جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
مرکز سلامت محیط و کار

دانشگاه علوم پزشکی تهران
پژوهشکده محیط زیست

الزامات، دستورالعمل ها و راهنمودهای تخصصی مرکز سلامت محیط و کار

راهنمای
سیستم تهویه در بیمارستان

۱-۰۵۰۸-۰۵۰۲۰۲-۲۰۵

تابستان ۱۳۹۳

بسم الله الرحمن الرحیم

جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
مرکز سلامت محیط و کار

دانشگاه علوم پزشکی تهران
پژوهشکده محیط زیست

راهنمای
سیستم تهویه در بیمارستان

الزامات، دستورالعمل ها و رهنمودهای تخصصی مرکز سلامت محیط و کار

مرکز سلامت محیط و کار
پژوهشکده محیط زیست
تابستان ۱۳۹۳

شابک: ۹-۷۴۸-۶۹۳-۶۰۰-۹۷۸

نام کتاب: راهنمای سیستم تهویه در بیمارستان

تهیه کننده پیش نویس: دکتر عباس شاهسونی

ناشر: پژوهشکده محیط زیست

تاریخ و نوبت چاپ: تابستان ۹۳ نوبت اول

عنوان و نام پدیدآور: راهنمای سیستم تهویه در بیمارستان: الزامات، دستورالعمل ها و رهنمودهای تخصصی مرکز سلامت محیط و کار/[تهیه کننده] مرکز سلامت محیط و کار، پژوهشکده محیط زیست؛ کمیته فنی تدوین راهنما فائزه ایزدپناه... [و دیگران].

مشخصات نشر: تهران: وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، معاونت بهداشتی، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری: ۱۱۰ ص.: مصور (رنگی)، جدول (رنگی)، نمودار.

شابک: ۹-۷۴۸-۶۹۳-۶۰۰-۹۷۸

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: کمیته فنی تدوین راهنما فائزه ایزدپناه، احمد جنیدی جعفری، حسین جباری، ناهید حسن زاده، نوشین راستکاری، عباس شاهسونی، فریبا ملک احمدی، مریم یاراحمدی.

یادداشت: کتابنامه.

موضوع: ساختمان های بیمارستان- - تهویه مطبوع

شناسه افزوده: ایزدپناه، فائزه، ۱۳۶۰ -

شناسه افزوده: ایران. وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی. مرکز سلامت محیط و کار

شناسه افزوده: دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران. پژوهشکده محیط زیست

شناسه افزوده: ایران. وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی. معاونت بهداشتی

رده بندی کنگره: ۱۳۹۳ ۲ر/۴/۹۶۹ RA

رده بندی دیویی: ۶۹۷/۹۳۵۵۱

شماره کتابشناسی ملی: ۳۶۵۲۵۹۵

- عنوان: راهنمای سیستم تهویه در بیمارستان
- کد الزامات: ۱- ۰۵۰۸-۲۰۵۰۲۰۲
- تعداد صفحات: ۱۱۰

مرکز سلامت محیط و کار:

شهرک قدس ـ بلوار فرحزادی ـ بلوار ایوانک ـ ساختمان مرکزی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ـ بلوک A ـ طبقه ۱۱ـ واحد شمالی

تلفن: ۸۱۴۵۴۱۲۰

http://markazsalamat.behdasht.gov.ir

پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران:

تهران ـ خیابان کارگر شمالی ـ نرسیده به بلوار کشاورز ـ پلاک ۱۵۴۷ طبقه هشتم

تلفن: ۸۸۹۷۸۳۹۹-۰۲۱، دورنگار: ۸۸۹۷۸۳۹۸-۰۲۱

http://ier.tums.ac.ir

کمیته فنی تدوین راهنما به ترتیب الفبا

نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی /سمت	محل خدمت
مهندس فائزه ایزدپناه	کارشناس/ عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست
دکتر احمد جنیدی جعفری	دانشیار/ عضو کمیته	دانشگاه علوم پزشکی ایران
دکتر حسین جباری	استادیار/ عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست
مهندس ناهید حسن زاده	کارشناس/ عضو کمیته	مرکز سلامت محیط وکار
دکتر نوشین راستکاری	دانشیار/ عضو کمیته	پژوهشکده محیط زیست
دکتر عباس شاهسونی	استادیار	دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
مهندس فریبا ملک احمدی	کارشناس/ عضو کمیته	مرکز سلامت محیط وکار
مهندس مریم یاراحمدی	کارشناس/ عضو کمیته	مرکز سلامت محیط وکار

از جناب آقای دکتر عباس شاهسونی که در تهیه این پیش نویس زحمات زیادی را متقبل شده اند سپاسگزاری می گردد.

فهرست:

۱–مقدمه	۱
۲– هدف	۱
۳– دامنه کاربرد	۱
۴– اصطلاحات و تعاریف	۱
۵– تهویه	۴
۵–۱ اجزاء اصلی تهویه	۶
۵–۱–۱ تفاوت تهویه در مراکز بهداشتی و درمانی و سایر ساختمانها	۶
۵–۲ ارتباط بین تهویه و عفونت های منتقله از هوا	۶
۵–۲–۱ عوامل موثر بر عفونت های منتقله از طریق هوا	۷
۵–۳ روشهای انتقال بیماریهای منتقله از طریق هوا	۸
۵–۳–۱ انتقال ازطریق قطرات	۱۰
۵–۳–۲ انتقال از طریق هوا	۱۰
۵–۴ بیماریهای عفونی منتقله از هوا در بیمارستان	۱۱
۵–۴–۱ قارچ های منتقله از طریق هوا	۱۱
۵–۴–۱–۱ گونه های آسپرژیلوس	۱۱
۵–۴–۱–۲ قارچهای فرصت طلب	۱۲
۵–۴–۲ باکتری های منتقله از طریق هوا	۱۳
۵–۴–۲–۱ مایکو باکتریوم توبرکلوزیس	۱۳
۵–۴–۲–۲ استافیلوکوکوس آرئوس	۱۳
۵–۴–۲–۳ استرپتوکوک های بتا همولیتیک	۱۳
۵–۴–۲–۴ باسیلوس	۱۴
۵–۴–۲–۵ اسینتوباکتر	۱۴

۵–۴–۲–۶ لژیونلا ۱۴
۵–۵ ویروس های منتقله از طریق هوا (هوابرد) ۱۴
۵–۵–۱ بیماری تب خونریزی دهنده و کنترل آن ۱۵
۶– انواع سیستم های تهویه در بیمارستان ۱۶
۶–۱ تهویه طبیعی ۱۷
۶–۲ تهویه مکانیکی ۱۸
۶–۳ تهویه ترکیبی ۱۹
۶–۴ مزایا و معایب تهویه طبیعی، مکانیکی، ترکیبی ۲۰
۶–۵ تهویه مطبوع ۲۱
۶–۵–۱ اصول پایه و بهره برداری تهویه مطبوع ۲۱
۶–۵–۱–۱ سیستم تهویه مطبوع مرکزی ۲۱
۶–۵–۲ تهویه مطبوع منطقه ای (عمومی) ۲۲
۶–۵–۲–۱ سیستم فن کویل با توزیع هوای تازه مرکزی ۲۲
۶–۵–۲–۲ سیستم هوا رسان چند منطقه ای ۲۳
۶–۵–۳ تهویه با واحدهای محلی (موضعی) ۲۴
۶–۵–۳–۱ فن کویل ۲۴
۶–۵–۳–۲ کولر ۲۴
۶–۵–۳–۳ هود ۲۴
۶–۵–۳–۳–۱ هودهای آشپزخانه ای ۲۵
۶–۵–۳–۳–۲ هودهای بیولوژیک ۲۵
۶–۵–۳–۳–۲–۱ هود ایمنی بیولوژیک کلاس I ۲۶
۶–۵–۳–۳–۲–۲ هودهای ایمنی بیولوژیک کلاس II ۲۶
۶–۵–۳–۳–۲–۳ هودهای ایمنی بیولوژیک کلاس III ۲۸

۶–۵–۳–۳–۳ توصیه های جهت کار با انواع هود های ایمنی بیولوژیک ۲۸
۶–۵–۳–۳–۴ هود لامینار ۳۰
۶–۵–۳–۳–۵ آزمونهای عملکرد هود ۳۰
۶–۵–۳–۴ پارامترهای موثر بر کارایی تهویه مطبوع ۳۱
۶–۵–۳–۴–۱ دما ۳۱
۶–۵–۳–۴–۲ رطوبت ۳۱
۶–۵–۳–۴–۳ تعویض هوا ۳۲
۶–۵–۳–۴–۴ فشار ۳۳
۶–۵–۳–۴–۵ تاثیر راهبری و تعمیر سیستم تهویه مطبوع در کنترل عفونت ۳۴
۶–۶ فیلتراسیون ۳۷
۶–۶–۱ انواع روشهای فیلتراسیون ۳۷
۷– ارزیابی و پایش سیستم های تهویه در بیمارستان ۳۸
۷–۱ اصول کلی نمونه برداری از هوا ۳۸
۷–۱–۱ موارد کاربرد نمونه برداری میکروبی از هوا ۳۹
۷–۲ نمونه برداری از هوا ۴۰
۷–۲–۱ فاکتورهای موثر در بقاء میکروارگانیسم ها ۴۰
۷–۲–۲ ملاحظات نمونه برداری میکروبی ۴۱
۷–۲–۳ روشهای نمونه برداری از بیوآئروسل های هوا و تجهیزات مورد نیاز ۴۲
۷–۲–۳–۱ نمونه برداری روش اکتیو (فعال) و پسیو (غیرفعال) ۴۲
۷–۲–۴–۱ اطلاعات مورد نیاز قبل از نمونه برداری میکروبی ۴۵
۷–۲–۵ انتخاب دبی و مدت زمان نمونه برداری ۴۶
۷–۲–۶ انتخاب محیط کشت و روش نمونه برداری ۴۷
۷–۲–۷ روش های تشخیص قارچها ۴۸
۷–۲–۸ روشهای تشخیص باکتریها ۴۸

۷-۲-۹ رهنمود سازمان بهداشت جهانی برای تعداد کلنی باکتری و قارچ در هوای بیمارستان ۴۸
۷-۲-۱۰ پروتکل پیشنهادی برای نمونه برداری از بیوآئروسل ها به روش پلیت ته نشینی در بیمارستان ۴۹
۷-۲-۱۱ پروتکل پیشنهادی برای نمونه برداری از بیوآئروسل ها با استفاده از نمونه بردار در بیمارستان ۵۱
۷-۲-۱۲ مشکلات در تفسیر نتایج نمونه برداری میکروبی ۵۲
۷-۳ ارزیابی و پایش سیستم های تهویه در بیمارستان ۵۳
۷-۳-۱ ملاحظات عمومی ارزیابی و پایش سیستم های تهویه در بیمارستان ۵۳
۷-۳-۱-۱ نکات مهم بازرسی و پایش سیستم های تهویه در بیمارستان ۵۴
۷-۳-۲ بازرسی و پایش سیستم های تهویه در بخش های حساس بیمارستان ۵۵
۷-۳-۳ نکات مهم در ارزیابی سالیانه ۵۵
۷-۳-۴ نکات مهم در بازرسی و تعویض فیلتر ۵۶
۷-۳-۴-۱ نکات مهم در بازرسی و استفاده از دستگاههای هپا قابل حمل ۵۷
۷-۳-۴-۱-۱ نگهداری فیلتر ۵۷
۷-۳-۴-۲ نکات مهم بازرسی و استفاده از لامپ های ماوراء بنفش ۵۸
۷-۳-۵ پارامترهای ضروری برای کنترل عفونت های هوابرد ۵۸
۷-۳-۵-۱ اختلاف فشار در بخش های بیمارستان ۵۸
۷-۳-۵-۲ تعویض هوا ۵۹
۷-۳-۵-۳ فیلتر هپا ۶۰
۷-۳-۵-۳-۱ استفاده از فیلتر هپا قابل جابجایی در بخش ایزوله تنفسی بیمارستان ۶۰
۷-۳-۶ مراحل استفاده فشارسنج برای اندازه گیری فشار نسبی بین ۲ فضا ۶۲
۷-۳-۷ مراحل استفاده از فیلتر هپا برای تهویه ۶۳

۷–۳–۸ استفاده از شمارشگر ذرات برای ارزیابی کیفیت هوای داخل و کارایی فیلتر ۶۳
۸– استاندارد های سیستم تهویه در بیمارستان ۶۴
۸–۱ آیین نامه تاسیس بیمارستان در ایران ۶۴
۸–۲ استاندارد های بین المللی سیستم تهویه در بیمارستان ۶۵
۸–۳ پیشنهاد استاندارد های ملی سیستم تهویه در بخش های مختلف بیمارستان ۶۷
۸–۴ اتاق ایزوله ۶۷
۸–۴–۱ انواع اتاق ایزوله ۶۷
۸–۴–۱–۱ اتاق ایزوله تنفسی ۶۷
۸–۴–۱–۲ اتاق ایزوله محیطی ۶۸
۹– تکنولوژی های مورد استفاده در ضدعفونی هوا ۶۹
۹–۱ روش گندزدایی اسپری– مه ۶۹
۹–۲ حذف ذرات ۷۰
۹–۲–۱ فیلترهای هپا ۷۰
۹–۲–۲ موارد استفاده از فیلترهای هپا ۷۱
۹–۳ دستگاه های تصفیه هوای متحرک ۷۲
۹–۴ پرتو میکروب کش ماوراء بنفش ۷۳
۹–۴–۱ فاکتورهای موثر در بهره برداری لامپ های ماوراء بنفش ۷۴
۹–۴–۲ نکات مهم در استفاده از لامپ های ماوراء بنفش در بیمارستان ۷۵
۹–۵ تصفیه کننده های اکسیداسیون فتوکاتالیستی (PCO) ۷۵
۹–۶ ازن ژنراتور ۷۵
۹–۷ معایب فناوری های مورد استفاده برای تصفیه هوا در بیمارستان ۷۶
۹–۸ آزمون های تعیین راندمان فیلتر هپا ۷۶
۹–۹ معایب استفاده از فیلتر هپا و دستگاههای هپا متحرک ۷۷
۹–۱۰ اتاق پاک و استاندارد آن ۷۸

۱۰– خطرات آئروسل های غیر عفونی در بیمارستان ها ۷۹
۱۰–۱ خطرات عفونت های هوابرد در زمان ساخت و ساز، نوسازی، بازسازی، تعمیر و تخریب ۸۰
۱۰–۲ ملاحظات اصلی قبل از شروع هرگونه فعالیت ساخت و ساز و تعمیر ۸۲
۱۰–۳ ارزیابی خطر کنترل عفونت در زمان فعالیت ساخت و ساز و تعمیر ۸۳
۱۰–۴ ساخت و ساز و تخریب خارج از ساختمان ۸۳
۱۰–۴–۱ساخت و ساز، تخریب، بازسازی و تعمیرات داخلی ۸۵
۱۰–۵ اقدامات جهت تهویه صحیح در زمان ساخت و ساز ۸۵
۱۱– روشهای کنترل عفونت های محیطی برای بخش های حساس بیمارستان ۸۶
۱۱–۱ اتاق ایزوله محیطی ۸۶
۱۱–۲ ویژگی های مهندسی اتاق فشار مثبت ۸۷
۱۱–۳ اتاق ایزوله تنفسی ۸۸
۱۱–۳–۱ ویژگی های مهندسی اتاق فشار منفی ۸۹
۱۱–۳–۲ اتاق های عمل ۹۱
۱۱–۳–۲–۱ اتاق عمل برای بیماران مبتلا به سل ۹۲
۱۱–۳–۲–۱–۱ راهکارهای مدیریت بیماران مبتلا به سل و جلوگیری از انتقال هوابرد در اتاق های عمل ۹۲
پیوست ها ۹۳
مراجع ۹۶

پیشگفتار

یکـی از برنامـه های مرکـز سـلامت محیـط و کار وزارت بهداشـت، درمان و آموزش پزشـکی تدوین و انتشـار رهنمودهـای مربوط به حوزه هـا و زمینه های مختلف بهداشـت محیط و حرفه ای و سـایر موضوعات مرتبط اسـت که با بهره گیری از توان علمی و تجربی کارشناسـان، متخصصین و صاحب نظران متعددی از سراسـر کشـور، انجام شـده است. در این راستا سـعی شده است ضمن بهره گیری از آخرین دسـتاوردهای علمی، از تجربه کارشناسـان و متخصصین حوزه سـتادی مرکز سلامت محیط و کار نیز استفاده شود و در مواردی که در کشور قوانین، مقررات و دستورالعمل های مدونی وجود دارد در تدوین و انتشـار این رهنمودها مورد اسـتناد قرار گیرد. تمام تلاش کمیته های فنی مسـئول تدوین رهنمودها این بوده اسـت که محصولی فاخر و شایسته ارائه نمایند تا بتواند توسط همکاران در سراسـر کشور و کاربران سایر سازمان ها و دستگاههای اجرائی و بعضاً عموم مردم قابل اسـتفاده باشـد ولی به هر حال ممکن است دارای نواقص و کاستی هایی باشـد که بدینوسیله از همه متخصصین، کارشناسـان و صاحبنظران ارجمند دعوت می شـود با ارائه نظرات و پیشنهادات خود ما را در ارتقاء سـطح علمی و نزدیکتر کردن هر چه بیشـتر محتوای این رهنمودها به نیازهای روز جامعه یاری نمایند تا در ویراست های بعدی این رهنمودها بکار گرفته شود.

با توجه به دسترسـی بیشـتر کاربران این رهنمودها به اینترنت، تمام رهنمودهای تدوین شـده بر روی تارگاه های وزارت بهداشـت، درمان و آموزش پزشکی (وبدا)، معاونت بهداشتی، پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران و مرکز سلامت محیط و کار قرار خواهد گرفت و تنها نسخ بسیار محدودی از آنها به چاپ خواهد رسـید تا علاوه بر صرفه جویی، طیف گسـترده ای از کاربران به آن دسترسی مداوم داشته باشند.

اکنون که با یاری خداوند متعال در آستانه سی و ششمین سال پیروزی انقلاب شکوهمند اسلامی این رهنمودها آماده انتشـار می گردد، لازم اسـت از زحمات کلیه دسـت اندرکاران تدوین و انتشار این رهنمودها صمیمانه تشـکر و قدردانی نمایم و پیشاپیش از کسانی که با ارائه پیشنهادات اصلاحی خود ما را در بهبود کیفیت این رهنمودها یاری خواهند نمود، صمیمانه سپاسگزاری نمایم.

دکتر کاظم ندافی

رئیس مرکز سلامت محیط و کار

۱– مقدمه

تهویه بیمارستانی عبارت است از ورود هوای تازه و تمیز و انتشار آن در درون بخش های بیمارستان یا اتاقهای بیماران با هدف فراهم نمودن هوای سالم برای تنفس بیماران و پرسنل، کاهش غلظت مواد آلاینده تولید شده در داخل بیمارستان و نیز خروج این آلاینده ها از بیمارستان می باشد. به نحوی که مانع از گسترش عفونت های منتقله از هوا بین بیماران و یا پرسنل همچنین مانع از گسترش این عفونت ها به خارج از بیمارستان گردد. سه روش اصلی برای تهویه بیمارستان بکار گرفته می شود که عبارتند از: ۱- تهویه طبیعی ۲- تهویه مکانیکی ۳- تهویه ترکیبی.

سالانه ۲ الی ۴ میلیون مورد، عفونت بیمارستان در جهان اتفاق می افتد که منجر به ۲۰ تا ۸۰ هزار مرگ می گردد. هزینه عفونت های بیمارستانی در ایالات متحده آمریکا سالانه ۴ تا ۵ میلیارد دلار برآورد شده است. تخمین زده شده است که ۱۰ درصد از عفونت های بیمارستانی هوابرد بوده و همچنین ۱۶ درصد از عفونت های بخش مراقبت های ویژه نتیجه ای از انتقال پاتوژنهای هوابرد می باشد(۱۱).

۲–هدف

هدف از این راهنما، تهیه اطلاعات بروز درباره روش های کاهش خطر عفونت های هوابرد در بیمارستان ها و مراکز بهداشتی درمانی می باشد. این راهنما دستورالعمل فنی و عملیاتی برای اقدامات احتیاطی توصیه شده برای کاهش خطر انتقال عوامل بیماری زای هوابرد در بیمارستان ها و مراکز بهداشتی درمانی را فراهم می نماید. از جمله اهداف دیگر این راهنما کنترل های عوامل محیطی برای مدیریت بیماری های عفونی هوابرد می باشد.

۳– دامنه کاربرد

راهنمای کشوری تهویه بیمارستانی برای کاهش خطرات بیماری های منتقله از طریق هوا در بیمارستانها و سایر مراکز ارائه دهنده خدمات بهداشتی درمانی به کار می‌رود.

۴– اصطلاحات و تعاریف

تهویه

فراهم نمودن هوای سالم و بهداشتی در داخل اتاق یا بخش برای تنفس می باشد. که هدف آن

رقیق کردن آلودگی ها در داخل ساختمان با هوای تمیز و فراهم نمودن میزانی از جریان هوا برای تغییر هوا در اتاق می باشد.

انتقال از طریق هوا[1]

سرایت بیماری در اثر انتشار قطرات بسیار ریز زمانی ایجاد می شود که عامل عفونت به مدت زمان زیـادی و فاصله زیادی در هوا معلق باشـد. انتقال از هوا می تواند به ۲ دسـته اختیاری و اجباری گروه بندی شود:

- انتقال اجباری شـامل عوامل بیماری زایی اسـت که فقط توسـط قطرات ریز در شرایط طبیعی منتقل می شود (مانند سل ریوی)
- انتقال اختیاری شـامل عوامل بیماریزایی اسـت که می تواند عفونت را توسط راهها و مسیرهای چندگانه و مختلف ایجاد نماید، اما عمدتاً توسـط قطرات بسـیار ریز منتقل می شود (مثل سرخک و آبله مرغان)

اقدامات احتیاطی در برابر بیماریهای هوابرد[2]

شامل یک سری از مداخلات (اقدامات) برای کاهش انتشار عفونت های هوابرد از جمله جایگزینی بیمار در یک بخش با تهویه مناسب، کنترل منبع (مانند ماسک های طبی) در زمان انتقال بیماران از بخش ایزوله، اسـتفاده از ماسـک های تنفسی (مانند N95) برای کارکنان بیمارستان است. این اقدامات برای همه عفونت های هوابرد پیشنهاد می گردد در مواردی مانند سل ریوی باید اقدامات جداگانه ای انجام گردد.

تعویض هوا در ساعت[3]

یک تعویض هوا زمانی رخ می دهد که حجم هوای وارد شـده یا خارج شـده از اتاق معادل با حجم اتاق باشـد. در شـرایط ایده آل اختلاط، ذرات منتقله از هوا با هر تعویض هوا (۱ACH) ۶۳ درصد حـذف می گردند و تعویض هوای دوم ۶۳ درصد باقیمانـده را حذف می نماید. متعاقباً افزایش در تغییر هوا منجر به کاهش نمایی ذرات بسیار ریز می گردد. برای اتاقی با ابعاد ۲×۳×۴ متر در صورت تهیه ۴۰ لیتر در ثانیه هوای تازه، ۶ بار تعویض هوا در ساعت انجام خواهد گردید.

[1] Air borne transmitted
[2] Airborne precautions
[3] Air changes per hour(ACH)

قطرات (هسته های) بسیار ریز[1]

باقیمانده خشک از قطرات با قطر کمتر از ۵ میکرون. مایکوباکتریوم توبرکلوزیس توسط ذرات که به نام هسته های ریز منتقل می شود، که می تواند از طریق سرفه، عطسه، فریاد و آواز خواندن شخص مبتلا به سـل ریوی، ایجاد گردد. ذرات دارای قطر ۱ الی ۵ میکرون می باشـند. جریان طبیعی هوا می تواند برای مدت طولانی در هوا نگه داشته و آنها را در سرتاسر اتاق یا ساختمان منتشر نماید.

قطرات[2]

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 آلوئل ها نمی رسند.

اتاق ایزوله تنفسی[3]

اتاقی با تغییرات هوا برابر یا بیش از ۱۲ بار در سـاعت و جهت کنترل شـده جریان هوا اسـت. یک اناق ایزوله تنفسـی در صورت رعایت نکات لازم می تواند بطور طبیعی یا مکانیکی تهویه شـود، از این اتاق در عفونت های هوابرد نظیر ابتلا به بیماری سل استفاده می گردد.

فیلتراسیون هپا[4](فیلتراسیون ذرات هوا با راندمان بالا)

صافی نوع خشـک و دور انداختنی اسـت که در یک قاب محکم و مقاوم قرار گرفته و دارای واسطه جمع آوری گسترده است. در مقابل ذرات دی اکتیل فتالات که دارای قطر ۰/۳ میکرون یا بزرگتر داشـته دارای حداقل بازدهی ۹۹/۹۷ درصد اسـت، بنابراین آئروسـل های تنفسی را از هوا حذف نموده و کیفیت هوا را افزایش می دهد.

اتاق فشار منفی[5]

اختلاف در فشـار هوا بین ۲ بخش می باشـد. اتاقی که تحت فشار منفی است فشار کمتری نسبت به بخش مجاور دارد، که از جریان هوا به بیرون اتاق ها و بخش های مجاور جلوگیری می نماید.

---

[1] Droplet nuclei
[2] Droplets
[3] Airborne isolation room
[4] HEPA filtration
[5] Negative pressure room

اتاق فشار مثبت[1]

اختلاف در فشار هوا بین ۲ بخش یا اتاق می باشد. اتاقی که تحت فشار مثبت است فشار بیشتری نسبت به بخش مجاور دارد، که از جریان هوا به داخل اتاق جلوگیری نماید.

تهویه طبیعی

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

تهویه مکانیکی

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

تهویه ترکیبی

سیســتم تهویــه ترکیبی از تهویــه مکانیکی و طبیعی اســتفاده می نماید. فرصتی بــرای انتخاب مناسب ترین حالت تهویه براساس شرایط فراهم می نماید.

ماسک تنفسی

نوع خاصی از ماســک بــا توانایی فیلتر کردن ذرات برای پیشــگیری از تنفس هســته ریز قطرات عفونی می باشــد. ماســک N95 باید راندمان حذف ۹۵ درصد از ذرات (فاقد هرگونه روغن) با قطر ۰/۳ میکرون را داشته باشد.

تهویه مطبوع[2]

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

۵– تهویه

تهویــه بیمارســتانی عبارت از ورود هوای تازه و پاک و انتشــار آن در داخــل بخش ها و اتاق های

[1] Postive pressure room
[2] Air Conditioning

بیمارســتان با هدف فراهم نمودن هوای ســالم برای تنفس بیماران و پرســنل، کاهش غلظت مواد آلاینده تولید شده در داخل بیمارستان و نیز خروج این آلاینده ها از بیمارستان می باشد. به نحوی که مانع از گسترش عفونت های منتقله از هوا بین بیماران و یا پرسنل و همچنین مانع از گسترش این عفونت ها به خارج از بیمارســتان گردد. موثرترین روش کنترل آلاینده ها، بو و آلودگی هوای داخل از طریق تهویه می باشد که به کنترل همزمان تعدادی از شرایط ذیل نیاز دارد:

۱) میزان تغییر هوا
۲) گرادیان فشار متناسب با کلاس ایزوله
۳) نسبت توزیع هوا در قسمتی که هوا تصفیه می شود.
۴) فیلتراسیون هوا با راندمان بالا
۵) کنترل دقیق درجه حرارت و رطوبت (۱)

خطر عفونت از طریق مســیر هوابرد تابعی از غلظت ذرات می باشــد، با کاهش غلظت ذرات شانس عفونت و بنابراین تعداد بیماران آلوده شده کاهش می یابد.

چهار فاکتور اصلی که بر غلظت ذرات اطراف شخص بیمار در اتاق تاثیر می گذارد عبارتند از:

۱) با افزایش میزان تولید ذرات در اتاق غلظت ذرات نیز افزایش می یابد.
۲) نسبت تأمین هوا از بیرون و مقدار هوای خروجی که به اندازه اتاق مرتبط است.
۳) سطح فیلتراسیون هوا تأمین شده که بر توانایی سیستم تهویه در رقیق سازی غلظت ذرات هوای اتاق تأثیر می گذارد.
۴) تلاطــم و حــرکات هوا در اتاق می تواند ذرات را انتقال دهد تا آنجاییکه توزیع هوا بر غلظت در هر اتاق تأثیر می گذارد.

جهت کنترل های مهندسی یا جلوگیری از گسترش آلودگی منتقله از هوا روش های ذیل پیشنهاد می گردد:

۱) تهویه عمومی
۲) تمیز کردن هوا (فیلتراسیون اولیه و ثانویه)
۳) تهویه با تخلیه موضعی (کنترل منبع)

۵-۱ اجزاء اصلی تهویه

بطور کلی تهویه دارای ۳ جزء اصلی می باشد:

الف) میزان تهویه: مقدار و کیفیت هوایی اســت که به داخل ســاختمان وارد و یا از آن خارج شده است.

ب) جهت جریان هوا

ج) الگوی انتشار: جهت کلی جریان هوا در ساختمان باید از محیط های تمیز به سمت محیط آلوده تر باشد. هوای تمیز باید به طریق موثر وارد هر بخش از بیمارستان شده و آلاینده های تولید شــده در هر بخش را به نحو موثری خارج نماید، بگونه ای که مانع از انتشــار عفونت های منتقله از هوا بین بیماران، پرسنل و بخش های مختلف بیمارستان گردد.

سه روش اصلی مورد استفاده برای تهویه بیمارستان عبارتند از: ۱) تهویه طبیعی ۲) تهویه مکانیکی ۳) تهویه ترکیبی (۱).

۵-۱-۱ تفاوت تهویه در مراکز بهداشتی و درمانی و سایر ساختمانها

تفاوت های اساسی تهویه مراکز بهداشتی- درمانی و ساختمان های دیگر عبارتند از:

۱) نیاز به محدود کردن حرکت هوا در داخل و بین بخش های مختلف (بدون حرکت متقابل).

۲) نیازمنــدی هــا و مقررات ویژه برای تهویه و فیلتراســیون به منظــور ترقیق و کاهش آلودگی به شــکل بو، میکروارگانیســم ها و ویروس های هوابرد و مواد شــیمیایی خطرناک و مواد رادیواکتیو می باشد، راندمان تهویه برای نگهداری مناسب کیفیت هوای داخل در بیمارستان خیلی مهم می باشد.

۳) نیاز به رطوبت و دمای متفاوت برای بخش های مختلف و کنترل صحیح شرایط محیطی

۴) پیچیدگی طراحی برای به حداقل رســاندن خطر انتقــال پاتوژنهای هوابرد و نگهداری یک محیط سالم برای بیماران و کارکنان می باشد.

بــا توجــه به موارد فوق مراکز بهداشــتی و درمانی نیازمند مقادیر زیــادی از هوای بیرون با تصفیه قابل توجه، از جمله خنک ســازی، حذف رطوبت، گرم نمودن مجدد، مرطوب سازی و فیلتراسیون می باشند(۳).

۵-۲ ارتباط بین تهویه و عفونت های منتقله از هوا

هزینه عفونت های بیمارســتانی در ایالات متحده آمریکا ســالانه ۴ تا ۵ میلیارد دلار برآورد شــده

اســت. در بعضی از منابع تخمین زده شــده اســت که ۱۰ درصد از عفونت های بیمارستانی هوابرد هســتند، همچنین بعضی از منابع نشــان می دهد که ۱۶ درصد از عفونت های بخش مراقبت های ویژه در نتیجه انتقال پاتوژنهای هوابرد می باشد(۱۱).

سالانه بین۲ الی ۴ میلیون عفونت بیمارستان در جهان اتفاق می افتد که منجر به ۲۰ تا ۸۰ هزار مرگ می گردد. بنابراین تهویه ناکافی میزان سرایت بیماری را افزایش می دهد.

عوامل زیادی بر تعداد باکتریها و ســایر میکروارگانیســم ها در بیمارســتان موثر می باشند. بعنوان مثال تعداد افراد در اتاق عمل بر شــمارش باکتریهای هوابرد موثر می باشــد. یک فرد در هر دقیقه بســته به میــزان فعالیت می تواند ۳۰۰۰ تــا ۵۰۰۰۰ میکروارگانیســم را وارد هوای پیرامون خود نماید. بطورکلی ۷۵ درصد از میکروب ها پتانســیل انتقال از طریق هوا را دارند، بیشــتر عفونت ها در بیمارســتان نتیجه ای از ونتیلاتورهای آلوده شــده و لوله گذاری یا تماس مســتقیم می باشند. میکروارگانیســم های جدا شــده از هوای بیمارســتان عمدتاً شامل اســتافیلوکوکوس اپیدرمیس، اســتافیلوکوکوس همولیتکــوس، گونه هــای انتروکوکــوس، انتروباکتر، گونه های ســودوموناس، میکروکوکوس، کورینه باکتریوم فســیالیس، مایکو باکتریوم توبرکلوزیس، روبوئولا ویروس، واریسلا زوستر می باشد.

اســتافیلوکوک آرئوس مقاوم به متی سیلین اصلی ترین پاتوژن عامل عفونت بیمارستانی جدا شده اســت. منبع اصلی اســتافیلوک آرئوس در بیمارســتانها زخم های عفونی می باشد. ویروس عامل سندروم تنفسی حاد سارس (SARS)، یکی از خطرناکترین عوامل عفونت بیمارستانی برای پرسنل بیمارســتان می باشد، اپیدمی های سارس عمدتاً یک هفته بعد از پذیرش بیماران مبتلا به سارس و قبل از ایزوله شــدن فرد در بیمارســتان ایجاد می شود. با توجه به احتمال گسترش عفونت های هوابرد در زمان اجرای پروژه های بازسازی در بیمارستان استفاده از فیلتراسیون منطقه ای ضروری می باشد(۲،۱۱).

۵-۲-۱ عوامل موثر بر عفونت های منتقله از طریق هوا

انتقــال عفونــت از طریق هوا با انتشــار قطرات کوچک و انتقال آن به مســافت (فواصل) طولانی از بیماران عفونی رخ می دهد. جهت انتقال عوامل بیماریزایی که از طریق ذرات بسیار ریز انتشار پیدا می کنند چندین شرط ضروری وجود دارد که عبارتند از:

۱) وجود عوامل بیماریزای پایدار در داخل قطرات در منبع عفونت

۲) قابلیت زنده ماندن عوامل بیماریزا در داخل قطره بعد از پرتاب شدن از منبع و دوام آن پس از مواجهه با موانعی نظیر: حرارت، تبخیر، اشعه ماوراء بنفش، خشکی

۳) وجود حداقل دوز آلوده کنندگی جهت ایجاد عفونت در میزبان حساس (جدول ۳)

۴) مواجهه با یک میزبان حساس

عوامل عفونی که ممکن است از طریق هوا به مسافت های زیاد پراکنده شده و سایر افراد حساس را نیز آلوده نمایند در جدول ۱ آورده شده است.

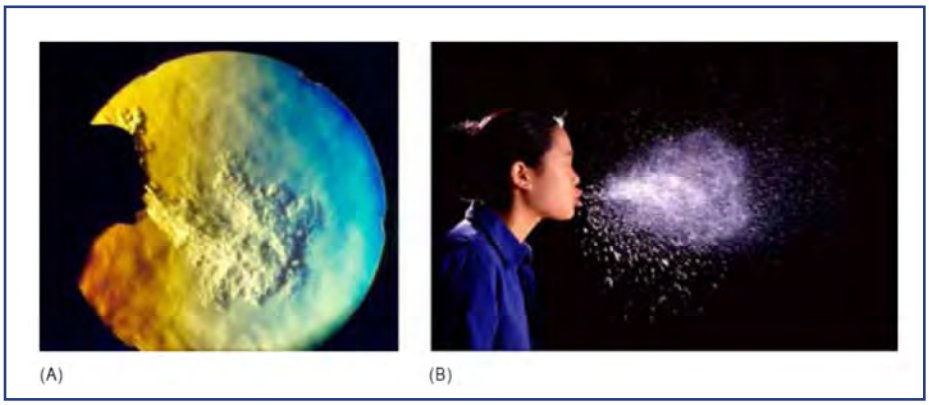
۳-۵ روش های انتقال بیماری های منتقله از طریق هوا (هوابرد)

انواع عفونت های منتقله از هوا در میزبان های حساس می تواند نتیجه ای از مواجهه بالینی با میکروارگانیسم های منتشر شده در هوا باشند. در زمانی که مخازن محیطی (خاک، آب، گرد و خاک و مواد آلی فاسد شده) از طریق یکی از روشها از جمله (افراد، جریان هوا، آب، مواد ساختمانی و تجهیزات) وارد بیمارستان و مراکز بهداشتی و درمانی گردیده، میکروارگانیسم های وارد شده می تواند در محیط داخل از جمله درزها، تکثیر یافته و متعاقباً در هوا منتشر و به عنوان منبع عفونت های منتقله از هوا در این مراکز بهداشتی و درمانی باشند.

مواجهه با میکروارگانیسم ها در قطرات (به عنوان مثال از طریق آئروسل های دهانی و ترشحات بینی بیماران عفونی) به عنوان یکی از روشهای انتقال مستقیم می باشد.

در زمان عطسه و سرفه ابری از قطرات با اندازه ذرات بزرگتر از ۵ میکرون ایجاد می گردد (شکل ۱) که منجر به در معرض قرار گرفتن بالقوه افراد حساس در فاصله کمتر از ۳ فوت (۱ متر) می گردد. ویروس آنفلونزا، رینو ویروس، آدنو ویروس نمونه هایی از پاتوژنهایی هستند که از این روش منتشر می شوند. از آنجایی که این عوامل عمدتاً، به طور مستقیم منتقل می شوند، همچنین قطرات نیز به علت وزنشان تمایل به سقوط از هوا (ته نشینی) را دارند، لذا اقدامات انجام شده برای کنترل جریان هوا در یک مرکز بهداشتی درمانی (مانند استفاده از اتاق های فشار منفی) برای جلوگیری از گسترش بیماری های ناشی از این عوامل تعیین کننده نبوده و کارایی چندانی ندارد(۲).

عطسه ممکن است باعث انتشار ۴۰ هزار قطره ریز با قطر بین ۰/۵ الی ۱۲ میکرون گردد، که با سرعت تا ۱۰۰ متر بر ثانیه از بینی خارج می شوند(۱). در حالیکه سرفه حدود ۳ هزار قطره بسیار ریز ایجاد می کند. تقریباً همین تعداد قطره در طی ۵ دقیقه صحبت کردن بوجود می آید. شکل ۱ انتشار ذرات ریز در هنگام عطسه و سرفه را نشان می دهد.



شکل ۱- انتشار قطرات ریز در هنگام سرفه (سمت چپ) در هنگام عطسه (سمت راست)(۱)

گسترش بیماریهای عفونی منتقله از طریق هوا از طریق قطرات ریز شکلی از 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:

۱) حاوی میکروارگانیسم های زنده بالقوه باشند.

۲) بوسیله پوششی از ترشحات خشک محافظت گردند.

۳) بطور نامحدود در هوا معلق بمانند.

۴) به مسافتهای طولانی منتقل 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 منبع پرتودهی باقی می مانند.

میکروارگانیسم های بیماریزا که می توانند از طریق هسته های ریز منتقل شوند عبارتند از مایکوباکتریوم توبرکلوزیس، ویروس زونا (VZV[1]) ، ویروس سرخک (بعنوان مثال روبلا)، ویروس آبله مرغان (به عنوان مثال وارویلا ماژور)(۲).

چندین عامل بیماریزای محیطی که دارای چرخه حیاتی مشابه و از لحاظ اندازه با قطره ریز مشابه هستند نیز ممکن است رفتار مشابهی در هوا نشان دهند. از جمله اسپورهای آسپرژیلوس فومیگاتوس که دارای قطر ۲ الی ۳/۵ میکرون می باشند. این اسپورها با سرعت ته نشینی ۰/۰۳ سانتیمتر در ثانیه (یا حدود ۱ متر در ساعت) در هوا معلق بوده و در برابر خشکی مقاومند

[1] Varicella Zoster Virus

و می توانند به مسـافت های دورتری از منبع انتشـار منتقل شوند(۴). روشهای انتقال از طریق هوا عبارتند از:

۵-۳-۱ انتقال ازطریق قطرات

در زمانـی که فرد مبتلا به بیمـاری عفونی، قطرات را تولید و میکروارگانیسـم ها از طریق هوا در مسـافت کوتاه (کمتر از یک متر) به جلو رانده شـده و بر روی غشـاء چشم و مخاط بینی و دهان یک میزبان ته نشین می گردد، انتقال از طریق قطرات رخ می دهد. این قطرات مدت زمان زیادی بصـورت معلق در هوا باقی نمی مانند، بنابراین تهویه و جابجایی ویژه هوا برای جلوگیری از انتقال این قطرات کارایی ندارد (انتقال قطرات با انتقال از طریق هوا اشـتباه نشـود). به عنوان مثال یک شـخص سرما خورده، بوسیله عطسـه کردن، قطرات زیادی را تولید می نماید. روشهای تشخیصی و درمانی مورد اسـتفاده در بیمارسـتان از جمله ساکشن برونسکوپی منبع تولید دیگری از قطرات در بیمارسـتان می باشـد که در این موارد باید احتیاط های لازم برای جلوگیری از انتقال از طریق قطرات انجام گردد.

۵-۳-۲ انتقال از طریق هوا

انتقال از طریق هوا به ۲ روش انتقال از طریق هسته قطرات منتقله هوا یا انتقال ذرات گرد و غبار حاوی عوامل عفونی رخ می دهد که در ادامه آورده شده است:

الف: 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 ویروسـها و باکتریها از دسـتگاه 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.

ب: گرد و غبار

گرد و غبار آلوده به عوامل عفونی با قدرت ماندگاری بالا در هوا، به عنوان یک مخزن باعث شـیوع عفونت در محیط بیمارستان می شوند. همچنین گرد و غبار ایجاد شده از خلط خشک شده، همراه

با ترشحات عفونی موجود در هوا منجر به آلودگی هوای بیمارستان می گردد(۲).

۵-۴ میکروارگانیسم های منتقله از هوا در بیمارستان

در جدول ۱ میکروارگانیسم های منتقله از هوا (قارچ ها، باکتریها و ویروسها) که در مراکز بهداشتی و درمانی ایجاد اپیدمی نموده اند و همچنین میکروارگانیسم هایی که فقط بصورت موردی گزارش شده اند آورده شده است. همچنین در جدول ۳ عوامل بالقوه منتقله از هوا که باعث عفونت بیمارستانی گردیده و تعداد موارد بیماری و حداقل تعداد لازم برای ایجاد عفونت آورده شده است.

جدول۱- میکروارگانیسم های منتقله از طریق هوا(۲)

	قارچ	باکتری	ویروس
گزارشات متعدد از مراکز بهداشتی درمانی	گونه های آسپرژیلوس، موکورالس (گونه های رایزوپوس)	مایکو باکتریوم توبرکلوزیس	سرخک (روبلا)، ویروس زونا
گزارشات موردی از مراکز بهداشتی درمانی	آکرومونیوم، فوزاریوم، پسودو آلشریا بوئیدی، گونه سودوسپوریدیوم، اسپورتریکس سیانسیس	گونه های اسینتوباکتر، گونه های باسیلوس، گونه های بروسلا**، استافیلوکوکوس آرئوس، استرپتوکوکوس گروه A	ویروس آبله مرغان (واریلا)، ویروس های آنفلونزا، آدنو ویروس ها، نورواک ویروس
منتقله از هوا در طبیعت: (گزارشی از انتقال توسط هوا در مراکز بهداشتی درمانی موجود نیست)	کوکسیدوئیس ایمیتس، گونه های کریپتو کوکوس، هیستوپلاسما کپسولاتوم	کوکسیلا بورنتی (تب Q)	هانتا ویروس، لاسا ویروس، ابولا ویروس

* این لیست میکروارگانیسم هایی منتقله از آئروسل های تولیدی از آب را شامل نمی گردد.

** مدارک و مستندات نشان دهنده انتقال آن از طریق هوا در آزمایشگاهها می باشد نه در بخش های مراقبت از بیمار

۵-۴-۱ قارچ های منتقله از طریق هوا

۵-۴-۱-۱ گونه های آسپرژیلوس

گونه های آسپرژیلوس، بیماریزای اصلی در بیمارستان ها بوده که انتقال آنها در شرایط محیطی مرطوب و گرد و غباری در بیمارستان رخ می دهد. گونه های آسپرژیلوس قارچ هوازی می باشند که در خاک، آب و سبزیجات در حال فساد وجود دارند. از طرفی این ارگانیسم به خوبی در هوا، گرد و غبار و رطوبت موجود در تاسیسات بهداشتی درمانی نیز باقی می ماند. حضور آسپرژیلوس در محیط

بیمارستان یک فاکتور مهم برای وجود آسپرژیلوس تهاجمی فرصت طلب در بیمارستان می باشد. مکان های در حال ساخت و یا بازسازی می توانند گرد و غبار آلوده شده به آسپرژیلوس را منتشر و باعث شیوع اسپورهای قارچی در بیمارستان گردند. بیشتر موارد آسپرژیلوزیس بوسیله آسپرژیلوس فومیگاتوس، یک قارچ ترموفیلیک که در دمای ۱۲ الی ۵۳ درجه سانتیگراد رشد می نماید، ایجاد می گردد. دمای مطلوب برای رشد آن ۴۰ درجه سانتیگراد می باشد(۵).

۵-۴-۱-۲ قارچهای فرصت طلب

گونه هایی از دسته موکورالس (به عنوان مثال گونه های رایزوپوس) و کپک های مونیلیا (به عنوان مثال گونه های فوزاریوم و پنیسیلیوم) دیگر قارچ های فرصت طلبی هستند که بعضی از مواقع می توانند باعث عفونت در بیمارستان ها گردند (جدول ۲). اکثر این قارچها می توانند در محیط مرطوب رشد کنند. بعضی از این قارچها (مانند فوزاریوم و پسودو آلشریا) به عنوان پاتوژنهای منتقله از هوا می باشند.

عفونت های ناشی از کریپتوکوکوس نئوفورمانس، هیستوپلاسما کپسولاتوم می توانند به علت نقص در اجزاء تجهیزات تامین هوا، وارد سیستم تهویه گردیده و ایجاد بیماری کنند. شواهد نشان می دهد که قارچ پنوموسیستیس کارینی، ممکن است از طریق هوا و انتقال شخص به شخص ایجاد بیماری نماید(۲،۵).

جدول ۲- قارچهای بیماریزای با منشاء محیطی در بیمارستانها و مراکز بهداشتی درمانی (۲).

گونه قارچ	مسیر انتقال محیطی
آسپرژیلوس	عملکرد نامناسب سیستم تهویه، * فیلترهای هوا، چارچوب فیلتر هوا، جریان برگشتی هوای آلوده، + آلودگی هوای خروجی، سقف های کاذب، احداث ساختمان (ساخت و ساز)، پنجره های باز، جارو برقی بیمارستان، آسانسور، دیوارها، واحد آشپزخانه، غذا، گیاهان زینتی
رایزپوس	فیلتر هوا، سقف کاذب
پنیسیلیوم	پوسیدگی چوب کابینت، عایق های فایبر گلاس مجرای تهویه، فیلترهای هوا، بی حس کننده های موضعی
آکرومونیوم	فیلترهای هوا
کلادسپوریوم	فیلترهای هوا

* نتایج چندین مطالعه نشان می دهد که مدفوع پرندگان مانند کبوتر باعث انتشار آسپرژیلوس، کریپتوکوکوس و گونه های هیستوپلاسما در بیمارستان شده است(۲)

+ طبق استاندارد انجمن معماران آمریکا برای ساختمان بیمارستانهای جدید یا بازسازی شده باید: الف) خروجی هوای آلوده حداقل ۷/۵ متر با محل ورودی هوا فاصله داشته باشد ب) کف کانال ورودی هوای بیرون در سیستم های تهویه مطبوع باید ۱/۸ متر بالاتر از سطح زمین یا یک متر بالاتر از سطح سقف باشد پ) کانال خروجی هوای مناطق آلوده بالاتر از سطح سقف و بگونه ای تنظیم شود که این هوای آلوده حداقل بازچرخش را به داخل ساختمان بیمارستان داشته باشد(۲،۶).

۵-۴-۲ باکتری های منتقله از طریق هوا

۵-۴-۲-۱ مایکو باکتریوم توبرکلوزیس

مایکوباکتریوم توبرکلوزیس عامل بیماری سل بوسیله قطرات (هسته) ریز ایجاد شده در زمان عطسه، سرفه، صحبت کردن افراد (عمدتاً بزرگسالان و نوجوانان) مبتلا به سل ریوی منتقل می گردد، جریان طبیعی هوا می تواند این ذرات منتقله از هوا را برای مدت زمان طولانی حفظ نموده و آنها را در سرتاسر اتاق یا ساختمان منتشر نماید. عمدتاً انتقال آن از طریق قطرات ریز با اندازه ۱ تا ۵ میکرون هوا می باشد، و شامل گونه های مایکوباکتریوم بویس و آفریکانوم نیز می باشد(۲،۷).

۵-۴-۲-۲ استافیلوکوکوس آرئوس

کوکسی گرم مثبت (مانند استافیلوکوکوس آرئوس، استرپتوکوک بتا همولیتیک گروه A) از جمله پاتوژنهای بیماریزا در بیمارستان ها هستند که به غیر فعالسازی از طریق خشکی مقاوم بوده و در محیط و بر روی سطوح به مدت زمان زیادی باقی می مانند. این ارگانیسم ها می توانند از طریق افراد نیز به داخل هوا منتشر گردند. حدود ۱۰ درصد از ناقلین سالم استافیلوک آرئوس را به داخل هوا منتشر می نمایند(۷).

۵-۴-۲-۳ استرپتوکوک های بتا همولیتیک

بروز عفونت های محل جراحی ناشی از استرپتوکوک های بتا همولیتیک گروه A می تواند از طریق هوا و از اشخاص به بیماران در اتاق عمل باشد. در این وضعیت گونه عامل شیوع می تواند از روش پلیت در اتاق عمل تشخیص داده شود(۲،۷).

۵-۴-۲-۴ باسیلوس

باکتری گرم مثبت باسیلوس منتقله از هوا قادر به ایجاد اسپور در شرایط نامطلوب می باشند. شیوع و شبه شیوع نسبت داده شده به باسیلوس سرئوس در بخش های زنان و زایمان، مراقبت های ویژه، واحد برنکوسکوپی بیمارستان می باشد(۲،۸).

۵-۴-۲-۵ اسینتو باکتر

باکتریهای گرم منفی برای دوام و رشد به محیط های مرطوب نیاز داشته و بندرت همراه با انتشار از طریق هوا می باشند. گونه استثناء در این مورد اسینتو باکتر بوده که قابلیت تحمل شرایط خشکی را دارد(۲).

۵-۴-۲-۶ لژیونلا

آئروسل های تولیدی از دوش های حمام و شیرها ممکن پتانسیل انتقال لژیونلا و دیگر باکتریهای گرم منفی منتقله از طریق آب (نظیر پسودوموناس آئروژینوزا) را داشته باشند. در صورت مواجهه با این ارگانیسم ها از طریق استنشاق مستقیم نیز ایجاد بیماری می گردد(۲).

۵-۵ ویروس های منتقله از طریق هوا (هوابرد)

بعضی از ویروسهای انسانی از طریق قطرات آئروسل از شخصی به شخص دیگر منتقل می شوند. اما تعداد بسیار کمی از ویروسها بطور دائم از طریق هوا منتقل می گردند، عفونت های ناشی از واریسلا زوستر به تعداد زیادی در مراکز بهداشتی و درمانی ثبت شده اند. اپیدمی های منتسب به ویروس های منتقله از طریق هوا نیز به تعداد کمی از عوامل ویروسی محدود می گردد. برخی از شواهد نشان می دهد که قطرات ریز نقش موثری در انتقال پاتوژن های تنفسی (به عنوان مثال آدنو ویروس ها) نیز ایفاء می نمایند(۲).

روشهای کنترل عفونت مورد استفاده برای پیشگیری از انتشار این بیماریهای ویروسی در مراکز بهداشتی درمانی عمدتاً شامل ایزوله کردن بیماران، واکسیناسیون افراد مستعد و درمان ضد ویروسی بجای اقدامات لازم برای کنترل جریان هوا و یا کیفیت مناسب هوا می باشد(۲،۹).

ویروس هایی که روش اصلی انتقال آنها از طریق قطرات است بندرت عامل عفونت فراگیر از طریق مسیر هوابرد می باشند. فاکتورهای موثر بر انتشار هوابرد این ویروسها ناشناخته است. انتقال هوابرد سرخک در مراکز بهداشتی درمانی ثابت شده است. بعضی از شواهد انتقال هوابرد ویروس

آنفلونزا بوسیله قطرات ریز را در خانه های سالمندان و به تعداد کمتری شیوع این ویروس در سایر واحدهای پزشکی، بخش نوزادان، بخش مراقبت های ویژه و... را نشان می دهد(۲).

بعضی از شـواهد نیز نشـان دهنده انتقال ویروس های روده ای از طریق هوا می باشـد. همچنین اپیدمی از عفونت نورواک ویروس از طریق هوا ثبت شده است. ویروس آبله مرغان یک عامل بالقوه بیوتروریسـم، عمدتاً از طریق تماس مسـتقیم با قطرات عفونی منتشر می گردد. اما این ویروس از طریق هوا نیز می تواند منتقل می گردد.

انتقال از طریق هوا ممکن اسـت در انتشـار طبیعی هانتا ویروس و ویروس های خونریزی دهنده (مانند ابولا، لاسـا) نقش ایفا نماید. اما مدارک و شـواهدی برای انتشار این عوامل در بیمارستانها و مراکز بهداشـتی درمانی از طریق هوا وجود ندارد. البته هانتا ویروس از طریق آئروسـل های ایجاد شـده از مدفوع جوندگان نیز می تواند منتقل گردد. تب زرد نیز به عنوان یک عامل تب خونریزی دهنده ویروسـی با قابلیت تولید آئروسـل بالا اسـت که انتقال این ویروس در بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی هنوز گزارش نشده است(۲،۱۰).

۵-۵-۱ بیماری تب خونریزی دهنده و کنترل آن

بیماری تب خونریزی دهنده ویروسی عمدتاً بعد از مواجهه مستقیم با خون و مایعات آلوده اتفاق می افتد و با استفاده از اقدامات احتیاطی استاندارد در کنترل قطرات، از انتقال آن در اوایل دوره این بیماری باید پیشگیری گردد. اگر چه استفاده از یک اتاق فشار منفی در طول مراحل اولیه بیماری لازم نیست، اما در زمان بستری شدن در بیمارستان برای پیشگیری از انتقال بیماری مورد نیاز و الزامی است.

دسـتورالعمل کنونی مرکز کنتـرل بیماری های واگیر آمریکا[1] برای بیمـاران مبتلا به تب خونریزی دهنده با علائمی نظیر سـرفه، اسـتفراغ، اسهال یا خونریزی، اسـتفاده از اتاق ایزوله با فشار منفی به همراه اتاق انتظار (پیش ورودی) و استفاده از ماسک های طبی هپا برای افرادی که وارد این اتاق ها می گردند را الزامی نموده است(۲،۹). پیشنهاد می گردد که در کشور ایران نیز این موارد رعایت گردد. محافظ صورت یا عینک طبی برای پیشـگیری از مواجهه غشـای مخاطی با آئروسـل های عفونی در این وضعیت کمک می نماید. در صورتی که اتاق انتظار (پیش ورودی) در دسـترس نباشـد، از واحدهای فیلتر هپا قابل حمل، برای تامین هوای اضافی و تعداد گردش بیشتر هوا در اتاق می توان استفاده نمود(۲).

[1] Centers for Disease Control and Prevention (CDC)

جدول ۳- دوز عفونی عوامل عفونت بیمارستانی منتقله از هوا (۳۱،۱۱)

میکروب	نوع	دوز عفونی (تعداد)	تعداد موارد سالانه در آمریکا
ویروس آنفلونزا A	واگیر	۲۰	۲ میلیون
ویروس سرخک	واگیر	ND	۵۰۰۰۰۰
استافیلوکوکوس پنومونیا	واگیر	ND	۵۰۰۰۰۰
استافیلوکوک پیوژنز	واگیر	ND	۲۱۴۰۰۰
ویروس آبله مرغان (واریسلا)	واگیر	ND	۴۶۰۱۶
پارا اینفونزا ویروس	واگیر	ND	۲۸۹۰۰
مایکوباکتریوم توبرکلوزیس	واگیر	۱-۱۰	۲۰۰۰۰
بردوتلا پرتوسیس	واگیر	۴	۶۵۶۴
روبلا ویروس	واگیر	۱۰-۶۰	۳۰۰۰
استافیلوکوک آرئوس	واگیر	ND	۲۷۵۰
سودوموناس آئروژینوزا	غیر واگیر	ND	۲۶۵۰
کلبسیلا پنومونیا	واگیر	ND	۱۴۸۸
لژیونلا پنوموفیلا	واگیر	۱۲۹	۱۱۶۳
هموفیلوس آنفلونزا	واگیر	ND	۱۱۶۲
هیستوپلاسما کپسولاتوم	غیر واگیر	۱۰	۱۰۰۰
آسپرژیلوس	غیر واگیر	ND	۶۶۶
اسینتوباکتر	واگیر	ND	۱۴۷
کورینه باکتریوم دیفتریا	واگیر	ND	۱۰
ویروس سارس	واگیر	ND	۱۰
آدنو ویروس	واگیر	۱۵۰	ND
رینو ویروس	واگیر	۱۰۰	ND
قارچ پاراکوکسیدیودیس	واگیر	۸۰۰۰۰۰۰ اسپور	ND
مایکوپلاسما پنومونیا	واگیر	۱۰۰	ND
نیسریا مننژیتیدیس	واگیر	۱۱۰	ND
بلاستومایسز درماتیدیس	واگیر	۱۱۰۰۰ اسپور	ND
کریپتوکوکوس نئوفورمانس	واگیر	۱۰۰۰ مخمر	ND
کوکساکی ویروس	واگیر	۶۷	ND

۶- انواع سیستم های تهویه در بیمارستان

هدف تهویه تهیه هوای سالم برای تنفس، کاهش غلظت مواد آلاینده تولید شده در داخل بیمارستان و خروج آلاینده ها می باشد. با افزایش تعویض هوا به میزان دو برابر، غلظت ذرات هوابرد در هوا نیز به نصف کاهش می یابد. بهبود تهویه در مراکز بهداشتی و درمانی در پیشگیری از انتقال

عفونت های هوابرد ضروری و قویا توصیه می گردد(۳۰).

اجزاء اصلی تهویه بیمارستانی عبارتند از:

۱) **میزان تهویه**: مقدار و کیفیت هوای بیرون که به داخل بیمارستان وارد می شود.

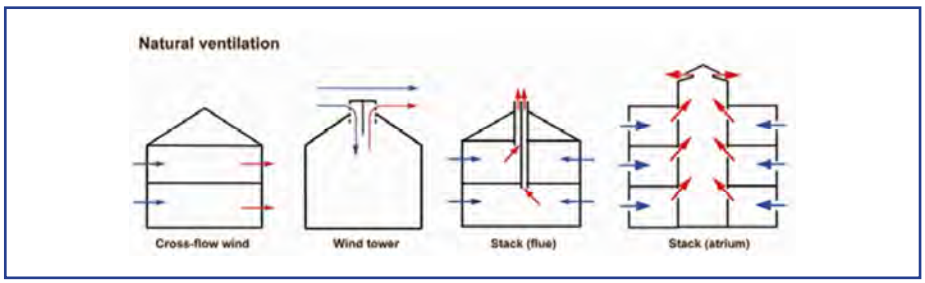
۲) **جهت جریان هوا**: جهت کلی جریان هوا در بیمارستان است که باید از بخش های تمیز به سمت بخش های آلوده باشد.

۳) **انتشار هوا یا الگوی جریان هوا**: هوای بیرون باید به طریق موثر وارد هر بخش از بیمارستان گردیده و آلاینده های تولید شده در هر بخش بیمارستان به نحو موثری خارج گردند.

موارد استفاده، مزایا و معایب سه نوع سیستم تهویه متداول بیمارستان شامل تهویه طبیعی، مکانیکی و ترکیبی در جدول ۴ آورده شده است.

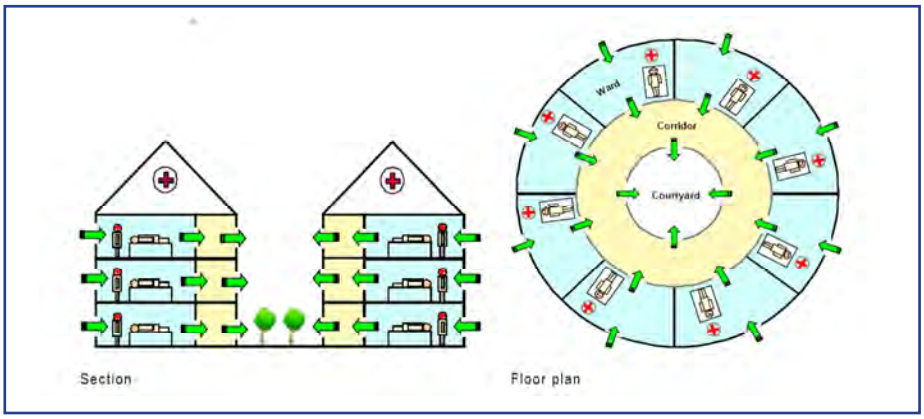
۶-۱ تهویه طبیعی

نیروهای طبیعی (به عنوان مثال باد و نیروی شناوری حرارتی به علت اختلاف چگالی هوای داخل و بیرون) هوای بیرون را از طریق پنجره ها، درب ها، نورگیرها و هواکش ها به داخل ساختمان و همچنین هوای داخل را به خارج ساختمان بیمارستان هدایت می نمایند. میزان استفاده از تهویه طبیعی در بیمارستان به آب و هوا، نقشه ساختمان و رفتار اشخاص ساکن در بیمارستان بستگی دارد. شکل ۲، روشهای مختلف تهویه طبیعی و شکل ۳، نحوه جانمایی اتاق ها برای استفاده از حداکثر تهویه طبیعی در بیمارستان را نشان می دهند. بیشترین تهویه طبیعی در زمانی که پنجره ها در ۲ طرف اتاق باز باشند فراهم می گردد. مشکل اصلی تهویه طبیعی بستن پنجره ها در زمان شب و هوای سرد توسط همراهان بیماران می باشد. استفاده از انواع فن های اختلاط از جمله سقفی یا اگزوز فن هایی تعبیه شده در پنجره ها فقط در زمان تامین میزان کافی هوای بیرون مجاز است چون در غیر اینصورت باعث انتشار بیشتر آلاینده های هوا در اتاق بیمار می گردند(۳۰).



شکل ۲- روش های مختلف تهویه طبیعی در بیمارستان(۱)

مطابق شـــکل ۲ تهویه طبیعی در بیمارســـتان می تواند از طریق اســـتفاده از پنجره ها در ۲ طرف اتاق و یا تعبیه یک کانال بزرگ در بین ۲ بخش باشـــد در صورت اســـتفاده از تهویه طبیعی برای اتاق های بیمارســـتان، جانمایی اتاق ها باید مانند شکل ۳ باشد. مطابق این شکل جانمایی اتاق ها و تخت بیمار بگونه ای اســـت که هوا از یک ســـمت وارد و از سمت دیگر خارج می شود و خروجی هوا نباید بگونه ای تعبیه شود که هوای آلوده ای که از روی یک بیمار مبتلا به عفونت هوابرد مانند ســـل عبور کرده است به سایر بخش ها منتقل و یا جهت حرکت هوا بگونه ای نباشد که این هوای عبوری تخت های مجاور را نیز در معرض عفونت های هوابرد قرار دهد بلکه باید بطور مســـتقیم به خارج اتاق هدایت گردد.



شکل ۳- جانمایی اتاق ها برای استفاده از حداکثر تهویه طبیعی در بیمارستان(۱)

۲-۶ تهویه مکانیکی

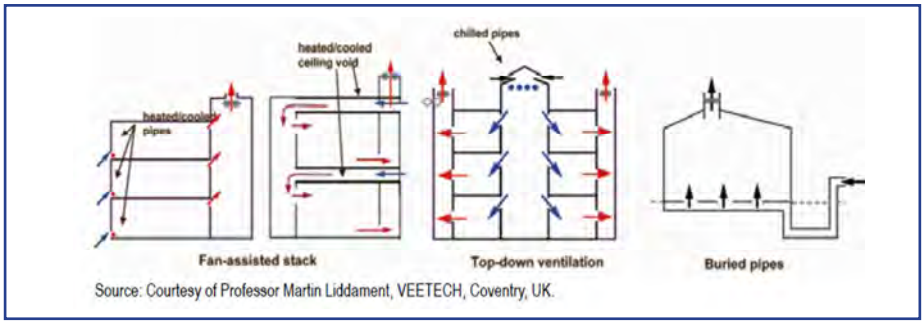
تهویه مکانیکی معمولا از طریق فن ها ایجاد می شود. فن ها می توانند بطور مستقیم در پنجره ها یا دیوارها، یا در کانال هوا برای تامین هوا یا خروج هوا از اتاق نصب گردند. تهویه مکانیکی می تواند بطور کامل کنترل شـــده و با سیســـتم های تهویه مطبوع و فیلتراســـیون ترکیب شود که در ادامه آورده شده است.

نوع سیستم تهویه مکانیکی مورد استفاده بستگی به آب و هوا دارد. در آب و هوای گرم و مرطوب نفـــوذ هوا باید به حداقل رســـیده و همچنین تقطیر را کاهش داد. در این وضعیت سیســـتم تهویه

مکانیکی فشـــار مثبت معمولا اســـتفاده 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 استفاده گردد. برای اتاق های محل تولید آلاینده مانند حمام، توالت یا آشـــپزخانه اغلب از تهویه با فشـــار منفی استفاده می گردد(۱). در اتاق ایزوله تنفسی مورد استفاده برای کنترل عفونت هوابرد در بیمارستان باید حداقل فشار منفی ۲/۵ پاسکال نسبت به راهرو حفظ گردد(۲).

۶-۳ تهویه ترکیبی

در تهویـــه ترکیبی (مرکب) جهـــت تامین میزان جریان هوای مورد نیـــاز از تهویه طبیعی همراه با تهویه مکانیکی (فن) اســـتفاده می گردد. شماتیک انواع روشـــهای تهویه ترکیبی مورد استفاده در بیمارســـتان در شـــکل ۴ آورده شـــده اســـت. در زمانی که تهویه طبیعی به تنهایی مناسب نیست، می توان از هواکش ها (فن) با قدرت مناســـب برای افزایش میزان تهویه در اتاق ها اســـتفاده گردد. این فن ها باید بگونه ای نصب گردند که هوای اتاق بطور مستقیم از طریق دیوار یا سقف به محیط بیرون تخلیه گردد. تعداد و اندازه این هواکش ها به میزان تهویه مورد نظر بستگی دارد و باید قبل از استفاده از قدرت آن اطمینان حاصل شود(۱).



شکل ۴- شماتیک انواع روشهای تهویه ترکیبی مورد استفاده در بیمارستان(۱)

اســـتفاده از هواکش ها در تهویه ترکیبی مشـــکلاتی مانند محل نصب (بخصوص برای هواکش های بزرگ)، صدا (به ویژه برای هواکش های با قدرت بالا) کاهش یا افزایش دما در اتاق و نیاز به منبع برق دائمی می باشـــد. که در صورت اختلال در دمای اتاق می توان از سیســـتم های ســـرمایش و گرمایش تکی و پنکه های سقفی با رعایت نکات لازم استفاده نمود(۱).

۶-۴ مزایا و معایب تهویه طبیعی، مکانیکی، ترکیبی

در جـدول ۴ مزایـا و معایب سیسـتم های تهویه مکانیکـی، طبیعی و ترکیبی مورد اسـتفاده در بیمارستان آورده شده است.

جدول ۴- مزایا و معایب سیستم های تهویه مورد استفاده در بیمارستان(۱)

	تهویه مکانیکی	تهویه طبیعی	تهویه ترکیبی
مزایا	مناسب برای هر نوع آب و هوا و تغییر فصل	مناسب برای آب و هوای گرم و معتدل	مناسب برای بیشتر شرایط آب و هوایی و تغییر فصل
	ایجاد محیط مطبوع (با آسایش بیشتر) و کنترل شده تر	پایین بودن هزینه های سرمایه گذاری، بهره برداری و نگهداری	صرفه جویی در انرژی
	محدوده کوچکتری از کنترل عوامل محیطی بوسیله ساکنین انجام می گردد.	توانایی تامین میزان بالای تهویه	قابلیت انعطاف پذیری بالا
		دامنه زیادی از کنترل عوامل محیطی بوسیله ساکنین قابل انجام است.	
	تهویه مکانیکی	**تهویه طبیعی**	**تهویه ترکیبی**
معایب	هزینه بالای نصب و نگهداری	به میزان زیادی تحت تاثیر آب و هوای بیرون ساختمان و نیز عملکرد ساکنین قرار می گیرد.	ممکن است گران باشد.
	در بعضی از موارد ناتوانی در توزیع هوای مورد نیاز از بیرون به داخل بخش های بیمارستان	پیش بینی، تجزیه و تحلیل و طراحی آن مشکل است.	ممکن است طراحی آن سخت تر باشد.
	عامل بالقوه ایجاد سر و صدا	در شرایط آب و هوای گرم، مرطوب یا سرد میزان راحتی را کاهش می دهد.	
		عدم توانایی در ایجاد فشار منفی در اتاق های ایزوله که البته با طراحی درست ممکن است فراهم گردد.	
		با توجه به موقعیت بیمارستان امکان ورود سر و صدا از بیرون وجود دارد.	
		استفاده از تهویه طبیعی با فن آوری بالا برخی محدودیت ها و معایب تهویه مکانیکی را دارد.	

۶-۵ تهویه مطبوع

تهویه مطبوع یکی از انواع روشـهای تهویه مکانیکی اسـت که اجزاء اصلی آن سیسـتم گرمایشی، سیسـتم سرمایشی و تخلیه هوا می باشد. سیستم تهویه مطبوع چهار عامل دما، رطوبت، سرعت و پاکی هوا را بطور همزمان کنترل می نماید. از جمله اهداف پالایش هوا تامین رفاه کلی افراد ساکن در یک مکان از جمله بیمارسـتان و همچنین از بین بردن باکتریهای موجود در هوا از جمله اتاق عمل جهت جلوگیری از عفونت های بعد از عمل می باشد.

۶-۵-۱ اصول پایه و بهره برداری از سیستم تهویه مطبوع

سیستم های تهویه مطبوع در مراکز بهداشتی درمانی با اهداف زیر طراحی می شوند:

۱) نگهداری دما و رطوبت هوا در سطح مطلوب برای پرسنل، بیماران و ملاقات کنندگان

۲) کنترل بو

۳) حذف هوای آلوده شده

۴) فراهم نمودن هوای مورد نیاز برای محافظت کارمندان و بیماران مسـتعد به پاتوژنهای بیماریزا منتقله از هوا در بیمارستان

۵) کاهـش خطـر انتقال پاتوژنهای بیماریـزای منتقله از طریق هوا از بیماران آلوده به سـایر افراد مستعد (۲،۴).

یک سیسـتم تهویه مطبوع شامل یک ورودی و خروجی؛ فیلترها؛ فرایندها یا مکانیسم های اصلاح رطوبت (کنترل رطوبت در تابستان، حذف رطوبت در زمستان)؛ تجهیزات سرمایش و گرمایش؛ فن، اگزوز هوای خروجی؛ کانال؛ دیفیوزر برای توزیع مناسب هوا می باشد(۲).

کاهـش عملکـرد تجهیزات تهویه مطبوع از جملـه عدم کارایی فیلتر، عایق نامناسـب و نگهداری ضعیف باعث افزایش انتشار عفونت های منتقله از هوا در بیمارستان می گردد(۲).

۶-۵-۱-۱ سیستم تهویه مطبوع مرکزی

هـوای وارد شـده به سیسـتم توزیع پس از تنظیم دمـا و رطوبت از مجموعـه ای از فیلترها برای پاکسازی بیشتر عبور داده شده و در بخش های مختلف توزیع می شود، سپس از طریق کانال مجزا به سیستم تهویه مطبوع برگشت داده می شود(۲،۱۲).

در بیمارستان هوا از مکان هایی نظیر توالت معمولا بطور مستقیم و از طریق کانال مجزا به اتمسفر

بیرونی باید هدایت گردد. در بخش هایی از بیمارســتان که بیماران مبتلا به ســل در آن بســتری می باشــند در صورت امکان باید هوای داخل بخش یا اتاق به بیرون منتقل و یا قبل از بازچرخش در بخش حتما از فیلتر هپا عبور داده شود.

از سیستم پرتو ماوراء بنفش[1] می توان به عنوان یک روش جانبی برای پاکسازی هوا در بیمارستان استفاده نمود اما نمی توان از آن به عنوان جایگزین فیلتراسیون هپا استفاده نمود.

طراحی سیســتم های تهویه مطبوع در بیمارســتان ها باید براساس پارامترهای نظیر تنظیم درجه حرارت، تنظیم رطوبت، تنظیم فشار (جداسازی فضاها از یکدیگر)، فیلتراسیون هوا، چرخش هوا در اتاق و یا تخلیه هوا به هوای بیرون باشد. سیستم های مختلف تهویه مطبوع عبارتند از:

۶-۵-۲ تهویه مطبوع منطقه ای

بهتریــن نوع تهویه مطبوع آن اســت که بتوان دما و رطوبت هر محل را به طور مســتقل کنترل و تنظیم نمود و در بیمارستان ها که هر بخش آن با توجه به بیماران بستری و نوع بیماری و یا اتاق عمــل و اتاق ایزوله شــرایط هوایی مخصوصی را لازم دارد و نمــی توان از یک مرکز، عمل تهویه را انجام داد، باید از تهویه مطبوع منطقه ای اســتفاده نمود. بطور کلی تهویه مطبوع منطقه ای دارای ۲ نوع سیستم می باشد:

۶-۵-۲-۱ سیستم فن کویل با توزیع هوای تازه مرکزی

سیســتم پیشــنهادی جهت ســرمایش و گرمایش در اتاقهای بســتری، درمانگاه، اتاق پزشــکان و پرستاران و اتاقهای اداری بیمارستان استفاده از سیستم فن کویل با توزیع هوای تازه مرکزی است. در این سیســتم بار ســرمایی و گرمایی توســط فن کویل جبران می شــود و هوای مورد نیاز برای هر فضا توســط یک دســتگاه هواساز مرکزی تهیه و توسط شبکه کانال کشی به داخل اتاقها توزیع می شود. به عبارت دیگر چون هوای تازه توسط هواساز جداگانه تامین می شود در نتیجه می توان این هوا را از لحاظ دما و رطوبت و تمیزی کاملا کنترل کرد. معمولا هوای تازه را از روی فیلترهای هپا عبور داده و به شرایط هوای داخل اتاق می رسانند. بزرگترین مزیت این سیستم کنترل موضعی دمای اتاق توســط ترموستات اســت. ارتباط ترموستات با موتور فن کویل که به آن فرمان روشن و خاموش می دهد و همچنین میزان هوای تازه که ایجاد فشار مثبت می کند باید قابل کنترل باشد.

[1] Ultraviolet germicidal irradiation (UVGI)

شایان ذکر است در این سیستم بایستی برای هر اتاق از فن کویل سقفی که در بالای درب ورودی نصب می شود استفاده نمود، مزیت استفاده از فن کویل سقفی این است که اولا از دسترس به دور اســت و ثانیا فضای داخل اتاق را اشــغال نمی کند. کانال هوای تازه نیز یا مستقیم هوا را به داخل اتاق می رســاند و یا به فضای هوابندی شده پشت فن کویل ختم می شود. استفاده از این سیستم در طبقاتی که عایق حرارت کف نداشته باشد چندان مناسب نیست.

۶-۵-۲-۲ سیستم هوا رسان چند منطقه ای

سیســتم پیشنهادی جهت ســرمایش و گرمایش اتاق های عمل و احیاء، اتاقهای زایمان و جراحی در بیمارســتان اســتفاده از هوا رسان چند منطقه ای است، اصولا اســتفاده از هوا رسان های چند منطقه‌ای برای فضاهایی در بیمارستان پیشنهاد می گردد، که دما و رطوبت نسبی فضاهای مجاور یکســان نباشــد به عبارت دیگر بخواهیم دما و درصد حذف رطوبت نســبی هر اتاق بطور جداگانه قابل کنترل و تنظیم باشــد. با توجه به اینکه اتاقهای عمل باید با صد در صد هوای تازه کار کنند، هواســازهای اتاق عمل باید دارای دمپر (وسیله ای برای کنترل جریان هوا) هوای برگشت نباشد و فقط دارای یک ورودی جهت هوای تازه باشد. در هواسازهای چند منطقه ای معمولا دو کویل سرد و گرم به طور موازی استفاده می گردد.

طرز عمل هواساز چند منطقه ای در بیمارستان بدین صورت است که بطور مثال در تابستان هوای بیرون وارد هواســاز می گردد این هوا از دو مســیر مجزا یکی از روی کویل سرد عبور کرده و سرد می شود و مسیر دوم از روی کویل گرم که معمولا در تابستان ها خاموش است عبور کرده و در واقع بدون تغییر به انتهای هواســاز می رســد در انتها محل خروج این دو هوا توسط دو دمپر مجزا یکی برای هوای ســرد و دیگری برای هوای گرم مخلوط می گردد و توسط یک شبکه کانال کشی مجزا و جداگانه به طرف فضای مورد نظر هدایت می شــود. کنترل دمای داخل اتاق توســط ترموستات انجام می شود و در صورت نیاز به کنترل دما در داخل فضا ترموستات به دمپرهای مربوطه فرمان می دهد که به چه نسبت باز و بسته شوند تا دمای اتاق تنظیم گردد(۲،۱۲).

بــرای گرمایش و ســرمایش فضاهایــی مانند آمفــی تئاتر و کتابخانه و ســالن هــای غذاخوری بیمارســتان نیز می توان از هواســاز یــک منطقه ای که دارای دمپر هوای برگشــت نیز باشــد، اســتفاده‌نمود(۲،۱۲).

۶-۵-۳ تهویه با واحدهای محلی (موضعی)

۶-۵-۳-۱ فن کویل

در این سیستم سیال گرم و سرد مانند آب به وسیله شبکه لوله کشی، حرارت و سرمای لازم را از مرکز به دستگاهی به نام واحد تهویه محلی می رساند این واحد از کویل حرارتی یا برودتی و ونتیلاتور در داخل یک جعبه تشکیل شده که هوای تازه و یا قسمتی از هوای برگشتی اتاق را گرفته از فیلتر گذرانده و پس از عبور از کویل حرارتی و یا برودتی وارد اتاق می نمایند. معمولا این واحدها با شیرهای حرارتی خودکار با سرعت های مختلف ونتیلاتور تنظیم می گردند.

اغلب این واحدها را در زیر پنجره قرار می دهند که بتوان از هوای تازه خارج هم استفاده نمود. نکته قابل توجه این است که در فن کویل کنترل نسبی رطوبت نسبی هوا امکانپذیر نمی باشد. موارد مصرف این سیستم بیشتر برای ساختمان هایی است که هوای هر یک از اتاق ها و محل ها را بخواهند بطور مستقل کنترل یا متوقف نمایند. مانند بخش اداری بیمارستان که با توقف دستگاهها در مواقع خارج از ساعت اداری بار کلی سیستم پایین آورده شده و مقرون به صرف باشد. همچنین در ساختمان های قدیمی نظیر بیمارستانهایی که در سالهای گذشته ساخته شده است و یا ساختمانهایی که امکان نصب کانال های قطور در آنها نباشد از این سیستم استفاده می شود. با توجه به اینکه ممکن است اسپور قارچها و باکتریها بر روی سطح کویل آن به فرم رویشی تبدیل شود استفاده از فن کویل بمنظور تهویه بیمارستان باید با احتیاط لازم باشد.

۶-۵-۳-۲ کولر

در ساختمانهایی که قبلا سیستم تهویه مطبوع پیش بینی نشده باشد و یا آن که اتاق ها و مکانهایی لازم باشد که خنک شوند از کولر استفاده می شود. که یک واحد کامل کولر شامل کمپرسور و بادرسان و کویل تبخیر کننده در یک قفسه قرار گرفته و روی پنجره و یا دیوار خارجی ساختمان نصب می گردد. در این سیستم امکان تجدید و تعویض هوا و استفاده از هوای برگشتی اتاق وجود دارد. معایب آن صدا و عدم کنترل رطوبت می باشد. که رطوبت حاصله باعث تشدید رشد عوامل قارچی می گردد.

۶-۵-۳-۳ هود

یکی از موثرترین راههای کاهش انتشار آلاینده ها بخصوص در آزمایشگاه بیمارستان می باشد. یک

سیستم جمع آوری آلاینده شامل پنج جزء اصلی است:

۱- هود مکشی جهت به دام انداختن ذرات خروجی از منبع

۲- شبکه کانال جهت انتقال ذرات به دام افتاده

۳- جمع آوری کننده جهت حذف ذرات از هوا

۴- فن و موتور جهت تامین حجم مکش و انرژی مورد نیاز

۵- دودکش

هر یک از این تجهیزات، نقش موثری را در انجام عملیات مناسب سیستم جمع آوری ذرات ایفاء می نمایند و عملکرد ضعیف تجهیزات می تواند موثر بودن تجهیزات دیگر را کاهش دهد. بنابراین طراحی دقیق و انتخاب هر نوع تجهیزات، حساس و مهم است. انواع هودهای مورد استفاده در بیمارستان عبارتند از:

۶-۵-۳-۳-۱ هود آشپزخانه

در آشپزخانه های بزرگ از جمله آشپزخانه بیمارستان، استفاده از سیستم تهویه مناسب برای بقاء شرایط مطلوب در محیط امری ضروری است. تهویه ناصحیح علاوه بر اینکه موجب پراکندگی بو و گرما در سراسر سطح آشپزخانه و اتاق های مجاور می شود، لایه ای از بخارات روغنی را روی سطح دیوارها، سقف ها و تجهیزات خواهد نشاند. این امر ضمن نامطلوب ساختن محیط غذاخوری، مشکلات جدی در نظافت ایجاد می نماید. در طرح و جانمایی این هودها باید ترتیبی داده شود که سرعت هوا در مجاورت دهانه هود کافی باشد تا از فرار گرما، بو، دود و بخارات به فضای آشپزخانه جلوگیری شود.

هودهای مورد استفاده در آشپزخانه بیمارستان به ۲ نوع تقسیم می شوند: نوع اول برای جمع آوری دود آلوده به چربی و نوع دوم برای جمع آوری بخار، گرما و بو استفاده می شوند. هود نوع اول باید دارای فیلتر چربی گیر باشند. سطح دهانه (فیلتر) هودهای نوع ۱ برای جذب بهتر دود، بزرگتر از اجاق باید در نظر گرفته شود. هودهای نوع ۲ برای تخلیه هوای بسیار مرطوب غیر چرب مورد استفاده قرار می گیرند.

۶-۵-۳-۳-۲ هودهای بیولوژیک

تعیین نوع هودهای مورد استفاده در آزمایشگاه براساس تعیین سطح ایمنی زیستی و با توجه

به فعالیتهای آزمایشـــگاه مشـــخص می گردد. اکثر آزمایشـــگاههای تشخیص طبی در سطح ایمنی زیســـتی ۲ هستند و بنابراین بایســـتی از هود کلاس II اســـتفاده نمایند. البته پذیرش آزمایشگاه، سطح ایمنی زیستی ۱ در نظر گرفته می شود. طراحی سطح ۳ و ۴ مخاطرات ایمنی زیستی برای آزمایشـــگاههایی کاربرد دارد که کارکنان با عوامل عفونی پرخطر یا ناشـــناخته ای کار می کنند که تنفس آنها باعث مرگ یا بیماریهای جدی و خطرناک می گردد. هودهای بیولوژیک به ســـه دســـته کلی تقسیم می شوند که عبارتند از:

۶-۵-۳-۳-۲-۱ هود ایمنی بیولوژیک کلاس I

این نوع هود افراد و فضای کار را در برابر عوامل خطرســـاز محافظت می نماید. ولی حفاظتی برای نمونه ای که با آن در داخل هود کار می شـــود، فراهم نمی آورد (زیرا هوایی که وارد هود می شـــود در ابتدا فیلتر نمی شـــود). این دســـته از هودها دارای جریانات هوائی شـــبیه به هودهای شیمیایی بوده ولی دارای فیلتر هپا می باشـــند. این فیلترها می توانند ۹۵٪ از ذرات با قطر بزرگتر و مساوی ۰/۳ میکـــرون را جـــذب کنند، تا جریان هوای خروجی جهت حفاظت افراد و فضای کار از داروهای سیتوتوکسیک پاک شده و آلوده نباشد.

در این دسته از هودها هوای فیلتر نشده بر سطح کار داخل هود می وزد، به همین دلیل حفاظت از نمونه را ایجاد نمی کنند. حفاظت فردی با ایجاد جریان هوائی به داخل خود با سرعت ۷۵ فوت در دقیقه و ایجاد فشار منفی در هود، فراهم می گردد. با تولید هودهای بیولوژیک کلاس II، استفاده از این نوع هودها کاهش یافته اســـت. این هودها جهت کار با عواملی که خطر کم تا متوســـط دارند استفاده می شوند(۳۳).

در این دســـته از هودها شدت جریان هوای داخل آزمایشگاه یا اتاق محل استقرار این هودها باعث کاهش کارایی هود می شـــود و همچنین حرکات سریع دست شخص، محل قرارگرفتن هود نسبت به درب های ورود و خروج و منبع حرارتی نیز در کاهش کارائی این هودها دخیل می باشد(۳۳).

۶-۵-۳-۳-۲-۲ هودهای ایمنی بیولوژیک کلاس II

این دســـته از هودهای ایمنی بیولوژیک هم شـــخص محقق و هم نمونه و فضای کار داخل هود را در برابـــر آلودگـــی های خارجی حفاظت می نماید. حفاظت فردی با ایجاد جریان هوا به داخل هود صـــورت می گیرد. قســـمت جلو ایـــن هودها باز و از این طریق هوا وارد هود شـــده و به طرف فیلتر

هدایت می شود. هوای وارد شده به داخل هود به جای گذر از فضای داخل هود از یک سری منافذ در جلـوی هود، به طرف پائین هدایت شـده (جهت حفاظت از محصـول) و از آنجا از طریق کانال پشت هود به بالا برده شده و پس از عبور از فیلتر هپا به داخل هود برگشته و قسمتی دیگر نیز از فیلتر هپا دوم عبور نموده و از دسـتگاه خارج می شـود (جهت حفاظت از فضای کار) این کلاس از هودها به منظور تحقیقات بر روی بافت های حیوانات، کشـت سـلولی و بخصوص کار با ویروس ها استفاده می شود. هود کلاس II به ۴ دسته تقسیم می شود که شامل:

۱-هود کلاس II نوع A1: در این نوع هود هوا با سـرعت ۷۰ فوت در دقیقه وارد هود می شـود. فشار درون آن منفی است ولی ممکن است در اثر اختلالات و آشفتگی فشار درون آن مثبت شود، به همین دلیل برای مواد شـیمیایی توکسـیک قابل تبخیر و رادیو نوکلئوتید قابل تبخیر مناسـب نمی باشد. ۷۰ درصد هوا را دوباره پس از عبور از فیلتر هوا به داخل هود بر می گرداند و ۳۰ درصد را پس از فیلتر شدن به محیط بیرون (خارج از محیط کار یا به داخل محیط کار) می فرستد.

۲-هود کلاس II نوع A2: در این نوع هود هوا با سرعت ۱۰۰ فوت در دقیقه وارد هود می شود. در ایـن هـود هوائی کـه از منفذهای زیر هود به طـرف فیلتر هپا می رود تحت یک فشـار منفی می باشـد که در این نوع هودها ۳۰ درصد از هوا پس از فیلتر شـدن، از هود خارج گشته (به داخل سـاختمان محـل کار یا به محیط بیـرون) و ۷۰ درصد (پس از فیلتر شـدن) دوباره به داخل هود برمی گردد.

۳-هود کلاس II نوع B1: در این نوع هود هوا با فشـار ۱۰۰ فوت در دقیقه وارد هود می شـود فشار هوا درون هود منفی است. ۳۰ درصد هوا پس از فیلتر شدن به داخل هود بازگردانده می شود و ۷۰ درصد آن به بیرون (خارج از ساختمان محیط کار و به جو) منتقل می گردد.

۴-هود کلاس II نوع B2: در این نوع هود هوا با فشـار ۱۰۰ فوت در دقیقه وارد هود می شـود. فشار درون هود منفی می باشد. هیچ گونه هوایی پس از فیلتر شدن دوباره به درون هود بازگردانده نمی شـود و پس فیلتر شـدن به جو بر می گردد برای مواد شـیمیایی سـمی قابل تبخیر و مواد رادیونوکلئوتید قابل تبخیر مناسب است(۳۳).

۶-۵-۳-۳-۲-۳ هودهای ایمنی بیولوژیک کلاس III

این کلاس هودها طوری طراحی شده اند که بالاترین سطح محافظت را برای پرسنل، محیط کار و نمونه تأمین می کنند. هود کلاس III سد فیزیکی کامل بین فرد و مواد داخل هود تأمین می کند. محفظه جلو آن مانند هود کلاس I و II باز نیست. از این هودها در موقع کار با عوامل فوق العاده خطرناک زیستی و در مواردی که ایجاد محدودیت مطلق مورد نیاز است، استفاده می‌گردد. برای مواد شیمیایی سمی قابل تبخیر و مواد رادیو نوکلئوتید قابل تبخیر مناسب است. این هودها هنگام کار با عوامل بسیار خطرناک نظیر ویروس HIV و هپاتیت استفاده می گردد.

هود مناسب جهت کار با داروهای سیتوتوکسیک هود کلاس II نوع B2 و یا هود کلاس III می باشد. زیرا مواد قابل تبخیر را نیز به راحتی می توان در این هودها آماده کرد(۳۳).

در آزمایشگاههای تشخیص بیمارستان باید از هودهای کلاس II یا III با جریان لامینار استفاده گردد. اتاق میکروب شناسی و بیوشیمی بایستی دارای دستگاه هود کلاس II یا III و همچنین آزمایشگاه هایی که آزمایشات سل و یا با مواد رادیواکتیو سروکار دارند نیز باید دارای هود کلاس II یا III باشند. آزمایشگاه پاتولوژی بیمارستان که از فرمالین و زایلن استفاده می کنند باید مجهز به هودهای مخصوص فیوم (هود شیمیایی) باشند. البته باید به این نکته توجه داشت که قبل از شروع بکار با هر ماده شیمیایی به برگه های اطلاعات ایمنی و بهداشتی مواد شیمیایی آن (MSDS) مراجعه و اطلاعات ایمنی و بهداشتی کار با آن مواد شیمیایی به دقت بررسی گردد. برای هر عملیات آزمایشگاهی از هود مخصوص آن استفاده گردد.

۶-۵-۳-۳-۳ توصیه های جهت کار با انواع هودهای ایمنی بیولوژیک

موارد زیر قبل و یا هنگام کار با هودهای بیولوژیک باید رعایت گردد:

۱- محیط داخل هود قبل و بعد از از انجام کار، باید با الکل ۷۰ درصد یا یکی از مواد ضدعفونی کننده مانند هیپوکلریت سدیم (وایتکس) آلودگی زدایی شود.

۲- در صورت مجهز بودن هود به لامپ ماوراء بنفش زمانی که لامپ UV روشن است باید شیشه هود به طور کامل پایین کشیده شود و پنجره آن بسته شود. زیرا تماس با اشعه باعث سوختگی قرنیه و سرطان پوست می گردد. لامپ UV باید به صورت هفتگی تمیز گردد تا گرد و غبار و آلودگی روی آن مانع عملکرد صحیح آن نگردد، همچنین شدت تابش آن باید به صورت هفتگی مورد بررسی قرار گیرد.

۴- هودها را باید در محلی ایزوله و جدا از سایر قسمت های محیط کار و جریانات شدید هوایی قرار داده شوند (دور از دربها، پنجره ها، هواکش ها، خنک کننده ها و گرم کننده).

۵- تمام وسایلی که لازم است به داخل هود برده شوند باید سطوحشان آلودگی زدائی گردد. تمام مواد مورد نیاز باید قبل از شروع کار به داخل هود برده شود (مانند سیفتی باکس، یک سطل کوچک جهت مواد دفعی و سرنگ به میزان کافی). البته باید توجه داشت که از تجمع بیش از حد وسایل درون هود جلوگیری کرد. زیرا باعث اختلال در جریان هوای درون هود می گردد.

۶- باید از حرکات سریع و ناگهانی دست در داخل هود، اجتناب کرد؛ زیرا در اینصورت اختلال در جریان هوای هود ایجاد شده و خطر پخش شدن ذرات ریز معلق وجود دارد.

۷-در صورت آلوده شدن فیلتر هود با داروهای سیتوتوکسیک تا زمانی که فیلتر تعویض نشده، از آن استفاده نگردد، و حتما روی آن برچسب زده شود که تمام افراد متوجه آلوده شدن آن شوند. فیلتر آلوده را باید در کیسه پلاستیکی گذاشت و پس از بی خطر سازی دفع گردد.

۸- زمانی که هود خاموش بوده یا جابجا می شود باید با پوشش پلاستیکی پوشانده شود.

۹- پس از هر بار جابجا شدن هود، تعمیر آن مانند تعویض فیلتر و یا قبل از اولین استفاده و به طور معمول هر ۶ ماه یکبار سرویس شود. البته نحوه عملکرد هود باید به صورت روزانه توسط پرسنلی که با آن کار می کنند چک گردد.

۱۰- قبل و پس از استفاده از هود با الکل ۷۰٪ یا هیپوکلریت سدیم یا ماده گندزدایی که شرکت تولید کننده توصیه کرده تمیز و گندزدایی شود.

۱۱- فیلتر هود را پس از ساعت کاری مشخص (که معمولا در دفترچه راهنمای استفاده از هود نوشته شده است) باید تعویض کرد. پس باید مدت زمان استفاده از هود به طور مرتب یادداشت گردد.

۱۲- هود بیولوژیک نباید استفاده شود مگر اینکه به طور صحیح عمل کند.

۱۳- هنگام استفاده از هود بیولوژیک نباید درب شیشه‌ای محافظ آن باز و بسته شود.

۱۴- چراغ‌های شعله‌ای نباید در هود بیولوژیک استفاده شوند. گرمای تولید شده در جریان طبیعی هوا اختلال ایجاد می‌کند و ممکن است به فیلترها آسیب برساند. استفاده از میکرو سوزاننده الکتریکی مجاز اما بهتر است از لوپ های انتقال یکبار مصرف استریل استفاده شود.

۱۵- کلیه کارها باید در بخش میانی یا عقبی میز کار انجام گیرد و از طریق پانل شیشه‌ای قابل رویت باشد.

۱۶- پشت سرکاربر، نبایستی شلوغ باشد.

۱۷- شـبکه‌های هوا نباید به وسیله اجسامی از قبیل دفترچه یاداشت، پیپت ها یا سایر اجسام مسـدود شـوند، چون این حالت جریان هوا را قطع کرده و باعث آلودگی بالقوه مواد و آلودگی در کاربر می‌گردد.

۱۸- فن هود بیولوژیک بایسـتی حداقل به مدت ۵ دقیقه قبل از شـروع کار و بعد از اتمام کار در کابینت جریان داشته باشد.

۱۹- قلم و کاغذ هرگز نبایستی داخل هود بیولوژیک قرار داده شود.

۲۰- اطراف و فضای بالای هود باید به اندازه ۳۰ الی ۳۵ سانتیمتر خالی باشد تا جریان هوا به آسانی انجام گیرد(۳۵-۳۳).

۶-۵-۳-۳-۴ هود لامینار

این نوع هودها که به طور معمول جهت کشت سلولهای یوکاریوت استفاده می شوند، به هیچ عنوان کارکنان یا فضای آزمایشـگاه را حفاظت نمی کننـد. در این نوع هودها جریان پاکیزه ای از هوا به صورت افقی (و گاه عمودی) از داخل به خارج می وزد و سـبب حفاظت قابل توجه نمونه از آلوده شدن می گردد. هنگام کار با این هودها بهتر است به نکات زیر توجه شود:

۱- از کارکردن با مواد شیمیایی یا زیستی خطرناک خودداری شود.

۲- آئروسل ها و ذرات تولید شده توسط یک نمونه آلوده، مستقیما به فرد یا محیط آزمایشگاه منتقل می گردند.

۳- ذرات آلرژن و آئروسـل های عفونت زا ایجاد شـده توسط کشت های سلولی، ممکن سبب آلودگی افراد شود.

۶-۵-۳-۳-۵ آزمون های عملکرد هود

انجمن مهندسـین گرمایش، تبرید و تهویه مطبوع آمریکا (اشـری) روشهای استاندارد ذیل را برای تست کردن هودهای آزمایشگاهی ارائه داده است:

- آزمون سرعت در دهانه هود
- آزمون دود
- آزمون گاز ردیاب(۳۵)

۶-۵-۳-۴ پارامترهای موثر بر کارایی تهویه مطبوع

۶-۵-۳-۴-۱ دما

سیستم های تهویه مطبوع در بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی دارای یک یا ۲ کانال هستند. در سیستم های تک کاناله هوای خنک شده باید با دمای ۱۲/۸ درجه سانتیگراد در تمام ساختمان توزیع و از یک ترموستات در انتهای کانال برای تنظیم دمای مورد نیاز با توجه به هر بخش استفاده گردد. در سیستم های ۲ کاناله باید یک کانال برای جریان هوای سرد و یک کانال برای جریان هوای گرم استفاده گردد. این دو کانال قبل از هر اتاق با یکدیگر مخلوط و دمای مناسب را با توجه به بخش بیمارستان فراهم می نمایند. استاندارد دما که به صورت یک عدد و یا رنج مطلوب ارائه شده است بستگی به بخش های بیمارستان متفاوت می باشد (جدول ۹). دمای هوا برای اتاق عمل، آندوسکوپی و اتاق کار تمیز باید ۲۰ الی ۲۳ درجه سانتیگراد باشد(۴،۲).

درجه حرارت بالاتر از ۲۴ درجه سانتیگراد در بخش هایی که به دمای بالاتری، جهت راحتی و آسایش بیماران نیاز دارند، باید فراهم گردد. برای اکثر بخش های بیمارستان باید دمای ۲۱الی ۲۴درجه سانتیگراد فراهم گردد. البته با توجه به شرایط مثلا در بعضی از موارد اتاق عمل ممکن است نیاز به دمای کمتری داشته باشد.

۶-۵-۳-۴-۲ رطوبت

برای بیشتر بخش های مراکز بهداشتی و درمانی برای آسایش، رطوبت نسبی ۳۰ الی ۶۰ درصد پیشنهاد می گردد(۲). از چهار روش اندازه گیری رطوبت نسبی، رطوبت ویژه، نقطه شبنم و فشار بخار برای تعیین رطوبت در بیمارستان استفاده می گردد. که معمول ترین روش مورد استفاده اندازه گیری رطوبت نسبی در بیمارستان می باشد(۱۳).

رطوبت نسبی بالاتر از ۶۰ درصد علاوه بر ایجاد عدم آسایش (راحتی) ممکن است باعث افزایش رشد قارچ ها در بیمارستان گردد. استفاده از آب برای شستشوی سطوح از طریق ایجاد اسپری باعث افزایش رطوبت هوای عبوری از فیلتر می گردد.

استفاده از رطوبت سازهای مخزنی در بیمارستان و مراکز بهداشتی درمانی مجاز نمی باشد. همچنین استفاده از مرطوب سازهای که ایجاد میست می نمایند نیز به علت امکان ایجاد آئروسل های حاوی میکروارگانیسم ها و آلرژن زا بودن مجاز نمی باشد(۲،۱۳).

۶-۵-۳-۴-۳ تعویض هوا

موثرتریـــن روش برای کنترل آلاینده های هوا (میکروارگانیســم ها، گرد و غبار، مواد شـــیمیایی و دود) در منبـــع، تهیه هوای تمیز می باشـــد. روش موثر دیگر برای کنتـــرل آلودگی هوای داخل از طریق تهویه می باشـــد. میزان تهویه برای مراکز بهداشـــتی درمانی توسط تعداد تعویض هوای اتاق بیان می گردد. جهت حذف بهینه ذرات از هوای موجود در فضا، تعداد تعویض هوای اتاق باید بین ۱۲ الی ۱۵ بار در ســـاعت طراحی گردد(۲،۴،۱۴). حداقل تعداد تعویض هوا در بخش های مختلف بیمارستان در جدول ۹ آورده شده است(۱۵).

بیمارســـتان ها و مراکز بهداشـــتی و درمانی بطور معمول از هوای بازچرخش داده شـــده اســـتفاده می نماینـــد(۴،۱۵). در واقـــع از طریق فن ها هم فشـــار مثبت کافی برای حرکت بـــاد در کانالهای ســـاختمان و هم فشـــار منفی کافی برای تخلیه هوا از فضای تهویه شـــده و برگشت هوا به خروجی ایجاد می گردد. البته با توجه به تجمع آلاینده ها در جریان باز چرخش شـــده در فضا، باید بخشی از هوای آلوده به بیرون تخلیه و هوای تازه جایگزین آن گردد. که نحوه توزیع جریان هوا در فضای اشغال شده خارج از بحث این رهنمود می باشد.

بیمارســـتانهای فاقد سیســـتم تهویه مرکزی اغلـــب از فن کوئل به عنوان تنهـــا منبع تهویه اتاق ها اســـتفاده می نمایند. رهنمود انجمن ســـرمایش و گرمایش آمریکا[1] برای سیستم های جدید نصب شده، استفاده از دستگاههای فن کوئل دیواری با فیلترهای دائمی یا قابل تعویض با حداقل راندمان ۶۸ درصد می باشـــد(۱۵). این دســـتگاهها ممکن اســـت فقط برای بازچرخش هوا استفاده گردند. هوای بیرونی مورد نیاز این دســـتگاهها باید توســـط یک سیســـتم جداگانه با فیلتراسیون مناسب با حداقل ۲ تعویض هوای بیرون در اتاق های بیماران تهیه گردد. اگر اتاق مریض فقط با یک فن کوئل دیواری تجهیز شده، نباید اتاق به عنوان اتاق ایزوله تنفسی[2] در بیمارستان استفاده گردد(۱۵).

سیســـتم های تهویه غیر مرکزی دارای مشـــکلاتی از جمله نگهداری نامناســـب فیلتر می باشند. در بیمارستانها باید فیلترهای دستگاهها بصورت منظم در حالیکه مریض ها خارج از اتاق باشند، تمیز یا جایگزین گردد.

سیستم های تهویه جریان هوای لامینار برای حرکت هوا در یک مسیر منفرد بصورت افقی یا عمودی طراحی می شـــوند، که انتقال هوا با ســـرعت ۰/۵ متر بر ثانیه در این سیستم به حداقل نمودن زمان برای تکثیر میکروارگانیســـم ها کمک می نماید(۲). سیســـتم های جریان هوای لامینار در اتاق های

[1] American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)
[2] Airborne Isolation Room

ایزوله محیطی مراکز بهداشتی درمانی جهت کمک به کاهش خطر عفونت های منتقله از هوا (نظیر آسپرژیلوزیس) بکار می روند(۲،۱۵)، البته اطلاعات معتبری که اثبات نماید مریض بستری شده در اتاق های ایزوله محیطی باید الزاما از جریان هوای لامینار استفاده نماید، وجود ندارد. با توجه به هزینه بالا و عدم وجود داده های کافی برای کاهش عفونت های منتقله از هوا توسط اتاق های با جریان هوای لامینار، استفاده از آن در اتاق های ایزوله محیطی بیمارستان توصیه نمی گردد(۲).

۶-۵-۳-۴-۴ فشار

فشارهای مثبت و منفی اشاره به اختلاف فشار بین ۲ فضای مجاور دارد (به عنوان مثال اتاق و راهرو). اتاق های ایزوله تنفسی در بیمارستان باید دارای فشار منفی باشند تا میکروارگانیسم های منتقله از هوا در اتاق وارد راهرو نگردد. اتاق های ایزوله محیطی در بیمارستان باید دارای فشار مثبت بوده و از ورود پاتوژن های منتقله از هوا در فضاهای مجاور یا راهروها به داخل اتاق و آلوده شدن فضای اتاق برای بیماران بستری شده در این اتاقها جلوگیری نماید(۴). استفاده از درب های ورودی که بوسیله اهرم بازو (خودکار) باز و بسته می شوند در هر دو نوع اتاق فشار مثبت و منفی الزامی است.

مراکز بهداشتی و درمانی قدیمی تر اتاق های با فشار متغیر دارند، که استفاده از این اتاق ها در ساختمان های جدید و بیمارستان های بازسازی شده مجاز نمی باشد(۱۵). استفاده از این اتاق ها در مراکز قدیمی نیز به علت عدم امکان تنظیم صحیح اختلاف فشار بخصوص فشار منفی چندان مطلوب نبوده و باید با اتاق های استاندارد جایگزین گردند. هر دو اتاق با فشار مثبت و منفی باید طبق مشخصات مهندسی جدول ۵ نگهداری شوند.

جدول ۵- مشخصات مهندسی برای اتاق های با فشار مثبت و منفی(۱۵).

مشخصات	اتاق های با فشار مثبت (اتاق ایزوله محیطی)	اتاق های با فشار منفی (اتاق ایزوله تنفسی)
اختلاف فشار	بیشتر از ۲/۵+ پاسکال	بیشتر از ۲/۵- پاسکال
تعویض هوا در ساعت (ACH)	بیشتر از ۱۲	بیشتر یا مساوی ۱۲ برای اتاق های بازسازی شده و تازه احداث شده
کارایی فیلتر اسیون	تامین: ۹۹/۹۷ درصد برای ذرات دی اکتیل فتالات (DOP*) با اندازه ۰/۳ میکرون برگشت: عدم نیاز+	۹۰ درصد (اثبات توسط آزمون گرد و غبار) برگشت: ۹۹/۹۷ درصد برای ذرات دی اکتیل فتالات DOP با اندازه ۰/۳ میکرون¶
جهت جریان هوا	به سمت بیرون و به بخش های مجاور	به سمت داخل اتاق
اختلاف فشار ایده ال	بیش از ۸+ پاسکال	بیش از ۲/۵- پاسکال

* DOP: ذرات دی اکتیل فتالات با قطر ۰/۳ میکرون

+: اگر فرد هم به اتاق ایزوله محیطی و هم اتاق ایزوله تنفسی نیاز داشته باشد باید هوای برگشتی از فیلتر هپا عبور داده شده و یا به بیرون هدایت گردد.

¶ به شرط اطمینان از محل مناسب خروجی به بیرون ساختمان، فیلتراسیون هوای خروجی از اتاقهای ایزوله مورد نیاز نمی باشد.

کارشناس مهندسی بهداشت محیط و مسئول کنترل عفونت بیمارستان باید بر عملکرد مناسب تهویه در اتاق های ایزوله تنفسی (فشار منفی) و اتاقهای ایزوله محیطی (فشار مثبت) نظارت نمایند.

در مراکز بهداشتی و درمانی بزرگ با سیستم تهویه مرکزی، پنجره های بسته (بدون درز) به اطمینان از کارایی سیستم تهویه کمک می نماید (بخصوص با توجه به ایجاد و نگهداری اختلاف فشار). پنجره های بسته در بخش های ایزوله محیطی به کاهش خطر آلودگی به میکروارگانیسم های هوابرد از هوای بیرون کمک می نماید. در بعضی از موارد پنجره های باز منجر به انتقال عفونت های آسپرژیلوس به داخل بیمارستان می گردد(۲). علاوه بر این همه راههای خروجی (به عنوان مثال درب های اضطراری) در بخش های ایزوله محیطی باید بسته نگه داشته شوند (بجز در موارد اضطرار) و به زنگ خطر مجهز باشند(۲).

۶-۵-۳-۴-۵ تاثیر راهبری و تعمیر سیستم تهویه مطبوع در کنترل عفونت

هرگونه نقص در هر یک از اجزاء سیستم های تهویه مطبوع ممکن است منجر به عدم آسایش بیماران و کارکنان و گسترش میکروارگانیسم های هوابرد گردد. در جدول ۱۳ خطرات بالقوه سیستم تهویه، عواقب و اقدامات اصلاحی آورده شده است. خاموش شدن سیستم های تهویه مطبوع برای اهدافی به غیر از تعویض فیلتر، تعمیرات و بازسازی ممنوع می باشد(۱۵). فقط در زمانیکه از فضاها استفاده نمی گردد، جریان هوا می تواند کاهش یابد.

میکروارگانیسم ها در محل هایی که هوا، گرد و غبار و آب موجود است می توانند تکثیر یابند و سیستم های تهویه می تواند یکی از محیط های ایده ال برای رشد میکروبها باشد(۴). نگهداری صحیح سیستم های تهویه مطبوع و پایش آن باعث تامین کیفیت هوای مطلوب و کاهش شرایط مطلوب رشد و تکثیر پاتوژنها در بیمارستان ها می گردد(۴).

پایش عملکرد سیستم های تهویه شامل: تعیین اختلاف فشار ۲ طرف فیلتر، بازرسی مداوم فیلترها، آزمایش فیلترهای هپا با استفاده دی اکتیل فتالات، کارایی فیلترهای با کارایی کم و متوسط و استفاده از مانومتر برای مناطق با فشار مثبت و منفی و تطابق آن با استاندارد می باشد. استفاده از تجهیزات قابل حمل با دست و کالیبره شده که قابلیت خواندن اعداد را داشته باشد برای پایش ترجیح داده می شود(۲).

روشهایی نیز برای مشاهده و اندازه گیری کیفی اختلاف فشار (به عنوان مثال جهت جریان) شامل تست لوله دود، قرار دادن نوار، توپ پینگ پنگ یا پارچه در مسیر جریان هوا نیز پیشنهاد می گردد. به منظور پیشگیری از پتانسیل مواجهه بیماران و کارکنان بیمارستان در زمان خاموش بودن سیستم های تهویه مطبوع، نگهداری از کانال و اقدامات پیشگیرانه (به عنوان مثال تمیز کردن منافذ کانال ها، جایگزینی فیلترها در صورت نیاز، دفع صحیح فیلترهای استفاده شده از طریق قرار دادن آن در کیسه های پلاستیکی بلافاصله پس از تعویض آن) ضروری و مهم است. رعایت توالی بازرسی از فیلترها و پارامترهای آن در بیمارستان ضروری است.

در مراکز بهداشتی و درمانی قدیمی تر ممکن است از عایق بر روی سطح خارجی کانال ها استفاده کرده باشند که می توانند آلاینده ها را محبوس نماید. مواد بکار رفته در این عایق ها ممکن است در طول زمان شکسته و وارد سیستم های تهویه مطبوع گردد. علاوه بر این خرابی سیستم هوای ورودی می تواند باعث افزایش فشار هوا بر سیستم فیلتراسیون گردیده و باعث ایجاد آئروسل هایی از قارچهای بیماریزا گردد. محافظت از ورودی های هوا بخصوص جلوگیری از ورود فضولات پرندگان به سیستم تهویه به کاهش غلظت اسپورهای قارچی از هوای بیرون در بیمارستان کمک می نماید.

در صورت نگهداری ضعیف و یا نقص سیستم های تهویه مطبوع در بیمارستان، ممکن است عفونت های ناشی از گونه های آسپرژیلوس، سودوموناس آئروژینوزا، استافیلوکوک آرئوس و گونه های اسینتو باکتر اتفاق افتد(۲).

کاهش رطوبت اضافی در سیستم های تهویه مطبوع می تواند تکثیر و انتشار اسپورهای قارچی و باکتریهای منتقله از آب در هوای داخل را کاهش دهد(۲). در صورت وجود رطوبت در سیستم تهویه مطبوع، از توقف دوره ای سیستم تهویه اجتناب گردد، چون در زمان راه اندازی مجدد منجر به افزایش خطر عفونت های منتقله از هوا گردد. مهندسی و نگهداری مناسب سیستم تهویه مطبوع برای پیشگیری از انتشار ارگانیسم های هوا برد بسیار الزامی است.

بیمارستان باید دارای برنامه اقدام مناسب برای وضعیت اختلال در سیستم های تهویه مطبوع باشد. این طرح عملیاتی شامل برق اضطراری است که سیستم تهویه را در بخش های با خطر بالا (به عنوان مثـال اتاق های عمل، اتاق های دارای فشـار مثبت و منفی، بخـش مراقبت های ویژه، بخش پیوند، سرطان) روشن نگهداری می نماید. برق اضطراری باید در کمتر از ۱۰ ثانیه متصل گردد.

در صورتی که سیستم تهویه از سیستم خارج گردد، باعث راکد شدن هوای داخل گردیده بنابراین باید زمان کافی برای فراهم نمودن هوای تمیز و استقرار دوباره هوای تمیز و تعداد مناسب تعویض هوا در سـاعت به سیستم تهویه مطبوع داده شـود. و حتی فیلترهای هوا به علت فعالسازی مجدد سیستم می تواند باعث بیرون راندن مقدار قابل توجهی گرد و غبار و ایجاد یک شیوع از اسپورهای قارچی در بیمارستان گردد، بنابراین در این مواقع فیلترها نیز باید تعویض گردند(۲).

تمیز کردن کانال هوا در بیمارستان باعث افزایش عملکرد سیستم می گردد، اما برای کنترل عفونت فاقد مزیت خاصی می باشد. تمیز کردن کانال ها نیاز به ابزار ویژه برای خارج کردن خاک ها و یک تمیز کننده با قدرت مکش بالا برای حذف خاک ها دارد(۱۶).

در بعضـی از مـوارد از مواد شـیمیایی میکروب کش یا درزگیر برای سـطوح داخلـی کانالها برای کاهش رشـد قارچها و پیشگیری از انتشـار مواد معلق استفاده می نمایند. که استفاده از گندزداها یا ضدعفونی کننده برای سطوح داخلی کانالها مورد تایید سازمانهای نظیر سازمان حفاظت محیط زیسـت آمریکا نمی باشـد. که دلیل آنها نیز عدم اختصاصی بودن این محصولات جهت کاربرد در سیستم تهویه می باشد(۱۷،۲).

از طرفی طبق نظر سـازمان حفاظت محیط زیسـت آمریکا پتانسیل گندزدایی، این محصولات در سیستم های تهویه بررسی نشده است و خطرات ایمنی استفاده از این محصولات نیز بررسی نشده اسـت. بنابراین باید از محصولاتی دارای مجوز در سیسـتم های تهویه اسـتفاده گردد(۱۷). اگرچه تمیـز کردن ناکافی کانالهـای خروجی در بخش های ایزوله به عنوان یکی از دلایل کاهش فشـار منفی و کاهش در میزان تعویض هوا محسـوب می گردد(۱۲). هیچگونه اطلاعاتی که نشـان دهد تمیز کردن کانال باعث بهبود کیفیت هوای داخل یا کاهش خطر عفونت می گردد وجود ندارد.

مطالعات سـازمان حفاظت محیط زیسـت آمریکا نشـان می دهد که غلظت ذرات معلق منتقله از هـوا بـه علت کثیف بودن کانال هوا افزایـش نمی یابد و همچنین پاکسـازی باعث کاهش غلظت نمی گردد. که احتمالا دلیل آن چسـبیده بودن خاکها به سـطح داخل کانال بوده و در نتیجه وارد فضای کانال نمی گردند(۲).

۶-۶ فیلتراسیون

۶-۶-۱ انواع روشهای فیلتراسیون

حذف فیزیکی ذرات از هوا گام اول در رسیدن به هوایی با کیفیت مطلوب در فضای داخل می باشد. فیلتراسیون مهمترین روش پاکسازی هوا می باشد. در هنگام فیلتراسیون هوای بیرونی باید از ۲ بستر یا مجموعه فیلتر (با کارایی به ترتیب ۲۰ الی ۴۰ و بزرگتر یا مساوی ۹۰ درصد) برای حذف موثر ذرات با قطر ۱ الی ۵ میکرون عبور داده شود(۱۵).

مجموعه دوم فیلتر معمولا شامل فیلترهای با کارایی بالا است. این سیستم فیلتراسیون برای بخش های مراقبت از بیمار در بیمارستان از جمله محیط اتاق عمل کافی است(۱۵). هپا فیلتر دارای کارایی حداقل ۹۹/۹۷ درصد برای حذف ذرات با قطر بزرگتر یا مساوی ۰/۳ میکرون می‌باشد (اسپورهای آسپرژیلوس دارای قطر ۲/۵ الی ۳ میکرون می باشند). از فیلترهای هپا برای اتاق های ایزوله محیطی و اتاق های عمل باید استفاده شود(۴).

هزینه های نگهداری فیلترهای هپا در مقایسه با انواع دیگر فیلتراسیون بالاتر است، باید قبل از فیلتر هپا از پیش فیلترهای قابل تعویض استفاده شود که این عمل عمر فیلتر هپا را به میزان ۲۵ درصد افزایش می دهد. اگر پس از پیش فیلتر قابل تعویض، از یک فیلتر با کارایی ۹۰ درصد استفاده گردد، عمر فیلتر هپا تا نه برابر افزایش می یابد. این ترتیب استفاده از فیلتراسیون به نام فیلتراسیون تصاعدی نامیده می شود و به فیلترهای هپا اجازه می دهد که در بخش های مراقبت ویژه به مدت ۱۰ سال استفاده گردد(۲).

اگر چه فیلتراسیون تصاعدی توانایی مکانیکی فیلترهای هپا را افزایش می دهد این فیلترها ممکن است مواد شیمیایی در محیط را جذب نموده و بعدا این مواد شیمیایی را وا جذب نمایند، که به موجب آن نیاز به تعویض و یا جایگزینی بیشتر می باشد. کارایی فیلتر هپا با استفاده از دی اکتیل فتالات[1] که حاوی ذرات با قطر ۰/۳ میکرون می باشد باید تعیین گردد(۲).

زمان تعویض فیلترهای هپا بسته به شرایط بهره برداری از جمله بخش مورد استفاده، رطوبت و غلظت گرد و غبار در محیط، مدت زمان مورد استفاده دارد که معمولا یک تا سه سال یکبار باید تعویض انجام گردد، همچنین زمان تعویض پیش فیلترها با توجه به شرایط بهره برداری فوق الذکر هر ۶۰ الی ۹۰ روز می باشد(۳۲).

فیلترهای هپا معمولا دارای چارچوب فلزی و انواع قدیمی تر آن دارای چارچوب چوبی می باشند.

[1] Dioctyl Phthalate (DOP)

کــه هیچگونــه تاثیری بر کارایــی آن ندارند. اما با توجه به اینکه در صــورت وجود رطوبت در قاب چوبی ممکن است باعث رشد قارچ و باکتری گردد. لذا استفاده از این نوع قاب باید با احتیاط های لازم باشد(۲).

از واحدهــای فیلتــر هپا قابل جابجایی و صنعتی که هــوا را به میزان ۳۰۰ الی ۸۰۰ فوت مکعب در دقیقه فیلتر می نمایند، در بیمارستان ها برای موارد ذیل می توان استفاده نمود:

۱) بازچرخش موقت هوا در اتاقها بدون تهویه عمومی ۲) تقویت سیستم هایی که نمی تواند جریان هــوای کافی را تهیه نمایند ۳) افزایــش راندمان. از واحدهای فیلتر هپا قابل جابجایی در زمانی که سیســتم های تهویه مطبوع در حال تعمیر است می توان استفاده نمود. اما این واحدها نمی توانند هوای تازه مورد نیاز را به میزان رضایت بخش فراهم نمایند(۲).

تاثیر واحدهای قابل جابجایی هپا برای حذف ذرات بستگی به ۱) موقعیت اتاق ۲) موقعیت مبلمان و اشخاص ساکن در اتاق ۳) جایگاه قرارگیری دستگاه نسبت به موجودی و محل قرارگیری وسایل در اتــاق ۴) محــل تامین و خروجی هوا دارد. دســتگاههای هپا قابل جابجایی مورد اســتفاده باید توانایی بازچرخش کل هوا یا تقریبا کل هوای اتاق از طریق فیلتر هپا را داشته باشند. این دستگاهها باید توانایی ۱۲ بار و یا بیشتر تعویض هوای اتاق در ساعت را داشته باشند(۴). معمولا میانگین فضا اتاق ۱۶۰۰ فوت مکعب در نظر گرفته می شود(۲).

۷– ارزیابی و پایش سیستم های تهویه در بیمارستان

۷-۱ اصول کلی نمونه برداری از هوا

واژه بیو آئروســل به ذرات هوابردی اطلاق می گردد که منشــاء بیولوژیکی دارند. بیوآئروسل شامل میکروارگانیســم ها (قابل کشــت، غیر قابل کشــت و یا مرده) همچنین اجــزاء و ذرات متابولیکی ارگانیسم های زنده (مانند اندوتوکسین ها) و فرآورده های متابولیکی می باشد(۲).

تا قبل از ســال ۱۹۷۰ در بیمارســتانهای آمریــکا بطور منظم از هوا و ســطوح محیط (کف، دیوار) نمونه برداری و کشت میکروبی انجام می گرفت. اما از سال ۱۹۷۹ به علت عدم وجود ارتباط کافی بین عفونت های مرتبط با مراکز بهداشتی و درمانی با سطوح کلی آلودگی میکروبی هوا و به خاطر عدم وجود استانداردهای معنی دار برای غلظت قابل قبول آلودگی میکروبی سطوح محیطی یا هوا، پیشنهاد حذف نمونه برداری و کشت روزانه توسط انجمن بیمارستانهای آمریکا و مرکز بیماریهای واگیــر ارائه گردید. بایــد توجه نمود که نمونه برداری میکروبی از هوا، آب و ســطوح بی جان یک

فرایند زمانبر و پر هزینه اســت که متغیرهای زیادی بر روی نتایج آن موثر بوده و آنالیز و تفســیر نتایج آن پیچیده است(۱۸).

نمونه برداری از هوا برای تشــخیص آئروســل ها اســتفاده می گردد. نمونه برداری ذرات (از طریق تعیین تعداد کل و رنج اندازه ذرات) یک روش عملی برای ارزیابی کارایی کنترل عفونت سیســتم تهویــه مطبــوع یا تاکید بر کارایی فیلتر در حذف ذرات قابل تنفــس (کمتر از ۵ میکرون) یا ذرات بزرگتر از هوا، می باشد(۲).

نمونه برداری از هوا در بیمارســتان بصورت دوره ای و همچنین در زمان ساخت و ساز برای تعیین کیفیــت هوا، ارزیابی تاثیر روشــهای کنترل گرد و غبار و غیــره انجام می گردد. با ارزیابی دوره ای سیســتم (پارامترهایی نظیر جهت جریان هوا و فشــار، تعداد تعویض هوا در ساعت و کارایی فیلتر) مــی توان از تهویه مناســب بخصوص بــرای بخش هایی نظیر اتاق مراقبت هــای ویژه و اتاق عمل اطمینان حاصل نمود.

۷-۱-۱ موارد کاربرد نمونه برداری میکروبی از هوا

موارد کاربرد نمونه برداری میکروبی از هوا عبارتند از:

۱) بررسی و تحقیق درباره شیوع بیماری یا عفونت زمانی که مخازن محیطی در انتقال بیماری نقش دارند. باید توجه نمود که نمونه برداری محیطی فقط زمانی که برنامه ای برای تفسیر نتایج و اقدامی بر روی نتایج کسب شده وجود داشته باشد باید انجام گردد، و باید توجه داشت که تشخیص تفاوت بین عوامل محیطی و کلینیکی مشکل می باشد.

۲) مقایسه آلودگی بین میزان عفونت های مرتبط با مراکز بهداشتی و درمانی در بیمارستانهای قدیمی و تاسیسات جدید قبل از استفاده و یا پس از استفاده برای بیماران

۳) نمونه برداری به منظور پایش شرایط اضطراری رخ داده در بیمارستان. این نوع از نمونه برداری می تواند برای موارد ذیل استفاده گردد: الف) تشخیص بیوآئروسل های رها شده از تجهیزات اتاق عمل بیمارســتان (به عنوان مثال پاک کننده اولتراســونیک) و تعیین موفقیت تعمیرات در کاهش خطر برای عوامل بیماریزا. ب) تشــخیص یک عامل بیوتروریســم در یــک محیط داخلی و تعیین موفقیت در حذف یا غیر فعال سازی آن. پ) نمونه برداری جهت اهداف ایمنی

۴) اطمینان از کیفیت تجهیزات خریداری شده. جهت ارزیابی اثرات یک تغییر در روش کنترل عفونت یا برای اطمینان از اینکه سیستم های تهویه و کارایی آن طبق ضمانت نامه باشد.

علاوه بر موارد فوق نمونه برداری میکروبی در بیمارستان برای کسب اطمینان از کیفیت پایش بیولوژیکی فرایند استریلیزاسیون با استفاده از اسپور باکتری ها و کشت ماهانه آب مورد استفاده در همودیالیز، نیز انجام می گردد. همچنین نمونه برداری دوره ای جهت نظارت بر کارایی سیستم های تامین هوا از لحاظ میکروبی و ذرات از جمله فیلترها الزامی است(۲).

نمونه برداری از هوا در بیمارستان ها و مراکز بهداشتی و درمانی برای پایش کیفیت هوا در زمان ساخت و ساز، تایید کارایی فیلتراسیون یا استفاده از فضاهای جدید قبل از استفاده، همراه با یادداشت دقیق شرایط نمونه برداری باید انجام گردد. باید توجه داشت که نمونه برداری از هوا باید در شرایط مختل نشده (عدم آشفتگی در جریان هوا) انجام گردد. در صورتی که نمونه برداری بعد از فعالیت های نظیر پیاده روی و جارو انجام شود، تعداد زیادی از میکروارگانیسم های هوابرد قابل تشخیص بوده و نمونه برداری صحیح نمی باشد.

نمونه برداری از ذرات و نمونه برداری میکروبی زمانیکه سیستم تهویه جدید نصب شده، همچنین نمونه برداری به ویژه برای اتاقهای ایزوله محیطی جدید ساخته شده یا بازسازی شده یا اتاقهای عمل نیز باید انجام گردد. نمونه برداری ذرات همچنین باید برای تایید کارایی فیلتراسیون و تعداد صحیح تعویض هوا در ساعت نیز انجام گردد.

۷-۲ نمونه برداری از هوا

آلودگی های بیولوژیکی در هوا از طریق آئروسل های باکتریها، قارچها، ویروسها و گرده های گیاهان ایجاد می گردد. صحبت کردن به مدت ۵ دقیقه و هر سرفه می تواند ۳۰۰۰ قطره ریز و عطسه ۴۰۰۰۰ قطره ایجاد نماید(۱۹). آئروسل های بیولوژیکی معمولا دارای اندازه بزرگتر از ۱ و کوچکتر و مساوی ۵۰ میکرون می باشند.

۷-۲-۱ فاکتور های موثر در بقاء میکروارگانیسم ها

فاکتورهایی که بقاء میکروارگانیسم ها را در بیو آئروسل ها تعیین می کنند عبارتند از:

۱) محیط تعلیق

۲) درجه حرارت

۳) رطوبت نسبی

۴) حساسیت اکسیژن

۵) مواجهه با پرتوهای ماوراء بنفش یا الکترو مغناطیس(۲).

پاتوژنهای مقاوم به خشکی مانند گونه های استافیلوکوک، گونه های استرپتوکوک و اسپورهای قارچی، می توانند مسافت زیادی را از طریق هوا طی نموده و زنده باقی بمانند. این پاتوژنها همچنین ممکن است بر روی سطوح ته نشین و دوباره هوابرد شده و ایجاد آئروسل های ثانویه در زمان فعالیت های خاص مانند جارو کردن نمایند(۱۸).

نمونه برداری میکروبی هوا برای تعیین تعداد و انواع میکروارگانیسم ها یا ذرات در هوای داخل استفاده می گردد. فاکتورهایی موثر بر کیفیت هوای داخل بیمارستان شامل تعداد بیماران، تعداد بازدیدکنندگان، دما، زمان روز (ساعت) یا سال (ماه یا فصل)، رطوبت نسبی، غلظت نسبی ذرات یا ارگانیسم ها، عملکرد اجزاء سیستم های تامین هوا می باشد. جهت معنی دار شدن نتایج نمونه برداری در هر بخش بیمارستان باید با نتایج سایر بخش ها و نتایج نمونه برداری در شرایط و دوره های زمانی دیگر، مقایسه و سپس گزارش شود(۲).

۷-۲-۲ ملاحظات نمونه برداری میکروبی

ملاحظاتی که باید قبل از شروع نمونه برداری میکروبی هوا در بیمارستان در نظر گرفته شود، عبارتند از:

۱) تعیین نوع وسایل نمونه برداری، زمان نمونه برداری، مدت زمان لازم برای نمونه برداری

۲) تعیین تعداد نمونه

۳) اطمینان از مواد و تجهیزات کافی در دسترس

۴) تعیین روش تشخیص (شناسایی) که بهترین بازیابی از میکروارگانیسم ها را تامین نماید.

۵) انتخاب یک آزمایشگاه با امکانات کافی

۶) تعیین خصوصیات آئروسل ها از جمله رنج اندازه ذرات و فاکتورهای محیطی

با توجه به اینکه تعداد ذرات و باکتریهای باقیمانده در سیستم تنفسی به میزان زیادی به اندازه ذرات تنفس شده بستگی دارد، بنابراین اندازه ذرات نیز از طریق نمونه برداری همزمان مشخص گردد. نکته ای که باید مدنظر داشت این است که ذرات بزرگتر از ۵ میکرون به طور موثر در دستگاه فوقانی سیستم تنفسی (بینی) محبوس و از طریق حرکت مژه ها حذف می گردد، و ذرات کوچکتر و مساوی ۵ میکرون به ریه می رسند، بالاترین ماندگاری در آلوئل های ریه را ذراتی با قطر ۱ الی ۲ میکرون دارند(۲).

۷-۲-۳ روشهای نمونه برداری از بیوآئروسل های هوا و تجهیزات مورد نیاز

باکتریها، قارچها و ذرات در هوا می توانند با روشهای و تجهیزات مشابه جدول ۶ تعیین و شمارش گردند. روشهای پایه نمونه برداری شامل ۱) غوطه ورسازی (برخورد) در مایعات ۲) گیر انداختن بر روی سطح جامد ۳) ته نشینی ۴) فیلتراسیون ۵) سانتریفیوژ (گریز از مرکز) ۶) رسوب الکتروستاتیک و رسوب حرارتی می باشد(۲). معمولا از روشهای غوطه ورسازی در مایعات، برخورد (گیر انداختن) بر روی سطح جامد و ته نشینی (بر روی پلیت) جهت نمونه برداری از هوا در بیمارستان و مراکز بهداشتی و درمانی استفاده می گردد(۲).

۷-۲-۳-۱ نمونه برداری روش اکتیو (فعال) و پسیو (غیرفعال)

روش فعال نیاز به منبع نیرو و محیط کشت مناسب و تجهیزاتی نظیر پمپ خلاء و وسایل اندازه‌گیری جریان هوا دارد، نمونه برداری با استفاده از ایمپینجر و Quik Take از جمله روشهای فعال می باشد.

در روش غیرفعال نظیر روشهای ته نشینی و رسوبی با استفاده از پلیت هیچ گونه تجهیزات خاصی مورد نیاز نمی باشد. استفاده از روش نمونه برداری با استفاده از پلیت برای تعیین باکتریهای هوابرد یا برای اندازه گیری کیفیت هوا در زمان اقدامات پزشکی (به عنوان مثال جراحی) استفاده می گردد. با توجه به اینکه در نمونه برداری به روش پلیت از نیروی گرانش استفاده می گردد، بنابراین بیشتر برای گیر انداختن ذرات بزرگتر قابل استفاده می باشد و کارایی لازم را برای ذرات قابل تنفس (به عنوان مثال اسپورهای قارچی تکی) به ویژه در محیط هایی که هوای زیاد فیلتر شده ندارد. بنابراین، استفاده از این روش برای استفاده های عمومی غیر عملی می باشد(۴).

از آنجایی که بقاء میکروارگانیسم ها با سرعت هوایی که وارد نمونه بردار می شود نسبت عکس دارد بنابراین در روش پلیت (با استفاده از نیروی گرانش برای آوردن ارگانیسم ها و ذرات و تماس آنها با سطح) باعث افزایش پتانسیل بقاء ارگانیسم ها می گردد(۲،۱۸). نمونه برداری بوسیله این روش ممکن است چندین ساعت طول کشیده و بنابراین استفاده از آن برای شرایط اضطراری عملی نمی باشد.

نمونه بردارهای مختلف دارای مزیت ها و نقایص متفاوتی هستند که باید در هنگام استفاده رعایت گردد و باید زمان نمونه برداری و دبی کافی فراهم گردد. روش های جدیدتر آنالیز شامل PCR و الایزا نیز در تعیین گونه ها قابل استفاده می باشد(۲).

۷-۲-۳-۱-۱ اطلاعـات مورد نیاز جهت تعیین روش نمونه برداری اکتیو (فعال) و پسـیو (غیرفعال)

با توجه به اهداف ذیل در مورد روش نمونه برداری اکتیو و پسیو باید تصمیم گیری گردد:

۱) بررسـی وجود یک ارگانیسـم خاص یا بررسی همه ارگانیسـم های که ممکن است در هوا موجود باشند.

۲) بررسی غلظت ذرات مرئی یا ارگانیسم های زنده

۳) بررسی تغییرات غلظت در زمان

۴) بررسی توزیع اندازه ذرات جمع آوری شده

قبل از شـروع نمونه برداری این نکته در نظر گرفته شـود که نتایج مورد نظر از نمونه برداری باید کمی یا کیفی باشـد. جهت تعیین کیفیت هوای بیمارسـتان تعداد میکروارگانیسم های هوابرد در هوای داخل بیمارستان با هوای بیرون مقایسه می گردد(۲).

کمیته ی متشکل از کارشناس مهندسی بهداشت محیط، پرستار کنترل عفونت و مسئول آزمایشگاه بیمارسـتان با توجه به تجهیزات و امکانات بیمارسـتان باید در مـورد روش نمونه برداری و تعداد نمونه مورد نیاز و بخش هایی که باید نمونه برداری گردد، تصمیم گیری نمایند که در این خصوص می توانند از مشاوره یک متخصص میکروبیولوژی و بهداشت محیط نیز استفاده نمایند(۲).

جدول ۶- روشهای نمونه برداری هوا و نمونه هایی از تجهیزات مورد نیاز(۲).

روش	اصول کار	مناسب برای اندازه گیری:	محیط کشت یا سطح مورد نیاز	میزان دبی (لیتر در دقیقه)	تجهیزات کمکی مورد نیاز+	نکات مورد ملاحظه	نام نمونه بردار اصلی
غوطه وری در مایعات (روش فعال) (شکل ۵)	نمونه هوا از یک مایع عبور داده می شود	ارگانیسم های زنده و تعیین غلظت آن در یک بازه زمانی: نمونه برداری از آئروسل های آب برای گونه های لژیونلا	تریپتوز سالین، پپتون، نوترینت براث	۱۲/۵	بلی	عوامل ضد کف ممکن مورد نیاز باشد، دما و رطوبت در طول نمونه برداری ثبت گردد.	Chemical Corps. All Glass Impinger (AGI)
به دام انداختن بر روی سطوح جامد (شکل ۶)	هوا به داخل نمونه بردار کشیده شده و ذرات بر روی سطوح خشک نشست می کنند.	ذرات زنده: اسپور قارچها و باکتریها و ارگانیسم های مقاوم به خشکی از جمله اسپور آسپرژیلوس	سطح خشک، سطوح پوشش داده شده با آگار	۲۸ (الک) با ۳۰-۸۰۰ منفذ	بلی		Andersen Air Sampler sieve) ;(impactor ,TDL Cassella)

ادامه جدول ۶- روشهای نمونه برداری هوا و نمونه هایی از تجهیزات مورد نیاز(۲).

روش	اصول کار	مناسب برای اندازه گیری:	محیط کشت یا سطح	میزان دبی (لیتر در دقیقه)	تجهیزات کمکی مورد نیاز	نکات مورد ملاحظه	نمونه بردار اصلی
ته نشینی (روش پسیو)	ذرات و میکروارگانیسم ها بر روی سطح پلیت از طریق گرانش رسوب می نمایند	ذرات زنده، نمونه برداری از هوا در مجاورت و یا در زمان عمل جراحی، روش عمومی تعیین کیفیت هوای بیمارستان از لحاظ بیوآئروسل ها	محیط کشت نوترینت آگار	-	خیر	ارزان و ساده، بهترین روش برای پایش کیفی هوای بیمارستان. اسپورهای قارچ های هوابرد که بیش از حد سبک هستند. ممکن است رسوب نکنند	پلیت ته نشینی
فیلتراسیون (روش فعال)	هوا از یک فیلتر عبور داده شده، ذرات به دام می افتند، اندازه منافذ ۰/۲ میکرون می باشد.	ذرات زنده، ارگانیسم های زنده (بر روی سطوح فاقد نوترینت، محدود به اسپورها و ارگانیسم های مقاوم به خشکی: اسپورهای قارچی، گونه های آسپرژیلوس و گرد و غبار	کاغذ، سلولز، پشم شیشه، فوم ژلاتین و فیلترهای غشایی	۱-۵۰	بلی	فیلترها پس از نمونه برداری باید در یک سیال غوطه ور شوند.	-
گریز از مرکز (روش فعال)	آئروسل ها در معرض نیروی سانتریفوژ قرار گرفته، ذرات به یک سطح جامد برخورد می کنند.	ذرات زنده، ارگانیسم های زنده (بر روی سطوح فاقد نوترینت، محدود به اسپورها و ارگانیسم های مقاوم به خشکی: اسپورهای قارچی، گونه های آسپرژیلوس	شیشه پوشش داده شده یا قطعات پلاستیکی و سطوح آگار	۴۰-۵۰	بلی	کالیبراسیون مشکل و فقط توسط کارخانه انجام می گردد، مقایسه نسبی آلودگی موجود در هوا استفاده عمومی آن است.	Biotest RCS Plus
رسوب الکتروستایک	هوا از یک سطح دارای بار الکتریکی عبور داده شده و باردار می شوند.	ذرات زنده، ارگانیسم های زنده (بر روی سطوح فاقد نوترینت، محدود به اسپورها و ارگانیسم های مقاوم به خشکی: اسپورهای قارچی، گونه های آسپرژیلوس	سطوح جامد جمع کننده (شیشه)	۸۵	بلی	دبی نمونه برداری بالا، اما تجهیزات پیچیده و باید با دقت راهبری گردد. قابل کاربرد عملی در بیمارستان نمی باشد.	-
رسوب حرارتی	هوا از گرادیان حرارتی عبور داده می شود	اندازه گیری اندازه	لامل شیشه ای و میکرسکوپ الکترونی	۰/۴- ۰/۰۰۳	بلی	تعیین اندازه ذرات بوسیله مشاهده مستقیم، به علت پیچیدگی و هزینه بالا و دبی پایین کاربرد زیادی ندارد.	-

+ بیشتر نمونه بردارها یک دبی سنج یا سرعت سنج و یک منبع خلاء را بعنوان تجهیزات کمکی نیاز دارند.

* استفاده از نام های تجاری دلیل تایید عملکرد آنها نمی باشد فقط به علت ویژگی هایشان در اینجا آورده شده است.

۷-۲-۴ معیارهای انتخاب دستگاه نمونه برداری هوا برای بیمارستان

فاکتورهای زیر در زمان انتخاب یک دستگاه نمونه برداری هوا باید مورد ملاحظه قرار گیرند:

۱) امکان ادامه حیات ارگانیسم نمونه برداری شده

۲) سازگاری با روش آنالیز (تشخیص) انتخاب شده

۳) میزان حساسیت ذرات به نمونه برداری

۴) غلظت و اندازه ذرات

۵) حجم هوای مورد نیاز برای نمونه برداری و مدت زمان نمونه برداری

۶) میزان آلودگی زمینه در بیمارستان

۷) شرایط هوای آزاد پیرامون بیمارستان

۸) کارایی مورد نظر برای جمع آوری ذرات و ارگانیسم ها توسط نمونه بردار

۹) مهارت مورد نیاز برای اپراتور نمونه بردار

۱۰) دسترسی و هزینه نمونه بردار

۱۱) دسترسی به تجهیزات کمکی(۲)

۷-۲-۴-۱ اطلاعات مورد نیاز قبل از انجام نمونه برداری میکروبی در بیمارستان

اطلاعات مورد نیاز قبل از انجام نمونه برداری میکروبی در بیمارستان عبارتند از:

۱) اطلاع از هدف نمونه برداری و نوع استفاده از اطلاعات بدست آمده

۲) عوامل بیولوژیکی مورد نظر

۳) آشنایی با روش آزمایش و محدوده تشخیص روش مورد استفاده

۴) حدود تراکم بیوآئروسل پیش بینی شده در محل نمونه برداری

۵) اطلاع از سایز آئرودینامیکی ذرات

۶) سرعت جریان هوای نمونه برداری

۷) اطلاع از شرایط محیطی (مانند درجه حرارت و رطوبت محل نمونه برداری)

از آنجایی که ۲ نمونه بردار ایمپنجر مایع و ایمپکتور جامد می توانند حجم زیادی از هوا را در دوره زمانی نسبتا کوتاهی مکش نمایند، بنابراین برای نمونه برداری از باکتری ها، ذرات و اسپورهای قارچی بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند(۲). نتایج نمونه برداری بر اساس تعداد ارگانیسم ها یا ذرات در حجم هوا (CFU/m^3) بیان می گردد.

۵-۲-۷ انتخاب دبی و مدت زمان نمونه برداری

انتخاب حجم هوا و مدت زمان نمونه برداری بستگی به حدود غلظت بیوآئروسل ها در هوا دارد. اطلاعات اولیه مربوط به حدود غلظت می تواند با توجه به نتایج نمونه برداریهای مقدماتی و یا از روی گزارشات موجود برای محیط های مشابه بدست آید. معمولا دبی مورد استفاده برای ایمپنجرهای مایع ۱ لیتر در دقیقه و ایمپکتورهای جامد ۲۸/۳ لیتر در دقیقه می باشد. نکته قابل توجه درباره مدت زمان نمونه برداری و دبی این است که باید بگونه ایی مدت زمان و دبی نمونه برداری با چندین پیش تست تعیین شود که از رشد بیش از حد باکتریها و قارچها بر روی محیط کشت مورد استفاده جلوگیری شود. و کلنی های تشکیل شده قابل شمارش باشد(۲). بعضی از منابع زمان ۲۰ الی ۳۰ دقیقه را پیشنهاد دادند(۳۱). در صورتی که هدف شناسایی اسپور قارچ ها باشد باید حداقل ۱ متر مکعب هوا از روی پلیت عبور داده شود(۳۱).

شکل ۵- بیوسمپلر مورد استفاده برای نمونه برداری بیوآئروسل
(حاوی سه جت ایجاد کننده برخورد در سطح مایع)

شکل ۶- ایمپکتور (Quik Take) مورد استفاده برای نمونه برداری بیوآئروسل

۷-۲-۶ انتخاب محیط کشت و روش نمونه برداری

نمونه برداری برای تشـخیص میکروارگانیسـم های هوابرد نیاز به توجه ویژه دارد. استفاده از روش پلیـت برای زمانی که هوا برای اسـپورهای قارچـی نمونه برداری، به علت اینکه اسـپورهای تکی می تواننـد در هـوا به میزان نامحدودی معلق مانده و بر روی پلیت ته نشـین نمی شـوند، توصیه نمی شـود. اسـتفاده از این روش در بیشـتر مطالعات مربوط به نمونه بـرداری از باکتریها و ذرات می باشـد. نتایج نمونه برداری به روش پلیت ته نشـینی عمدتا براسـاس تعـداد ذرات یا باکتریها در هـر واحد سـطح به واحد زمان بیان می گـردد (CFU/area/time). در این روش حجم هوای نمونه برداری شده مشخص نمی باشد(۲).

از محیـط کشـت های ترپتیک سـوی آگار[1] برای شـمارش تعـداد کلنی باکتری هـا و از محیط کشـت پوتیتو دکستروز آگار[2] جهت شـمارش تعداد کلنی های قارچ ها می توان استفاده نمود. از سـیکلو هگزامین به میزان ۰/۱ درصد وزنی محیط کشـت برای جلوگیری از رشـد قارچها بر روی محیط کشت باکتریها، پس از استریل شدن محیط کشت در اتوکلاو و قبل از ریختن آن در پلیت ها اسـتفاده گردد. آنتی بیوتیک کلرامفنیکل نیز به منظور جلوگیری از رشد باکتریها به محیط کشت قارچها به همان ترتیب بالا اضافه گردد.

پس از تهیه پلیت های حاوی محیط کشت در شرایط استریل و قرار دادن تصادفی چند عدد از آنها در انکوباتور (۰/۵±۳۷ به مدت ۲۴ سـاعت)، جهت اطمینان از اسـتریل بودن نمونه ها، پلیت ها در شرایط استریل به محل نمونه برداری منتقل گردد. سپس پلیت ها پس از نمونه برداری در شرایط استریل و در کنار یخ به آزمایشگاه منتقل و محیط کشت قارچها در درون انکوباتور به مدت ۳ روز (۲۷-۲۵ درجه سـانتی گراد) و محیط کشـت باکتریها در دمای ۳۷-۳۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ سـاعت قرار داده شـود. پس از طی این زمان تعداد کلنی قارچها و باکتریها شمارش و گزارش گردد، و مراحل شناسایی بر روی آن انجام گردد.

با توجه به اینکه کلنی های رشـد کرده باکتری بر روی پلیت ها عمدتا هوازی و اختیاری هسـتند، بمنظور شناسـایی باکتری های بی هوازی از محیط کشـت مایع مانند مولر هینتون براث به همراه یک عدد ایمپنجر استریل شده و پمپ نمونه برداری می توان استفاده نمود، سپس نمونه های مایع به آزمایشـگاه منتقل و با اسـتفاده از روش پور پلیت[3] و بر روی محیط کشـت ترپتیک سوی آگار

[1] Tryptic Soy Agar (TSA)
[2] Potato Dextrose Agar (PDA)
[3] Pour Plate

کشت داده شده و تعداد کلنی ها شمارش و جهت شناسایی استفاده می گردد.
بعد از طی مدت زمان لازم کلنی های تشـکیل شـده در پلیت شـمارش و با توجه به دبی و مدت زمان نمونه برداری بر حسـب واحدهای تشـکیل دهنده کلنی در واحد حجم ثبت گردد. این روش کمی جهت برآورد تعداد بیو آئروسل ها (باکتری و قارچ) و مقایسه آنها با سایر نتایج می باشد.

۷-۲-۷ روش های تشخیص قارچها

پس از شمارش تعداد کلنی های قارچها، با استفاده از تهیه کشت قارچ روی لام[1] از کلنی های رشد کرده بر روی پلیت های پوتیتو دکستروز آگار، از طریق مشاهده شکل کلنی در زیر میکروسکوپ قارچها شناسـایی می گردند. قارچهایی نظیر آسـپرژیلوس (نایجر؛ ترئوس؛ فلاووس، فومیگاتوس)، آلترناریا، پنی سیلیوم، کلادسپوریوم، مونیلیا، رایزوپوس، فوزاریوم، موکور، درگسلرا با توجه به شکل کلنی و سـاختار آن در زیر میکروسکوپ شناسایی می گردند. شناسایی قارچها در آزمایشگاه بیمارستان و یا آزمایشگاه معتبر و توسط کارشناس خبره باید انجام گردد.

۷-۲-۸ روشهای تشخیص باکتریها

به منظور تشـخیص جنس باکتری های از روش های بیوشـیمیایی و یا کیت های آماده اسـتفاده شـود. در مرحله اول مشاهده ی مرفولوژی کلنی باکتری از نظر اندازه، رنگ، خشکی و چسبندگی به محیط کشـت مورد بررسی قرار داده شـود. کلنی های رشد یافته بر روی محیط مربوطه بعد از تهیه کردن تک کلنی خالص از آنها با انجام تست های افتراقی توسط کارشناس علوم آزمایشگاهی بیمارستان انجام گردد.

۷-۲-۹ رهنمود سازمان بهداشت جهانی برای تعداد کلنی باکتری و قارچ در هوای بیمارستان

برای هوای بیمارسـتان سـازمان بهداشـت جهانی تعداد ۱۰۰ کلنی باکتـری در هر متر مکعب و ۵۰ کلنی برای قارچها در هر متر مکعب هوای بیمارستان توصیه می نماید، اتحادیه اروپا ۱۰ کلنی را در اتاق عمل پیشنهاد می نماید(۱۱).
بـر طبـق یافته هـای محققان در زمان نمونـه برداری میکروبـی هوا در بیمارسـتان حداقل باید ۱۰۰۰ لیتـر هـوا (۱ متر مکعب) هوا فیلتر گردد(۲). همچنیـن محدودیت های از جمله ۱۵ کلنی

[1] Slide Culture

در هر متر مکعب هوا برای شـمارش ارگانیسـم های قارچی و کمتر از ۱ کلنی در هر متر مکعب هوا برای آسپرژیلوس فومیگوتاس و دیگر قارچهای فرصت طلب بالقوه در مناطقی به میزان زیادی فیلتر شـده (۱۲ بار و بیشـتر تعویض هوا در ساعت و فیلتراسیون با کارایی بزرگتر مساوی ۹۹/۹۷ درصد) را پیشنهاد نموده اند(۱۵).

باید تعداد ذرات شـمارش شده در یک فضای هوای داخل بیمارستان و مراکز بهداشتی و درمان با شـمارش کسب شده در بخش های دیگر مقایسه شود. شمارش ذرات داخل بطور معمول با سطح ذرات هوای بیرون مقایسـه می شـوند. این روش درجه بندی کیفیت هوا از کثیف (به عنوان مثال هوای بیرون) به تمیز (به عنوان مثال هوای فیلتر شـده از فیلترهای با راندمان بالا (۹۵-۹۰ درصد فیلتراسـیون) به تمیزترین (هوای عبور داده شـده از فیلتر هپا) تعیین می گردد. مقایسه نتایج از هوای داخل یک بخش به بخش دیگر اطلاعات مفیدی درباره بزرگی و اهمیت مشکل کیفیت هوای داخل بیمارستان فراهم می نماید. درجه بندی وضعیت کیفیت هوا به درجه بندی تمیز، کثیف، به میزان زیادی فیلتر شده یکی از روشهای تفسیر نتایج نمونه برداری در غیاب استاندارد های کیفیت هوا می باشـد(۴،۲). دانسـیته اسـپورهای قارچی در هوای بیرون متغیر است و همچنین تغییرات فصول نیز بر روی تعداد آن موثر است(۲).

مهمترین محدودیت تکنیکی برای نمونه برداری از هوا برای عوامل قارچی هوابرد نبود اسـتاندارد مشـخص برای ارتباط تعداد اسـپور قارچها با میزان عفونت می باشـد. با توجه به اینکه استاندارد مشخصی برای تعداد کلنی در فضای هر بخش تعیین نشده است بنابراین نمونه برداری محدود به تعیین دانسـیته اسـپورهای قارچی در هر واحد حجم هوا بوده و تعداد بالای اسپورها ممکن است نشـان دهنده آلودگی سیسـتم تهیه هوا قبل از نصب یا نقص سیسـتم زمانی که نتایج کشـت ها با کارایی فیلترهای شـناخته شـده و میزان تعویض هوا مقایسـه می گردد، باشـد. در صورتی که سـاختمان بیمارستان و مراکز بهداشـتی درمانی در مناطق شلوغ و بزرگ شـهر قرار گرفته باشد میزان آلودگی قاعدتاً بالاتر است(۲).

۷-۲-۱۰ پروتکل پیشنهادی برای نمونه برداری از بیوآئروسل ها به روش پلیت ته نشینی در بیمارستان

پروتکل ذیل جهت تعیین قارچها و باکتریها در هوای بیمارستان با استفاده از روش پلیت ته نشینی پیشنهاد می گردد:

۱) شرایط اولیه و مواد لازم

شرایط اولیه و مواد لازم برای نمونه برداری از بیوآئروسل ها به روش پلیت ته نشینی در بیمارستان عبارت است از:

الف) انتخاب و تهیه محیط کشت مناسب براساس هدف تعیین باکتری یا قارچ. به منظور آزمایش مقایسه ای چند بخش با یکدیگر حداقل ۱۸ پلیت مورد نیاز است که ۳ پلیت در هر محل نمونه برداری باید قرار داده شود. در صورتی که هدف از نمونه برداری تشخیص گونه های باکتری یا قارچ باشد استفاده از یک پلیت کافی است. باید یک تا سه پلیت استفاده نشده به عنوان کنترل (شاهد) قرار داده شود.

ب) شرایط اتاق باید در محدوده دما و رطوبت نرمال هوای داخل باشد. محل های آزمایش باید از قبل انتخاب شده باشند و ترجیحاً در مرکز اتاق، کناره ها و گوشه های اتاق باشد. معمولاً این محل ها دارای بالاترین غلظت باکتری و قارچ می باشند(۳۱). میزان حضور افراد (اشغال اتاق) باید مانند شرایط عادی حفظ شود و اتاق های بدون حضور افراد می تواند برای بدست آوردن شرایط پایه استفاده شوند.

پ) حداقل استفاده از سه پلیت برای نمونه برداری از باکتری یا قارچ در هر نقطه توصیه می گردد(۳۱).

۲) تعیین بیوآئروسل ها به روش پلیت ته نشینی

تعیین بیوآئروسل ها به روش پلیت ته نشینی طبق مراحل ذیل انجام می گردد:

الف) بستن هرگونه پنجره پرده دار در صورتی که نور مستقیم در اتاق است.

ب) قرار دادن پلیت ها در محل هایی که از قبل مشخص شده است. هر مجموع ۳ پلیت در کنار هم در یک نقطه قرار داده شود. یادداشت محل دقیق قرار دادن پلیت ها و زمان جایگذاری، یادداشت تعداد افراد حاضر در اتاق شامل خلاصه ای از تعداد افراد وارد و خارج شده از اتاق.

پ) بعد از گذشت زمان ۱ الی ۲ ساعت (البته با توجه به غلظت بیوآئروسل ها در بیمارستان این زمان متفاوت می باشد)، درب پلیت ها بر روی آنها قرار داده شود و برداشت شوند. زمان برداشت آنها نیز باید یادداشت شود. پلیت ها از قبل باید برچسب زده شده باشند.

ت) پلیت ها در دمای مناسب انکوباتور قرار داده شود.

ث) در صورت لزوم مراحل بالا برای قارچ ها (یا باکتریها) تکرار شود.

۳) ارزیابی نتایج کشت بیوآئروسل ها به روش پلیت ته نشینی

ارزیابی نتایج کشت بیوآئروسل ها به روش پلیت ته نشینی به صورت ذیل انجام می گردد:

الف) انکوباسیون پلیت ها به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت یا برای کشت به آزمایشگاه منتقل شود.

ب) شمارش کلنی های روی پلیت و یادداشت تعداد کلنی در فرم مناسب. ارزیابی شمارش ها و تعیین میانگین شمارش کلنی های ته نشینی و همچنین مقایسه با پلیت های شاهد.

پ) تشخیص گونه کلنی های رشد کرده بر روی پلیت(۳۱). در صورت وجود گونه های خطرناک یا غیر عادی سریعا به مسئولان بیمارستان اطلاع رسانی گردد.

۷-۲-۱۱ پروتکل پیشنهادی برای نمونه برداری از بیوآئروسل ها با استفاده از پمپ نمونه بردار در بیمارستان

پروتکل ذیل جهت تعیین قارچها و باکتریها در هوای بیمارستان با استفاده از روش فعال (استفاده از پمپ نمونه بردار) پیشنهاد می گردد:

۱) شرایط اولیه و مواد لازم

شرایط اولیه و مواد لازم برای نمونه برداری از بیوآئروسل ها با استفاده از پمپ نمونه بردار در بیمارستان عبارت است از:

الف) انتخاب و تهیه محیط کشت و پمپ نمونه بردار مناسب براساس هدف تعیین باکتری یا قارچ و نوع نمونه بردار انتخابی.

برای نمونه برداری از باکتریها از ۱ الی ۳ پلیت در هر نقطه استفاده گردد و حداقل از سه نقطه نمونه برداری انجام شود. همچنین برای نمونه برداری از قارچ ها نیز باید همین نکته رعایت گردد. از یک پلیت استفاده نشده به عنوان کنترل (شاهد) استفاده شود.

ب) شرایط اتاق باید در محدوده دما و رطوبت نرمال هوای داخل باشد. محل های آزمایش باید از قبل مشخص شده باشند.

پ) حداقل سه نقطه برای نمونه برداری تعیین گردد. که ترجیحا در مرکز اتاق، کناره ها و گوشه های اتاق باشد. معمولا این نقاط دارای بالاترین غلظت باکتری و قارچ می باشند(۳۱).

ت) حداقل استفاده از سه پلیت برای نمونه برداری از باکتری یا قارچ در هر نقطه توصیه می گردد(۳۱).

۲) تعیین بیوآئروسل ها با استفاده از روش نمونه بردار فعال

تعیین بیوآئروسل ها با استفاده از روش نمونه بردار فعال طبق مراحل ذیل انجام می گردد:

الف) قراردادن پتری دیش (پلیت)، فیلتر و یا دیگر محیط های کشت در نمونه بردار، قرار دادن نمونه بردار در محل های انتخاب شده و تنظیم زمان نمونه برداری

ب) بعد از پایان زمان نمونه برداری، پمپ نمونه بردار خاموش و پتری دیش یا فیلترها به آرامی جدا شود.

پ) برچسب گذاری نمونه ها با یک کد مناسب به همراه توصیف محل نمونه برداری، نوع نمونه (قارچ یا باکتری) و سایر اطلاعات مورد نیاز از جمله یادداشت محل دقیق قرار دادن پلیت ها و زمان جایگذاری، یادداشت تعداد افراد حاضر در اتاق شامل خلاصه ای از تعداد افراد وارد و خارج شده در اتاق.

ت) پلیت ها در دمای مناسب انکوباتور قرار داده شود.

ث) در صورت لزوم مراحل بالا برای قارچ ها (یا باکتریها) تکرار شود.

۳) ارزیابی نتایج کشت بیوآئروسل ها به روش نمونه بردار فعال

ارزیابی نتایج کشت بیوآئروسل ها به روش نمونه بردار فعال به صورت ذیل انجام می گردد:

الف) شمارش کلنی های روی پلیت و یادداشت آن در فرم مناسب. ارزیابی شمارش ها و تعیین میانگین شمارش کلنی برای هر نقطه و همچنین مقایسه با پلیت های شاهد.

ب) تشخیص گونه کلنی های رشد کرده بر روی پلیت(۳۱). در صورت وجود گونه های خطرناک یا غیر عادی سریعا به مسئولان بیمارستان اطلاع رسانی گردد.

۷-۲-۱۲ مشکلات در تفسیر نتایج نمونه برداری میکروبی

مشکلات در تفسیر نتایج نمونه برداری میکروبی عبارتند از:

۱) فقدان استانداردی که غلظت یا تعداد اسپورهای قارچی را با میزان عفونت مرتبط نماید (عدم وجود سطح مواجهه ایمن)

۲) مباحث کشت (به عنوان مثال منفی غلط، زمان تاخیر بین نمونه برداری و ثبت نتایج)

۳) نامشخص بودن دوره کمون برای عفونت گونه های آسپرژیلوس

۴) قرائت نتایج نمونه کشت شده متغیر در یک زمان

۵) نامشخص بودن حساسیت نمونه بردارهای مورد استفاده

۶) فقـدان جزئیات در مقالات درباره توصیف شـرایط نمونه بـرداری (میزان هوای بیرون نفوذ کرده، غلظت های قارچی پیش بینی شده، اتاقهای فاقد سکونت)

۷) فقدان ارتباط بین گونه های قارچی تشـخیص داده شـده و گونه های موجود در محیط و نمونه های کلینیکی

۸) متغیرهای مخدوش کننده برای بیماران با ریسـک بـالا (به عنوان مثال بازدید کنندگان و زمان گذرانده شده در بیرون از اتاق ایزوله محیطی بدون محافظت تنفسی)(۲).

۷-۳ ارزیابی و پایش سیستم تهویه بیمارستان

عملکرد سیستم تهویه ساختمان با توجه به موارد ذیل باید ارزیابی گردد:

۱) آیا سیسـتم مورد اسـتفاده میـزان جریان تهویه مـورد نیاز برای هر اتـاق را فراهم می نماید؟

۲) آیا بطور کلی جهت جریان هوا در بیمارسـتان از مناطق تمیز به مناطق آلوده می باشد (به عنوان مثال آیا جهت جریان هوا در اتاق های ایزوله یا سـایر بخش های آلوده مانند آزمایشـگاه با این الگو همخوانی دارد؟)

۳) کارایی سیستم در توزیع هوای بیرون به هر بخش در اتاق چگونه است؟

۴) کارایی سیستم در حذف آلاینده های هوابرد از هر نقطه در اتاق چگونه است؟

۷-۳-۱ ملاحظات عمومی در ارزیابی و پایش سیستم تهویه بیمارستان

تمامی سیستم های تهویه باید بطور سالانه به منظور اطمینان از انطباق با حداقل الزامات بازرسی گردند که از جمله اهداف ارزیابی و پایش سالانه سیستم تهویه عبارتند از:

الـف) سیسـتم تهویه مورد اسـتفاده در بیمارسـتان برای اهـداف مورد نظـر و فراهم نمودن استانداردها همچنان مناسب است یا خیر؟

ب)پیشـگیری و کنترل مخاطرات ارگانیسم های بالقوه هوابرد از جمله لژیونلا و خطرات دیگر توسط سیستم تهویه موجود امکانپذیر است یا خیر ؟

ج) دسترسی به سیستم تهویه همچنان ایمن و آسان می باشد(۲۰).

۷-۳-۱-۱ نکات مهم بازرسی و پایش سیستم تهویه بیمارستان

فعالیت های بازرسی و نگهداری باید برای اطمینان از اینکه سیستم تهویه خطری برای پرسنل و بیماران ایجاد نمی نماید، انجام گردد. نکات مهم که باید در بازرسی و پایش سیستم های تهویه در بیمارستان مدنظر قرار گیرد عبارتند از:

۱) دستگاه تامین هوا نباید حاوی هرگونه ماده یا اجزایی باشد که باعث تقویت رشد میکروارگانیسم ها گردد.

۲) دستگاه تامین هوا نباید حاوی هرگونه ماده یا اجزایی باشد که باعث ایجاد و افزایش آتش گردد.

۳) تمام درب ها باید بطور کامل بسته شده و بدون درز باشند.

۴) نقاط ورودی و خروجی نباید در محلی قرار داده شود که باعث کاهش کیفیت هوای ورودی به داخل سیستم گردد. در اکثر سیستم های موجود مورد استفاده در بیمارستانها باید این محل قرارگیری ورودی و خروجی اصلاح گردد.

۵) برای جلوگیری از ورود حشرات موذی باید در داخل کانال ورودی و خروجی از یک مش با منافذ ۶ الی ۱۲ میلی متر استفاده گردد.

۶) فیلترها باید بطور مطمئن نصب و به گونه ای در قاب خود قرار گیرد که فاقد هرگونه درز و شکافی باشد و از هرگونه جریان جانبی نیز جلوگیری شود.

۷) تمامی فیلترهای مورد استفاده باید از نوع خشک باشند. قاب فیلترها بطور کلی به عنوان یک پیش فیلتر استفاده می گردد و باید در جهت ورودی جریان هوا قرار داده شود.

۸) نصب فیلتر باید به گونه ای باشد که دسترسی آسان به فیلتر برای پاکسازی، حذف یا جایگزینی را فراهم نماید.

۹) در بخش هایی که فیلترهای هپا نصب می شوند باید قابل تعویض بوده و فاقد هرگونه درز باشد.

۱۰) واحدهای تامین هوا باید از دسترسی های غیر مجاز محافظت گردند.

۱۱) واحدهای قرار گرفته بر روی پشت بام باید مسیر دسترسی دائمی و ایمن داشته باشند.

۱۲) تمامی اجزاء واحدهای تامین هوا باید برای بازرسی روزانه به آسانی قابل دسترسی باشند.

۱۳) تمامی سیستم های تهویه باید حداقل یکبار در ماه توسط کارشناس مهندسی بهداشت محیط بیمارستان با اهداف زیر بازرسی بصری شود:

الف) آیا سیستم تهویه هنوز مورد نیاز است یا خیر؟

ب) آیا دستگاه تامین کننده هوا هنوز دارای حداقل استانداردها است یا خیر؟

پ) آیا روش بهره برداری از سیستم رضایت بخش است؟(۲۰).

۷-۳-۲ بازرسی و پایش سیستم های تهویه در بخش های حساس بیمارستان

با توجه به اینکه کارایی سیستم تهویه در این بخش ها به طور جدی بر عملکرد مطلوب بیمارستان تاثیر می گذارد، به همین علت جهت اطمینان از عملکرد مناسب باید در فواصل زمانی مناسب بازرسی گردند. همه سیستم های تهویه بخش های حساس بیمارستان باید ماهیانه یکبار توسط کارشناس بهداشت محیط بیمارستان بازرسی گردد.

بخش های بحرانی و حساس بیمارستان عبارتند از:

۱) اتاق های عمل از هر نوع

۲) اتاق های ایزوله از هر نوع

۳) بخش سوختگی (مراقبت ویژه)

۴) بخش نوزادان

۵) اتاق بسته بندی در واحد استریلیزاسیون

۶) ام آر آی و بخش های دیگر که عکس برداری فوری و به محیط پایدار نیاز دارند.

مصالح و مواد مورد استفاده در بخش های حساس باید با عملکرد آن متناسب باشد. مواردی که باید در اتاق عمل رعایت شود عبارتند از:

۱) سقف باید کامل باشد و اگر سرامیک شده است همه سرامیک ها باید بدون هیچ گونه درزی باشد.

۲) کف و دیوارها باید فاقد هرگونه ساخت و ساز و یا تزئینات قابل توجه باشد.

۳) درب ها باید بطور کامل بسته باشد و درب بسته باید توانایی تحمل فشار اتاق را داشته و خودبخود باز نشود(۲۰).

۷-۳-۳ نکات مهم ارزیابی سالیانه سیستم های تهویه بیمارستان

در ارزیابی سالیانه سیستم تهویه بیمارستان باید موارد ذیل مورد توجه قرار گیرد:

۱) اندازه گیری کامل میزان جریان هوای ورودی و خروجی اتاق

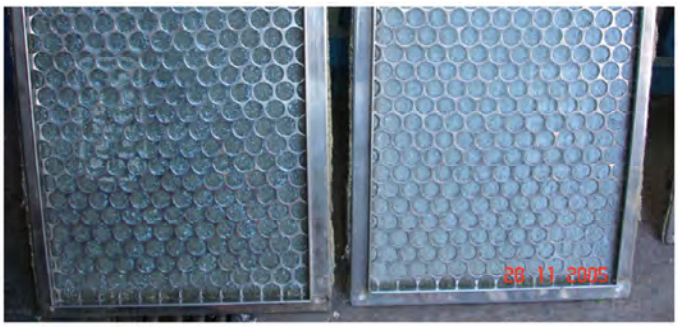
۲) محاسبه میزان تعویض هوای اتاق ها
۳) اندازه گیری اختلاف فشار اتاق ها
۴) اندازه گیری سطح صدای اتاق ها (جدول ۷)
۵) بررسی کیفیت هوای اتاق ها

جدول ۷- حداکثر سطح صدا در بخش های مختلف بیمارستان

بخش	سطح استاندارد (دسی بل)
اتاق عمل خیلی تمیز	۵۰
اتاق عمل متداول	۴۰
سایر اتاق های غیر تخصصی	۴۰
راهروها	۴۰
اتاق احیاء	۳۵
اتاق بیماران: خواب	۳۰

۷-۳-۴ نکات مهم بازرسی و تعویض فیلتر هپا مورد استفاده در بیمارستان

فیلترهای هپا مورد استفاده جهت تصفیه هوا در بیمارستان پس از مدتی به علت اینکه ذرات را از جریان هوا حذف می کنند مسدود و باید تعویض گردند (شکل ۷) از آنجایی که ممکن است در هنگام تعویض ایجاد گرد و غبار نمایند، باید اقدامات احتیاطی لازم از جمله استفاده از ماسک بخصوص توسط پرسنل و کارگرانی که مسئول تعویض این فیلترها هستند انجام شود. فیلترهای کثیف باید با احتیاط از قاب خود جدا و در یک کیسه پلاستیکی قرار گیرد و پس از اتمام کار به طرز مناسب بی خطرسازی و با پسماندهای عادی بیمارستان دفع گردند. این نکته مهم است که فیلترهایی که جایگزین شده به درستی و از سمت مناسب در محل مورد نظر قرار گرفته و دستورالعمل کارخانه سازنده حتما مورد توجه قرار گیرد.



شکل ۷- تجمع ذرات بر روی سطح فیلتر کثیف (سمت چپ) و مقایسه با فیلتر تمیز (سمت راست)

۷-۳-۴-۱ نکات مهم بازرسی و استفاده از دستگاه های هپا قابل جابجایی در بیمارستان

استقرار واحدهای هپای قابل جابجایی در هر بخش از بیمارستان باید با نظر کمیته کنترل عفونت و کارشناس بهداشت محیط بیمارستان باشد. قبل از استفاده از دستگاههای هپا قابل جابجایی باید بازرسی و بطور کامل تمیز و در صورت استفاده از این واحدها در بخش بیماران دارای نقص ایمنی باید گندزدایی گردند. همچنین قبل از استفاده از دستگاههایی که در اتاقهای ایزوله یا بخش هایی که بیماران عفونی در آنها بستری شده اند در محل های دیگر باید گندزدایی شوند. تمامی دستگاههای هپا قابل جابجایی باید به طور هفتگی بازرسی و تمیز شوند(۲۰).

۷-۳-۴-۱-۱ نگهداری فیلتر

کارایی سیستم فیلتراسیون بستگی به دانسیته فیلتر (قطر منافذ) دارد، از طرفی هر چه قطر منافذ کمتر باشد ایجاد افت فشار بیشتر می نماید که این افت می تواند بوسیله فن های قوی تر و کارآمدتر جبران گردد. جهت حفظ عملکرد بهینه فیلترها، پایش و جایگزینی آن باید مطابق با توصیه های کارخانه سازنده انجام گردد. فیلترهای تعویض شده باید در داخل کیسه پلاستیکی قرار داده شده و بدون در نظر گرفتن محل قرارگیری آن در بخش های مختلف پس از بی خطرسازی مناسب با پسماندهای عادی روزانه بیمارستان دفع گردد(۲).

اختلاف فشار در دو طرف فیلتر باید با استفاده از مانومتر و یا دیگر تجهیزات اندازه گیری گردد. وجود فشاری بیش از دفترچه مشخصات، نشان دهنده نیاز به تعویض فیلتر می باشد. فیلترها

همچنین باید بطور مداوم به منظور بررسی دلایل کاهش عملکرد مورد بازرسی قرار گیرند. شکاف داخـل و اطـراف مجموعه فیلتر و توده خاک و اشـغال (خرده) باقیمانده در بالا دسـت جریان در فیلترهای با نگهداری ضعیف بخصوص در زمان فعالیت های سـاخت و سـاز می تواند باعث شیوع آسپرژیلوس در بیمارستان گردد(۲).

۷-۳-۴-۲ نکات مهم بازرسی و استفاده از لامپ های ماوراء بنفش

راندمان این دستگاهها به طور مستقیم مرتبط با تمیزی آنها می باشد. در این راستا دستورالعمل های کارخانه سازنده مربوط به خدمات، نگهداری، لامپ و جایگزینی آن باید به طور کامل رعایت گردد. قبل از استفاده از لامپ های ماوراء بنفش مورد استفاده در اتاقهای ایزوله یا بخش هایی که بیماران عفونی در آنها بستری بوده اند، باید گندزدایی شوند. کلیه مدارک بازرسی و نگهداری سیستم باید به مدت ۵ سال در بیمارستان نگهداری شود(۲۰).

۷-۳-۵ پارامترهای ضروری برای کنترل عفونت های هوابرد

پارامترهای ضروری برای کنترل عفونت های هوابرد عبارتند از:

۱) مدیریت اختلاف فشار برای تعیین جهت مناسب جریان هوا

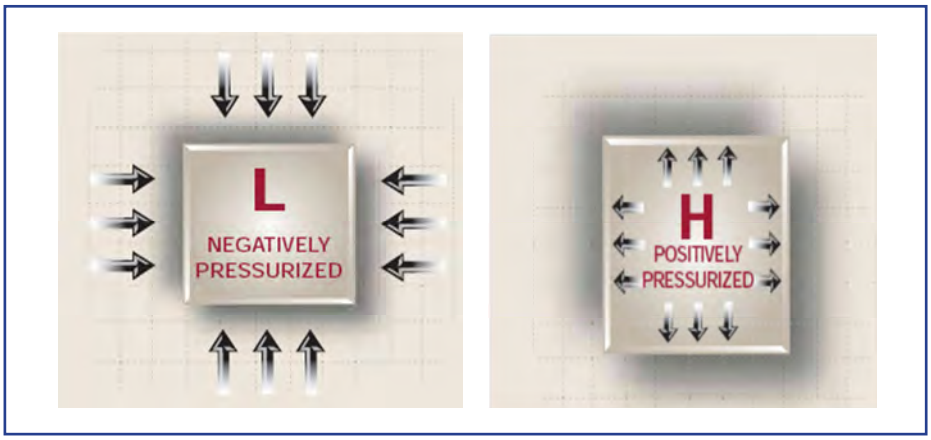
۲) تعداد مناسب تعویض هوای اتاق برای رقیق سازی

۳) فیلتراسیون برای حذف ذرات عفونی. که در ادامه ۳ پارامتر توضیح داده شده است.

۷-۳-۵-۱ اختلاف فشار در بخش های بیمارستان

اختلاف فشـار دلیل حرکت هوا از مناطق با فشـار بیشتر به مناطق با فشار کمتر می باشد. اختلاف فشار بیشتر منجر به سرعت باد بالاتر می گردد. حرکت هوا از طریق جایگزینی هوای تمیز با هوای کثیف باعث محدودیت حرکت ذرات عفونی می گردد. اختلاف فشار از طریق هوای فراهم شده در مقابل هوای خارج شده ایجاد می گردد(شکل ۸).

در اتاق با فشـار منفی مجموع هوای خارج شـده بیشتر از مجموع هوای تامین شده می باشد. این نیـرو باعـث ورود هوا به اتاق از راههای مختلف از جمله زیر درب و دیگر درزها و مانع از فرار ذرات عفونی می شـود. این اختلاف فشار بین هوای فراهم شـده و هوای خارج شده در اتاق فشار منفی بیمارستان (ایزوله تنفسی) باید برابر با ۰/۰۱ اینچ آب یا ۲/۵ پاسکال باشد(۲۱).



شکل ۸- شماتیک فشار منفی (سمت چپ) فشار مثبت (سمت راست)(۱۲)

۷-۳-۵-۲ تعویض هوا

زمـان مـورد نیاز برای حذف ذرات منتقله از هوا از فضای اتاق بسـتگی به تعداد تعویض هوا در هر سـاعت، محل ورودی و خروجی تهویه، شـکل فیزیکی (چیدمان) اتاق یا فضا دارد. جدول ۸ زمان مورد نیاز برای حذف ذرات همراه با راندمان و تعویض هوا را نشان می دهد.

جدول ۸- زمان مورد نیاز (بر حسب دقیقه) همراه با راندمان و تعویض هوا در حذف ذرات(۱۲،۱۱).

تعداد تعویض هوا	راندمان ۹۰ درصد	راندمان ۹۹ درصد	راندمان ۹۹/۹ درصد
۲	۶۹(دقیقه*)	۱۳۸(دقیقه)	۲۰۷(دقیقه)
۴	۳۵	۶۹	۱۰۴
۶	۲۳	۴۶	۶۹
۸	۱۷	۳۵	۵۲
۱۰	۱۴	۲۸	۴۱
۱۲	۱۲	۲۳	۳۵
۱۵	۹	۱۸	۲۸
۲۰	۷	۱۴	۲۱
۵۰	۳	۶	۸

* زمان بر حسب دقیقه می باشد.

۷-۳-۵-۳ فیلتر هپا

بدون فیلتراسیون ذرات در هوای محیط های داخل، تجمع یافته و می توانند منجر به اثرات سوئی برای بیماران و پرسنل بیمارستان گردند. ذرات همچنین می توانند در هنگام تعویض لباس یا روش های تهاجمی بر روی زخم های باز ته نشین شوند. فیلترهای مورد استفاده در دستگاههای هپا قابل جابجایی باید توانایی حذف ۹۰ درصد از ذرات با قطر ۰/۵ میکرون از هوای داخل و بیرون را داشته باشند.

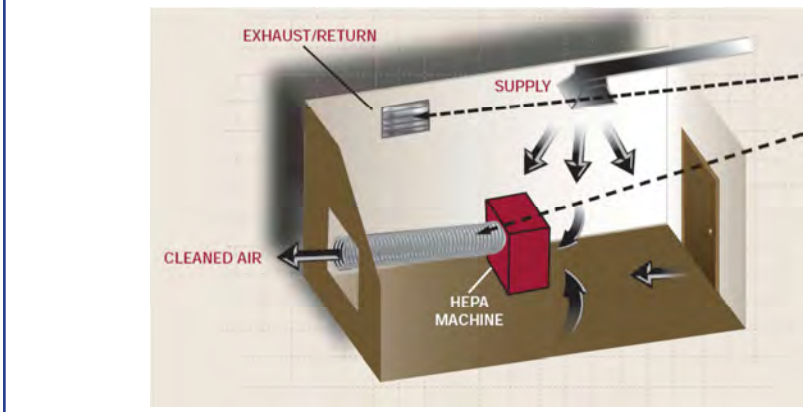
فیلترهای هپا قابل جابجایی در گذشته برای بیماران بستری شده در اتاق ایزوله استفاده می شده است. این فیلترها همچنین می توانند به عنوان یک اسکرابر هوا نیز استفاده شوند. در این روش استفاده از این فیلترهای هپا هیچگونه فشاری تامین نمی کند و بنابراین تاثیر بر جهت جریان هوا ندارد. فیلتر در اتاق قرار گرفته و بدون اتصال به کانال هوا روشن گردیده و بنابراین فقط در چرخش مجدد هوا موثر می باشد و استفاده از آن بدین شکل برای بخش ایزوله پیشنهاد نمی گردد(۲۱). اگر فیلتر هپا به مدت زمان زیادی در یک محل استفاده می گردد، فیلتر اولیه (پیش فیلتر) باید در زمانی که پرزهای مرئی بر روی فیلتر ایجاد گردید تعویض شود(شکل ۹).

شکل ۹- ایجاد پرز بر روی فیلتر اولیه (پیش فیلتر) دستگاه هپا قابل جابجایی(۱۲)

۷-۳-۵-۳-۱ استفاده از فیلتر هپا قابل جابجایی در بخش ایزوله تنفسی بیمارستان

ایجاد فشار منفی موقتی در بخش ایزوله با استفاده از فیلترهای هپا قابل حمل در بیمارستان با ۲ روش انجام می گردد که عبارتند از:

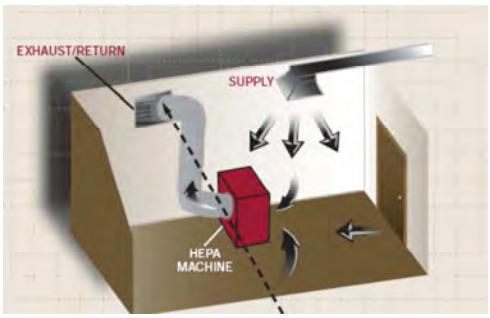
روش اول: قرار دادن فیلتر هپا در وسط اتاق و پوشاندن کلیه خروجی های هوا از اتاق از جمله کانال برگشت جریان هوا، پنجره و اتصال خروجی به پنجره اتاق: که تمیز کردن هوای آلوده و همچنین ایجاد فشار منفی از اهداف آن می باشد. که در این حالت اختلاف فشاری برابر با ۲/۵ پاسکال نسبت به راهرو (فشـــار بیشتر) باید ایجاد گردد. اختلاف فشار باید با یک فشار سنج دیجیتال دستی بطور روزانه ارزیابی شود. پس از استفاده از فیلتر هپا قابل جابجایی در اتاق ایزوله، فیلتر به همراه کانال خروجی آن گندزدایی گردد(شکل ۱۰)(۲۱).



شکل ۱۰- نحوه استفاده از فیلتر هپا در ایجاد فشار منفی در اتاق ایزوله و مواقع اضطراری(۲۱)

روش دوم: روش دیگر ایجاد فشار منفی، تخلیه هوای خروجی فیلتر هپا به سیستم جریان برگشتی می باشد.

کـــه در این روش مجـــرای خروجی فیلتر هپا به کانال خروجی متصل می شـــود. کـــه باید در این حالت توجه شـــود میزان جریان هوای تخلیه شـــده به کانال خروجی بیشـــتر از ظرفیت آن نباشد. چون باعث تغییر توازن جریان در ســـایر بخش ها می گردد. که در این حالت اختلاف فشاری برابر با ۲/۵ پاســـکال نسبت به راهرو (فشار بیشـــتر) باید ایجاد گردد. همچنین اختلاف فشار باید با یک فشارسنج دیجیتال دستی به طور روزانه ارزیابی و پس از استفاده از آن، فیلتر هپا و کانال خروجی آن گندزدایی گردد(شکل ۱۱).



شکل ۱۱- نحوه استفاده از فیلتر هپا در ایجاد فشار منفی در اتاق ایزوله و مواقع اضطراری همراه با اتصال به کانال خروجی(۲۱)

۶-۳-۷ 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 تشـخیص داد، اما بزرگی جریان هوا نیز باید تعیین شـود. که با اسـتفاده 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) روشـن نمودن فشـار سـنج 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 لاسـتیکی انعطاف پذیر ۴) قرار دادن لوله در زیر درب بسـته (دارای حداقل قطر چهار اینچ باشد) (شـکل ۱۲). 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 ۱۲- مرحله ۴ قرار دادن لوله در زیر درب بسته برای اندازه گیری فشار نسبی بین ۲ فضا(۲۱)

۷-۳-۷ مراحل استفاده از فیلتر هپا برای تهویه

دستگاههای قابل جابجایی هپا برای تولید موقت فشار، رقیق سازی و فیلتراسیون در بیمارستان استفاده می گردند. این دستگاهها باعث افزایش رقیق سازی هوا و فیلتراسیون می گردند. که مراحل استفاده از فیلتر هپا برای تهویه عبارتند از:

۱) محاسبه حجم اتاق (طول×عرض×ارتفاع)

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

$$Q = \frac{ACH \times V}{۶۰}$$

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.

۷-۳-۸ استفاده از شمارشگر ذرات برای ارزیابی کیفیت هوای داخل بیمارستان و کارایی فیلتر

شمارشگر ذرات در واقع نشان دهنده تعداد ذرات ریز در هوای اتاق می باشد. از شمارشگر ذرات می توان برای تعیین کارایی فیلترهای هپا استفاده نمود(شکل ۱۳). که با مقایسه تعداد ذرات در هوای ورودی به فیلترهای هپا و خروجی در زمانی که این دستگاهها در حال کار می باشند انجام می گردد. همچنین کارایی سیستم های فیلتراسیون ساختمان بیمارستان نیز می تواند با استفاده از شمارشگر ذرات و از طریق مقایسه شمارش ذرات در بیرون ساختمان و داخل بیمارستان تعیین گردد. معمولا شمارشگرهای ذرات از طریق ۲ مکانیسم نوری و تراکم تعداد ذرات را اندازه گیری می نمایند. این دستگاهها تعداد ذرات با اندازه ۰/۰۲ تا ۱ میکرون در هر سانتیمتر مکعب هوا را گزارش می دهند.

شکل ۱۳- استفاده از شمارشگر ذرات برای تعیین کارایی فیلتراسیون

باید به این نکته توجه داشت که کارشناس بهداشت محیط باید با مقایسه تعداد ذرات در ورودی و خروجی کارایی فیلتراسیون را محاسبه و گزارش دهد. سیستم فیلتراسیون بیمارستان و دستگاههای هپا قابل جابجایی باید حداقل ۹۰ درصد کارایی در حذف ذرات داشته باشند. در مواقعی که شمارش ذرات در داخل و خارج بیمارستان انجام می گردد نباید کارشناس شمارش ذرات را در نزدیکی درب ورودی ساختمان انجام دهد، برای افزایش صحت نتایج چندین بار اینکار را تکرار و حتما در زمان یادداشت نتایج زمان و شرایط نمونه برداری نیز ذکر گردد. که نمونه چک لیست ورود اطلاعات شمارش ذرات در پیوست ۳ آورده شده است(۲۱).

۸- استاندارد های سیستم تهویه در بیمارستان

۸-۱ آیین نامه تاسیس بیمارستان در ایران

طبق آئین نامه تاسیس بیمارستان در ایران مقرارت ذیل برای سیستم تهویه در بیمارستان ها پیشنهاد گردیده است:

هر یک از بخش های داخلی، اطفال و عفونی بایستی دارای حداقل یک اتاق تحت فشار منفی دارای یک پیش ورودی و دارای سرویس بهداشتی (توالت و دستشویی) مستقل برای بستری بیماران نیازمند به ایزوله تنفسی باشند.

بخش مراقبت های ویژه باید دارای اتاق پیش ورودی با دستشویی مناسب باشد.

اتاق ایزوله تنفسی و اتاق انجام برونکوسکوپی باید تحت فشار منفی باشند و تهویه آنها ضمن مجهز بودن به فیلتر هپا، توانایی تعویض هوا حدود ۱۰ الی ۱۵ بار در ساعت را داشته باشد.

اتاق های عمل باید تحت فشـــار مثبت نســـبت به فضای بیرون بوده و تهویه آنها ۲ تا ۱۵ مرتبه در ســـاعت هـــوا را تعویض نمایند در مســـیر جریان هوا باید فیلترهای اولیه بـــرای حذف گرد و غبار و فیلترهای نهایی هپا برای حذف ذرات ریز وجود داشته باشد.

همچنین در جلد اول نشـــریه شـــماره ۱۲۸ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، مشخصات فنی عمومی تاسیسات مکانیکی ساختمان تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع در بیمارستان ذکر شده است.

۸-۲ استاندارد های بین المللی سیستم تهویه در بیمارستان

اســـتاندارد های سیستم تهویه بخش های مختلف بیمارســـتان در کشور آمریکا در جدول ۹ آورده شده است. که در این جدول استاندارد جهت حرکت هوا نسبت به بخش مجاور خارج (فشار مثبت) و داخل (فشـــار منفی)، حداقل تعویض هوا از هوای بیرون در ســـاعت (چند تعویض هوا می تواند از هـــوای بیـــرون تامین گردد که تامین هوا از بیرون منوط به فیلتر شـــدن هوا قبل از ورود به اتاق می باشـــد) و امکان بازچرخش هوای اتاق در بیمارســـتان و یا تخلیه مستقیم به هوای بیرون آورده شده است.

جدول ۹- استاندارد تهویه بیمارستان ها و مراکز درمان سرپایی در آمریکا(۱۵)

نام بخش	جهت حرکت هوا نسبت به بخش مجاور	حداقل تعویض هوا از هوای بیرون در ساعت	حداقل کل تعوض هوا در ساعت	تمامی هوای خروجی اتاق بطور مستقیم به بیرون تخیله شود.	درصد رطوبت نسبی	دمای مطلوب
اتاق های عمل/ سیتوسکوپی (لوله گذاری مثانه)	خارج (فشار مثبت)	۳	۱۵	-	۳۰-۶۰	۲۰-۲۳
اتاق زایمان	خارج (فشار مثبت)	۳	۱۵	-	۳۰-۶۰	۲۰-۲۳
اتاق احیاء	خارج (فشار مثبت)	۲	۶	-	۳۰-۶۰	۲۱-۲۴
مراقبت ویژه	خارج (فشار مثبت)	۲	۶	-	۳۰-۶۰	۲۱-۲۴
مراقبت ویژه نوزادان	خارج (فشار مثبت)	۲	۶	-	۳۰-۶۰	۲۲-۲۶
اتاق تروما	خارج (فشار مثبت)	۳	۱۵	-	۳۰-۶۰	۲۱-۲۴
ذخیره گاز بیهوشی	خارج (فشار منفی)	-	۸	بلی	-	-
اندوسکوپی	داخل (فشار منفی)	۲	۶	-	۳۰-۶۰	۲۰-۲۳
برونکوسکوپی	داخل (فشار منفی)	۲	۱۲	بلی	۳۰-۶۰	۲۰-۲۳
اتاق انتظار اندوسکوپی	داخل (فشار منفی)	۲	۱۲	بلی	-	۲۱-۲۴
تریاژ	داخل (فشار منفی)	۲	۱۲	بلی	-	۲۱-۲۴
اتاق انتظار رادیولوژی	داخل (فشار منفی)	۲	۱۲	بلی	-	۲۱-۲۴
اتاق کار بر روی بیمار	خارج (فشار مثبت)	۳	۱۵	-	۳۰-۶۰	۲۱-۲۴

ادامه جدول ۹- استاندارد تهویه بیمارستان ها و مراکز درمان سرپایی در آمریکا(۱۵)

نام بخش	جهت حرکت هوا نسبت به بخش مجاور	حداقل تعویض هوا از هوای بیرون در ساعت	حداقل کل تعوض هوا در ساعت	تمامی هوای خروجی اتاق بطور مستقیم به بیرون تخیله شود.	درصد رطوبت نسبی	دمای مطلوب
اتاق بیمار	-	۲	۶	-	-	۲۱-۲۴
سرویس بهداشتی	داخل (فشار منفی)	-	۱۰	بلی	-	-
محل نگهداری اطفال شیر خوار	-	۲	۶	-	۳۰-۶۰	۲۲-۲۶
اتاق ایزوله محیطی	خارج (فشار مثبت)	۲	۱۲	-	-	۲۴
اتاق ایزوله تنفسی	داخل (فشار منفی)	۲	۱۲	بلی	-	۲۴
اتاق پیش ورودی ایزوله	داخل/ خارج	-	۱۰	بلی	-	-
آزمایشگاه –زایمان- احیاء	-	۲	۶	-	-	۲۱-۲۴
اتاق پس از زایمان	-	۲	۶	-	-	۲۱-۲۴
راهرو	-	-	۲	-	-	-
اشعهX (جراحی/ مراقبت ویژه و کاتتر)	خارج (فشار مثبت)	۳	۱۵	-	۳۰-۶۰	۲۱-۲۴
اشعه X (درمان و تشخیص)	-	-	۶	-	-	۲۴
اتاق تاریک (ظهور)	داخل (فشار منفی)	-	۱۰	بلی	-	-
بیوشیمی	خارج (فشار مثبت)	-	۶	-	-	۲۴
سیتولوژی	داخل (فشار منفی)	-	۶	بلی	-	۲۴
شستشوی شیشه	داخل (فشار منفی)	-	۱۰	بلی	-	-
هیستولوژی	داخل (فشار منفی)	-	۶	بلی	-	۲۴
میکروبیولوژی	داخل (فشار منفی)	-	۶	بلی	-	۲۴
پزشکی هسته ای	داخل (فشار منفی)	-	۶	بلی	-	۲۴
پاتولوژی	داخل (فشار منفی)	-	۶	بلی	-	۲۴
سرلوژی (سرم)	خارج	-	۶	-	-	۲۴
استریلیزاسیون	داخل (فشار منفی)	-	۱۰	بلی	-	-
اتاق کالبدشکافی	داخل (فشار منفی)	-	۱۲	بلی	-	-
اتاق نگهداری اجساد بدون انجماد	داخل (فشار منفی)	-	۱۰	بلی	-	۲۱
داروخانه	خارج (فشار مثبت)	-	۴	-	-	-
اتاق دارو	خارج (فشار مثبت)	-	۴	-	-	-
فیزیوتراپی و آب درمانی	داخل (فشار منفی)	-	۶	-	-	۲۴
اتاق استریلیزه ETO	داخل (فشار منفی)	-	۱۰	بلی	۳۰-۶۰	۲۴
اتاق تجهیزات استریلیزه	داخل (فشار منفی)	-	۱۰	بلی	-	-

ادامه جدول ۹- استاندارد تهویه بیمارستان ها و مراکز درمان سرپایی در آمریکا(۱۵)

نام بخش	جهت حرکت هوا نسبت به بخش مجاور	حداقل تعویض هوا از هوای بیرون در ساعت	حداقل کل تعوض هوا در ساعت	تمامی هوای خروجی اتاق بطور مستقیم به بیرون تخیله شود.	درصد رطوبت نسبی	دمای مطلوب
مرکز تهیه غذا	-	-	۱۰	-	-	-
شستشوی ظروف	داخل (فشار منفی)	-	۱۰	بلی	-	-
مخزن غذای رژیمی روزانه	داخل (فشار منفی)	-	۲	-	-	-
رختشویخانه عمومی	-	-	۱۰	بلی	-	-
دسته بندی و ذخیره لباس کثیف	داخل (فشار منفی)	-	۱۰	بلی	-	-
حمام	داخل (فشار منفی)	-	۱۰	-	-	۲۴
نگهبانی	داخل (فشار منفی)	-	۱۰	بلی	-	-

۸-۳ پیشنهاد استانداردهای ملی سیستم تهویه در بخش های مختلف بیمارستان

با توجه به خطرات عفونت های هوابرد در بیمارستان ها و لزوم کنترل هر چه بیشتر عفونت های هوابرد، از اطلاعات موجود در جدول ۹ به عنوان استانداردهای سیستم تهویه در بخش های مختلف بیمارستان در ایران می توان استفاده نمود.

۸-۴ اتاق ایزوله

بیمار عفونی می تواند محیط اطراف خود را بطور ناخواسته آلوده نماید. یک اتاق با تهویه و نگهداری مناسب به ویژه برای پیشگیری از تماس مستقیم و غیرمستقیم همچنین به منظور کاهش خطر میکروارگانیسم های هوابرد از منبع (بیمار) به سایر بیماران مستعد و اشخاص دیگر در بیمارستان مهم است که در اصطلاح پزشکی اتاق ایزوله نامیده می شود.

۸-۴-۱ انواع اتاق ایزوله

دو نوع اتاق ایزوله وجود دارد: ۱) اتاق ایزوله ی تنفسی (AII[1]) ۲) اتاق ایزوله محیطی(PE[2])

۸-۴-۱-۱ اتاق ایزوله تنفسی

به جداسازی بیماران آلوده به ارگانیسم هایی که از طریق قطرات ریز با قطر کمتر از ۵ میکرون

[1] Airborne Isolation Room
[2] Protective Environment Room

انتشـــار می یابند، اشـــاره می نماید. که شامل بیماران مبتلا به سرخک، آبله مرغان و سل می باشد. بخش های دیگر مانند، واحد مراقبت ویژه (بزرگســـالان، اطفال و نوزادان) و بخش های عملکردی مانند واحد برونوسکوپی و اتاقهای که خلط تنفسی بیماران در آنها وجود دارد نیز شامل می گردد(۲). اتاقهای ایزوله تنفســـی برای به حداقل رســـاندن انتقال هوا از اتاقهای ایزوله به دیگر اتاقها ســـاخته می شـــود. خطر عفونت از طریق مســـیر هوابرد تابعی از غلظت ذرات بوده و با کاهش غلظت ذرات شانس عفونت و از این رو تعداد بیماران آلوده شده کاهش می یابد(۲۲).

۸-۴-۱-۲ اتاق ایزوله محیطی

بیمارانی که مکانیســـم سیستم ایمنی بدنشان به دلیل اختلالات ایمونولوژیک (به عنوان مثال ابتلا به ایدز یا ســـندرم نقص ایمنی مادرزادی)، بیماریهای مزمن (مانند دیابت، سرطان، شیمی درمانی، آمفیزم یا نارســـایی قلبی) یا درمان سرکوب کننده ایمنی (مانند تابش، پیوند عضو، شیمی درمانی سیستوکســـیک، داروهای ضد درد، یا استرویید ها) و بخصوص بیمارانی که تحت پیوند سلول های بنیادی خونساز قرار گرفته باید در اتاق ایزوله محیطی بستری گردند.
تفاوت اتاقهای ایزوله تنفسی و محیطی در روابط فشار می باشد.

- اتاق ایزوله محیطی نســـبت به اتاقهای مجاور باید فشـــار مثبت داشته باشد. این بخش ها به تعداد تعویض هوا فراوان (بیشتر و مساوی ۱۲ تعویض در ساعت) نیاز داشته و تمام هوای مورد نیاز از طریق عبور هوا از فیلتر هپا تامین می گردد.

- اتاق های ایزوله تنفســـی باید در فشار منفی نگهداری گردد و این بخش ها به تعداد تعویض هوا فراوان (بیشتر و مساوی ۱۲ تعویض در ساعت) نیاز دارند و باید تمام هوای اتاق بدون بازچرخش در بخش، به خارج از آن تخلیه گردد.

جهـــت اطمینان از تامین فشـــار مثبت یـــا منفی در اتاق های ایزوله محیطی و تنفســـی، درب اتاق بایـــد خودبخود بســـته، دیوارها ، پنجره ها، ســـقف، کف و کلیه قســـمتهای نفـــوذی باید درزگیری گردد. همچنین اختلاف فشـــار اتاق و راهرو توســـط کارشناس بهداشت محیط بیمارستان بررسی و ثبت گردد(۲۲). توضیحات کامل درباره ویژگی های مهندســـی اتاق های ایزوله تنفســـی و محیطی در بند ۱۱ آورده شده است.

۹– تکنولوژی های مورد استفاده در ضدعفونی هوا

اســتفاده از تصفیه کننده های هوا همراه با کنترل منبع آلودگی و تهویه، مفید اســت. اما استفاده از تصفیــه کننده های هوا یک روش جایگزین برای روشــهای نظیر تهویــه و کنترل منبع آلودگی نمی تواند باشد. استفاده از تصفیه کننده های هوا به تنهایی نمی تواند کیفیت مناسب هوا را فراهم آورد. تکنولوژیهای بکار رفته در تصفیه هوا در جدول ۱۰ آورده شده است.

جدول ۱۰- خلاصه ایی از تکنولوژیهای بکار رفته در تصفیه هوا(۲۳)

تکنولوژیهای تصفیه هوا		آلاینده هدف	محدودیت ها
فیلتراسیون	فیلترهای هوا	ذرات	ناموثر در حذف ذرات بزرگ به علت اینکه سریعاً ته نشین گردیده و هرگز به فیلتر نمی رسند.
	فیلترهای فاز گازی	گازها	نسبت به فیلترهای حذف ذرات کمتر استفاده می شوند. طول عمر آنها برای حذف آلاینده ها ممکن است کوتاه باشد.
دیگر تصفیه کننده های هوا	پرتو میکروب کش ماوراء بنفش	ذرات بیولوژیکی	اسپورهای باکتریها و قارچها ممکن به پرتو ماوراء بنفش مقاوم بوده و نور و زمان بیشتری برای کشتن باکتریها مورد نیاز می باشد.
	اکسیداسیون فتوکاتالیسیتی	گازها	کاربرد آن برای هوای داخل محدود است به علت اینکه کاتالیست های رایج مورد استفاده در انهدام آلاینده های گازی در هوای داخل ناکارآمد می باشند.
	ازن ژنراتور	ذرات، گازها، ذرات بیولوژیکی	استفاده از آنها باعث تولید ازن به عنوان یک محرک ریه ها می گردد.

۹-۱ روش گندزدایی اسپری- مه

این روش شامل اسپری کردن مواد گندزدا برای کاهش آلودگی هوا و سطوح است که در برخی از مراکز درمانی کشــور آمریکا انجام شــده است و برای کنترل عمومی عفونت در اتاق های عمومی یا معمولی بیمار توصیه نمی شود. استفاده از روش گندزدایی اسپری- مه یک روش غیر قابل قبول و فاقد راندمان مناسب برای کاهش بار میکروبی اتاق های بیمارستان است و با توجه به عدم راندمان مناسب، برای استفاده در بیمارستان های کشور ایران به هیچ وجه توصیه نمی شود(۲،۲۳).

۹-۲ حذف ذرات

فیلترهـــای هـــوا برای حذف ذرات آلاینده از هوای داخل طراحی شـــده اند. عملکرد آنها نه فقط به میزان جریان هوا بستگی دارد بلکه به اندازه و جرم ذرات، مقدار گرد و غبار روی فیلتر هوا، میزان دبی، ســـرعت، میزان نشـــت از کناره های فیلتر و جریان برگشتی بستگی دارد. بطور کلی ۲ نوع از این نوع تصفیه کننده ها برای حذف ذرات به کار می روند:

۱) فیلترهای مکانیکی هوا

۲) تصفیه کننده های الکترونیکی هوا

فیلترهای مکانیکی هوای مورد اســـتفاده دارای انواع صاف و چین دار می باشـــند که فیلترهای هپا از جمله آنها می باشد.

بیشـــتر فیلترهای مکانیکی هوا در بـــه دام انداختن ذرات هوابرد بزرگ مثـــل گرد و غبار، گرده ها و بعضی از اســـپورها دارای کارایی خوبی می باشـــند. اما به علت اینکه این ذرات نســـبتا به سرعت ته نشین می گردند در حذف کامل آنها از هوای داخل کارایی خوبی ندارد.

تصفیـــه کننده های الکترونیکی هوا از یک فرایند بنام جذب الکتروســـتاتیک برای به دام انداختن ذرات باردار اســـتفاده می نماید. ۲ نوع از تصفیه کننده های الکترونیکی هوا شـــامل رسوب دهنده الکتروســـتاتیک و یونیزه کننده های هوا موجود می باشـــند. که به علت اســـتفاده از ولتاژ بالا برای تولید یونها، می توانند ایجاد ازن نمایند. ازن تولیدی ممکن است منجر به ایجاد محصولات جانبی نظیر فرمالدئید، کتونها و اسیدهای آلی گردد.

۹-۲-۱ فیلتر

بطور کلی در صورت نیاز به تصفیه اثر بخش و قابل اطمینان هوای مراکز بهداشتی و درمانی از فیلترهـــای هپا به همراه ایجاد فشـــار مثبت یا منفی بســـته به بخش هـــای که عمل تصفیه هوا در آنها لازم اســـت، اســـتفاده می شـــود. این فیلترها بنا بر تعریف مرکز کنترل بیماریهای واگیـــر آمریکا و مطابق با اســـتاندارد انجمن ســـرمایش و گرمایش آمریـــکا باید قابلیت جذب ۹۹/۹۷ درصد از ذرات بزرگتر یا مساوی ۰/۳ میکرون را دارا باشند و برای جلوگیری از انتقال مایکوباکتریـــوم توبرکلوزیـــس و ایفای نقـــش حیاتی جهت محدود کـــردن میزان پاتوژن های عفونـــت زای منتقلـــه از طریـــق هوا به کار می رونـــد(۲). برای انتخاب دســـتگاه تصفیه هوا و اســـتفاده از آنها بطور مناســـب، دانســـتن تفاوت بین راندمان و اثر بخشی مهم است. راندمان

یک دستگاه تصفیه کننده هوا معمولا به صورت درصد بیان می گردد، که توانایی دستگاه را در حذف ذرات هوا برد یا گازهای آلاینده از هوایی که از آن عبور می کند. اثر بخشی یک دستگاه کنترل، توانایی آن برای کاهش ذرات هوابرد یا غلظت گازهایی آلاینده در یک فضای اشغال شده می باشد.

۹-۲-۲ موارد استفاده از فیلترهای هپا

استفاده از اینگونه فیلترها هیچگونه محدودیت یا احتیاط خاصی را در صورت نصب، نگهداری و به کارگیری صحیح آن ندارد، در صورت بکارگیری صحیح عوامل محیطی مانند رطوبت، سرما، گرما تاثیری در میزان کارایی آنها ندارند.

اگر اینگونه فیلترها در مسیر دریچه های ورودی سیستم های تهویه نصب شوند، هوای ورودی باید دارای فشار مثبت باشد تا ضمن تصفیه هوا از ورود هوای خارج (به عنوان مثال راهروها) به داخل بخش یا اتاق مورد نظر جلوگیری گردد. فضاهایی که در آنها فشار مثبت مورد نیاز است عبارتند از: اتاق های عمل، بخش های مراقبت ویژه نظیر ICU، NICU، اتاق احیاء، اتاق تروما، اتاق زایمان، شیرخوارگاه، اتاق آماده سازی محیط کشت در آزمایشگاه و انبارهای استریل و نگهداری ملحفه تمیز هستند.

اتاق بیماران عفونی واگیردار، اتاق مراقبت خصوصی، واحد فیزیوتراپی و هیدروتراپی، اتاق و انبار ملحفه کثیف و شوتینگ زباله، اتاق آلودگی زدایی، اتاق استقرار دستگاههای استریل، توالت و حمام، رختکن، اتاق اتوپسی، اتاق تاریک، فضای عمومی آزمایشگاه، واحد رختشویخانه و اتاق فلوروسکوپی با اشعه ایکس فضاهایی هستند که به دلیل آلوده بودن باید فشار هوا در آنها منفی باشد.

از نظر احتیاط های جداسازی معمولا بیماران مبتلا و یا مشکوک به آلودگی با عفونت های منتقله از طریق هوا (ذرات کوچک باقیمانده با اندازه ۵ میکرومتر یا کوچک تر حاوی میکروارگانیسم های معلق در هوا) باید در اتاق های خصوصی بستری شوند که دارای ویژگی های زیر باشد:

۱) فشار منفی هوای اتاق نسبت به سایر فضاهای پیرامونی مورد پایش قرار گیرد.

۲) تعداد دفعات تعویض هوا در ساعت ۶ الی ۱۲ مرتبه باشد.

۳) برای جلوگیری از گردش هوای اتاق در سایر فضاهای بیمارستان، بیمار حق خروج از اتاق را

ندارد و درب اتاق باید بسته نگه داشته شده و در ضمن از خروج مناسب هوا به سمت فضای خارج و یا تصفیه اثر بخش مداوم آن اطمینان حاصل شود.

هنگامی که بستری این افراد در اتاق خصوصی امکان ندارد و یا بیمار در این مورد تمایل نشان ندهد می توان با نظر متخصص کنترل عفونت این گونه بیماران را با بیمارانی که دارای عفونت با عامل میکروبی مشابه هستند را در یک اتاق بستری کرد. برای حذف و تصفیه آلاینده های گازی و بو، مانند گاز بیهوشی و یا بوی مواد شیمیایی آزمایشگاهی می توان از فیلتر کربن فعال استفاده کرد. البته با توجه به حضور ذرات به سرعت مسدود می شوند بنابراین استفاده از آنها پیشنهاد نمی گردد(۲).

۹-۳ دستگاه های تصفیه هوای متحرک

این تصفیه کننده ها که در سایزهای مختلف در بازار موجود هستند. عمدتاً دارای یک فن برای چرخش هوا و یک وسیله پاکسازی هوا مثل فیلتر، رسوب دهنده های الکتروستاتیک، یونیزه کننده هوا یا لامپ ماوراء بنفش می باشند. بعضی از نمونه های فاقد صدا ممکن است فن نداشته باشند که کارایی کمتری نیز دارند.

دستگاههای تصفیه هوای قابل حمل که علاوه بر فیلترهای هپا دارای سایر انواع فیلتر بوده و یا حتی دستگاهایی که تلفیقی از مکانیسم های تصفیه هوا به وسیله فیلتر، اشعه ماوراء بنفش را دارند نیز در دسترس می باشد. البته طبق رهنمود منتشره مرکز کنترل بیماریهای واگیر آمریکا استفاده از لامپ های ماوراء بنفش در کنار فیلتر های هپا باعث افزایش بازده این فیلتر ها نمی شود.

به طور کلی موثر بودن سیستم های قابل حمل به عوامل زیر بستگی دارد:

۱) ساختار اتاق و درب ها و منافذ ورودی و خروجی

۲) وسایل و افراد داخل اتاق

۳) محل نصب دستگاه

۴) محل نصب ورودی های هوا و هواکش ها.

سه نوع از تصفیه کنندهای رایج هوا شامل پرتو میکروب کش ماوراء بنفش[1]، اکسیداسیون فتوکاتالیسیتی[2] و ازن ژنراتور می باشند(۲۳). که در ادامه آورده شده است:

[1] UVGI

[2] PhotoCatalytic Oxidation (PCO)

۹-۴ پرتو میکروب کش ماوراء بنفش

دستگاه پرتو میکروب کش ماوراء بنفش از سال ۱۹۳۷ در اتاق های عمل استفاده می شود. پرتو میکروب کش ماوراء بنفش یا به صورت جداگانه برای از بین بردن میکروارگانیسم های زنده موجود در هوا بکار رفته و یا اینکه در سیستم های تصفیه کننده هوا قابل حمل و یا تصفیه کننده های مورد استفاده برای گندزدایی سطوح تعبیه می شود.

بیشتر لامپ های ماوراء بنفش مورد استفاده برای اهداف میکروبکشی لامپ های بخار جیوه فشار پایین هستند که عمدتاً طول موج ۲۵۳/۷ نانومتر را منتشر می نمایند(۲).

لامپ های ماوراء بنفش برای جریان هوا یا گندزدایی سطوح معمولا در کانال هوا در سیستم تهویه بعد از فیلتراسیون و قبل از کویل های خنک کننده و در سیستم های قابل جابجایی بعد از فیلتر تعبیه می شوند. کاربرد اصلی لامپ های ماوراء بنفش ممانعت از رشد میکروارگانیسم ها بر روی سطح سیستم تهویه (کاهش رشد ۹۹ درصدی باکتریها) است. این در صورتی است که این لامپ ها فقط به میزان ۲۵ تا ۳۰ درصد در کاهش باکتریهای هوابرد موثر می باشند(۲). یکی از دلایل راندمان پایین آن مدت زمان کوتاه مواجهه می باشد. تاثیر لامپ های ماوراء بنفش در از بین بردن میکروارگانیسم ها بستگی به دوز پرتو، طراحی سیستم و کاربرد، خصوصیات بهره برداری سیستم و میکروارگانیسم هدف برای غیر فعال نمودن دارد(۲).

مطالعات غیر فعالسازی پرتو میکروب کش ماوراء بنفش بر روی باکتری ها از جمله مایکوباکتریوم BCG[1] نشان می دهد که تاثیر پرتو میکروب کش ماوراء بنفش معادل با ۱۰ الی ۳۹ بار تعویض هوا می باشد(۲). استفاده از فن ها یا سیستم های تهویه مطبوع به منظور ایجاد حرکت هوا ممکن است، تاثیر پرتو میکروب کش ماوراء بنفش را افزایش دهد. البته اگر میکروارگانیسم های منتقله از هوا به مدت زمان کافی در معرض پرتودهی قرار گیرند(۲).

هیچ روش استانداردی برای بررسی میزان کارایی پرتو میکروب کش ماوراء بنفش وجود ندارد. پرتو میکروب کش ماوراء بنفش در از بین بردن باکتریها و قارچها موثر بوده اما در از بین بردن اسپور بعضی از باکتریها و قارچها و بعضی از ویروسها نیاز به مدت زمان بیشتر مواجهه می باشد(۲۳).

از آنجایی که تاثیر لامپ های ماوراء بنفش ممکن است متغیر باشد، لذا استفاده از پرتو میکروب کش ماوراء بنفش برای مدیریت هوا پیش از بازچرخش هوا از اتاقهای ایزوله تنفسی توصیه نمی گردد. همچنین به عنوان جایگزین برای فیلترهای هپا، نیز توصیه نمی گردد(۴).

[1] Bacillus Clmette Guerin

اســتفاده از لامپ های ماوراء بنفش و فیلتراســیون هپا در یک دستگاه جداگانه فقط دارای مزیت کنترل عفونت بیشــتر نســبت به اســتفاده از فیلتر هپا به تنهایی می باشــد. در صورتی که هوا از اتاق های ایزوله به دیگر بخش های بیمارســتان بازچرخش شود، استفاده از سیستم های کانالی با لامپ ماوراء بنفش به عنوان یک جایگزین فیلترهای هپا توصیه نمی گردد.

نگهداری مناســب لامپ ماوراء بنفش امری ضروری بوده و معمولاً شــامل حفظ لامپ ها عاری از گرد و غبار و جایگزینی لامپ های قدیمی در صورت لزوم اســت. مباحث مربوط به ایمنی استفاده از لامپ های ماوراء بنفش نیز باید در نظر گرفته شود.

لامپ های ماوراء بنفش دارای اثر حداقلی در غیر فعالســازی اســپور قارچها بوده و بنابراین کارایی لازم را نداشــته و برای حذف اســپور قارچها توصیه نمی شــوند(۲). لامپ های ماوراء بنفش عمدتاً برای پیشگیری و یا محدود نمودن رشد باکتری های رویشی و قارچها استفاده می گردند(۲).

لامپ های ماوراء بنفش در بیمارستان ها و مراکز بهداشتی درمانی به ۲ شکل استفاده می گردند: الــف) پرتودهی کانالــی ۲) پرتودهی از هوای بالای اتاق. در سیســتم پرتودهی کانالی، لامپ های مــاوراء بنفــش در داخل کانال قرار گرفته که قبل از بازچرخــش در اتاق ها به منظور گندزدایی از کانــال عبــور می نماید. زمانی که بطور مناســب طراحی، نصب و نگهداری گردد ســطوح بالایی از مواجهه با پرتو ماوراء بنفش در کانال بدون مواجهه اشخاص فراهم می گردد.

در پرتودهی از طریق هوای بالای اتاق، لامپ های ماوراء بنفش از سقف اتاق معلق بوده و یا بر روی دیوار نصب می گردند. اثرات میکروب کشــی لامپ ماوراء بنفش بســتگی به اختلاط هوا از طریق گردش هوا بین بخش بالای مورد تابش قرار گرفته و بخش پایین و اطراف مریض دارد(۲،۲۳).

۹-۴-۱ فاکتورهای موثر در بهره برداری لامپ های ماوراء بنفش

مهمتریــن فاکتورهــای موثر در بهره برداری سیســتم عبارتند از نوع لامپ مــاوراء بنفش، رطوبت نســبی، دما، ســرعت هوا می باشــد(۲). از آنجایی که بخار آب تابش ماوراء بنفش را در طول موج ۲۵۴ نانومتر جذب می نماید، بنابراین با افزایش رطوبت نســبی کارایی لامپ ماوراء بنفش کاهش می یابد و اســتفاده از آن در اتاق با رطوبت بیش از ۷۰ درصد توصیه نمی گردد(۳۰). فاکتور مهم دیگر اختلاط هوا می باشــد در صورت اختلاط نامناســب هوا در اتاق کارایی لامپ ماوراء بنفش به میزان زیادی کاهش می یابد(۳۰).

اســتفاده از لامپ ماوراء بنفش باید به عنوان مکمل روش فیلتراســیون اســتفاده شود اما به عنوان

جایگزینی برای فیلتراسیون نمی تواند استفاده گردد. کارایی آن بستگی به قدرت پرتو و تمیزی سطح لامپ و مدت زمان مواجهه دارد.

۹-۴-۲ نکات مهم در استفاده از لامپ های ماوراء بنفش در بیمارستان

• نصب این سیستم ها بسیار مهم است و در صورت عدم نصب مناسب ممکن است کارایی مناسب را نداشته باشد و یا برای پرسنل بیمارستان و بیماران ایجاد خطر نماید.

• اندازه گیری شدت تابش لامپ ماوراء بنفش بسیار مهم است و در زمان نصب آن باید رعایت گردد.

• نگهداری آن بسیار مهم است و سطح لامپ باید حداقل ۲ بار در ماه با الکل تمیز گردد (در مناطقی که گرد و غبار وجود دارد باید بیشتر تمیز گردد). به طور منظم لامپ تعویض گردد. و در صورت عدم ضمانت مناسب برای نگهداری و تعویض لامپ نباید از این سیستم استفاده گردد.

• لامپ ماوراء بنفش باید به گونه ای نصب گردد که به صورت مستقیم به مریض تابش ننماید.

• هیچ مانعی بین لامپ و هوایی که باید در معرض تابش قرار گیرد وجود نداشته باشد به عنوان مثال پوشش های پلاستیکی شفاف تابش لامپ ماوراء بنفش را جذب می نماید و مانع از کارایی مناسب آن می گردند(۳۰).

۹-۵ تصفیه کننده های اکسیداسیون فتوکاتالیسیتی

در روش اکسیداسیون فتوکاتالیست از لامپ های ماوراء بنفش همراه با کاتالیزور عمدتاً از جنس اکسید تیتانیوم که در اثر نور واکنش داده و فعال می گردد استفاده می نمایند. این تصفیه کننده ها برای از بین بردن آلاینده های گازی بخصوص آلاینده های آلی بوسیله تغییر آنها به محصولات بی خطر مانند دی اکسید کربن، آب استفاده می شود، اما این روش برای حذف ذرات کارایی نداشته و هیچ روش استانداردی برای بررسی راندمان آن وجود ندارد. هزینه استفاده از این روش بالا است و باعث ایجاد محصولات جانبی می گردد. استفاده از تصفیه کننده های اکسیداسیون فتوکاتالیسیتی در بیمارستان توصیه نمی شود(۳۱).

۹-۶ 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 یک تحریک کننده ریه است که با بافت ریه واکنش داده و می توان منجر به افزایش حملات آسمی، سرفه، تحریک بینی و گلو و دیگر اثرات مضر بر روی سلامتی پرسنل و بیماران گردد، بنابراین استفاده از ازن ژنراتور همیشه برای کنترل آلاینده های هوا بی خطر نبوده و باعث ایجاد محصولات جانبی می گردد. استفاده از ازن ژنراتور در بیمارستان توصیه نمی شود(۲۳).

۹-۷ معایب فناوری های مورد استفاده برای تصفیه هوا در بیمارستان

معایب تکنولوژی های تصفیه هوای مورد استفاده در بیمارستان عبارتند از:

۱- ازن ژنراتور

ازن باعث ایجاد ناراحتی ریه و بیماریهای مزمن تنفسی می شود، 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 و استفاده از ازن ژنراتور توصیه نمی شود.

۲- 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. در ضمن این سیستم ها برای از بین بردن ترکیبات شیمیایی و بو مناسب نیستند. یکی از معایب اصلی آن ایجاد محصول جانبی ازن می باشد که باعث ایجاد ناراحتی ریه و بیماریهای مزمن تنفسی می شود.

۳- تصفیه کننده های الکتروستاتیک

بالاترین میزان بازدهی این تصفیه کننده ها، ۹۵ درصد بوده که در مدت زمان کوتاهی به ۲۰ درصد کاهش می یابد و در عین اینکه گاز و بو را حذف نمی کند برای ذرات بزرگ نیز مناسب نیستند(۲۳).

۹-۸ آزمون های تعیین راندمان فیلتر هپا

راندمان حذف فیلتر های هپا به وسیله چهار روش استاندارد ارزیابی می گردد که عبارتند از: ۱) آزمون توانایی جمع آوری گرد و غبار مصنوعی به روش وزنی[1] ۲) آزمون تعیین بازدهی صافی

[1] Synthetic Dust Weight Arrestance

در جمع آوری گرد و غبار اتمسفری.۳) آزمون دی اکتیل فتالات (DOP) ۴) آزمون راندمان حذف اندازه ذرات

۱) آزمون توانایی جمع آوری گرد و غبار مصنوعی به روش وزنی: استاندارد انجمن سرمایش و گرمایش آمریکا شماره ۵۲/۱-۱۹۹۲ که بطور کلی برای ارزیابی فیلترهای با راندمان پایین در حذف بزرگترین و سنگین ترین ذرات به کار می روند. در این آزمون گرد و غبار سنتزی به داخل فیلتر هدایت شده و درصد وزنی گرد و غبار حذف شده تعیین می شود.

۲) آزمون راندمان گرد و غبار اتمسفری: استاندارد انجمن سرمایش و گرمایش آمریکا شماره ۵۲/۱-۱۹۹۲ بطور کلی برای فیلترهای با راندمان متوسط در حذف ذرات گرد و غبار هوابرد ریز که بر روی دیوارها و دیگر سطوح داخلی رسوب می نمایند، بکار می رود.

۳) آزمون دی اکتیل فتالات: که طبق روش IEST-RP CC001.4 برای فیلترهای هپا استفاده می گردد. در این آزمون توده ای از ذرات دی اکتیل فتالات با اندازه ۰/۳ میکرون به داخل فیلتر هدایت و درصد حذف تعیین می گردد.

۴) آزمون راندمان حذف اندازه ذرات: که طبق استاندارد انجمن سرمایش و گرمایش آمریکا شماره ۵۲/۲-۲۰۰۷ برای تعیین حداقل راندمان حذف ذرات با اندازه مشخص از گرد و غبار سنتزی بوسیله فیلتر بکار می رود.

براساس استاندارد انجمن سرمایش و گرمایش آمریکا (اشری[1]) فیلترهای هپا مورد استفاده در بیمارستان باید حداقل راندمان ۹۵ درصد در حذف ذرات ۱- ۰/۳ میکرون داشته باشد و حداقل مقدار راندمان گزارش شده (MERV[2]) آن باید ۱۳ الی ۱۶ باشد (۲۴، ۲۵). (جدول ۱۱)

۹-۹ معایب استفاده از فیلتر هپا و دستگاههای هپا متحرک

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 مجددا 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.

[1] ASHRAE
[2] Minimum Efficiency Reporting Value

میزان تاثیر گذاری یک تصفیه کننده هوا قابل جابجایی بستگی به کارایی دستگاه در حذف ذرات هوابرد، مقدار هوای فیلتر شده، اندازه ذرات، اندازه اتاقی که تصفیه کننده هوا در آن قرار گرفته و محل قرار گیری آن در اتاق دارد (جدول ۱۱). واحد های گرم کننده و سرد کننده مانند رادیاتورها و اجسام انتقال دهنده گرما نباید در اتاق عمل، زایمان، ریکاوری و مراقبت ویژه بیمارستان استفاده شوند(۲۵،۲۶).

جدول ۱۱- ترتیب فیلترهای مورد استفاده برای تامین هوا در بیمارستان و مراکز بهداشتی و درمانی(۲۵،۲۶)

بخش	حداقل مقدار راندمان گزارش شده فیلتر اول	حداقل مقدار راندمان گزارش شده فیلتر دوم	فیلتر سوم
اتاق عمل	۷	۱۳ الی ۱۴	هپا
اتاق تشخیص و درمان، بخش مراقبت های ویژه	۷	۱۳ الی ۱۴	-
آزمایشگاه	۱۳ الی ۱۴	-	-
پذیرش	۷	-	-

۹-۱۰ اتاق پاک و استاندارد آن

در بعضی از فعالیت های خاص در بیمارستان نظیر اتاق های عمل برای عمل های خیلی خاص جهت جلوگیری از خطرات آلودگی برای هوای اتاق، استاندارد های بالایی از حذف ذرات باید تامین شود. همچنین زمانی که نیاز به محیط های عاری از باکتری و ویروس برای بیماران باشد باید از اتاق پاک استفاده شود. جهت تامین استاندارد مورد نیاز بسته به حساسیت کار از فیلترهای با راندمان بالا (هپا) و یا نفوذپذیری فوق العاده کم (اولپا) که به ترتیب برای حذف ذرات ۰/۳ میکرون راندمان ۹۹/۹۷ درصد و برای حذف ذرات ۰/۳ -۰/۲ میکرون راندمان ۹۹/۹۹۹ درصد را تامین می نمایند باید استفاده گردد. طبقه بندی اتاق های پاک طبق استاندارد شماره ISO/DIS14644/1 می باشد که با توجه به حداکثر قطر و تعداد مجاز ذرات در واحد حجم طبقه بندی می گردد. برای ذرات غیر آلاینده حداکثر تراکم مجاز میکروب ها به ازای هر مترمکعب و یا مولکول در هر مترمکعب تعریف می شود.

تعیین پاک بودن یک منطقه بسته به کلاس طراحی آن محیط دارد. برای تعیین تعداد ذرات باید به حداقل تعداد نمونه توجه شود، حداقل نقاط نمونه برداری معادل ریشه دوم سطح اتاق به متر مربع است. حجم نمونه در هر نقطه باید آنقدر باشد که حداقل ۲۰ ذره کشف شود. بر

طبق معیارهای اســتاندارد ۲۰۹E آمریکا اتاق عمل باید در کلاس کمتر از ۳/۵ باشــد. در اتحادیه اروپا کلاس ۷، برای اتاق های عمل و مراقبت های ویژه توصیه می شــود. اســتاندارد اتاق تمیز در بیمارستان کلاس ۱۰ پیشنهاد می گردد(۲۷). (جدول ۱۲)

جدول ۱۲- مشخصات اتاق پاک (تعداد ذرات) با توجه به اندازه ذرات و کلاس اتاق(۲۷)

کلاس	۰/۱ میکرون	۰/۲ میکرون	۰/۳ میکرون	۰/۵ میکرون	۵ میکرون
۱	۳۵	۷	۳	۱	-
۱۰	۳۵۰	۷۵	۳۰	۱۰	-
۱۰۰	۳۵۰۰	۷۵۰	۳۰۰	۱۰۰	-
۱۰۰۰				۱۰۰۰	۷
۱۰۰۰۰				۱۰۰۰۰	۷۰
۱۰۰۰۰۰				۱۰۰۰۰۰	۷۰۰

۱۰– خطرات آئروسل های غیر عفونی در بیمارستان ها

علاوه بر حضور بیوآئروســل های عفونی در هوای بیمارستان، آئروسل غیر عفونی نیز کیفیت هوای داخل مراکز بهداشــتی و درمانی را تحت تاثیر قرار می دهند. عوامل حساســیت زا و آلرژیک مانند اتیلن اکســاید، گلوتارآلدئید، فرمالدئیــد، هگزاکلروفن و آلرژن های لاتکس در هوای بیمارســتان وجــود دارند(۲). آســم و واکنش های پوســتی و سیســتمیک اغلــب نتیجه مواجهه بــا این مواد شــیمیایی می باشــند. گازهای بیهوشی و داروهای اســپری (به عنوان مثال ریباویرین، پنتامیدین و آمینوگلیکوســیدها) عامــل بعضی از خطرات بالقــوه مواجهه برای کارکنان بیمارســتان و مراکز بهداشــتی و درمانی می باشــند. کنترل آلاینده ها در منبع اولین اقدام مهندسی در کنترل آلاینده باید باشد.

گازهای ناشی از لیزر و دود ناشی از آن بیانگر خطر بالقوه دیگری برای پرسنل بیمارستان و مراکز بهداشتی و درمانی می باشد. لیزر انرژی الکترومغناطیس را به داخل بافت ها انتقال داده و منجر به رهایی توده گرم شده که شامل ذرات، گازها، بوهای نامطبوع و ضایعات بافتی می گردد.

یکی از نگرانی های موجود این است که مواد عفونی آئروسل شده در دود لیزر ممکن است به مخاط بینی جراحان و پرسنل همکار برسد. ویروسها و باکتریهایی نظیر ویروس پاپیلوما، ایدز، استافیلوکوک کواگولاز منفی، گونه های کورینه باکتریوم و نایســریا در دود لیزر تشخیص داده شده اند(۲). البته

صرف وجود یک عامل عفونی در پلوم (دود) لیزر دلیل کافی برای بیماری از طریق مواجهه هوابرد نمی باشد. بخصوص اگر روش انتقال آن عامل هوابرد نباشد. تاکنون هیچ شواهدی مبنی بر انتقال ویروس ایدز و هپاتیت ب از طریق آئروسل و تنفس موجود نمی باشد(۲۸).

دستورالعمل پیشنهادی برای محافظت در برابر پلوم (دود) لیزر عبارتند از: الف) استفاده از ماسک های (N95 یا N100) یا استفاده از ماسک ها یا محافظ هایی که تمام صورت را بپوشاند. ب) واحدهای مکش دیواری با فیلترهای در خط برای جمع آوری ذرات از کمترین پلوم لیزر. پ) استفاده از سیستم های مکانیکی برای خارج نمودن دود همراه با فیلترهای هپا برای حذف مقادیر بالای دود ناشی از لیزر در بیمارستان پیشنهاد می شود(۲).

۱۰-۱ خطرات عفونت های هوابرد در زمان ساخت و ساز، نوسازی، بازسازی، تعمیر و تخریب

آشفتگی های محیطی ایجاد شده در زمان ساخت و یا بازسازی و فعالیت های تعمیر (به عنوان مثال عبور کابل از سقف، تعمیرات اساسی) در داخل و یا نزدیک مراکز بهداشتی و درمانی باعث افزایش قابل ملاحظه ی گونه های آسپرژیلوس منتقله از هوا می گردد(جدول ۱۳). فعالیت های ساخت و ساز، نوسازی، بازسازی، تعمیر و تخریب در مراکز بهداشتی و درمانی نیاز به برنامه ریزی و هماهنگی برای کاهش خطر عفونت های هوابرد در مدت زمان انجام پروژه و پس از اتمام آن را دارد. حداقل باید پرسنل مهندسی بهداشت محیط، کنترل عفونت بیمارستان در زمان برنامه ریزی برای ساخت و ساز و طراحی با مهندسان طراح و معماران و پیمانکاران جلساتی برگزار نموده و راهکارهای کاهش خطرات را بررسی نمایند(۲).

جدول ۱۳- مشکلات سیستم تهویه در بیمارستان و راهکارهای کاهش آن (۲)

مشکلات	پیامدها	راهکار کاهش
مصالح ساختمانی آسیب دیده در اثر نشت آب	نشت آب می تواند باعث خیس خوردن چوب، پوشش دیوار، عایق، آجرهای سقف و فرش گردیده و ایجاد محل رشد مناسب برای میکروبها بخصوص قارچها نماید.	۱- جایگزینی مواد آسیب دیده از آب ۲- استفاده از ترکیبات قارچ کش در مواد ساختمانی در مناطق با خطر افزایش رطوبت
جریان جانبی از فیلتر	فیلتراسیون هوا منجر به ایجاد مقاومت در برابر جریان هوا می گردد. جریان جانبی هوا در صورت وجود منافذ باز به علت صدمه به فیلتر و یا عدم جایگذاری مناسب فیلتر می گردد.	۱- استفاده از فشار سنج به منظور اطمینان از اینکه فیلترها در فشار استاتیک ثابت بطور صحیح کار می کنند. ۲- معیار انتخاب فیلتر سهولت نصب و راه اندازی و نگهداری فیلتر باشد. ۳- آموزش مناسب پرسنل نگهداری سیستم های تهویه مطبوع ۴- جلوگیری از نشت آب بر روی فیلتر یا چارچوب آن
تنظم نامناسب فن	هوا باید به منظور نگهداری توازن فشار در حجم طراحی شده توزیع گردد.	۱- پایش روزانه جریان هوا و توازن فشار در سرتاسر بخش ها
جدا شدن کانالها	توازن فشار دچار اختلال می گردد و عوامل بیماریزا ممکن است وارد منبع هوای بیمارستان گردد.	۱- طراحی کانالها به گونه ای که دسترسی، نگهداری و تعمیر آسان باشد. ۲- آموزش پرسنل برای پایش منظم جریان هوا و توازن فشار در سرتاسر سیستم
مقاومت ظاهری جریان هوا	خاک باقی مانده، نقص اساسی یا تنظیم نادرست دمپر (تعدیل کننده ها) می تواند باعث انسداد و پیشگیری از جریان هوا گردد.	۱- طراحی سیستم کانال کشی به گونه ای که بازرسی، نگهداری و تعمیر آسان ۲- تمیز کردن منظم پنجره مشبک خروجی ۳- نظارت بر تهویه در بخش های ویژه
پنجره های باز(۱۴)	پنجره های باز می تواند توازن فشار ایجاد شده فن را تغییر و به هوای کثیف اجازه ورود به هوا تمیز، داخل را دهد.	۱- استفاده از پنجره های فاقد درز ۲- طراحی سیستم های تهویه برای توزیع کافی هوای بیرون به سیستم تهویه جهت رقیق سازی ۳- اطمینان از تطابق کیفیت هوا داخل با استانداردهای ملی

ادامه جدول ۱۳- مشکلات سیستم تهویه در بیمارستان و راه حل های مجاز رفع آن(۲)

مشکلات	پیامدها	راحل های مجاز
پنجره های کثیف تهویه مطبوع	خاک، رطوبت و فضولات پرنده می تواند پنجره هوای سیستم تهویه را آلوده کند، و باعث ورود مواد عفونی به داخل اتاق های بیمارستان می گردد.	۱- حذف چنین وسایلی در طراحی ساختمان های جدید ۲- باید به طور روزانه تمیز و بازرسی شوند.
فیلتراسیون ناکافی	ذرات عفونی ممکن از طریق فیلترها به بخش های دارای بیماران حساس (دارای نقص ایمنی) وارد گردد.	۱- فیلترهای مناسب و خاص در مدت فاز طراحی ساخت و ساز جدید ۲- اطمینان از اینکه فن های سیستم تهویه مطبوع برای غلبه بر فشار مورد نیاز فیلترها کافی هستند. ۳- بازرسی و تست فیلترها برای نصب مناسب
اختلال در نگهداری	خاموشی فن ها، جدا شدن مواد تجمع یافته بر روی فیلتر و ورود آن به جریان هوای پایین دست، از جمله بخش های مراقبت ویژه	۱- برنامه ریزی برای نگهداری سیستم در زمان طراحی آن ۲- طراحی سیستم برای نگهداری آسان ۳- برنامه آموزش مداوم برای همه کارکنانی که با سیستم تهویه سر و کار دارند.
رطوبت اضافی در سیستم تهویه مطبوع (۱۵)	نم و رطوبت قدیمی در آستر داخلی سیستم تهویه مطبوع، ایجاد قطرات آب در سیستم	۱- قرار دادن کانال رطوبت ساز در بالادست فیلتر نهایی ۲- پایش رطوبت: کانال خروجی باید پایین دست رطوبت ساز قرار گیرد به گونه ای که رطوبت بطور کامل جذب شود. ۳- استفاده رطوبت سازها بخار در سیستم تهویه مطبوع
آلودگی کانال	خاکها (باقیمانده ها) در مدت نگهداری یا پاکسازی رها و وارد بخش می شوند.	۱- استفاده از فیلتراسیون انتهایی در بخش های مراقبت های ویژه

آموزش کارکنان بهره بردار و سازنده، پرسنل بیمارستان و مراکز بهداشتی و درمانی نسبت به اهمیت تهویه در کاهش عفونت های هوابرد الزامی است(۱۵). کارکنان بیمارستان باید از عواقب خطرناک ورود گرد و غبار، رطوبت به داخل بخش ها در زمان تعمیر و بازسازی آگاهی یابند.

۱۰-۲ ملاحظات اصلی قبل از شروع هر گونه فعالیت ساخت و ساز و تعمیر

قبل از شروع هرگونه فعالیت ساخت و ساز و تعمیر در بیمارستان باید ارزیابی خطرات این

فعالیت ها برای بیماریهای هوابرد و نحوه پیشگیری از آنها و نحوه اندازه گیری گرد و غبار و رطوبت در مدت بازسازی یا تعمیرات بررسی شود. علاوه بر مورد ملاحظه قرار دادن گرد و غبار حاصله از ساخت و ساز باید گرد و غبار ناشی از فعالیت های بازسازی نظیر نصب کانالها، کابل یا سیستم های آبپاش، سیم کشی مجدد نیز باید در نظر گرفته شود(۲).

فعالیت های دیگری از جمله عدم اطلاع کارکنان بخش تعمیرات که سهوا به مقدار زیادی از هوای بیرون فیلتر نشده (به عنوان مثال در هنگام تعمیر آسانسور) وارد هوای ساختمان گردیده و بر روی کیفیت هوای داخل تاثیر می گذارد.

۱۰-۳ ارزیابی خطر کنترل عفونت در زمان فعالیت ساخت و ساز و تعمیر

این ارزیابی مراکز باید براساس نوع و گستردگی احداث یا تعمیرات در بخش ها باشد. اطلاع از الگوی جریان هوا و اختلاف فشار منجر به کاهش یا حذف انتشار غیر عمدی گرد و غبار گردیده و می تواند باعث کاهش هوای آلوده موجود در فضا و سطح گردد(۲). همچنین در هنگام ساخت و ساز باید امکانات لازم برای نیروهای خدماتی از جمله سرویس بهداشتی در بیرون از بخش ها فراهم گردد تا میزان رفت و آمد به داخل بخش به حداقل کاهش یابد و همچنین حتماً باید از حفاظ بین بخشی که در حال ساخت و ساز و یا تعمیر است، با سایر بخش ها استفاده گردد(۱۵). استفاده از ماسک های نظیر N95 برای محافظت بیشتر بیماران در برابر شیوع آسپرژیلوس در زمان ساخت و ساز در بیماران مستعد توصیه می گردد(۲). در کارکنان مراکز بهداشتی و درمانی که از ماسک های N95 برای حفاظت فردی تنفسی استفاده می نمایند باید آزمایش انطباق انجام گردد. بلافاصله پس از اتمام ساخت و ساز و تعمیرات باید تغییرات در تعداد موارد عفونت و الگوی آن در بیمارستان بررسی و در صورت تغییر محسوس به مسئولان بیمارستان گزارش گردد(۲).

۱۰-۴ ساخت و ساز و تخریب خارج از ساختمان بیمارستان

تخریب بیرون از ساختمان و گودبرداری در اطراف بیمارستان تولید مقادیر قابل توجهی گرد و غبار می نماید که می تواند حاوی میکروارگانیسم های هوابرد باشد. نتایج یک مطالعه نشان می دهد که حداکثر غلظت در هوای بیرون و در ورودی های سیستم تهویه مطبوع در مدت حفاری در اطراف بیمارستان بطور میانگین ۲۰۰۰۰ کلنی در هر مترمکعب برای همه قارچها و ۵۰۰ کلنی در هر مترمکعب برای آسپرژیلوس فومیگاتوس در مقایسه با ۱۹ و ۴ کلنی به ترتیب در زمان عدم وجود

ساخت و ساز در اطراف بیمارستان می باشد(۲). بنابراین در مراکز بهداشتی درمانی که در مکانهای شلوغ و همچنین در حال ساخت و ساز مستقر هستند باید این مسئله مدنظر کارشناسان بهداشت محیط بیمارستان قرار گیرد.

نکاتی که باید قبل از ساخت و ساز مدنظر قرار گیرد عبارتند از:

۱) بررسی مجاورت ورودی های هوای بیمارستان با محل ساخت و ساز و تخریب

۲) درزگیری مناسب پنجره ها و درب ها

۳) نزدیکی بخش های بیماران دارای نقص ایمنی به محل ساخت و سار و تخریب

۴) محل تاسیسات زیر زمینی(۱۵).

راهکارهـای کاهـش گرد و غبار و رطوبت در مدت تخریب و بازسـازی خارج از سـاختمان در جدول ۱۴ آورده شده است.

جدول ۱۴- راهکارهای کاهش گرد و غبار و رطوبت در زمان تخریب و بازسازی خارج از ساختمان بیمارستان(۲).

ردیف	آیتم	اقدامات لازم
۱	محل تخریب	در صورت امکان پوشاندن محل برای کاهش آلودگی زیست محیطی
۲	مکان ذخیره مواد ساخت و ساز	قرار دادن محل ذخیره سازی به دور از تسهیلات و ورودی های تهویه هوا
۳	نزدیکی ورودی های هوا در سیستم های تهویه مطبوع به محل ساخت و ساز	۱- در صورت امکان درزگیری کردن ورودی های تحت تاثیر ۲- بررسی اختلاف فشار و چرخش هوا، نگه داشتن فشار مثبت تاسیسات نسبت به هوای بیرون
۴	فیلترها	اطمینان از اینکه فیلترها بدرستی نصب شده اند.
۵	پنجره ها	درزگیری برای جلوگیری از ورود اسپورهای قارچی هوابرد
۶	درب ها	تا حد امکان بسته باشد; استفاده از پوشش های نایلونی، درزگیری درب های بدون استفاده
۷	تاسیسات آب	تا حد امکان محل این تاسیسات بدور از مکان های ایجاد گرد و غبار باشد*

* آلودگـی لوله هـای آب در مدت فعالیت های تخریب منجر به انتقال گونـه های لژیونلا مرتبط با مراکز بهداشتی و درمانی شده است.

کاهش ورود گرد و غبار هوای آزاد به داخل سیستم تهویه مطبوع در کاهش خطر آلودگی هوابرد ضروری است. سیستم های تامین کننده هوا بخصوص سیستم های مجاور با محل های ساخت و ساز، باید به طور موقت برای کاهش بار گرد و غبار ورودی خاموش شوند. همچنین باید نسبت به جلوگیری از کاهش ناگهانی اختلاف فشار که دلیل ایجاد بخش های با فشار منفی نسبت به هوای بیرون می گردد، مراقبت لازم انجام گردد.

به منظور جلوگیری از بار اضافی ذرات و کاهش متعاقب در کارایی سیستم های ورودی هوا که به طور موقت نیز نمی تواند خاموش گردد، فیلترهای هوا باید بطور مکرر بازرسی شوند. پیشنهاد می گردد که تخریب و حفاری در بیمارستان در فصل زمستان که تعداد اسپورهای آسپرژیلوس به تعداد کمتری وجود دارد انجام گردد(۲).

۱۰-۴-۱ ساخت و ساز، تخریب، بازسازی و تعمیرات داخلی

تمرکز برنامه کنترل عفونت در زمان ساخت و ساز و تعمیرات داخلی باید به محدود کردن گرد و غبار و رطوبت باشد. این اهداف بوسیله موارد زیر تامین می گردد:

۱) آموزش کارگران درباره اهمیت روشهای کنترل

۲) آماده سازی مکانی که قرار است بازسازی و تعمیر گردد.

۳) جابجایی کارکنان و بیماران در صورت نیاز

۴) پایش عملکرد سیستم تهویه مطبوع و پاکسازی روزانه محل در حال تعمیر

در زمان انجام فعالیت هایی که ایجاد گرد و غبار در اتاق می نماید، بیمار نباید در اتاق بماند. برای پروژه های طولانی مدت که مقدار زیادی گرد و غبار نیز تولید می نماید باید از پوشش های محکم، غیر قابل اشتعال نظیر دیواره های پیش ساخته استفاده گردد. از این پوشش ها در زمان تعمیرات در واحدهایی مانند آزمایشگاه بیمارستان نیز باید استفاده گردد.

۱۰-۵ اقدامات جهت تهویه صحیح در زمان ساخت و ساز

جهت تهویه صحیح در زمان ساخت و ساز در بیمارستان باید اقدامات زیر انجام گردد:

۱) تخلیه هوا و گرد و غبار به بیرون در صورت امکان

۲) اگر بازچرخش هوا از بخش در حال بازسازی اجتناب ناپذیر باشد باید از یک پیش فیلتر و هپا فیلتر قبل از برگشت هوا به سیستم تهویه مطبوع استفاده گردد.

۳) تنظیم اختلاف فشار به گونه ایی که نسبت به محل ساخت و ساز دارای فشار مثبت باشد.

۴) استفاده از تجهیزات پایش جریان هوا به منظور تایید جهت جریان هوا

۵) پایش دما، تعداد تعویض هوا در ساعت و سطح رطوبت (رطوبت باید کمتر از ۶۵ درصد باشد).

۶) استفاده از فیلترهای هپا قابل حمل در مجاورت بخش های در حال ساخت و ساز به منظور فراهم نمودن تعداد بیشتر تعویض هوا در ساعت.

۷) در صورت امکان بستن و درزگیری پنجرها.

۱۱– روش های کنترل عفونت های محیطی بخش های حساس بیمارستان

توجه ویژه به تهویه بخش هایی مانند اتاقهای عمل، اتاقهای ایزوله محیطی و اتاقهای ایزوله تنفسی برای جداسازی بیماران با عفونت های هوابرد (نظیر بیماریهای که دلیل آن مایکوباکتریوم توبرکلوزیس، زونا، ویروس سرخک) و غیره ... باید گردد. خلاصه ای از مشخصات تهویه در بخش های ویژه بیمارستان در جدول ۱۵ آورده شده است.

۱۱-۱ اتاق ایزوله محیطی

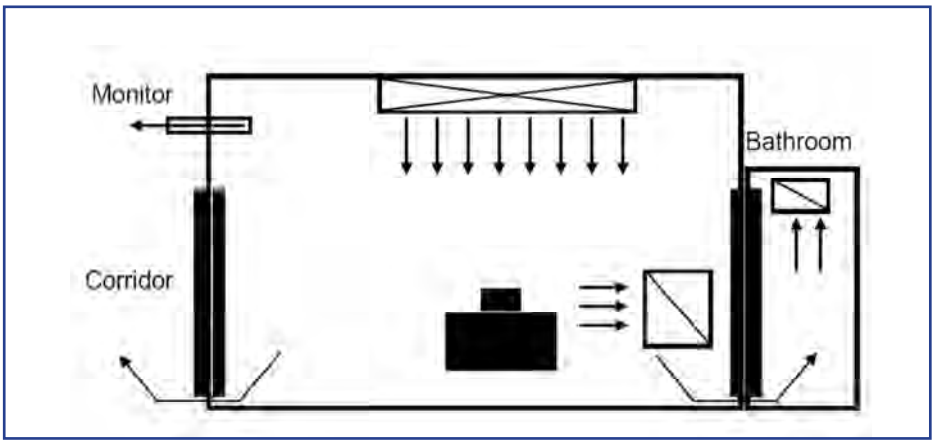
اگرچه آرایش و ویژگیهای اتاق ایزوله محیطی در بیمارستانها متفاوت است، ولی این اتاق برای بیماران با خطر عفونت بالا و بیماران دچار نقص ایمنی به کار می رود. جهت کاهش تعداد اسپورها در هوای این اتاق ها باید موارد ذیل انجام گردد:

۱- فیلتراسیون هوای ورودی با استفاده از فیلترهای هپا مرکزی یا استفاده از فیلتر در نقطه مصرف (محل ورود هوا به داخل اتاق)

۲- استفاده از اتاقهای با جریان هوای جهت دار (از منبع به سمت دیگر اتاق، در راستای مریض و به سمت بیرون) (شکل ۱۵)

۳- تامین فشار هوای مثبت ۲/۵ پاسکال نسبت به راهرو

۴- اتاق های درزگیری شده و تهیه حداقل ۱۲ بار تعویض هوا در ساعت(۱۵). دیاگرام کلی تهویه برای اتاق با فشار مثبت در شکل ۱۵ آورده شده است. جهت جریان هوا در پیش ورودی این اتاقها باید ترجیحاً روزانه و از طریق ابزار بصری (به عنوان مثال لوله های دود، نوارهای باریک) آزمایش و تایید گردد(۱۵).



شکل ۱۵- نمونه ای از اتاق با فشار مثبت همراه با جهت جریان هوا برای محافظت از میکروب های محیطی منتقله از هوا(۲)

موارد استفاده ار اتاق های با فشار مثبت شامل اتاق بیماران دارای نقص ایمنی و بیمارانی که پیوند سلولهای بنیادی خونساز یا پیوند عضو انجام داده و همچنین اتاقهای عمل ارتوپدی می باشد. بیمارانی که مکانیسم سیستم ایمنی بدنشان به دلیل اختلالات ایمونولوژیک (به عنوان مثال ابتلا به ایدز یا سندرم نقص ایمنی مادرزادی) دچار نقص است، بیماریهای مزمن (مانند دیابت، سرطان، شیمی درمانی،آمفیزم یا نارسایی قلبی) یا درمان سرکوب کننده ایمنی بدن (مانند تابش، پیوند عضو، شیمی درمانی سیستوکسیک، داروهای ضد درد، یا استروئید ها) و بخصوص بیمارانی که تحت پیوند سلول های بنیادی خونساز قرار گرفته باید در اتاق ایزوله محیطی بستری گردند. بخش های مراقبت ویژه نظیر ICU، NICU، اتاق احیاء، اتاق تروما، اتاق زایمان، شیرخوارگاه، اتاق آماده سازی محیط کشت در آزمایشگاه و انبارهای استریل و نگهداری ملحفه تمیز نیز باید دارای فشار مثبت باشند.

۱۱-۲ ویژگی های مهندسی اتاق ایزوله محیطی (فشار مثبت)

ویژگی های مهندسی اتاق فشار مثبت عبارتند از:

۱- فشار مثبت (تامین بیشتر هوا نسبت به جریان هوای خروجی)

۲- رنج اختلاف فشار (۲/۵ الی ۸ پاسکال) ایده ال ۸ پاسکال با راهرو

۳- اختلاف حجم جریان هوا بالاتر از ۱۲۵ فوت مکعب در دقیقه در منبع در مقابل خروجی
۴- جهت جریان هوای تمیز به کثیف
۵- تعویض هوا بزرگتر و مساوی بیش از ۱۲ بار در ساعت در اتاق
۶- برگشت جریان هوا فقط در صورتی که دوباره فیلتر شود.

استفاده از مواد ساختمانی که توانایی از بین بردن قارچها در بیمارستان را دارند بسیار معمول شده است. خاصیت ضد قارچی ترکیبات با پایه مس اثبات و اغلب در چوب و رنگ به کار می روند(۲).

۱۱-۳ اتاق ایزوله تنفسی

وجود حداقل یک اتاق ایزوله برای بستری بیماران مبتلا به عفونت های منتقله از هوا در بیمارستان الزامی است. هر مرکز بهداشتی، درماتی از جمله مراکز سیار نیز باید دارای اتاق ایزوله تنفسی باشد. از جمله موارد استفاده از این اتاقها برای بیماران مبتلا به سل و آبله مرغان می باشد(۲).

ویژگی های مهندسی اتاق های ایزوله تنفسی عبارتند از:

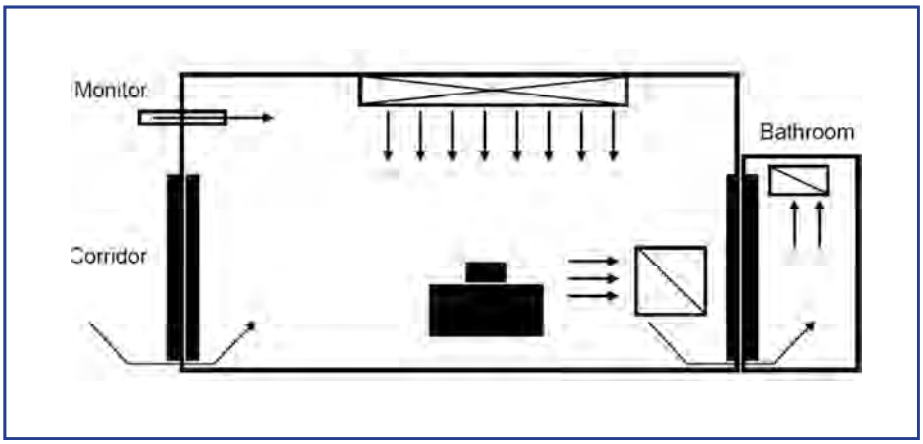
۱- جهت جریان هوا در اتاق های با فشار منفی باید با استفاده از مانومتر یا لوله های دود و نوارهای باریک در اتاق با درب های بسته بررسی گردد.

۲- حداقل ۶ بار تعویض هوا در ساعت برای تاسیسات موجود و بیشتر یا مساوی ۱۲ بار برای بخش های تحت بازسازی یا جدید ساخته شده فراهم گردد.

۳- تخلیه هوا به صورت مستقیم به فضای خارج از بیمارستان در صورت امکان باشد(۱۵). مانند اتاق های ایزوله محیطی باید تعداد تعویض هوا در ساعت به طور دقیق مشخص گردد. اتاق های ایزوله می توانند مانند شکل ۱۶ و ۱۷ با یا بدون اتاق انتظار (پیش ورودی) طراحی گردند.

زمانی که بازچرخش هوا به اتاق های ایزوله اجتناب ناپذیر باشد، فیلترهای هپا باید در کانال خروجی سیستم تهویه عمومی نصب گردند. علاوه بر این از لامپ های ماوراء بنفش نیز می توان در کانال ها به عنوان روش کمکی برای فیلتراسیون هپا استفاده نمود. اما استفاده از این لامپ ها نمی تواند و نباید به تنهایی جایگزین فیلتر هپا گردد(۲). اتاقهای درمان، اتاقهای برونوسکوپی و کالبد شکافی نیز باید شرایط اتاق ایزوله تنفسی را داشته باشند. بخش های دیگر مانند بخش اورژانس، واحد مراقبت ویژه (بزرگسالان، اطفال و نوزادان) و بخش های عملکردی مانند واحد برونوسکوپی و اتاق های که خلط تنفسی بیماران در آنها وجود دارد نیز شامل می گردد(۲). واحد فیزیوتراپی و هیدروتراپی، اتاق و انبار ملحفه کثیف و شوتینگ زباله، اتاق آلودگی زدایی، اتاق

اســتقرار دستگاههای اســتریل، توالت و حمام، رختکن، اتاق اتوپســی، اتاق تاریک، فضای عمومی آزمایشگاه، واحد رخشتویخانه و اتاق فلوروسکوپی با اشعه ایکس فضاهایی هستند که به دلیل آلوده بودن باید فشار هوای آنها منفی باشد.



شکل ۱۶- نمونه ای از اتاق فشار منفی برای اتاقهای ایزوله تنفسی(۲)

۱-۳-۱۱ ویژگی های مهندسی اتاق فشار منفی

مشخصات مهندسی اتاق فشار منفی شامل:

۱- فشار منفی (خروجی بیشتر نسبت به حجم هوای ورودی)

۲- اختلاف فشار ۲/۵ پاسکال (۰/۰۱ اینچ)

۳- اختلاف حجم جریان هوا بیشتر از ۱۲۵ فوت مکعب در دقیقه خروجی نسبت به ورودی

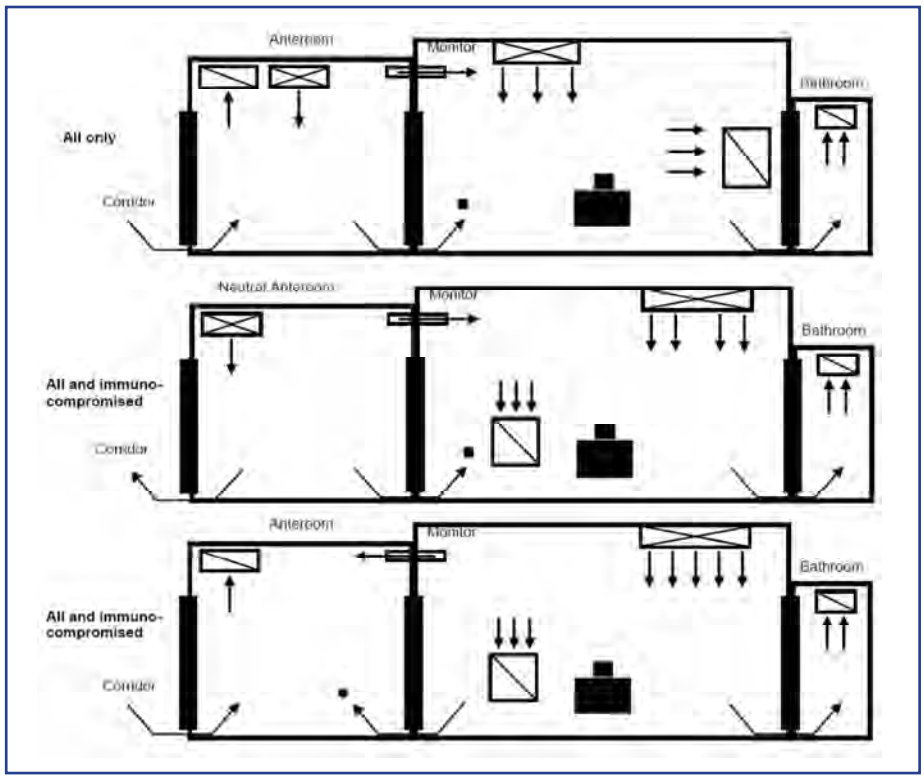
۴- جریان هوای تمیز به کثیف

۵- تعویض هوا بیشــتر و مســاوی ۱۲ بار در ساعت برای بیمارستانهای جدید یا بازسازی شده، ۶ بار تعویض برای ساختمانهای موجود

۶- تخلیه جریان هوای خروجی مســتقیما به بیرون اتاق و در صورت بازچرخش باید بوســیله فیلترهای هپا تصفیه گردد(۲)

یکی از اجزای اتاق ایزوله تنفسی استفاده از حفاظ تنفسی برای کارکنان مراکز بهداشتی و درمانی و عیــادت کنندگان زمانی که وارد این اتاقها می شــوند، می باشــد(۲). اقدامات پیشــنهادی برای محافظت تنفسی بستگی به نوع بیماران مبتلا به عفونت های هوابرد و خطر آن دارد.

اقدامـات اضافـی برای مدیریت بیماران کـه نیاز به ایزوله محیطی (به عنـوان مثال بیماران پیوند سـلولهای بنیادی خونسـاز (HSCT[1]) و به طور همزمان دارای عفونت های هوابرد هم می باشـند مورد نیاز اسـت. بـرای درمان این نوع از بیمـاران یک اتاق پیش ورودی (انتظار) (شـکل۱۷) در ساختمان های جدید و بازسازی شده نیاز است(۱۵).



شکل ۱۷- نمونه ای از اتاق ایزوله تنفسی با اتاق پیش ورودی (انتظار) و اتاق انتظار خنثی(۲)

- شـکل اول برای بیمارانی که فقط بیماری عفونی منتقله از هوا و شـکل دوم و سوم الگوی جریان هوا را برای بیماران دچار نقص ایمنی با بیماری عفونی منتقله از هوا نشان می دهد.

اختلاف فشـار یک اتاق انتظار می تواند مثبت یا منفی باشـد که بستگی به مریض بستری شده در اتـاق ایزوله دارد(۱۵). یک اتاق پیش ورودی می تواند بـه عنوان یک محفظه غیر قابل نفوذ عمل

[1] Hematopoietic stem cell transplantation

نماید(شکل ۱۷). اگر اتاق انتظار نسبت به اتاق بیمار دارای فشار مثبت باشد کارکنان نیازی به ماسک پیش از ورود به اتاق انتظار ندارند (البته اگر هوا به طور مستقیم به بیرون تخلیه و حداقل ۱۰ بار تعویض هوا در ساعت داشته باشد) (شکل ۱۷ (بالا:۱)(۱۵).

زمانی که یک اتاق انتظار فشار منفی نسبت به اتاق ایزوله و راهرو داشته باشد کارکنان مراکز بهداشتی و درمانی باید پیش از ورود به اتاق انتظار ماسک استفاده نمایند (شکل ۱۷ (پایین:۳).

اگر یک اتاق ایزوله با یک اتاق انتظار در دسترس نیست باید از یک فیلتر هپا گرید صنعتی و قابل جابجایی برای افزایش تعداد تعویض هوا در ساعت استفاده گردد. علاوه بر این باید یک منبع هوای تازه برای دستیابی به میزان تغییرات مناسب هوا موجود باشد. هوای آزاد ورودی باید از فیلتر هپا عبور داده شود.

۱۱-۳-۲ اتاق های عمل

هوای اتاق عمل ممکن است حاوی میکروارگانیسم ها، گرد و غبار، آئروسل، پرز، سلولهای پوست و قطرات تنفسی باشد. سطح میکروبی در هوای اتاق عمل بطور مستقیم متناسب با تعداد افراد در اتاق عمل می باشد(۱۵). بنابراین باید از هرگونه رفت و آمد بدون دلیل در اتاق عمل اجتناب گردد و همچنین باید تلاش گردد که حداقل تعداد پرسنل لازم در هنگام عمل جراحی در اتاق عمل حضور داشته باشد(۲).

تهویه صحیح، رطوبت (کمتر از ۶۸ درصد) و کنترل دما در اتاق عمل برای راحتی پرسنل جراحی و بیماران و در جلوگیری از شرایط محیطی که باعث تقویت رشد و انتقال میکروارگانیسم ها می گردد مهم و ضروری می باشد. اتاق های عمل باید در فشار مثبت با توجه به راهروها و بخش های مجاور نگهداری شوند. سیستم های تهویه متداول مورد استفاده در اتاق های عمل باید حداقل ۱۵ بار تعویض هوا در ساعت از هوای فیلتر شده تامین نمایند که ۲۰ درصد آن (۳ بار تعویض هوا در ساعت) باید از هوای تازه باشد(۱۵). هوا از سقف وارد و از نزدیک کف اتاق عمل باید خارج گردد(۲).

جریان هوای آرام (لامینار) و لامپ ماوراء بنفش به عنوان روشهای مکمل برای کاهش خطر عفونت های محل عمل جراحی[1] در عمل های خاص پیشنهاد می گردد. جریان هوای آرام به منظور حرکت هوای عاری از ذرات در سرتاسر اتاق عمل با سرعت یکنواخت (۰/۳ تا ۰/۵ متر بر ثانیه) و

[1] Surgical Site Infections (SSI)

حذف ذرات در مسیر جریان طراحی شده است. این جریان هوا می تواند بصورت عمودی با افقی هدایت شده و هوای بازچرخش شده باید از فیلتر هپا عبور داده شود(۲).

۱۱-۳-۲-۱ اتاق عمل برای بیماران مبتلا به سل

اعمال جراحی انتخابی بر روی بیماران مبتلا به سل، باید تا زمانی که این بیماران میزان کافی دارو دریافت نمایند به تاخیر انداخته شود. فشار هوای مثبت نسبت به راهرو می تواند منجر به انتقال سل از اتاق عمل به پرسنل اتاق عمل گردد. در صورت امکان لوله گذاری و خارج کردن لوله برای بیماران مبتلا به سل ریوی یابد در اتاق ایزوله انجام گردد. هنگامی که عمل جراحی اضطراری برای یک بیمار مبتلا به سل عفونی (مشکوک/ تشخیص داده شده) ضروری گردد، انجام اقدامات کنترل عفونت احتیاطی الزامی است.

۱۱-۳-۲-۱-۱ راهکار های مدیریت بیماران مبتلا به سل و جلوگیری از انتقال هوابرد در اتاق های عمل

۱- اگر عمل جراحی اضطراری برای یک مریض با سل فعال لازم گردید عمل جراحی مریض مبتلا به سل باید حتی الامکان آخرین مورد جراحی باشد..

۲- پرسنل اتاق عمل باید از ماسک های N95 مورد تایید NIOSH بدون دریچه بازدم استفاده نمایند.

۳- درب های اتاق عمل بعد از لوله گذاری برای بیماران مبتلا به سل بسته و زمان کافی برای تعویض هوا در ساختمان جهت حذف ۹۹ درصد از ذرات منتقله از هوا: بخصوص زمانی که برای فرد لوله گذاری شده و این لوله گذاری همراه با سرفه کردن باشد فراهم گردد.

۴- خارج نمودن لوله از بیمار در اتاق عمل یا اجازه دادن به احیاء مریض در اتاق ایزوله نسبت به اتاق احیاء رایج مورد استفاده در بیمارستان انجام گردد.

۵- استفاده موقتی از فیلتر هپا گرید صنعتی و قابل جابجایی ممکن است حذف ذرات منتقله از هوا را تسریع نماید (مکان و جایگاه قرار گرفتن دستگاه فیلتر هپا قابل جابجایی در اتاق عمل باید به طور دقیق برای اختلالات بالقوه در جریان هوای طبیعی ارزیابی گردد. این دستگاهها باید در هنگام عمل جراحی خاموش و در هنگام خارج نمودن لوله روشن گردند).

۶- فیلترهای تنفسی با اندازه روزنه های ۰/۲-۰/۱ میکرون می تواند به عنوان یک روش کمکی برای کنترل عفونت به کار رود(۲۹).

جدول ۱۵- مشخصات تهویه در بخش های ویژه بیمارستان(۲)

مشخصات	اتاق ایزوله تنفسی+	اتاق ایزوله محیطی	اتاق مراقبت ویژه£	اتاق پیش ورودی ایزوله	اتاق عمل
فشار هوا	منفی	مثبت	مثبت، منفی یا خنثی	مثبت یا منفی	مثبت
تغییر هوا در اتاق ها	بیشتر و مساوی ۶ بار در ساعت برای بیمارستانهای موجود و بزرگتر و مساوی ۱۲ بار برای بیمارستانهای جدید و بازسازی شده	بزرگتر و مساوی ۱۲ بار در ساعت	بیشتر و مساوی ۶ بار در ساعت	بزرگتر و مساوی ۱۰ بار در ساعت	بزرگتر و مساوی ۱۵ بار در ساعت
درزگیری¶	بلی	بلی	خیر	بلی	بلی
تامین فیلتراسیون	۹۰ درصد	۹۹/۹۷ درصد++	بزرگتر و مساوی ۹۰ درصد	بزرگتر و مساوی ۹۰ درصد	۹۰ درصد
امکان چرخش مجدد هوا به اتاق	خیر	بلی	بلی	خیر	بلی

+ شامل واحد برونکوسکوپی

£ فشـار مثبـت و فیلترهای هپا در بعضی از بخـش های مراقبت های ویژه (ICU) بـرای تعداد زیادی از بیماران دچار نقص ایمنی ترجیح داده می شود.

¶ حداقل نفوذ برای کنترل تهویه: مناسب برای پنجره ها، درب های بسته و اتصالات سطح

++ فیلتر اسپور قارچ در مکان استفاده (فیلتراسیون هپا ۹۹/۹۷ درصد از ذرات ۰/۳ میکرون)

پیوست ها

پیوست ۱- چک لیست بازرسی از اتاق های ایزوله بیمارستان

نمونه چک لیست بازرسی از اتاق های ایزوله بیمارستان

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

پیوست ۲- نمونه چک لیست نگهداری سیستم تهویه

نمونه چک لیست نگهداری سیستم تهویه

آیتم	بلی	خیر	پیگیری	توضیحات
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 دمپرهای 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 دستگاه تامین هوا حاوی ماده یا اجزایی می باشد که باعث تقویت رشد میکروارگانیسم ها گردد؟			تاریخ:	
آیا دستگاه تامین هوا حاوی ماده یا اجزایی می باشد که باعث ایجاد و افزایش آتش گردد؟			تاریخ:	
آیا تمام درب ها باید به طور کامل بسته شده و بدون درز می باشند؟			تاریخ:	

آیتم	بلی	خیر	پیگیری	توضیحات
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 سیستم تهویه (به عنوان مثال برای بخشی که در حال تعمیر است) هنوز مورد نیاز است؟			تاریخ:	
آیا دستگاه تامین کننده هوا هنوز دارای حداقل استانداردها است؟			تاریخ:	
آیا روش بهره برداری از سیستم رضایت بخش است؟			تاریخ:	

پیوست ۳- نمونه چک لیست ورود اطلاعات شمارش ذرات

تاریخ	فیلتر	شمارش اولیه ذرات (قبل از فیلتر/ خارج ساختمان)	شمارش نهایی ذرات (بعد از فیلتر/ داخل ساختمان)	راندمان پیش بینی شده (براساس کاتالوگ)	راندمان واقعی	ملاحظات

مراجع

1- WHO Guidelines, Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings HVAC Design for Healthcare Facilities. 2010.

2- CDC 2003: Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities.

3- ASHRAE 2009: Airborne infectious diseases (www.ashrae.org).

4- Streifel AJ. Design and maintenance of hospital ventilation systems and prevention of airborne nosocomial infections. In: Mayhall CG, ed. Hospital epidemiology and infection control, 2nd ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 1999:1211–21.

5- Streifel AJ, Rhame FS. Hospital air filamentous fungal spore and particle counts in a specially designed hospital. In: Indoor Air ‘93: Proceedings of the Sixth International Conference on Indoor Air and Climate, Vol. 4. Helsinki, Finland:161–5.

6- AIA, American Institute of Architects, Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities, 2006.

7- American Thoracic Society/CDC. Treatment of tuberculosis. Am J Respir Crit Care Med 2003;167:603–62.

8- Gaynes RP, Horan TC. Surveillance of nosocomial infections. In: Mayhall CG, ed. Hospital epidemiology and infection control, 2nd ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 1999;1285–318.

9- Garner JS, Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. Guideline for isolation precautions in hospitals. Infect Control Hosp Epidemiol 1996;17:53–80.

10- Neff JM. Variola (smallpox) and monkeypox viruses. In: Mandell GL, Bennett JE, Dolin R. eds. Principles and practice of infectious diseases, 5th ed. Philadelphia, PA: Churchill Livingstone, 2000;1555–6.

11- Wladyslaw j kowalski, air treatment systems for controlling for hospital acquired infections, 2010.

12- Burroughs HEB. Sick building syndrome: fact, fiction, or facility? In: Hansen W, ed. A guide to managing indoor air quality in health care organizations. Oakbrook Terrace, IL: Joint Commission on Accreditation of Health Care Organizations, 1997;3–13.

13- Elovitz KM. Understanding what humidity does and why. ASHRAE J 1999;April:84–90.

14- Hermans RD, Streifel AJ. Ventilation design. In: Bierbaum PJ, Lippman M, eds. Workshop on engineering controls for preventing airborne infections in workers in health care and related facilities. Cincinnatti, OH: NIOSH and CDC, 1993;107–46.
15- The American Institute of Architects Academy of Architecture for Health, AIA 2001: Guidline for design and construction of hospital and health care facilities. Washington, DC: American Institute of Architects Press, 2001.
16- National Air Duct Cleaners Association. General specifications for the cleaning of commercial HVAC systems. Washington, DC: NADCA, 2002. Publication No. NAD-06. Available at: www.nadca.com/standards/standards.asp.
17- U.S. Environmental Protection Agency. Use of disinfectants and sanitizers in heating, ventilation, air conditioning, and refrigeration systems [letter]. March 14, 2002. Available at: www.epa.gov/oppad001/hvac.htm.
18- Nevalainen A, Willeke K, Liebhaber F, Pastuszka J, Burge H, Henningson E. Bioaerosol sampling. In: Willeke K, Baron PA, eds. Aerosol management. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1993;471–92.
19- Haas DW. Mycobacterium tuberculosis. In: Mandell GL, Bennett JE, Dolin R. eds. Principles and practice of infectious diseases, 5th ed. Philadelphia, PA: Churchill Livingstone, 2000;2576–607.
20- Department of Health publications, Heating and ventilation systems Health Technical Memorandum 03-01: Specialised ventilation for healthcare premises; Part B: Operational management and performance verification. www.dh.gov.uk.
21- Minnesota Department of Health, Airborne Infectious Disease Management Methods for Temporary Negative Pressure Isolation.
22- Michigan Department of Community Health the 2007 minimum design standards for health care facilities in Michigan.
23- EPA 2009: Residential air cleanears residential air cleaners. Indoor air Quality(IAQ).
24- ASHRAE Standards 52.1-1992 and 52.2-1999. ASHRAE Testing for HVAC Air Filtration A Review of Standards 52.1-1992 & 52.2-1999
25- ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2008. Ventilation Standard For Health Care Facilities.
26- The American Institute of Architects Academy of Architecture for Health U.S. Department of Health & Human Services: Guidelines for Design & Construction of Hos-

pital & Health Care Facilities.
27- BS EN ISO 14644-1:1999. Cleanrooms and associated controlled environments. Classification of air cleanliness.
28- Favero MS, Bolyard EA. Microbiologic considerations: disinfection and sterilization strategies and the potential for airborne transmission of bloodborne pathogens. Surg Clin North Am 1995;75:1071–89.
29- WHO policy on TB infection control in health-care facilities, congregate settings and households, 2009
30- Ministry of Health & Family Welfare Nirman Bhawan, New Delhi, 2010. Guidelines on Airborne Infection Control in Healthcare and Other Settings.
31- wladyslaw Kowalski, 2012. hospital airborne infection control. Taylor & Francis Group
32- University Health Network, 2007. In-Room HEPA Cleaner, Guidance Document Toronto, ON, Canada
33- Centers for Disease Control and Prevention(CDC), 2009, Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (BMBL) 5th Edition
34- Veterans Health Administration Occupational Safety and Health. Laboratory safety: Module 4: Biological Safety Cabinets
35- ASHRAE. 1995. ANSI/ASHRAE 110-1995, Method of testing performance of laboratory fume hoods. Atlanta

Tehran University of Medical Sciences
Institute for Environmental Research

Islamic Republic of Iran
Ministry of Health and Medical Education
Environmental and Occupational Health Center

A Guide to Ventilation System in Hospital

Summer 2014

2050202- 0508- 1