DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3066 Published by Vesnu Publications

اثر محیط فیزیکی بر تمیزی اتاق عمل: مطالعه مروری

محمدحسین یارمحمدیان[1]، غزال اسدی اسکندر[2]

مقاله مروری

چکیده

مقدمه: حفظ میزان تمیزی در محیط بیمارستان‌ها و فضاهای درمانی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ به گونه‌ای که می‌تواند منجر به کاهش عفونت بیمارستانی و حفظ و ارتقای سلامت بیماران و کارکنان شود. با توجه به کمبود تحقیقات صورت گرفته در زمینه برقراری ارتباط بین ویژگی‌های محیطی و فضای فیزیکی ساخته شده با کنترل عفونت‌ها در فضاهای درمانی، مطالعه حاضر با هدف بررسی تمیزی اتاق عمل با استفاده از ویژگی‌های فیزیکی فضا انجام شد و به تدوین راهکارهایی برای تعریف ویژگی‌های اتاق عمل با در نظرگرفتن تأثیر این ویژگی‌ها بر میزان تمیزی آن پرداخت.

روش‌ها: این پژوهش از نوع مروری سیستماتیک بود که در سال ۱۳۹۶ انجام گردید و کلید واژه‌های «اتاق عمل، اتاق تمیز، ویژگی‌های محیط فیزیکی و کنترل عفونت و عفونت بیمارستانی» در پایگاه‌های اطلاعاتی ISI، PubMed، ScienceDirect، SID، CIVILICA، Irandoc و Magiran و سازمان‌هایی مانند World Health Organization (WHO)، مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری‌ها (CDC یا Center for Disease Control and Prevention)، American Institute of Architects (AIA)، American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) و International Health Facility Guidelines (IHFG) مورد جستجو قرار گرفت. پژوهش‌های انجام شده داخلی و خارجی در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ به دو زبان فارسی و انگلیسی مورد نظر بود.

یافته‌ها: عواملی همچون تسهیلات شستشو و بهداشت دست، مشخص کردن فرایند و گردش کار، تعیین و تفکیک حوزه‌های عملکردی، تهویه مطبوع و مصالح نهایی مورد استفاده در سطوح، در میزان تمیزی اتاق عمل نقشی حیاتی را ایفا می‌کند.

نتیجه‌گیری: توجه به عوامل محیطی مؤثر در تمیزی فضاهای درمانی از ابتدای فرایند طراحی به منظور کاهش عفونت‌های بیمارستانی، ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: اتاق تمیز، اتاق عمل، کنترل عفونت، عفونت بیمارستانی، طراحی فضاهای درمانی، بیمارستان

ارجاع: یارمحمدیان محمدحسین، اسدی اسکندر غزال. **اثر محیط فیزیکی بر تمیزی اتاق عمل: مطالعه مروری.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۷؛ ۱۴ (۲): ۱۴۱-۱۳۳

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۱۶ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۳/۳ تاریخ چاپ: ۱۳۹۷/۴/۱۵

مقدمه

توجه به ویژگی‌های محیط و تأثیر آن بر میزان تمیزی و به دنبال آن، کنترل عفونت در فضاهای تمیز، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری‌ها (CDC یا Center for Disease Control and Prevention) به صورت سالانه مرگ و میر حدود ۹۹ هزار نفر را بر اثر عفونت‌های بیمارستانی گزارش می‌کند. همچنین، بر اساس تحقیقات انجام شده توسط وزارت بهداشت و خدمات انسانی آمریکا (U.S. Department of Health and Human Services یا HHS)، بیش از ۲۳۰ هزار عفونت بیمارستانی در سال رخ می‌دهد و بیش از ۱۳۰ هزار نفر بر اثر این عفونت‌ها جان خود را از دست می‌دهند (۱).

Lord Lister نخستین کسی بود که باکتری‌ها را باعث عفونت زخم‌های جراحی دانست و فهمید که پاک کردن محیط اتاق عمل از باکتری‌ها، می‌تواند از این عفونت جلوگیری کند. وی با روش ضد عفونی کردن یعنی کشتن باکتری‌هایی که وارد زخم می‌شوند، توانست عفونت‌های خونی را کاهش دهد. تا سال ۱۹۰۰ میلادی، دستکش‌ها، ماسک‌ها و روپوش‌های جراحی پیشنهاد شدند که قبل از جراحی با بخار استریل می‌شدند. این روش‌ها پایه تکنیک‌های اتاق تمیزی است که امروزه استفاده می‌شود. مهم‌ترین تفاوت اتاق‌های عمل قدیم و جدید، تأثیر مثبت تهویه با هوای فیلتر شده می‌باشد. سیستم تهویه مطبوع در بیمارستان‌ها تا دهه ۱۹۴۰ اغلب برای تنظیم دما و راحتی کار تیم درمان بود تا کنترل آلودگی. پروفسور Charlie با استفاده از سیستم تهویه مطبوع، توانست ایجاد عفونت را به حدود ۱۰ درصد برساند (۲).

توسعه و ایجاد اتاق‌های تمیز، از نیاز در حوزه‌های مختلفی مانند صنعت، مراقبت‌های بهداشتی و صنایع دفاعی نشأت می‌گیرد. در جنگ جهانی دوم، دستگاه‌های مکانیکی و الکتریکی در مقابل خاک و گرد و غبار با مشکل مواجه شدند. در نتیجه، فیلترهایی با کارایی بالا در مواجهه با این مشکل، تولید و پس از جنگ در بازار عرضه شد (۳). طبق تعریف McFadden، اتاق تمیز به عنوان محلی تعریف می‌شود که به شکل خاصی ساخته شده است و محیطی محصور است که در آن شاخص‌هایی همچون ذرات هوابرد، دما، رطوبت، فشار هوا، الگوی جریان هوا، ارتعاش، صدا، ارگانیسم های زنده و روشنایی تحت کنترل قرار می‌گیرد که کنترل ذرات هوابرد شامل آلودگی میکروبی و ذره‌ای از یک سو و غلظت و نحوه پراکندگی ذرات از سوی دیگر می‌باشد (۵، ۴).

۱- استاد، مرکز تحقیقات مدیریت و اقتصاد سلامت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بیمارستان، دانشکده فناوری‌های نوین علوم پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: غزال اسدی اسکندر
Email: asadi.qazaal@gmail.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.1.3]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3066]

با توجه به این که ویژگی‌های محیطی و طراحی‌های فضاهای درمانی از جمله ویژگی‌های دیوارها، سقف، کف و مصالح نهایی آن‌ها، تهویه مطبوع، ترتیب و چیدمان فضاها نسبت به هم متناسب با فعالیت‌هایی که در این فضاها رخ می‌دهد، تأثیر بسزایی بر میزان تمیزی و کنترل عفونت دارد، تعیین معیارهایی که در روند طراحی این فضاها مورد استفاده قرار گیرد، ضروری به نظر می‌رسد. پژوهش حاضر از نوع مروری بود. پژوهشگر در این نوع از مطالعه، به بررسی جامع مجموعه مقالات منتشر شده در یک زمینه واحد و تحلیل آن‌ها برای رسیدن به نتیجه مشخصی می‌پردازد (۴).

در تحقیق حاضر با مرور مقالات و منابع مرتبط، سعی شد به این پرسش پاسخ داده شود که چگونه می‌توان تمیزی اتاق عمل را با استفاده از ویژگی‌های فیزیکی فضا کنترل کرد و به تدوین راهکارهایی برای تعریف ویژگی‌های اتاق عمل با در نظر گرفتن تأثیر این ویژگی‌ها بر میزان تمیزی آن پرداخت. بر اساس پژوهش‌هایی که تاکنون در این زمینه انجام شده است، عوامل محیطی مؤثر بر تمیزی فضاهای درمانی و به دنبال آن، کاهش عفونت‌های بیمارستانی را می‌توان به پنج دسته تقسیم کرد که شامل تسهیلات شستشو و بهداشت دست، فرایند و گردش کار، تعیین و تفکیک حوزه‌های عملکردی، تهویه مطبوع و مصالح نهایی مورد استفاده در سطوح می‌باشد.

روش‌ها

این مطالعه به صورت مروری در سال ۱۳۹۶ انجام شد و در آن تحقیقات انجام شده بین‌المللی و داخلی در زمینه مورد نظر طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ از طریق بررسی کتابخانه‌ای و اسناد چاپی مرتبط با موضوع پژوهش مانند کتاب، مجلات، پایان‌نامه‌ها و طرح‌های پژوهشی، کتاب‌های همایش‌های علمی، متون چاپی نمایه شده در بانک‌های اطلاعاتی و اینترنت مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به ارتباط بیشتر موضوع کتاب‌ها و مقالات با هدف پژوهش، تأکید بیشتر بر این دو نوع از اسناد چاپی بود. جستجو در پایگاه‌های خارجی با کلید واژه‌های «Medical space، Physical environment، Clean room، Operation room و Disinfection control» و در منابع داخلی با کلید واژه‌های «اتاق عمل، اتاق تمیز، ویژگی‌های فیزیکی فضا، کنترل عفونت و عفونت بیمارستانی» انجام شد. موتورهای جستجوی اصلی شامل Google و Google Scholar مورد استفاده قرار گرفت. پایگاه‌های داخلی مانند SID، CIVILICA، Irandoc و Magiran و پایگاه‌های خارجی شامل ISI، PubMed، ScienceDirect و اسناد سازمان‌هایی همچون World Health Organization (WHO)، CDC، American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)، American Institute of Architects (AIA) و International Health Facility Guidelines (IHFG) نیز مورد بررسی قرار گرفت.

با توجه به کلید واژه‌های انتخاب شده، ۸۰ مقاله و کتاب به صورت اولیه بررسی گردید. با حذف موارد تکراری و غیر مرتبط، ۴۳ مقاله وارد مطالعه شد. با بررسی چکیده مقالات و عناوین فصول در کتاب‌ها، در نهایت ۲۵ مقاله و منبع مرجع مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. انتخاب مقالات بر اساس تبیین تأثیر ویژگی‌های فیزیکی محیط بر تمیزی فضاهای درمانی و اتاق عمل انجام شد و عوامل مؤثر در ارتباط با این موضوع دسته‌بندی و بررسی گردید. تحلیل محتوای مقالات و منابع به تعیین عواملی همچون تسهیلات شستشو و بهداشت دست، فرایند و گردش کار در اتاق عمل، تعیین و تفکیک حوزه‌های عملکردی کنترل نشده، نیمه کنترل شده و کنترل شده، تهویه مطبوع و مصالح نهایی مورد استفاده در سطوح، در میزان تمیزی اتاق عمل اشاره داشت.

یافته‌ها

استاندارد ISO ۱۴۶۴۴-۱ و فدرال آمریکا، اتاق‌ها را بر اساس تعداد ذرات موجود در هوا تقسیم‌بندی می‌کند (۶، ۲). اتاق‌های عمل، بخش‌های ویژه و بخش زایمان در بیمارستان‌ها از جمله فضاهایی هستند که میزان تمیزی در آن‌ها باید کنترل شود (۸، ۷). عوامل مؤثر بر تمیزی اتاق‌های عمل را می‌توان به پنج دسته «بهداشت دست، فرایند و گردش کار در اتاق عمل، تعیین و تفکیک حوزه‌های عملکردی به سه حوزه کنترل نشده- نیمه کنترل شده و کنترل شده، تهویه مطبوع و مصالح نهایی مورد استفاده در سطوح» تقسیم‌بندی کرد. در جدول ۱ به منابعی که تمیزی فضاهای درمانی و اتاق عمل را مورد بررسی قرار داده‌اند، اشاره شده است.

تسهیلات شستشو و بهداشت دست: از آن‌جا که شستن دست‌ها عامل مهمی در پیشگیری از انتقال عفونت‌ها می‌باشد، در نظر گرفتن امکانات کافی و مناسب برای بهداشت دست‌ها در مرحله اولیه طراحی ساختمان ضروری است (۱۰، ۹). استاندارد برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان ایمن، ویژگی‌هایی را برای اتاق اسکراب برشمرده است که از آن جمله می‌توان به تعبیه فضایی مجزا از اتاق عمل و راهروی استریل مجاور آن جهت اسکراب، در نظر گرفتن در ورودی و خروجی مجزا برای این فضا (ورودی فضای اسکراب از راهروی حوزه کنترل شده و خروجی به داخل اتاق عمل)، تعبیه حداقل ۲ یا ۳ شیر آب برای اتاق‌های عمل به ترتیب برای اتاق عمل متوسط و بزرگ که با فرمان الکترونیکی، شیر بازویی یا پدال پایی باز و بسته می‌شوند (برای جلوگیری از تماس دست با شیر) اشاره نمود. فاضلاب شیرها باید به گونه‌ای باشد که از پاشیدن آب به اطراف جلوگیری کند. سینک اسکراب باید حداقل ۸۰ سانتی‌متر عرض داشته باشد، فاصله جانبی آن تا اولین مانع ۲۰ سانتی‌متر، فضای خالی جلوی سینک ۹۰ سانتی‌متر و ارتفاع آن ۹۰ نیز سانتی‌متر باشد. نحوه ساخت و جنس سینک اسکراب باید به گونه‌ای باشد که از تجمع آلودگی در آن جلوگیری به عمل آید. در این راستا، سینک نباید لبه تیز، لبه داخلی و گوشه‌های تند داشته باشد و به راحتی امکان شستشو و نظافت آن میسر گردد (۱۰).

در پژوهش انجام شده در پنج بیمارستان در رشت، ضرورت رعایت اصول کنترل عفونت توسط کارکنان اتاق‌های عمل در زمینه شستشوی دست‌ها، تعویض لباس، مرتب کردن مو، تعویض کفش‌ها، ضد عفونی کردن وسایل جراحی و کنترل تاریخ وسایل استریل از طریق تعریف معیارهایی مانند قرارگیری محل تعویض لباس در حوزه کنترل نشده و ویژگی‌های محل شستشوی دست در اسکراب اتاق عمل مورد بررسی قرار گرفت (۱۱). Australasian Health Facility Guidelines (AusHFG) چهار نوع دستشویی را برای فضاهای مختلف درمانی پیشنهاد می‌دهد که نوع چهارم آن سینک اسکراب می‌باشد. سینک اسکراب، سینک کشیده‌ای است که یک یا تعداد بیشتری از کارکنان می‌توانند به طور هم‌زمان از آن برای اسکراب جهت انجام عمل‌های استریل استفاده نمایند (شکل ۱). برای این سینک، استفاده از شیر متصل به دیوار و چشمی مادون قرمز برای جلوگیری از تماس دست با شیر توصیه شده است (۱۲).

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.1.3]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3066]

جدول ۱. بررسی عوامل مؤثر بر میزان تمیزی فضاهای درمانی

نام نویسنده	عوامل مؤثر
AIA (۱۵)	تفکیک تسهیلات کارکنان از سایر فضاهای درمانی
Whyte (۲)	طبقه‌بندی اتاق‌های پاک بر اساس تعداد ذرات موجود در هوا بر اساس استانداردهای ISO و فدرال آمریکا
Whyte (۱۷)	تعداد تعویض هوا و سیستم تهویه در اتاق عمل
Drake (۱۸)	
WHO (۹)	بهداشت دست در فضاهای درمانی
Lynch و همکاران (۱۹)	تأثیر میزان باز بودن درب‌های اتاق عمل و میزان رفت و آمد بر افزایش خطر آلودگی اتاق عمل
Young و O'Regan (۲۰)	
ISO ۱۴۶۴۴ (۶)	تعیین نوع گردش هوا
Ashrae (۲۱)	الزامات تهویه مطبوع در فضاهای درمانی
اسلمند و ارکمی (۲۲)	استفاده از فیلترهای HEPA و تهویه مطبوع مناسب در اتاق‌های عمل
Wagner و Schreiber (۱)	نوع جریان هوا در اتاق عمل
Pereira و Tribess (۲۳)	
کشتکار (۲۴)	
Barach و Rostenberg (۱۳)	گونه‌بندی حوزه استریل در اتاق‌های عمل، الزامات گردش کار در اتاق عمل، چیدمان اتاق‌های عمل و جریان هوا
دفتر توسعه منابع فیزیکی و امور عمرانی وزارت بهداشت (۱۰)	تفکیک فضاهای اتاق عمل در طراحی به سه حوزه کنترل شده- نیمه کنترل شده و کنترل نشده، گردش کار و تعداد راهروی استریل
IHFG (۱۶)	تفکیک حوزه‌های عملکردی و نواحی ضد عفونی در فضاهای درمانی، گردش کار در فضاهای درمانی، تنظیم فشار هوا در فضاهای مختلف حوزه جراحی و طراحی بر اساس یک راهرو یا دو راهروی استریل اتاق عمل
Kramer و همکاران (۲۵)	ویژگی سطوح نهایی و نازک‌کاری در فضاهای درمانی برای کنترل عفونت
Nanda و همکاران (۱۴)	
AUSHFG (۱۲)	

AIA: American Institute of Architects; WHO: World Health Organization; ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning; IHFG: International Health Facility Guidelines; AUSHFG: Australasian Health Facility Guidelines; ISO: International Organization for Standardisation



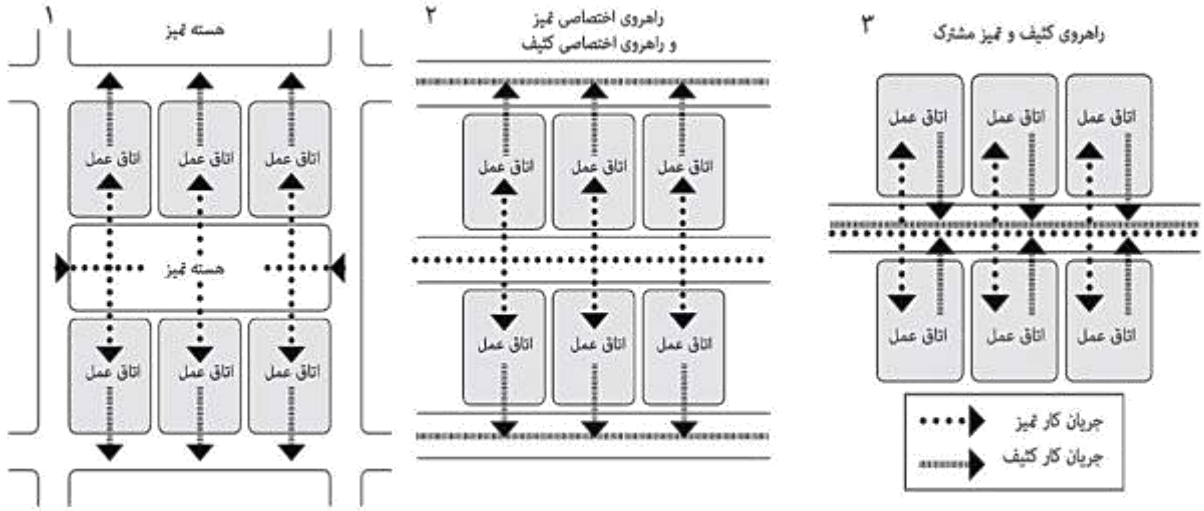
شکل ۱. سینک اسکراب (۱۲)

فرایند و گردش کار: در نظر گرفتن گردش کار، فضاهایی که افراد و ابزار وارد آن‌ها می‌شوند و چگونگی جابه‌جا شدن بین این فضاها، از اهمیت زیادی برخوردار است. این مطلب به این معنی است که فضاها باید بر اساس فعالیت‌های مشخص طراحی و برای جلوگیری از خطر عفونت و آلودگی مشترک، از سایر بخش‌ها جدا شوند.

Barach و Rostenberg سه گونه گردش کار اتاق عمل در ارتباط با راهروی استریل را معرفی کرد (۱۳) (شکل ۲). اتاق عمل با یک هسته مرکزی، به بیشترین فضا نیاز دارد، اما ارتباط عمودی بین اتاق‌های عمل با بخش استریل از هسته مرکزی را امکان‌پذیر می‌سازد (۲۶). وجود یک راهروی مشترک برای وسایل تمیز و کثیف، کمترین فضا را اشغال می‌کند؛ در حالی که به مدیریت و نظارت بیشتری جهت جابه‌جا کردن ابزار و وسایل برای جلوگیری از عفونت نیاز دارد (۱۳).

تفکیک حوزه‌های عملکردی: تفکیک حوزه‌های عملکردی از جمله فضاهای خدماتی کارکنان مانند غذاخوری و محل استراحت آن‌ها از سایر فضاها، از دیگر مواردی است که به آن اشاره شده است (۱۶، ۱۵). برای کنترل عفونت در فضاهای درمانی، حوزه عملکردی و نواحی ضد عفونی مجزا و کاملاً تفکیک شده الزامی است. مشخص کردن حد و مرز این بخش‌ها، شناسایی سطوحی که باید تمیز و ضد عفونی شوند را تسهیل می‌کند. حوزه‌های عملکردی را می‌توان به بخش‌های با خطر بسیار بالا، بالا، متوسط و پایین تقسیم کرد. تقسیم‌بندی فضا نشان دهنده تعداد دفعات و میزان تمیز کردن لازم برای رسیدن به استانداردهای کنترل عفونت است (۱۶).

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.1.3]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3066]



شکل ۲. مجموعه اتاق‌های عمل ۱. با هسته تمیز، ۲. با راهروی تمیز و کثیف اختصاصی و ۳. با راهروی کثیف و تمیز مشترک (۱۳)

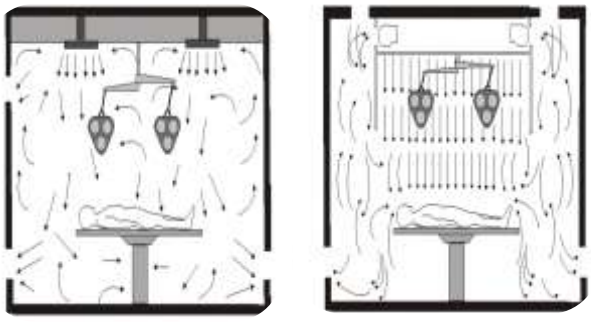
بر این اساس، در طراحی اتاق‌های عمل می‌توان سه حوزه کنترل نشده، نیمه کنترل شده و کنترل شده را تعریف کرد که اتاق‌های عمل در حوزه کنترل شده و ریکاوری، آمادگی قبل از عمل و سایر اتاق‌هایی که به طور مستقیم در ارتباط با اتاق عمل می‌باشند، در حوزه نیمه کنترل شده قرار می‌گیرند (۲۷، ۱۰).

طراحی راهروی استریل به منظور انتقال وسایل از مرکز استریل به اتاق عمل نیز یکی از راهکارهای کنترل آلودگی‌ها در اتاق عمل است. اتاق عمل می‌تواند با یک هسته مرکزی استریل، یک راهرو یا دو راهرو طراحی شود (۱۶، ۱۳). تفکیک فضای ورود و خروج افراد از ابزارها و همچنین، جداسازی ابزار و وسایل تمیز و کثیف به منظور جلوگیری از آلودگی‌های مشترک نیز باید در نظر گرفته شود. استاندارد برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان ایمن، تقسیم حوزه عملکردی به سه حوزه کنترل نشده، نیمه کنترل شده و کنترل نشده را برای جداسازی گردش‌های کاری پیشنهاد می‌دهد. ورود به حوزه کنترل نشده با لباس و کفش بیرون بخش بلامانع است. مرز بین این حوزه با حوزه نیمه کنترل شده از طریق مانع فیزیکی مانند سکو یا نرده تعریف می‌شود. حضور در حوزه نیمه کنترل شده باید با پوشیدن لباس و کفش بخش انجام گیرد و موهای سر و صورت با کلاه و ماسک پوشانده شود. مرز بین این حوزه با حوزه کنترل شده باید از طریق درب برای تأمین فشار نسبی تهویه مطبوع جدا شود. استفاده از رنگ‌های متفاوت یا تغییر در نوع مصالح کف می‌تواند به عنوان راهکارهای فرعی برای هشدار و اعلام ورود به حوزه نیمه کنترل شده استفاده شود. بالاترین سطح کنترل عفونت در حوزه کنترل شده برقرار است. در این حوزه باید تنها افرادی که در ارتباط با اتاق عمل و فضاهایی که به طور مستقیم با آن در ارتباط هستند، رفت و آمد کنند (۱۰).

تهویه مطبوع: سیستم تهویه مطبوع، یکی از مؤلفه‌های مهم از یک برنامه کنترل عفونت است. تهویه مطبوع شامل الگوی جریان هوا، انتخاب ابعاد دریچه‌های ورودی، سرعت جریان هوا، محل قرارگیری دریچه‌های خروجی و تعداد تعویض هوا در ساعت می‌باشد که یکی از عوامل حیاتی و مؤثر بر کنترل تمیزی اتاق‌های عمل به شمار می‌رود (۳۲-۲۸، ۲۴-۲۱، ۱۸، ۱۷).

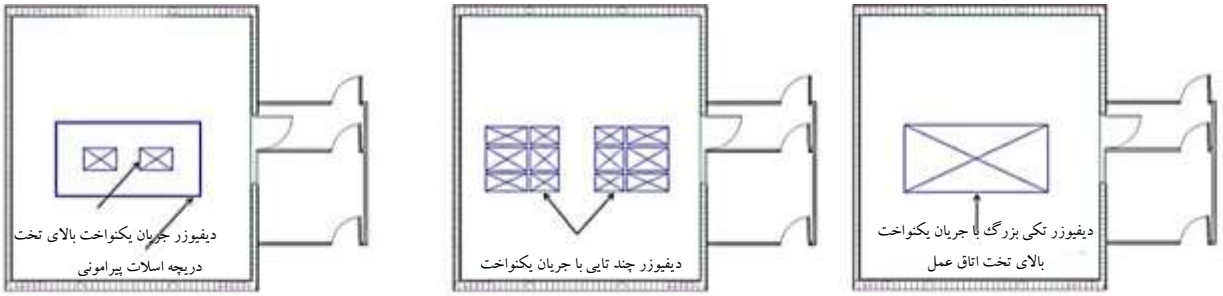
جریان هوا در یک اتاق تمیز به سه دسته جریان هوای یکنواخت، جریان هوای غیر یکنواخت و جریان هوای مختلط تقسیم می‌شود (شکل ۳). الگوی جریان هوا برای اتاق‌های تمیز ISO کلاس ۵ و تمیزتر اغلب یکنواخت است؛ در حالی که جریان غیر یکنواخت و مختلط برای اتاق‌های تمیز ISO کلاس ۶ و پایین‌تر معمول می‌باشد (۳۱). کشتکار مزایای استفاده از جریان هوای یکنواخت همراه با پرده هوا در اتاق عمل را از طریق شبیه‌سازی سه بعدی بررسی کرد و استفاده از آن را موجب ایجاد شرایط ایمن‌تر در اتاق عمل دانست (۲۴).

اشکال مختلف جریان هوا در اتاق عمل در مطالعه Pereira و Tribess (۲۳) بررسی گردید. در جریان هوای غیر یکنواخت، جریان هوا توسط کانالی از سقف یا دیوار وارد اتاق می‌شود و از طریق رقیق کردن هوا باعث کاهش آلودگی‌ها می‌گردد. این روش که از پیچیدگی کمتری برخوردار است و به راحتی قابل تعمیر و نگهداری می‌باشد، در بسیاری از اتاق‌های عمل مورد استفاده قرار می‌گیرد. جریان هوای یکنواخت به دلیل نیاز به سیستم‌های هواساز بزرگ‌تر، پرهزینه‌تر هستند. این روش در اتاق‌های عمل با اهمیت بالای کنترل عفونت، کارایی بالایی دارد (۲۳).



شکل ۳. جریان یکنواخت (سمت راست) و غیر یکنواخت (سمت چپ) هوا در اتاق عمل (۳۲)

http://hsr.mui.ac.ir
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.1.3]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3066]



شکل ۴. چینش دیفیوزر در اتاق عمل (۱)

Wagner و Schreiber در میان اشکال مختلفی که چیدمان دیفیوزرهای (Diffuser) بالای تخت اتاق عمل می‌توانند داشته باشند و نوع و سرعت جریان هوایی که ایجاد می‌کنند، یک دیفیوزر بزرگ با جریان هوای یکنواخت را برای بالاترین کلاس تمیزی اتاق عمل معرفی کردند. آنان چیدمان دیفیوزرهای بالای تخت اتاق عمل و نوع و سرعت جریان هوایی که ایجاد می‌کنند را بررسی نمودند و با طبقه‌بندی‌های ارایه شده توسط استاندارد ISO برای اتاق تمیز انطباق دادند. برای داشتن اتاق عمل منطبق با کلاس ۵ ISO، می‌توان یک دیفیوزر بزرگ با Feet per minute (FPM) ۳۰ یا ۵۰ داشت. اتاق عمل با دیفیوزر تکی و FPM ۳۰ کلاس ۷، اتاق عمل با دیفیوزر چندتایی و FPM ۳۰ یا ۵۰ و نیز اتاق عمل با پرده هوا شرایط کلاس ۸ را فراهم می‌کند (شکل ۴) (۱). فشار نسبی در محدوده اتاق عمل باید به گونه‌ای باشد که بالاترین فشار مثبت را راهروی استریل و پس از آن اتاق عمل داشته باشند (۱۶). استفاده از فیلترهای High Efficiency Particulate absolute (HEPA) و تعویض به موقع آن‌ها در ایجاد جریان یکنواخت و نگهداشتن تعداد ذرات موجود در هوا در محدوده خاصی مؤثر است (۲۲). تعدد رفت و آمد در اتاق‌های عمل و میزان باز شدن درهای اتاق عمل، جریان هوای کنترل شده این فضا را مغشوش می‌کند و باعث افزایش آلودگی‌ها بر روی زخم می‌شود (۳۳، ۲۰، ۱۹).

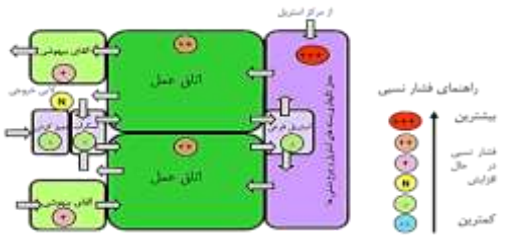
یک سیستم تهویه مطبوع که به طور صحیح طراحی شده باشد، می‌تواند با جلوگیری از تقطیر آب و دیگر شرایط ساختمانی مناسب برای رشد میکروبی، یکی از اصول مهم بهداشتی ساختمان باشد. بر عکس یک سیستم تهویه مطبوع ضعیف می‌تواند فرصت‌های بی‌شماری را نه تنها در خود ساختمان، بلکه در خود سیستم برای تولید ارگانیسم‌های پاتوژنی فراهم آورد (۲۱). نتایج مطالعه اسلمند و احمدی ارکمی که در یک بیمارستان در تهران انجام شد، نشان داد که سیستم تهویه مطبوع در اتاق عمل ناکارامد است. در پژوهش آن‌ها، غلظت آلودگی‌ها در یک اتاق عمل ۵۳ واحد تشکیل دهنده کلونی در مترمکعب گزارش شد که بسیار بالاتر از میزان مجاز برای یک اتاق تمیز است (۲۲). بنابراین، استفاده از فیلترهای HEPA، تهویه فضا، تعویض سیستم گرمایش و سرمایش و تعویض فیلترها پیشنهاد می‌گردد. تعداد تعویض هوا و سیستم تهویه در اتاق عمل توسط Drake حدود بیست بار در ساعت توصیه شده است (۱۸). انطباق کلاس‌های تمیز در استانداردهای ISO و فدرال آمریکا و تعداد تعویض هوای مورد نیاز در هر کلاس در تحقیق Whyte ارایه شده است (۱۷) که در جدول ۲ به آن اشاره شده است.

جدول ۲. تعداد تعویض هوا (۳۰، ۱۷)

تعویض هوا	EU GMP	FS ۲۰۹ E	ISO ۱۴۶۴۴
۶۰۰–۳۶۰			کلاس ۲–۱
۵۴۰–۳۶۰		۱	کلاس ۳
۵۴۰–۳۰۰		۱۰	کلاس ۴
۴۸۰–۲۴۰	A/B	۱۰۰	کلاس ۵
۲۴۰–۱۵۰		۱۰۰۰	کلاس ۶
۹۰–۶۰	C	۱۰۰۰۰	کلاس ۷
۴۸–۵	D	۱۰۰۰۰۰	کلاس ۸

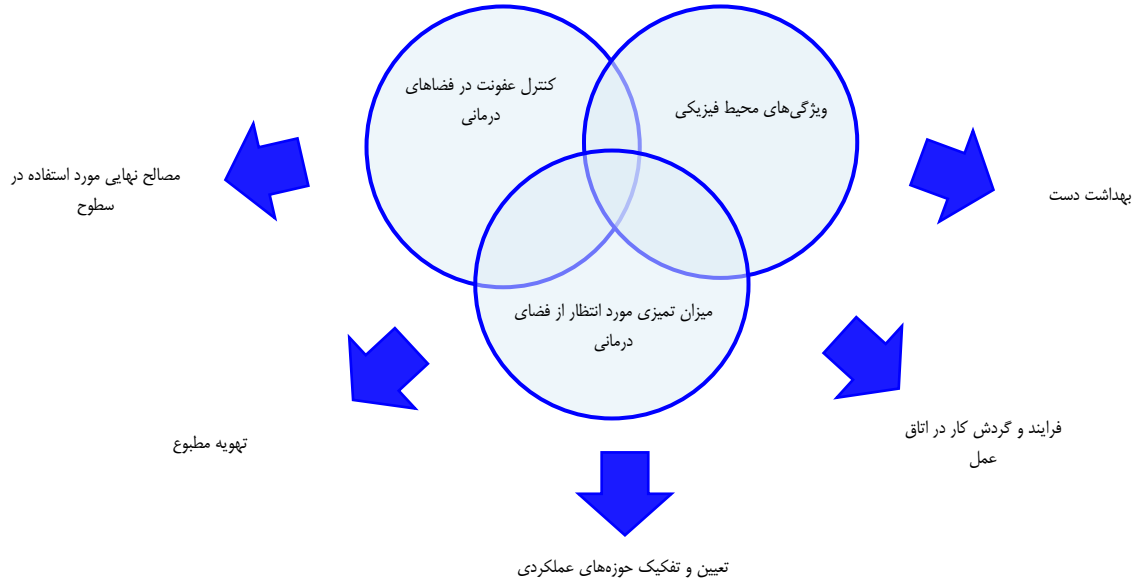
EU GMP: European Union Guide to Good Manufacturing Practice; FS: Federal Standard; ISO: International Organization for Standardisation

فشار نسبی هوا در فضای اتاق عمل و فضاهایی که در ارتباط مستقیم با آن هستند، باید مطابق شکل ۵ باشد (پیکان‌هاجهت گردش کار و ورود و خروج به اتاق را نشان می‌دهد). تمام اتاق‌های عمل باید نسبت به بخش‌های مجاور فشار مثبت داشته باشند. فشار هوا باید به گونه‌ای تنظیم گردد که از اتاق عمل به بخش‌های اطراف جریان پیدا کند. با توجه به این که فن‌های دمنده هوا (Supply air fan) به شیوه‌ای انتخاب می‌شوند که حجم جریان هوای ثابت در تمام طول عمر فیلترها حفظ شود، کنترل فعال تفاوت فشار ضروری نیست. افزایش مقاومت فیلتر باید در محاسبات میزان فیلتر مورد نیاز قید گردد. در تمام موارد، فیلترها در نقطه ورود به اتاق‌های عمل باید فیلترهای HEPA باشد و سلامت آن‌ها به طور منظم تست شود. فیلترهای HEPA نباید دریچه هوا (Air diffuser) داشته باشد، بلکه باید به صفحه قابل شستشو و قابل جابه‌جایی مجهز باشد. حداقل چهار خروجی یا دریچه هوای برگشتی باید در گوشه‌های اتاق عمل و حدود ۲۰۰ میلی‌متر بالاتر از کف اتاق نصب شود (۲۱، ۱۶).



شکل ۵. فشار نسبی هوا در فضای اتاق عمل و فضاهای دارای ارتباط مستقیم با آن (۱۶)

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.1.3]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3066]



شکل ۶. عوامل محیطی مؤثر بر میزان تمیزی فضاهای درمانی و اتاق‌های عمل (۳۴)

مصالح نهایی: اگر در طراحی فضاهای درمانی، نوع مصالح برای سطوح نهایی متناسب با استفاده و نوع کاربری آن‌ها باشد، تمیزکاری روزمره فضاهای بهداشتی و درمانی می‌تواند بسیار مؤثرتر انجام گیرد (۲۵، ۱۴). سطوحی که رطوبت را در خود حفظ می‌کنند و یا مکان‌های غیر قابل دسترس که در آن‌ها رطوبت و گرد و غبار انباشته می‌شود، تا حد امکان باید مورد اجتناب قرار گیرند. همه تجهیزات باید طوری طراحی شوند که اجازه تمیز کردن آسان به آن‌ها داده شود و جلوی تجمع گرد و غبار گرفته شود. تمام سطوح محوطه بیمارستان با خطر بالا از جمله اتاق‌های عمل باید صاف، بدون منفذ با اتصالات آب‌بند شده یا جوش خورده باشد (۱۲).

عوامل محیطی مؤثر بر میزان تمیزی فضاهای درمانی و اتاق‌های عمل در شکل ۶ نشان داده شده است. سه عنوان ویژگی‌های محیط فیزیکی، کنترل عفونت در فضاهای درمانی، میزان تمیزی مورد انتظار از فضاهای درمانی، سه عنوان اصلی برای جستجوی مطالعات مروری و عناوین پیرامونی نیز عوامل محیطی مؤثر بر میزان تمیزی فضاهای درمانی و اتاق‌های عمل و یافته‌های پژوهش بود (۳۴).

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که عوامل متنوعی تمیزی اتاق‌های عمل را تحت تأثیر قرار می‌دهند که در صورت توجه به این عوامل در مراحل مطالعه، برنامه‌ریزی و طراحی فضاهای درمانی، میزان عفونت به میزان قابل توجهی تحت کنترل قرار می‌گیرد. از جمله مهم‌ترین این عوامل می‌توان به تهویه مطبوع اشاره کرد. انتخاب الگوی جریان هوا، ایجاد فشار مثبت، انتخاب مناسب ورودی هوا متناسب با میزان تمیزی مورد انتظار از اتاق عمل، تعبیه دریچه‌های خروجی هوا و استفاده از فیلترهای HEPA و تعویض به موقع آن‌ها از عوامل مؤثر در تهویه مطبوع محسوب می‌شوند.

تفکیک فضای ورود و خروج افراد از ابزارها و همچنین، جداسازی ابزار و وسایل تمیز و کثیف در دسته تفکیک فضاهای عملکردی مورد توجه قرار گرفت. مطابق با استاندارد برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان ایمن، بخش جراحی به سه حوزه کنترل نشده، نیمه کنترل شده و کنترل نشده تقسیم می‌گردد. این موضوع توسط استاندارد IHFG (۱۶) و پژوهش Allen (۲۷) نیز مورد بحث قرار می‌گیرد.

مطابق با پیشنهاد Barach و Rostenberg، سه گونه طراحی اتاق عمل در ارتباط با راهروی استریل پیشنهاد شد که متناسب با اندازه بیمارستان و فضای اختصاص یافته به اتاق‌های عمل در مرحله برنامه‌ریزی و طراحی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. متناسب با گونه انتخاب شده، باید دستورالعمل‌های کنترل عفونت توسط مدیران بیمارستان‌ها تنظیم شود. اتاق‌های عمل با راهروی مشترک تمیز و کثیف، به بیشترین کنترل برای جلوگیری از آلودگی‌های مشترک نیاز دارد و اتاق‌های عمل با هسته مرکزی استریل، بیشترین میزان تمیزی را دارا می‌باشد و به کنترل کمتری احتیاج دارد (۱۳).

توجه به تسهیلات بهداشت دست به عنوان عامل تأثیرگذار بر کنترل عفونت مورد بررسی و استفاده از سینک‌های اسکراب و شرح جزییات آن توسط استاندارد IHFG مورد تأکید قرار گرفت. استاندارد برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان ایمن به مواردی همچون تعبیه محل مجزا برای اسکراب همراه با درب ورودی و خروجی مجزا برای آن، تعداد مناسب شیرهای آب اسکراب و جزییات اجرایی سینک اسکراب که مانع تجمع آلودگی، پاشیدن آب به فضای اطراف و کاهش تماس دست با شیر آب شود، اشاره می‌کند (۱۶).

نوع مصالح برای اتاق‌های عمل با در نظر گرفتن ویژگی‌هایی مانند عدم جذب رطوبت، جلوگیری از جذب گرد و غبار و ایجاد اتصالات آب‌بندی شده انتخاب می‌شود.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.1.3]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3066]

نتیجه‌گیری

بیماران پس از بستری شدن در بیمارستان و قرار گرفتن تحت اعمال جراحی، در مقابل عوامل بیماری‌زایی که توسط محیط ایجاد می‌گردد، آسیب‌پذیر می‌شوند. برای کنترل عفونت در اتاق‌های عمل، توجه به عوامل فیزیکی محیط ضروری است. عوامل فیزیکی مؤثر بر تمیزی فضاهای درمانی و به ویژه اتاق عمل با مرور پژوهش‌های مرتبط در پنج گروه تسهیلات بهداشت دست، تفکیک حوزه‌های عملکردی، گردش کار، تهویه مطبوع و مصالح نهایی دسته‌بندی گردید. طراحی فضای مختص بهداشت دست با تعبیه سینک‌های اسکراب قبل از ورود به اتاق عمل، تعیین نوع طراحی اتاق عمل در ارتباط با راهروی استریل متناسب با نیاز و ظرفیت بیمارستان، حوزه‌بندی فضاها به سه حوزه کنترل شده، نیمه کنترل شده و کنترل نشده، طراحی سیستم تأسیسات اتاق عمل متناسب با میزان تمیزی مورد انتظار از این فضا و انتخاب مصالح مناسب برای سقف، دیوارها و کف از جمله عوامل فیزیکی تأثیرگذار بر تمیزی اتاق عمل می‌باشد که در مطالعه حاضر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق می‌تواند توسط طراحان فضاهای درمانی و مدیران بیمارستان‌ها به عنوان یک راهنما مورد استفاده قرار گیرد. لازم به ذکر است که امکان کامل شدن بررسی حاضر با پژوهش‌های آتی وجود دارد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد با شماره ۳۹۴۷۱۱، مصوب دانشکده فن‌آوری‌های نوین علوم پزشکی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد. بدین وسیله از مدیریت مجموعه شهرک سلامت اصفهان، جناب آقای صرامی و سرکار خانم ملک‌پور و مدیر طرح و اجرای آن مجموعه، جناب آقای مهندس بهنام ایرانپور تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Wagner JA, Schreiber KJ. Using cleanroom technology: Improving operating room contamination control. Ashrae Journal 2014; 56(2): 18.
2. Whyte W. Cleanroom technology: Fundamentals of design, testing and operation. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2001.
3. Holbrook D. Controlling contamination: the origins of clean room technology. Journal History and Technology 2009; 25(3): 173-91.
4. Yarmohammadian MH, Mohammadi E, Movahedi F. Standards for writing review articles. Health Inf Manage 2012; 8(8): 1226-34. [In Persian].
5. McFadden R. A Basic Introduction to Clean Rooms [Online]. [cited 2015]; Available from: URL: http://www.cleanroomsoles.com/blog/2015/8/27/a-basic-introduction-to-clean-rooms
6. ISO 14644-1:2015, Cleanrooms and associated controlled environments-Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration [Online]. [cited 2015]; Available from: URL: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14644:-1:ed-2:v1:en
7. Sehulster L, Chinn RY. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). MMWR Recomm Rep 2003; 52(RR-10): 1-42.
8. Charkowska A. Ensuring cleanliness in operating theatres. Int J Occup Saf Ergon 2008; 14(4): 447-53.
9. World Health Organization. Prevention of hospital-acquired infections. Geneva, Switzerland: WHO; 2002.
10. Ministry of Health and Medical Education. Standard for Planning and Design of Safe Hospital. Tehran, Iran: Ministry of Health and Medical Education; 2015. [In Persian].
11. Magidi S, Mehrabian F, Tabari R. Accomplish Principles of Infection Control by Operation Room's Staff in the Rasht Hospitals. J Guilan Univ Med Sci 2008; 16(64): 89-96. [In Persian].
12. Australasian Health Facility Guidelines (AusHFG). Part D: Infection Prevention and Control [Online]. [cited 2016]; Available from: URL: https://healthfacilityguidelines.com.au/part/part-d-infection-prevention-and-control-0
13. Barach PR, Rostenberg B. Design of Cardiac Surgery Operating Rooms and the Impact of the Built Environment. In: Barach PR, Jacobs JP, Lipshultz SE, Laussen PC, Editors. Pediatric and Congenital Cardiac Care: Volume 2: Quality Improvement and Patient Safety. Berlin, Germany: Springer; 2014. p. 411-24.
14. Nanda U, Malone EB, Joseph A. Achieving EBD Goals through Flooring Selection & Design. Concord, CA: The Center for Health Design; 2012.
15. The American Institute of Architects Academy of Architecture for Health. Guidelines for design and construction of hospital and health care facilities. Washington, DC: The American Institute of Architects; 2001.
16. International Health Facility Guidelines. Infection control [Online]. [cited 2015]; Available from: URL: http://healthfacilityguidelines.com/Guidelines/FullIndex/iHFG/Part%20D%20-%20Infection%20Control
17. Whyte W. Cleanroom design. Hoboken, NJ: Wiley; 1999.
18. Drake B. Infection control in hospitals. Ashrae Journal 2006; 48(6): H12.
19. Lynch RJ, Englesbe MJ, Sturm L, Bitar A, Budhiraj K, Kolla S, et al. Measurement of foot traffic in the operating room: implications for infection control. Am J Med Qual 2009; 24(1): 45-52.
20. Young RS, O'Regan DJ. Cardiac surgical theatre traffic: time for traffic calming measures? Interact Cardiovasc Thorac Surg 2010; 10(4): 526-9.
21. Ashrae H. HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics. Atlanta, GA: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc; 2003.
22. Aslemand A, Ahmadi Orkomi A. An experimental study on microorganisms in the hospital clean rooms, Tehran, Iran. Tech J Engin and App Sci 2013; 3(21): 2865-8.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.1.3]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3066]

23. Pereira ML, Tribess A. A review of air distribution patterns in surgery rooms under infection control focus. Termal Engenharia 2005; 4(2): 113-21.
24. Keshtkar MM. Three dimensional simulation of laminar air distribution system with air curtain. Proceedings of the 4th International Conference on Heating, Cooling, and Air Conditioning; 2012 June 12-14; Tehran, Iran.
25. Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. BMC Infect Dis 2006; 6: 130.
26. Bird BT. Infection Control and the Central Sterile Supply Department [Online]. [cited 2011]; Acailable from: URL: https://www.infectioncontroltoday.com/sterile-processing/infection-control-and-central-sterile-supply-department
27. Allen G. Implementing AORN recommended practices for environmental cleaning. AORN J 2014; 99(5): 570-9.
28. Cook G, Int-Hout D. Air motion control in the hospital operating room. Ashrae Journal 2009; 51(3): 30-6.
29. ISO/DIS 14644-12. Cleanrooms and associated controlled environments - Part 12: Specifications for monitoring air cleanliness by nanoscale particle concentration [Online]. [cited 2006]; Available from: URL: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14644:-12:dis:ed-1:v1:en
30. Ahmadi H. Study the pattern of air distribution and its changes at cleanroom. Journal of Science and Engineering Elites 2016; 2(1): 243-50. [In Persian].
31. Appendix P-4a: Design and construction commissioning supporting information [Online]. [cited 2013]; Available from: URL: https://www.b3mn.org/guidelines2-2/downloads_v2_2/2PerfMgt_App-P-4a-V2-2.pdf
32. Schmidt P. Air control in operating theatres. Heizung Luftung Haus Technik 1987; 38(3): 145-53.
33. Spagnolo AM, Ottria G, Amicizia D, Perdelli F, Cristina ML. Operating theatre quality and prevention of surgical site infections. J Prev Med Hyg 2013; 54(3): 131-7.
34. Asadi Eskandar G. Achieving cleanroom design guideline in medical spaces [MSc Thesis]. Isfahan, Iran: Isfahan University of Medical Sciences; 2017. [In Persian].

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.1.3]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3066]

DOI: *10.22122/jhsr.v14i2.3066* *Published by Vesnu Publications*

Journal of Health System Research **Vol. 14, No. 2, Summer**

Received: 04.02.2017 Accepted: 24.05.2017 Published: 06.07.2018

The Effect of Physical Environment on Operating Room Cleanliness: Review Study

Mohammad Hossein Yarmohammadian[1], Ghazal Asadi-Eskandar[2]

Review Article

Abstract

Background: Maintaining cleanliness in the environment of hospitals and medical spaces is of special importance, as it can reduce hospital infection and maintain and improve the health of patients and staff. Given the paucity of studies about the relationship of environmental features and physical spaces with the control of infections in medical settings, the present research aimed to study the cleanliness of operating rooms using physical features of the space and develop solutions for defining the operating room features considering the effects of these features on their cleanliness.

Methods: The present research was a systematic review which was conducted in 2017 through searching the keywords such as operating room, clean room, features of the physical environment, infection control, and hospital infection in ISI, PubMed, ScienceDirect, SID, CIVILICA, Irandoc, and Magiran scientific databases and the website of organizations such as World Health Organization (WHO), Center for Disease Control and Prevention (CDC), American Institute of Architects (AIA), American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), and International Health Facility Guidelines (IHFG). Domestic and foreign articles published in the period of 2000-2016 in both Persian and English languages were considered.

Findings: Factors such as the facilities for washing and hand sanitation, identification of the process and workflow, determination and separation of functional areas, air conditioning, and final materials used at different surfaces play a vital role in the cleanliness of operating rooms.

Conclusion: Environmental factors which affect the cleanliness of medical spaces are necessary to be taken into account from the beginning of the design process in order to reduce hospital infections.

Keywords: Clean room, Operating room, Infection control, Hospital infection, Medical spaces design, Hospital

Citation: Yarmohammadian MH, Asadi-Eskandar G. **The Effect of Physical Environment on Operating Room Cleanliness: Review Study.** J Health Syst Res 2018; 14(2): 133-41.

1- Professor, Health Management and Economics Research Center, Isfahan University of Medical Science, Isfahan, Iran
2- Department of Hospital Engineering, School of Advanced Technologies in Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Ghazal Asadi-Eskandar, Email: asadi.qazaal@gmail.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.2.1.3]

[DOI: 10.22122/jhsr.v14i2.3066]