندارد MERV14 و بالاتر بصورت قاب قبل از هواکش مکنده مانع انتشار آلودگی در فضای خارج از بیمارستان خواهد شد. خروجی هوای سیستم تهویه این واحدها باید حداقل ۸ متر از محل ورودی سیستم های هواساز، کولرها و هر گونه ورودی هوا مثل درب و پنجره و ... فاصله داشته باشد.

۶- ارتفاع محل تخلیه هوای سیستم مکنده اتاق های بستری بیماران (بخصوص اگر فاقد فیلتر باشند) حداقل ۳ متر بالاتر از مرتفع ترین ساختمان یا سازه مجاور بوده و سرعت تخلیه هوا حداقل ۱۵ متر بر ثانیه باشد تا هوای خروجی مجدداً به هر شکل ممکن وارد فضای داخلی بیمارستان یا ساختمان های مجاور نشود.

۷- میزان دبی هوای ورودی و خروجی به محل بستری بیماران باید طوری باشد که با رعایت حصول به حداقل ۲/۵ پاسکال فشار منفی، ۱۲ بار در ساعت یا ۱۶۰ لیتر در ثانیه به ازای هر بیمار، هوای این فضاها تعویض شود. دبی هوای سیستم تهویه این اتاق ها از حاصلضرب ۱۲ در حجم اتاق تعیین می شود. (برای فضایی که ۵ بیمار بستری هستند باید ۸۰۰ لیتر در ثانیه هوا مکش شود).

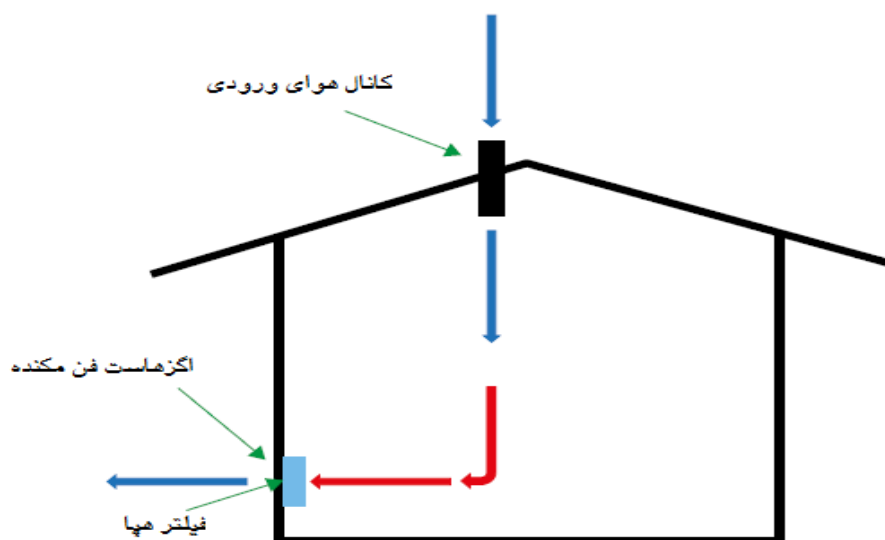
۸- در صورتیکه بیمارستان دارای سیستم تهویه مطبوع باشد و هوا با دما و رطوبت مشخص وارد محل بستری بیماران کرونایی می گردد و مجدداً هوای محیط مکش و بازگردش می شود، باید حداقل کانال های مکش مجهز به فیلتر هپا با استاندارد MERV14 و بالاتر باشد و ترجیحا بازگردش این اتاق ها از سیستم هواساز جدا و توسط هواکش سانتریفوژ مجزا به فضای بیرون با رعایت شرایط ذکر شده در بندهای ۴، ۵ و ۶ تخلیه شود. اگر امکان اجرای چنین اقدامی به هر دلیلی در شرایط حاضر، امکانپذیر نیست، لازم است دریچه های مکنده این اتاق ها مسدود و هوای این اتاق ها به صورت مجزا با استفاده از هواکش سانتریفوژ و با رعایت الزامات بندهای ۴، ۵ و ۶ به فضای بیرون تخلیه شود. پیشنهاد می شود، هواکش های سانتریفوژ سیستم مکنده در بیرون اتاق ها و تا حد امکان از هواکش های با الکتروموتور با دور ۱۵۰۰ rpm یا کمتر استفاده شود.

## ۹- خروجی هوای اتاق بستری بیماران مبتلا به ویروس کرونا (COVID-19)

هوا از اتاق باید بطور مستقیم به سمت بیرون ساختمان هدایت شود. (در هوای بیرون هسته های ریز قطرات حاوی ویروس کرونا (SARS-CoV-2) رقیق می شوند). در صورتیکه هوای خروجی وارد سایر بخش ها می شود باید از فیلتر هپا با حداقل استاندارد MERV ۱۴ (کارایی حذف ۹۹/۹۷ درصد از ذرات ۰/۳ میکرون) عبور داده شود (ترجیحا بازگردش هوای بخش بستری بیماران مبتلا به کووید-۱۹ وارد بخش های دیگر نشود و مستقیم به سمت بیرون ساختمان هدایت شود). خروجی هوا باید بدور از ورودی هوا، سایر بخش ها، محل تردد پرسنل، بیماران و سایر افراد و حیوانات به سه روش زیر به بیرون تخلیه شود:

### ۹-۱ استفاده از فیلتر هپا

همانطور که در بخش قبل اشاره گردید برای اطمینان از حذف کلیه هسته های ریز حاوی ویروس کرونا (SARS-CoV-2) از فضای اتاق بستری بیماران و جلوگیری از انتشار آنها به فضای بیرون، خروجی هوا باید از فیلتر هپا با حداقل استاندارد MERV ۱۴ (کارایی حذف ۹۹/۹۷ درصد از ذرات ۰/۳ میکرون) عبور داده شود. فیلترهای هپا با توجه به دستورالعمل شرکت سازنده برای اطمینان از عملکرد صحیح، نظافت دوره ای و تعویض شوند. شماتیک محل نصب فیلتر هپا در خروجی در شکل ۳ آورده شده است.



شکل ۳: شماتیک محل نصب فیلتر هپا در خروجی

### ۹-۲ استفاده از دستگاه تصفیه هوای پرتابل (قابل حمل) مجهز به فیلتر هپا در خروجی

برای کاهش زمان نصب و اطمینان از تصفیه مناسب هوا در بیمارستان هایی که بیماران مبتلا به ویروس کرونا (COVID-19) بستری هستند، می توان از یک دستگاه تصفیه هوای پرتابل (قابل حمل) مجهز به فیلتر هپا، اتصالات مناسب و مجرای خروج هوا از یک اتاق برای ایجاد میزان لازم گردش هوا استفاده نمود. نصب این دستگاهها در هر قسمت نظیر ( اتاق نمونه برداری، اتاق انتظار و بخش) باید با ملاحظات زیر همراه باشد:

۱- نصب این دستگاه نباید در ارائه خدمات بهداشتی و درمانی مناسب به مبتلایان هیچ گونه اختلالی ایجاد کند.

۲- این دستگاه تا حد امکان به منبع انتشار عفونت (بیماران بستری) نزدیک (فاصله یک متری) باشد. توانایی دستگاه در بدام انداختن هسته های ریز حاوی ویروس کرونا (SARS-CoV-2) به ازای افزایش دوبرابری فاصله از مریض (از یک متر به دو متر) به میزان ۵۰ درصد کاهش می یابد. (بنابراین فاصله از بیمار نقش بسیار مهمی در کارایی این دستگاه ها دارد).

۳- هوای خروجی از این دستگاه ها نباید بگونه ای باشد که باعث ایجاد ناراحتی و مزاحمت برای سایر بیماران، پرسنل و ملاقات کنندگان شود.

۴- اگر دستگاه تصفیه هوای قابل حمل مجهز به فیلتر هپا دارای جریان هوای قابل تنظیم باشد، باید جریان هوایی متناسب با اندازه اتاق برای تغییر هوای مورد نظر در هر ساعت انتخاب شود. این واحد معمولاً باید در بالاترین سطح فن مورد استفاده قرار گیرند تا حداکثر تصفیه و ۱۲ بار تعویض هوا در ساعت را فراهم کنند.

۵- تمام درب های اتاق و محل بستری بیماران تا حد ممکن بسته نگه داشته شود.

۶- دستگاههای تصفیه هوای قابل حمل مجهز به فیلتر هپا در دورترین فاصله از درب ورودی نصب شود.

۷- اگر در اتاقی که دستگاههای تصفیه هوای قابل حمل نصب است، فعالیت تهاجمی بر روی بیماری انجام شود که منجر به ایجاد آئروسول می شود حداقل تا ۱۰ دقیقه پس از خروج بیمار از اتاق، دستگاه باید روشن باشد و در طی این مدت بیمار جدیدی وارد اتاق نشود.

دستگاههای تصفیه هوای قابل حمل برای ادامه کارایی مطلوب نیاز به نگهداری مناسب با شرایط زیر را دارند:

۱- در هنگام تعمیر و بازدید دستگاه باید از وسایل حفاظت فردی استفاده شود.

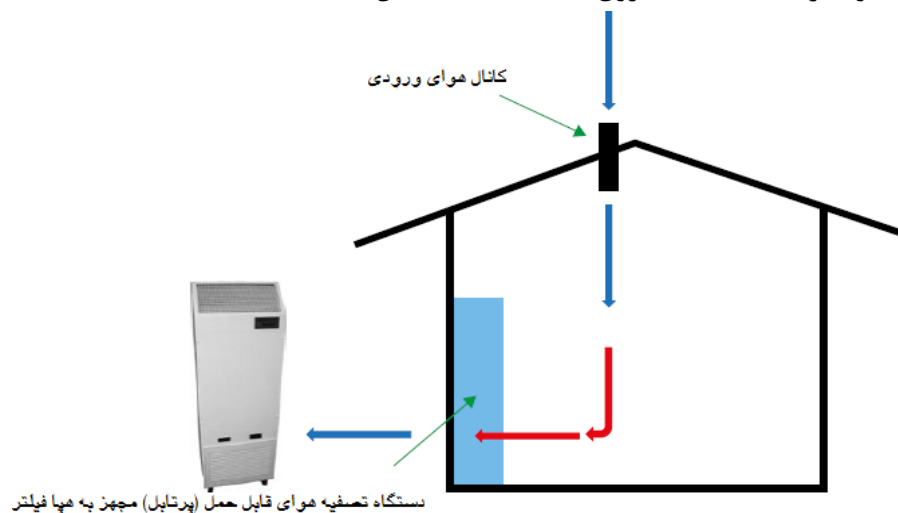
۲- هنگام تعمیر، دستگاه باید بدور از هر گونه بیمار باشد. محل تعمیر این دستگاهها باید دارای تهویه مناسب و فشار منفی باشد. و امکان تمیز کردن و آلودگی زدایی سریع نیز فراهم باشد.

۳- تعمیرات و بازدید از دستگاه (شامل تعویض فیلترها، تعویض لامپ UV، روغن کاری و ...) باید مطابق دستورالعمل سازنده و در زمان مناسب انجام شود.

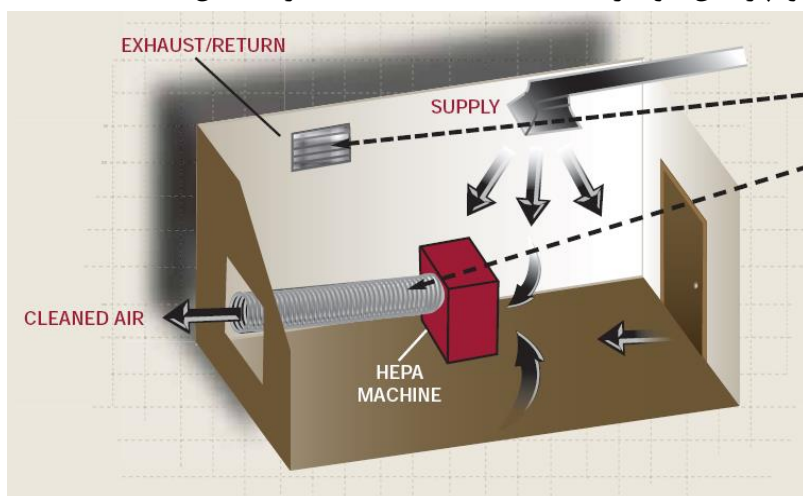
۴- توالی تعویض فیلترها مطابق با دستورالعمل سازنده باشد.

۵- گواهی کارایی و نشت دستگاه قبل از نصب بررسی شود.

دستگاههای تصفیه هوا قابل حمل می توانند به عنوان یک فن مکانیکی با فیلتر HEPA یکپارچه مورد استفاده قرار گیرند تا هوای آلوده را مستقیماً به بیرون تخلیه کنند. (شکل ۴)



شکل ۴: شماتیک نحوه نصب هوای قابل حمل مجهز به هپا فیلتر همچنین می توان از این دستگاه های پرتابل (قابل حمل) مجهز به فیلتر هپا برای اطمینان از تعداد تعویض لازم هوا در ساعت و چرخش هوا در محیط های بسته استفاده کرد (شکل ۵).



شکل ۵: نحوه استفاده از دستگاه های تصفیه هوا پرتابل (قابل حمل) مجهز به فیلتر هپا در ایجاد فشار منفی در اتاق ایزوله

۹-۲-۱- مراحل استفاده از دستگاه تصفیه هوای پرتابل (قابل حمل) مجهز به فیلتر هپا برای تهویه  
 مراحل استفاده از دستگاه تصفیه هوای پرتابل (قابل حمل) مجهز به فیلتر هپا برای تهویه عبارتند از:

(۱) محاسبه حجم اتاق (طول×عرض×ارتفاع)

(۲) محاسبه خروجی جریان لازم فیلتر هپا با فرمول ذیل:

$$Q = \frac{ACH \times V}{60}$$

Q=دبی مورد نیاز بر حسب متر مکعب در ساعت

ACH=تعداد تعویض هوای مورد نظر در اتاق در ساعت

V=حجم اتاق

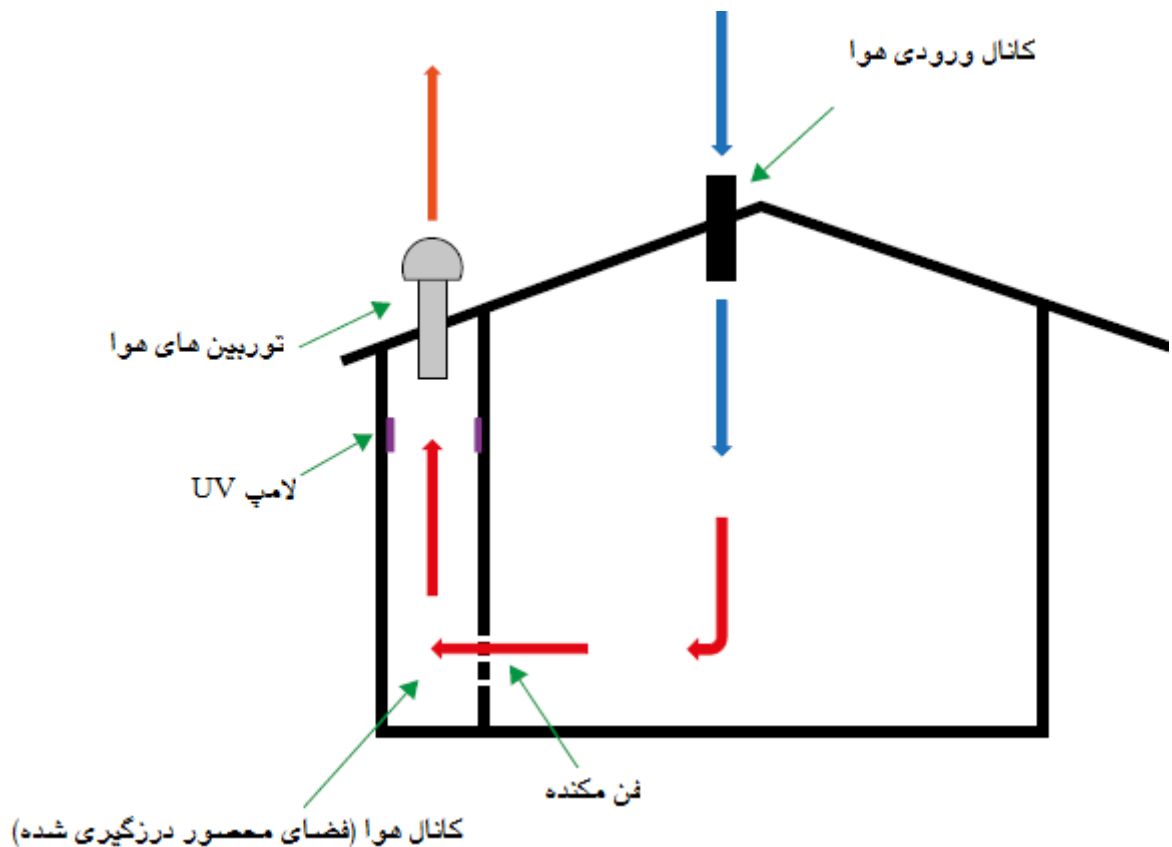
(۳) اندازه گیری میزان جریان هوای خروجی از دستگاه قابل حمل هپا بوسیله سرعت سنج

(۴) تنظیم دستگاه هپا با توجه به جریان لازم و جریان خروجی دستگاه

باید توجه داشت که با تغییر حجم اتاق باید این تنظیمات دوباره برای حداقل ۱۲ بار تعویض هوا در ساعت تنظیم گردد.

۹-۳- اشعه ماوراء بنفش (UVGI)

از آنجا که اثر بالینی سیستم های UV ممکن است متفاوت باشد، تابش میکروپ کش ماوراء بنفش (UVGI) برای مدیریت هوا، قبل از گردش هوا از اتاق های ایزوله تنفسی توصیه نمی شود. استفاده از این سیستم ها بعنوان جایگزین فیلترهای هپا، دمنده های موضعی هوا (اگزهاست فن) به سمت بیرون یا فشار منفی نباید باشد. اما می تواند بعنوان یک سیستم کمکی استفاده شود. (شکل ۶)



شکل ۶: شماتیک نحوه نصب لامپ ماوراء بنفش (UVGI)

کارایی این روش به میزان گردش هوا در اتاق، سرعت عبور هوا از کانال هوا و انتخاب لامپ مناسب بستگی دارد. محاسبه دقیق اندازه مناسب کانال و سرعت هوا در این سیستم بسیار مهم است.

۱۰- در استانهای گرم که دمای هوای داخل بیمارستان بالاتر از ۳۰ درجه سانتیگراد است استفاده از همزمان از سیستم تهویه مکشی با رعایت بندهای (۴، ۵ و ۶) و کولر گازی یا فن کویل داخل اتاق های بستری بیماران بلامانع است. دمای مناسب این اتاق ها ۲۴-۲۱ درجه سانتی گراد و رطوبت حداکثر ۶۰ درصد باشد.

۱۱- محل نگهداری وسایل حفاظت فردی نباید در داخل فضای بیمارستانی بوده چون انتشار ویروس (SARS-CoV-2) به هر شکل ممکن باعث آلودگی وسایل حفاظت فردی بخصوص ماسکهای تنفسی می شود. پیشنهاد می گردد فضایی در محوطه بیمارستان یا بدور از بخش های بستری بیماران مبتلا به کرونا ویروس (COVID-19) برای نگهداری این تجهیزات استفاده شود.

۱۲- نکات بهداشتی مهم در ICU تنفسی فشار منفی و یا اتاق ایزوله فشار منفی :

- وجود تجهیزات ضد عفونی (از جمله ظرف حاوی مایع ضد عفونی کننده دیواری)
- وجود دستشویی / روشویی در پیش اتاق (ترجیحا دارای سیستم اتوماتیک یا دارای دسته یا شیر بازویی)
- وجود سیستم اتوماتیک بسته شدن درب
- وجود ترالی / کمد وسایل و تجهیزات پزشکی و وسایل حفاظت فردی در پیش اتاق
- وجود ترالی / کمد وسایل ضد عفونی و گندزدا در پیش اتاق



- قابلیت شستشو دیوارها و کف پیش اتاق
- همسو بودن سیستم فشار منفی پیش اتاق با اتاق ایزوله
- وجود امکانات ضد عفونی دست و کمد لباس و رختکن/ رخت آویز در پیش اتاق

۱۳- نکات بهداشتی مهم در اتاق ایزوله تنفسی :

- رعایت فواصل مناسب در صورت وجود بیش از یک تخت در اتاق ایزوله (بین هر دو تخت حداقل یک متر و ترجیحا ۲,۵ متر) فاصله با نصب پارتیشن/حفاظ
- قابل شستشو بودن دیوارها و کف اتاق ایزوله
- قابلیت تنظیم درجه حرارت اتاق ایزوله (۲۰ تا ۲۴ درجه سانتیگراد)
- قابلیت تنظیم رطوبت اتاق ایزوله (۳۰ تا ۶۰ درصد)
- دارای مکانیسم قابل مشاهده جهت پایش فشار و جریان هوا
- دارای سیستم اتوماتیک بسته شدن درب
- در اتاق ایزوله سالم (فاقد شکستگی و بدون ترک خوردگی و درز شکاف و پس از بسته شدن فاقد قابلیت عبور و تبادل هوا)

#### ۱۴- مراحل استفاده فشارسنج برای اندازه گیری فشار نسبی بین ۲ فضا

مدیریت جریان هوا نیازمند نظارت بر سیستم هوا است. اگر چه جهت جریان هوا را می توان با دود تشخیص داد، اما بزرگی جریان هوا نیز باید تعیین شود. که با استفاده از فشارسنج، فشار نسبی بین ۲ فضا اندازه گیری می گردد.

مراحل استفاده از فشار سنج برای اندازه گیری فشار نسبی بین ۲ فضا عبارت است از:

- (۱) روشن نمودن فشار سنج دیجیتال (در زمانی که هر ۲ اتصال در حال قرائت هوای یک فضا باشند باید عدد صفر نشان دهد) (۲) بستن درب ها بخش مورد نظر برای تعیین فشار (۳) اتصال لوله لاستیکی انعطاف پذیر (۴) قرار دادن لوله در زیر درب بسته (دارای حداقل قطر چهار اینچ باشد) (شکل ۷). (۵) یادداشت جهت جریان هوا (اگر علامت منفی بر روی صفحه نمایش داده شد اتاق تحت فشار منفی است، اگر هیچ علامتی بر روی صفحه نمایش داده نشود فشار اتاق مثبت است) (۶) یادداشت مقدار فشار و تاریخ تعیین فشار



شکل ۷: مرحله ۴ قرار دادن لوله در زیر درب بسته برای اندازه گیری فشار نسبی بین ۲ فضا

۱۵- لازم است کارشناسان مهندسی بهداشت محیط و حرفه ای روزانه بر سیستم تهویه مطابق فرم های پیوست نظارت داشته باشند.

پیوست ۱: چک لیست بازرسی از اتاق های ایزوله بیمارستان

نمونه چک لیست بازرسی از اتاق های ایزوله بیمارستان

توضیحات	قرائت فشار		عملکرد سیستم هشدار فشار (الکترونیک)			درب ها (خودبخود بسته شونده)			پنجره ها		نوع اتاق		تاریخ
	دیتال	دستی	علم استفاده	خیر	بلی	علم استفاده	خیر	بلی	درزگیری شده	بسته	اتاق ایزوله محیطی	اتاق ایزوله تنفسی	

پیوست ۲: نمونه چک لیست نگهداری سیستم تهویه

نمونه چک لیست نگهداری سیستم تهویه

توضیحات	پیگیری	خیر	بلی	آیتم
	تاریخ:			بازرسی و تمیز کردن دریچه خروجی (به منظور پیشگیری از انسداد و شتاب منفی جریان هوا)
	تاریخ:			
	تاریخ:			بازرسی چشمی فیلتر (به منظور تایید درزگیری مناسب و عدم وجود سوراخ)
	تاریخ:			
	تاریخ:			تمیزی فضای بیرون مجرای ورودی هوا (عدم وجود آشغال)
	تاریخ:			
	تاریخ:			بازرسی دمپهای خروجی / جریان برگشتی (حرکت آزادانه جریان هوا)
	تاریخ:			
	تاریخ:			بازرسی فیلترها (برای نصب مناسب)

	تاریخ:			
	تاریخ:			بازرسی فشار فضاها در نقاط مختلف
	تاریخ:			آیا سیستم مورد استفاده میزان جریان تهویه مورد نیاز برای هر اتاق را فراهم می نماید؟
	تاریخ:			آیا به طور کلی جهت جریان هوا در بیمارستان از مناطق تمیز به مناطق آلوده می باشد؟
	تاریخ:			آیا کارایی سیستم در توزیع هوای بیرون به هر بخش در اتاق صحیح است؟
	تاریخ:			آیا سیستم تهویه مورد استفاده در بیمارستان برای اهداف مورد نظر و فراهم نمودن استانداردها همچنان مناسب است؟
	تاریخ:			آیا دسترسی به سیستم تهویه همچنان ایمن و آسان می باشد؟
	تاریخ:			آیا تمام درب ها باید به طور کامل بسته شده و بدون درز می باشند؟
	تاریخ:			آیا نقاط ورودی و خروجی در محلی قرار دارد که باعث کاهش کیفیت هوای ورودی به داخل سیستم گردد؟
	تاریخ:			آیا برای جلوگیری از ورود حشرات موذی در داخل کانال ورودی و خروجی از یک مش با منافذ ۶ الی ۱۲ میلی متر استفاده می گردد؟
	تاریخ:			آیا فیلترها بطور مطمئن نصب شده و به گونه ای در قاب خود قرار گرفته که فاقد هرگونه درز و شکافی باشد و از هرگونه جریان جانبی نیز جلوگیری شود؟
	تاریخ:			آیا محل نصب فیلتر بگونه ای است که دسترسی آسان به فیلتر برای پاکسازی، حذف یا جایگزینی را فراهم نماید؟
	تاریخ:			آیا بخش هایی که فیلترهای هپا دارند قابل تعویض بوده و فاقد هرگونه درز می باشند؟
	تاریخ:			آیا واحدهای تامین هوا از دسترسی های غیر مجاز محافظت می گردد؟
	تاریخ:			آیا واحدهای تامین هوا مستقر بر روی پشت بام مسیر دسترسی دائمی و ایمن دارند؟

	تاریخ:		آیا تمامی اجزاء واحدهای تامین هوا باید برای بازرسی روزانه به آسانی قابل دسترسی می باشند؟
	تاریخ:		آیا دستگاه تامین کننده هوا هنوز دارای حداقل استانداردها است؟
	تاریخ:		آیا روش بهره برداری از سیستم رضایت بخش است؟