

# کنترل آلاینده‌های هوا در بیمارستان‌ها

نویسنده: W. Edward Montz  
برگردان: مهندس مزدک صدیقی افشار



کنترل عوامل بیماری‌زای موجود در هوا در بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی، نه تنها برای ایمنی بیماران لازم است، بلکه برای پرسنل بیمارستان‌ها نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با ترکیب روش‌های جدید و قدیمی، می‌توان فرآیند در معرض این آلاینده‌ها و خطرات مربوط به آن را محدود نمود.

## از کجا آغاز کنیم؟

هزینه‌های بهداشتی و درمانی طی سال‌های اخیر افزایش چشمگیری داشته است. عواملی که باعث افزایش این هزینه‌ها شده‌اند شامل تقاضای بالاتر برای خدمات بهداشتی و درمانی، افزایش هزینه‌های مربوط به فن‌آوری‌های نوین پزشکی، بیشتر شدن تعداد بیمارانی که تحت پوشش بیمه قرار نمی‌گیرند و همچنین افزایش جمعیت و کمتر شدن متخصصین بهداشتی می‌گردند. مراکز بهداشتی و درمانی مجبورند به طور دائم عملکردی خود را بالاتر برده و هزینه‌های خود را کاهش دهند. نگهداری و بهره‌برداری از سامانه‌های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع، یکی از حوزه‌هایی است که می‌تواند تأثیر بسزایی بر روی هزینه‌های یک مرکز درمانی داشته باشد. روشن است که یکی از راه‌های کنترل هزینه‌ها، کم کردن بودجه‌ای است که به موارد «پشت صحنه» که به نظر می‌آید تأثیر مستقیمی بر روی بیماران ندارد، مربوط می‌شود. یکی از این صرفه‌جویی‌ها، می‌تواند کمتر کردن هزینه‌های مربوط به سرویس منظم سامانه‌های HVAC باشد که در نتیجه، باعث پایین آمدن کیفیت هوا خواهد شد.

## مشکلات نامرئی

از آن جایی که مشکلات مربوط به کیفیت هوای داخل را نمی‌توان به آسانی مشخص نمود و از طرفی این مشکلات همیشه به صورتی واضح و آشکار نمود پیدا نمی‌کنند، پایین بودن کیفیت هوای داخل، اغلب تا زمانی که منجر به یک بحران واقعی نشود، به عنوان یک مشکل جدی شناسایی نمی‌شود. حتی بعضی بیمارستان‌ها، اقدامات اساسی برای نگهداری سامانه‌های HVAC از قبیل تعویض فیلترها، تمیز کردن کانال‌های هوارسانی، آزمایش کیفیت هوا و اطمینان از حفظ نرخ‌های مناسب تهویه را اصلاً انجام نمی‌دهند. البته در دهه‌ی ۱۹۹۰، اغلب مدیران ساختمان‌های مراکز درمانی در کشورهای پیشرفته، رویکردی کنش‌گرایانه و فعال را در مورد نگهداری سامانه‌های HVAC پیش گرفته‌اند. اما با این وجود، هنوز هم به ندرت می‌توان بیمارستانی را یافت که آزمایش‌های مربوط به کیفیت هوای داخل را به شکلی فراگیر و در کل ساختمان انجام دهد. در اکثر موارد، بیمارستان‌ها فقط زمانی به فکر چاره‌جویی می‌افتند که مشکل بزرگی در سطحی وسیع به وجود آمده و یا این که ادعاهای قانونی در این زمینه مطرح شده باشند. وضعیت کیفیت هوا در بسیاری از بیمارستان‌ها (حتی در کشورهای پیشرفته و بیمارستان‌های معتبر) تا جایی نزول می‌کند که انتقال بیماری‌های واگیردار

**فیلتراسیون هوا، همراه با  
تعدیل مناسب هوا و حفظ شرایط  
بهداشتی مناسب در سامانه،  
بهترین روش‌هایی هستند که  
می‌توانند برای کاهش و کنترل  
انتقال بیماری در مراکز درمانی  
به کار گرفته شوند**



اتاق عمل را آلوده نمایند.

### راهکارهای موجود برای کاهش آلودگی

راه‌های متعددی وجود دارند که می‌توان آن‌ها را در بیمارستان‌ها و مراکز درمانی در خصوص کاهش انتقال بیماری‌ها از طریق هوا به کار گرفت. از جمله این روش‌ها می‌توان به بهبود نگهداری و تمیزکردن سامانه هوارسانی، افزایش مقدار تهویه، کنترل آلاینده‌ها از منشاء، پرتوافکنی گندزدایی با ماورای بنفش (UVGI) و فیلتراسیون اشاره نمود.

نگهداری و تمیزکاری سامانه HVAC که اغلب به غلط «تمیزکاری کانال‌ها» نامیده می‌شود، دارای تاثیر بسزایی در کاهش غلظت میکروارگانیسم‌ها در هوا می‌باشد. مطالعات موجود نشان داده‌اند که غلظت میکروارگانیسم‌ها به این روش بین ۸۰ تا ۹۰ درصد کاهش می‌یابد. تجربه نشان داده است که سامانه تهویه، می‌تواند منشاء مهمی برای آلودگی‌های میکروبی باشد. کویل‌ها، سینی‌های آبچکه، فیلترهای تر و آستری‌های پشم شیشه داخل کانال‌ها می‌توانند باعث ایجاد آلودگی میکروبی شوند. یکی از نگرانی‌های مهم این است که هرگونه تمیزکاری سامانه HVAC باید به طور جدی طبق رویه‌های تدوین شده برای زدایش آلاینده‌های موجود در سامانه و در عین حال جمع‌آوری کامل آلودگی‌ها، حفاظت از سلامتی کارگران تمیزکننده‌ی سامانه و اجتناب از ورود مجدد آلودگی‌ها به فضای حضور افراد صورت گیرد. موارد متعددی مشاهده شده است که تمیزکاری ضعیف و بی‌دقت کانال‌ها باعث ایجاد

از طریق تماس پوست یا غشای مخاطی با سطوح و ابزارهای آلوده است. برای این که بتوان از این راه انتقال بیماری جلوگیری کرد، توجه ویژه‌ای به استریل کردن ابزارهای چندبار مصرف جراحی و پزشکی مبذول می‌شود و البته بسیاری از تجهیزات نیز به صورت یکبار مصرف عرضه می‌شوند. در نتیجه، انتقال بیماری از این طریق در حال حاضر به حداقل رسیده است. کاهش میکروارگانیسم‌های زیست‌پذیر در هوا، یکی از روش‌هایی است که می‌تواند انتقال بیماری در محیط بیمارستان را کاهش دهد. این مساله، ارزش بذل توجه ویژه‌ای را دارد و به تازگی نیز متخصصین به این مساله توجه نشان می‌دهند. برای به حداقل رساندن بیماری‌های قابل انتقال از راه هوا در زمان عمل جراحی، متخصصان خواستار ساخت اتاق عمل‌هایی با جریان هوای آرام (غیرمتلاطم)، هم به صورت جریان افقی و هم به صورت جریان عمودی شده‌اند. همچنین، بسیاری از جراحان، عمل‌های خود را در لباس‌های کاملاً محصور با هوای تنفسی تامین شده با فیلترهای HEPA انجام می‌دهند. به طور خلاصه، این اتاق‌های عمل، «اتاق‌های تمیز» با بازدهی اتاق‌های تمیز در رده کلاس ۱۰ این اتاق‌ها می‌باشند که بازدهی پایینی به شمار می‌آید. به علاوه، ابزارهای برش سریع که در جراحی‌های ارتوپدی استفاده می‌شوند، آلاینده‌های بسیاری را از خون و محل بریدگی به هوا منتقل می‌کنند. بنابراین، عوامل بیماری‌زای موجود در خون می‌توانند توسط افراد استنشاق شده و پرسنل

به بخش‌های دیگر، تبدیل به یک مشکل عمده می‌گردد. با توجه به این واقعیت که بسیاری از بیماری‌های واگیردار از طریق مسیرهای حرکت هوا انتقال می‌یابند، وجود تهویه مناسب اهمیتی بیشتر از همیشه پیدا کرده است. باکتری‌های مقاوم در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها که به تازگی کشف شده‌اند، کنترل انتقال بیماری را تبدیل به یکی از بالاترین اولویت‌ها برای مراکز درمانی نموده‌اند. با افزایش روز افزون فعالیت‌هایی مانند پیوند اعضا، کیفیت هوا در اتاق‌های استریل، اتاق‌های ایزوله و اتاق‌های عمومی بیماران تبدیل به مساله‌ای حیاتی در مراقبت از بیماران گردیده است. قرارگیری افراد در معرض گازها و ذرات سمی و خطرناک، نگرانی عمده‌ای را در مراکز درمانی پدید آورده است. آنتی‌بیوتیک‌هایی که به بیماران نیازمند به این داروها داده می‌شود، در صورت عدم وجود وضعیت مناسب تهویه، در محیط پخش شده و باعث می‌شوند باکتری‌ها به این آنتی‌بیوتیک‌ها مقاومت پیدا نمایند. همچنین، داروهایی که برای شیمی درمانی به کار می‌روند نیز ممکن است به همین ترتیب به طور ناخواسته و در سطحی مسموم کننده در فضا منتشر شوند. مواد و حلال‌های آلی مانند فرمالدئید، زایلین، متیلن کلراید، تولوئن و مواد دیگر که در آزمایشگاه استفاده می‌شوند نیز به همین ترتیب می‌توانند در فضا پخش شوند. بعضی از این مواد سرطان‌زا بوده و بسیاری نیز حتی اگر افراد به میزان جزئی در معرض آن‌ها قرار گیرند، احتمال مسمومیت در آن‌ها وجود دارد. مهم‌ترین راه انتقال بیماری



است. اثربخشی این فن آوری در هر محیط مشخص را نمی‌توان به خوبی فیلتراسیون پیش‌بینی نمود، اما روشن است که UVGI می‌تواند غلظت باکتری‌های موجود در هوا را کاهش دهد. اما به نظر نمی‌رسد این روش دارای اثربخشی چندانی در مقابل هاگ‌های قارچی داشته باشد. آرایش به کارگیری UVGI بر روی اثربخشی آن تأثیرگذار است. یکی از کاربردهای معمول، استفاده از UVGI در سامانه کانال برگشتی هواساز تا عمل پرتوافکنی به میکروب‌های موجود در جریان هوای برگشتی را انجام دهد. سطح کلی آلودگی در هوا، نرخ‌های جریان هوا، نوع سامانه و همچنین دفعات انجام تمیزکاری، همگی شاخص‌های مهمی هستند که بر روی اثربخشی این کار تأثیر می‌گذارند. چنین سامانه‌هایی به سرعت کثیف می‌شوند و بایستی برای حفظ اثربخشی مناسب آن‌ها، تمیزکاری در فواصل زمانی معین بر روی آن‌ها انجام گیرد. آرایش دیگری که برای سامانه‌های UVGI به کار می‌رود، نصب آن‌ها بر روی دیوار یا سقف اتاق بیماران است. در این روش، نور UV برای از بین بردن میکروب‌های شناور در هوا به اتاق تابانده می‌شود.

اثربخشی این روش، بسته به نرخ تهویه، سطح فعالیت‌های موجود در اتاق، بارهای میکروبی تحمیل شده به محل و همچنین شاخص‌های دیگر، تغییر می‌کند. البته یکی از نگرانی‌هایی که در این زمینه وجود دارد، ضخیم شدن قرنیه چشم به دلیل قرار گرفتن در معرض تابش UV در مدت زمان طولانی است.

### جمع‌بندی

با توجه به مطالب فوق، به این نتیجه می‌رسیم که فیلتراسیون هوا، همراه با تعدیل مناسب هوا و حفظ شرایط بهداشتی مناسب در سامانه، بهترین روش‌هایی هستند که می‌توانند برای کاهش و کنترل انتقال بیماری در مراکز درمانی به کار گرفته شوند. روش‌های دیگر مانند استفاده از تجهیزات حفاظت شخصی و یا UVGI نیز می‌توانند به عنوان مکمل در زمینه کاهش آلاینده‌های موجود در بیمارستان‌ها به کار گرفته شوند.

اخیر به چند روش بهبود یافته است. حلال‌های سمی اخیراً با حلال‌هایی با سمیت کمتر جایگزین شده‌اند. بعضی از فرآیندها به صورت «مینیاوری» در آمده‌اند تا مقادیر کمتری از نمونه و مواد شیمیایی برای دست‌یابی به نتایج آزمایش‌ها لازم باشد. استفاده از تجهیزات حفاظت شخصی، چه به صورت داوطلبانه و چه به صورت قوانین اجباری، بیش از پیش به کار گرفته می‌شوند. چون این وسایل جزو ابزارهای HVAC محسوب نمی‌شوند، از ذکر جزئیات آن‌ها در اینجا خودداری می‌کنیم. اما لازم به ذکر است که مقامات بهداشتی ترجیح می‌دهند به جای تکیه بر تجهیزات حفاظت شخصی (که عدم عملکرد صحیح آن‌ها می‌تواند عواقب وحشتناکی داشته باشد)، از سامانه‌های کنترل فرآیند دایمی برای به حداقل رساندن قرارگرفتن افراد در معرض آلاینده‌ها استفاده شود.

### فیلتراسیون

انتخاب دیگری که در این زمینه وجود دارد، فیلتر کردن هواساز است. از نظر نگارنده، فیلتراسیون بایستی به عنوان اولین سلاح در ارتباط با کیفیت هوا در بیمارستان‌ها به کار گرفته شود. از آنجایی که بخش عمده‌ای از میکروب‌ها همراه با ذرات هوا منتقل می‌شوند، فیلتراسیون HEPA می‌تواند راهکاری جذاب برای اجتناب از شیوع بیماری باشد. فیلترهای HEPA طبق تعریف صنعت، دارای بازدهی ۹۹٫۹۷ درصد در مقابل ذرات دارای محدوده‌ی اندازه ۰٫۳ میکرون می‌باشند.

بنابراین فیلترهای HEPA می‌توانند عملکرد مناسبی در مقابل باکتری‌ها که اندازه ۰٫۳ میکرون یا بیشتر دارند، داشته باشند. بسیاری از باکتری‌ها به صورت توده‌ای انباشته در می‌آیند و بنابراین اندازه بزرگ‌تری پیدا می‌کنند. به همین دلیل، جذب آن‌ها توسط فیلترهای HEPA بهتر انجام خواهد شد. فیلترهای «نفوذ هوای بسیار پایین» (ULPA) بازدهی بالاتر تا ۹۹٫۹۹۷ درصد دارند و تبدیل به تجهیزات استاندارد برای فعالیت‌های حساس درمانی گردیده‌اند. استفاده از UVGI که فن‌آوری آن به حدود دهه ۱۹۴۰ بر می‌گردد، در سال‌های اخیر با استقبال جدیدی در مراکز درمانی و حتی ساختمان‌های مسکونی روبه‌رو شده

آلودگی‌های شدیدتری نسبت به قبل شده است. از آنجایی که نظارت‌های موجود بر روی پیمانکارانی که تمیزکاری کانال‌ها را انجام می‌دهند بسیار کم است، مشتریان معمولاً تضمین کیفی کافی در این مورد ندارند، به خصوص اگر مشتری اطلاعات کافی از موارد کلیدی در مورد فرآیند تمیزکاری نداشته باشد. انجمن ملی تمیزکننده‌های کانال‌های هوا (NADCA) در ایالات متحده، قواعدی را در خصوص کنترل کیفیت تمیزکاری کانال‌ها وضع نموده است. افزایش نرخ تهویه می‌تواند چگالی میکروبی را کمتر کرده و غلظت آن‌ها را افزایش دهد و این امر با افزایش تغذیه‌ی هوای خارجی و افزایش تخلیه‌ی هوای داخلی امکان‌پذیر است. مطالعات انجام شده، ارتباط موجود بین بهبود فیلتراسیون هوا، غلظت میکروب‌ها و نرخ ابتلای بیماران را نشان داده‌اند. در یک تحقیق مشخص شد که با افزایش نرخ تهویه، میزان ابتلای به بیماری متناسب با آن کاهش می‌یابد و این کاهش در نرخ تهویه معادل ۳۵ cfm به ازای هر نفر، به حداقل خود می‌رسد. ایجاد فشار هوای مناسب در محیط برای اجتناب از نفوذ میکروب‌ها به نواحی خارج از حضور بیماران، دارای اهمیت بسیار زیادی است. اما باید توجه داشت که افزایش نرخ تهویه، میزان مصرف انرژی را نیز بالا می‌برد. هزینه‌های مربوط به گرمایش، سرمایش، رطوبت‌زنی، رطوبت‌زدایی و فیلتراسیون هوا می‌تواند بسیار قابل توجه باشد و به همین دلیل شاید این روش، راهکار مطلوب برای مراکز درمانی که در بسیاری از موارد با مشکلات مالی جدی روبه‌رو هستند، نباشد. کنترل آلاینده‌ها از منشاء که در اینجا به معنای جداسازی بیماران دارای بیماری‌های واگیردار می‌باشد، کمابیش در بیمارستان‌ها انجام می‌شود و البته هزینه‌های زیادی را نیز به مراکز درمانی تحمیل می‌نماید. قرار دادن بیماران دارای بیماری‌های واگیردار در فضاهای جداگانه با امکانات تهویه و فیلتراسیون بالا و اتاق‌های ایزوله می‌تواند بسیار گران تمام شود و حتی در بعضی موارد، بالا بودن این هزینه‌ها می‌تواند این راهکار را غیرعملی نماید. کنترل مواد سمی و خطرناک از منشاء تولید آن‌ها در سال‌های