تأثیر استفاده از دستگاه خودکار ماسک‌دهنده بر میزان آلودگی ماسک‌های جراحی در اتاق عمل

پگاه عباسیان[۱]، آیگینه هایرابدیان[۲]، محمد جواد طراحی[۳]، احمد قدمی[۲*]

نوع مقاله:
مقاله اصیل

چکیده

زمینه و هدف: *روش‌های ضدعفونی کردن دست‌ها نتوانسته آن‌ها را عاری از میکروب کند و دست‌های آلوده انتقال‌دهنده آلودگی هستند. یکی از تجهیزات حفاظت فردی اتاق عمل، ماسک است که در زمان برداشتن احتمال دارد ماسک توسط دست‌ها آلوده شود. این مطالعه با هدف تعیین تأثیر استفاده از دستگاه خودکار ماسک‌دهنده بر میزان آلودگی ماسک‌های جراحی در اتاق عمل، انجام گرفته است.*

روش بررسی: *مطالعه حاضر یک کارآزمایی میدانی است که در مورد ۱۲۰ نفر از کارکنان بیمارستان آیت الله کاشانی اصفهان در سال ۱٤۰۰ انجام گرفته است. افراد مورد مطالعه به روش تصادفی بلوکی به دو گروه ٦۰ نفری دستگاه خودکار و برداشتن دستی ماسک تقسیم شدند. اثر تماس دست‌های آغشته به پودر فلورسنت در زمان برداشتن ماسک در هر گروه اندازه‌گیری شد. مساحت آلودگی ماسک برداشته شده و ماسک زیرین در سطوح پشت و رو در دو گروه مقایسه شد.*

یافته‌ها: *آزمون غیرپارامتریک من‌ویتنی نشان داد که مساحت آغشته به پودر فلورسنت حاصل از تماس دست با سطح ماسک، بین دو روش تفاوت معناداری داشته است ($p<۰/۰۵$). تنها ۷۷/۸±۱۲۵/٦میلی‌متر مربع سطح رو و ۲٦/۰±۳۰/٦ میلی‌متر مربع سطح پشت ماسک برداشته شده با دستگاه خودکار ماسک-دهنده آلوده بود، در حالی که این نسبت در ماسکی که با دست برداشته شد به ترتیب ٦۱۲/۹±۹٦۱/٦ و ۳۱۵/٦±٤٤۰/٤ میلی‌متر مربع بود.*

نتیجه‌گیری: *این مطالعه نشان داد که حذف تماس دست با بدنه ماسک، با استفاده از دستگاه خودکار ماسک‌دهنده، می‌تواند از آلودگی آن بکاهد. بنابراین استفاده از دستگاه خودکار در تأمین امنیت سلامت فرد و کاهش هزینه‌ها مؤثر است.*

ثبت کارآزمایی بالینی: *IRCT20150715023216N11*

واژه‌های کلیدی: *تقسیم‌کننده، ماسک جراحی، آلودگی تجهیزات*

نویسنده مسؤول: احمد قدمی؛ دانشکده پرستاری و مامایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
e-mail: ghadami@nm.mui.ac.ir

- دریافت مقاله: مهر ماه ۱٤۰۱ - پذیرش مقاله: آذر ماه ۱٤۰۱ - انتشار مقاله: ۱٤۰۱/۱۲/۲۲

مقدمه

در بیمارستان‌ها، اتاق عمل با توجه به ماهیت خدماتی که در آن انجام می‌گیرد، بیمار و کارکنان شدیداً در معرض انتقال بیماری‌های عفونی قرار دارند (۱). بیش‌تر کارکنان بخش درمان به دلیل ارتباط با بیمار در معرض ابتلا به بیماری‌های عفونی قرار دارند و این خطر ابتلا برحسب نوع خدماتی که ارایه می‌دهند، متفاوت است (۲). یکی از روش‌های مهم تبادل بیماری بین کارکنان و بیمار، در بیمارستان‌ها از طریق دستگاه تنفس است (۳). قطرات تنفسی با قطر بیش‌تر و کم‌تر از ۵ میکرومتر با

۱ - گروه آموزشی اتاق عمل، دانشکده پرستاری و مامایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران؛ کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲ - گروه آموزشی اتاق عمل، دانشکده پرستاری و مامایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران؛ مرکز تحقیقات پرستاری و مامایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۳ - گروه آموزشی اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران؛ مرکز تحقیقات علوم رفتاری، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

ماندگاری متفاوت در هوا، بیماری را از طریق مجاری دهان و بینی منتقل می‌کنند (٤). سالانه حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیون عمل جراحی بزرگ در جهان انجام می‌یابد (٥). به علت تعداد زیاد اعمال جراحی در سال و احتمال بالای انتقال عفونت در اتاق عمل، آژانس‌های بین‌المللی کنترل عفونت جهت به حداقل رساندن انتقال عفونت در اتاق عمل، سالانه دستورالعمل‌ها و تجهیزات مطمئن‌تری را ارایه می‌دهند (۱و٦). ماسک جراحی یکی از اجزای مهم تجهیزات محافظتی شخصی است که برای نخستین بار در سال ۱۸۹۷ توسط میکولیز پیشنهاد شد و بیش از صد سال است که در اتاق عمل برای جلوگیری از انتقال عوامل بیماری‌زا استفاده می‌شود (۷). اما کاربرد ماسک‌های جراحی محدود به اتاق عمل نشد و نخستین بار در پاندمی آنفلوانزا در سال ۲۰۰۹ کارکنان مراقبت‌های بهداشتی ملزم به استفاده از ماسک شدند (۸). در پاندمی ویروس کووید-۱۹ سال ۲۰۲۱ ماسک جراحی یکی از ابزارهای بشر در کنترل این بیماری بود و اهمیت استفاده از ماسک برای افراد بیمار و سالم در فرونشاندن پاندمی در مطالعات مختلف ثابت شد (۹و۱۰).

«خود-آلودگی» نیز یکی دیگر از معضلات اتاق عمل است و با وجود تمام پروتکل‌های بهداشتی همواره عوامل عفونی همراه با کارکنان اتاق عمل، به این محیط وارد می‌شود. در این مورد نتیجه مطالعه Krediet و همکاران در یک بیمارستان آموزشی در هلند نشان داد که تنها ۸۰٪ کارکنان، بهداشت دست را رعایت می‌کنند (۱۱) و در بقیه موارد دست‌های آلوده، آلودگی را به تجهیزات منتقل می‌کنند (۱۲). روش‌های مختلف ضدعفونی کردن دست‌ها همچنان نتوانسته دست‌ها را کاملاً عاری از عوامل میکروبی کند (۱۳). شاید بتوان ضدعفونی مکرر دست‌ها را به عنوان راهکاری مطرح نمود، اما در سال‌های اخیر استفاده زیاد از الکل‌ها و مواد ضدعفونی‌کننده بر پایه الکل به عنوان یکی از چالش‌های آسیب‌رسان سلامت در بین کارکنان بیمارستان‌ها مطرح شده است (١٤). راهنمای استفاده از ماسک در دوران پاندمی کووید-۱۹ یادآوری می‌کند که حداقل تماس دست‌ها با ماسک در زمان برداشتن آن از جعبه، مانع از آلودگی ماسک خواهد شد (۱٥) و به طور قطع دست‌های کارکنان اتاق عمل نیز از این امر مستثنا نیست. بنابراین استفاده از روش‌هایی که حداقل تماس دست با ماسک جراحی را داشته باشند، می‌تواند از آلودگی ماسک جراحی و مشکلات متعاقب آن جلوگیری کند. مطالعات در خصوص آلودگی کارکنان بهداشت و درمان بسیار محدود هستند. تحقیقات بسیار کمی میزان آلودگی وسایل حفاظت فردی و خطرات مرتبط را تعیین کرده‌اند (١٤). مطالعات قبلی بیش‌تر روی آلودگی کارکنان بعد از خارج کردن وسایل حفاظت فردی بوده است و راهکاری برای کاهش آلودگی و تماس دست با بدنه ماسک هنگام برداشتن ماسک ارایه نشده است و براساس جستجوهای انجام یافته، تاکنون مطالعه‌ای در راستای آلودگی ماسک جراحی قبل از این که روی صورت قرار گیرد (از زمان برداشتن ماسک تا هنگامی که روی صورت قرار می‌دهد) یافت نشد. همچنین مطالعه‌ای هم در راستای بررسی آلودگی ماسک جراحی هنگام قرار گرفتن روی صورت یافت نشد.

بنابراین مطالعه حاضر با هدف تعیین تأثیر استفاده از دستگاه خودکاردهنده ماسک بر میزان آلودگی ماسک‌های جراحی در اتاق عمل انجام گرفته است.

روش بررسی

مطالعه حاضر یک کارآزمایی میدانی است که در سال ۱۴۰۰ در بیمارستان آیت الله کاشانی اصفهان انجام گرفته است. جامعه مورد پژوهش کل کارکنان اتاق عمل‌های بیمارستان آیت الله کاشانی اصفهان بود.

حجم نمونه با استفاده از فرمول زیر، برای هر گروه ۵۹ نفر تعیین و در نهایت برای هر دو گروه ۱۲۰ نفر انتخاب شد.

$$n = \frac{(Z_{1-\frac{\alpha}{2}}+Z_{1-\beta})^2 2s^2}{d^2}$$

Z_1 ضریب اطمینان ۹۵٪ برابر ۱/۹۶ است.

Z_2 ضریب توان آزمون ۹۰٪ برابر ۱/۲۸ است.

S برآوردی از انحراف معیار آلودگی (پودر فلورسنت) ماسک در هر یک از گروه‌هاست.

d حداقل تفاوت میانگین آلودگی (پودر فلورسنت) ماسک بین گروه‌هاست که اختلاف را معنادار نشان می‌دهد و s ، ۰/۶ s ۶ در نظر گرفته شد. در این مطالعه برای به دست آوردن s به علت این که مطالعه مشابهی وجود نداشت، یک مطالعه پایلوت انجام و میزان s محاسبه شد.

$$n = \frac{(1.96 + 1.28)^2(2s^2)}{.36s^2} = 59$$

نمونه‌گیری به صورت چندمرحله‌ای انجام یافت، پس از اخذ رضایت کتبی و تست حساسیت، با روش نمونه‌گیری در دسترس فهرستی شامل ۱۲۰ نفر از کارکنان شامل کارکنان اتاق عمل و بیهوشی و رزیدنت‌های جراحی، ارتوپدی و اعصاب در دو مجموعه اتاق عمل با تخصص‌های جراحی عمومی و ارتوپدی-اعصاب در بیمارستان آیت الله کاشانی تهیه شد.

در مرحله دوم با روش تصادفی‌سازی بلوکی در غالب ۳۰ بلوک ٤ نفری نمونه‌ها به دو گروه ٦۰ نفره تقسیم شدند. متغیرهای جنس، سابقه کاری و تحصیلات دو گروه با استفاده از آزمون کای‌زوجی بررسی شد و دو گروه از نظر این متغیرها تفاوت آماری معنادار نداشتند. گروه مداخله، با دستگاه خودکار ماسک‌دهنده، ماسک جراحی را برداشتند و گروه کنترل با دست ماسک جراحی بنددار را از جعبه ماسک برداشتند (روش رایج در اتاق عمل).

معیارهای ورود به این مطالعه شامل:

افراد دارای مدرک کاردانی و کارشناسی اتاق عمل، افراد دارای مدرک کاردانی و کارشناسی بیهوشی، تمام دستیاران جراحی عمومی و ارتوپدی و اعصاب، افراد دارای مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد پرستاری، معیارهای خروج شامل: عدم اجرای درست مراحل آموزش داده شده، عدم همکاری در حین کار

ابزار گردآوری داده‌ها شامل چک لیست، دوربین، نرم‌افزار Image J و چراغ قوه ماورای بنفش بود. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ١٦ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

چک لیستی جهت جمع‌آوری داده‌های جمعیت‌شناختی و حرفه‌ای نمونه‌های مورد

مطالعه، طراحی شد که ده نفر از اعضای هیأت علمی روایی چک لیست را تأیید کردند. برای چک لیست آلفای کرونباخ گرفته شد که عدد ۰/۹ به دست آمد و پایایی چک لیست نیز تأیید گردید. پژوهشگر پس از تصویب طرح در دانشکده پرستاری و مامایی اصفهان و اخذ کد اخلاق از کمیته اخلاق دانشگاه (IR.MUI.NUREMAN.REC.1400.186) و کسب معرفی‌نامه از معاونت پژوهشی دانشکده پرستاری و مامایی اصفهان به اتاق‌های عمل جراحی و ارتوپدی- اعصاب بیمارستان آیت الله کاشانی مراجعه نمود. پس از هماهنگی با مسؤولان اتاق‌های عمل و توضیح دادن هدف مطالعه به مسؤولان بخش از ایشان درخواست همکاری شد. همچنین از ایشان تقاضا شد برنامه ماهیانه کارکنان بیمارستان شامل کاردان‌ها و کارشناسان بیهوشی و اتاق عمل و همچنین کارشناسان پرستاری و رزیدنت‌های ارتوپدی- اعصاب را در اختیار پژوهشگر قرار دهند. پژوهشگر در اولین دیدار با کارکنان و رزیدنت‌ها خودش را معرفی کرد. هدف پژوهش به تفصیل بیان شد. تمام مراحل مطالعه شرح داده شد و به آن‌ها اطمینان داده شد که تمام اطلاعات محرمانه خواهد ماند و در هر مرحله حق ترک مطالعه را خواهند داشت و در آخر نتیجه مطالعه در اختیار تمام کارکنان و بیمارستان قرار داده شد. از هر فرد در هر گروه دو ماسک جهت بررسی مورد آزمون قرار گرفت، ماسک برداشته شده و ماسک باقی‌مانده یا ماسک زیرین، هر دو سمت پشت و روی هر دو ماسک از نظر آلودگی بررسی شد. جهت بررسی سطح تماس انگشتان فرد با سطح ماسک از پودر فلورسنت استفاده شد. شایان ذکر است که در مطالعات بسیاری به علت کارایی مطلوب از پودر فلورسنت جهت بررسی میزان آلودگی استفاده شده است (۱۶). در مرحله کسب رضایت آگاهانه و قبل از تصادفی‌سازی، پس از بیان اهداف مطالعه به شرکت‌کنندگان در صورت رضایت به همکاری، ناحیه کوچکی از ساعد فرد به پودر فلورسنت آغشته شده و از فرد خواسته شد هر گونه حساسیت در ناحیه موردنظر را در فاصله ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت گزارش دهد، در پایان ۷۲ ساعت هیچ موردی از حساسیت گزارش نشد.

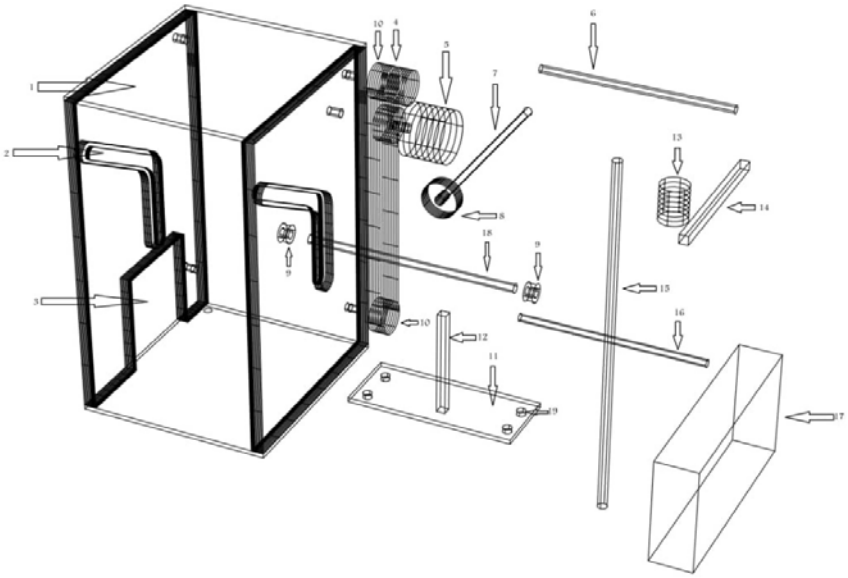
شرکت‌کنندگان به ترتیب نوبت کاری خود، وارد مطالعه شدند. افراد شرکت‌کننده بدون اطلاع از این که در کدام گروه مطالعه قرار دارند، قبل از ورود به راهروی منتهی به اتاق عمل، در اتاق دیگری توسط یکی از همکاران این مطالعه نحوه پودر زدن به دست را آموزش دیدند، سپس پس از شستشو و خشک کردن دست‌ها، از نوک انگشتان تا مچ دست خود را به پودر فلورسنت آغشته کردند. در پایان راهروی ورودی به اتاق عمل که محل برداشتن ماسک است، براساس نتایج تصادفی‌سازی، همکار مطالعه فرد شرکت‌کننده را به سمت دستگاه خودکار توزیع‌کننده ماسک هدایت می‌کرد (شکل شماره ۲) و در غیر این صورت فرد به صورت دستی ماسک را از جعبه برمی‌داشت. بدون تماس دست با سطح ماسک و با گرفتن بند ماسک، ماسک برداشته شده از شرکت‌کننده تحویل گرفته می‌شد، همچنین ماسک باقی‌مانده نیز بدون تماس انگشت با سطح ماسک به طور همزمان، اما با دو دست متفاوت پژوهشگر برداشته می‌شد. بدون تا زدن ماسک، آن را به یک اتاق تاریک منتقل

ساخته و با استفاده از چراغ قوه، نور ماورای بنفش به سطح ماسک تابانیده می‌شد تا پودر فلورسنت نمایان شود. سپس، با استفاده از یک دوربین مجهز به لنزهای ۲۵ مگاپیکسلی وایـد، ۸ مگاپیکسلی آلترا وایـد و ۵ مگاپیکسلی تشخیص عمق، از سطح ماسک عکس‌برداری می‌شد.

به منظور بررسی و مقایسه مساحت آلودگی (پودر فلورسنت) در دو گروه به علت نرمال نبودن داده‌ها از آزمون ناپارامتری من‌ویتنی استفاده شد.

نرم‌افزارهای مورد استفاده: با استفاده از نرم‌افزار Image J، که علاوه بر نمایش، ویرایش، تجزیه و تحلیل، پردازش، ذخیره و چاپ تصاویر ۸ بیتی، ۱۶ بیتی و ۳۲ بیتی، امکان برآورد مساحت اشکال نامنظم را نیز دارد، مساحت سطح آغشته به پودر فلورسنت در دو سطح رو و پشت ماسک‌های برداشته شده و ماسک‌های باقی‌مانده، به عنوان برآوردی از سطح تماس دست فرد با سطح ماسک اندازه‌گیری شد. (شکل‌های ۳ تا ۸) مساحت آلودگی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ تجزیه و تحلیل شد. ابتدا با استفاده از آزمون کولموگرف اسمیرنوف و شاپیرو ویلک نرمالیتی داده‌ها بررسی گردید. سطح معناداری در همه متغیرها از پنج صدم کم‌تر بود به همین دلیل برای آزمون فرض‌ها از آزمون‌های ناپارامتریک استفاده شد ($p<۰/۰۵$). برای مقایسه میانه مساحت آلودگی سطوح نمونه‌های دو گروه کنترل و مداخله در اتاق عمل از آزمون من‌ویتنی و برای متغیرهای کیفی رتبه‌ای مانند سطح تحصیلات و سابقه کار از آزمون من‌ویتنی و برای متغیرهای کیفی اسمی مانند جنس از آزمون مجذور کای استفاده شد.

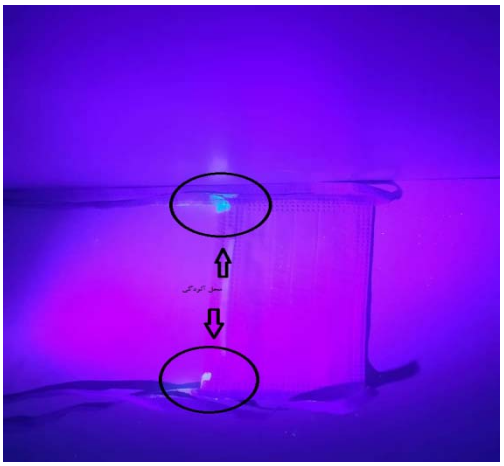
دستگاه خودکار توزیع‌کننده ماسک (شکل شماره ۱) یک جعبه از جنس فیبر است که بسته ماسک درون این جعبه قرار می‌گیرد. وقتی که فرد جهت برداشتن ماسک دست خود را به سمت دستگاه می‌برد؛ حسگر چشمی، دست را تشخیص داده و به موتور و جعبه دنده ۲۴ ولت فرمان حرکت می‌دهد. با حرکت چنگک روی ریل افقی، دستگاه پس از شناسایی و برداشتن ماسک از جعبه میکروسوییچ فرمان قطع را می‌دهد و بلافاصله حرکت موتور معکوس شده و ماسک به سمت دست فرد هدایت می‌شود. جداکننده بالای جعبه مانع از پیچیدن ماسک‌ها به هم شده و ماسک را از ماسک زیرین جدا می‌کند تا در هر بار عملکرد دستگاه تنها یک ماسک برداشته شود. تفکیک‌کننده‌ها در دو طرف ضلع طولی جعبه به گونه‌ای لحاظ شده‌اند که با بند و یا کش ماسک‌ها درگیر نشوند. سیستم فرمان‌مدار از مولد ۵ و ۲۴ ولت با سیستم فرمان قطع و وصل بهره می‌برد که قابل ارتقا در مدل‌های تجاری نیز است. قدرت موتور جعبه دنده از طریق فولی و تسمه تایم در نمونه اولیه به چنگک انتقال یافته که قابلیت تغییر و ارتقا را دارد. نمونه طراحی شده در این مطالعه، نمونه اولیه دستگاه خودکار ماسک‌دهنده است. قطعات از استیل ضد زنگ ۳۰۴ و ۳۱۶ ساخته شدند. طراحی دستگاه با استفاده از نرم‌افزار اُتوکد انجام یافت و تمام برش کاری‌ها توسط لیزر انجام گرفت. نمونه اولیه دستگاه خودکار ماسک‌دهنده که توسط نویسنده مقاله اختراع شده مورد تأیید دانشگاه علوم پزشکی اصفهان است و با کد ۱۴۰۰۳۷ به ثبت رسیده است که علاوه بر آن در مرحله بررسی ماهیتی ثبت اختراع می‌باشد. شماتیک اولیه دستگاه به شرح زیر است.



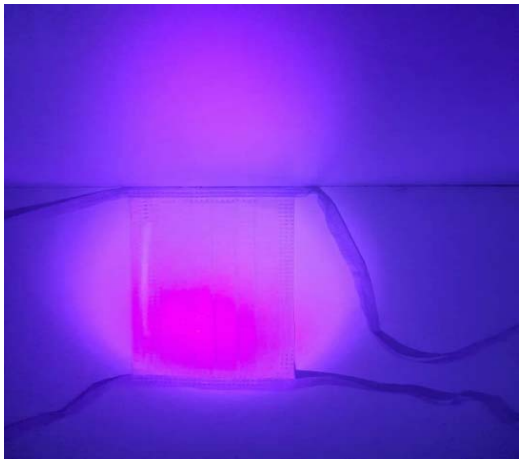
۱- بدنه دستگاه و شاسی اصلی
۲- مسیر حرکت چنگگ
۳- محل قرارگیری جعبه ماسک
٤- مجموعه فولی‌تایم‌های سر موتور گیر باکس به شفت اصلی
٥- موتور و جعبه دنده ٢٤ ولت
٦- محور انتقال قدرت بعد از موتور
۷- محور رابط چنگگ
۸- ریل بلبرینگ محور افقی
۹- بلبرینگ داخل
۱۰- فولی‌تایم تبدیل حرکت دورانی موتور به حرکت خطی
۱۱- چنگگ
۱۲- بازوی چنگگ
۱۳- رینگ بلبرینگ حرکت عمودی
١٤- لامپ UV
۱۵- شفت ریل بلبرینگ حرکت عمودی
١٦- محور انتقال قدرت پایین
۱۷- تابلو برق
۱۸- محور داخل
۱۹- محل نصب پایه‌های چنگگ

شکل ۱- نمونه اولیه دستگاه خودکاردهنده ماسک جراحی

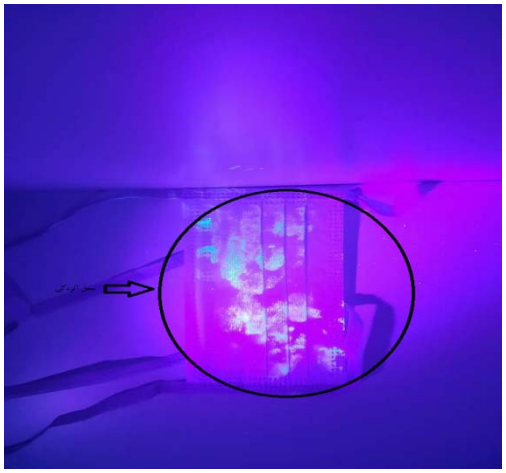
شکل ۲- دستگاه خودکاردهنده ماسک



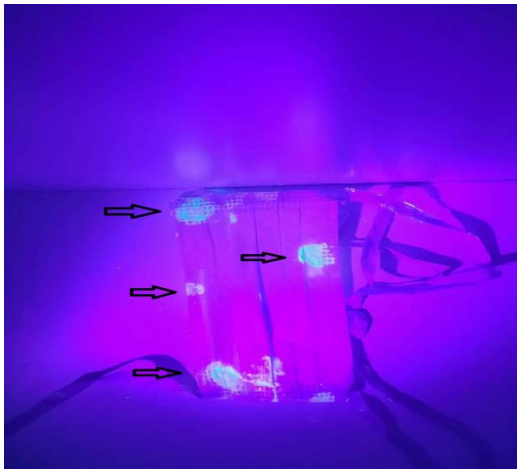
شکل ۳– سطح روی ماسک برداشته شده، گروه دستگاه



شکل ۴– سطح پشت ماسک برداشته شده، گروه دستگاه

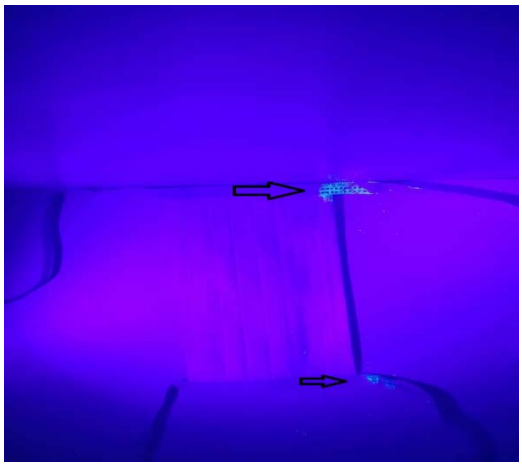


شکل ۵– سطح روی ماسک برداشته شده، گروه دستی

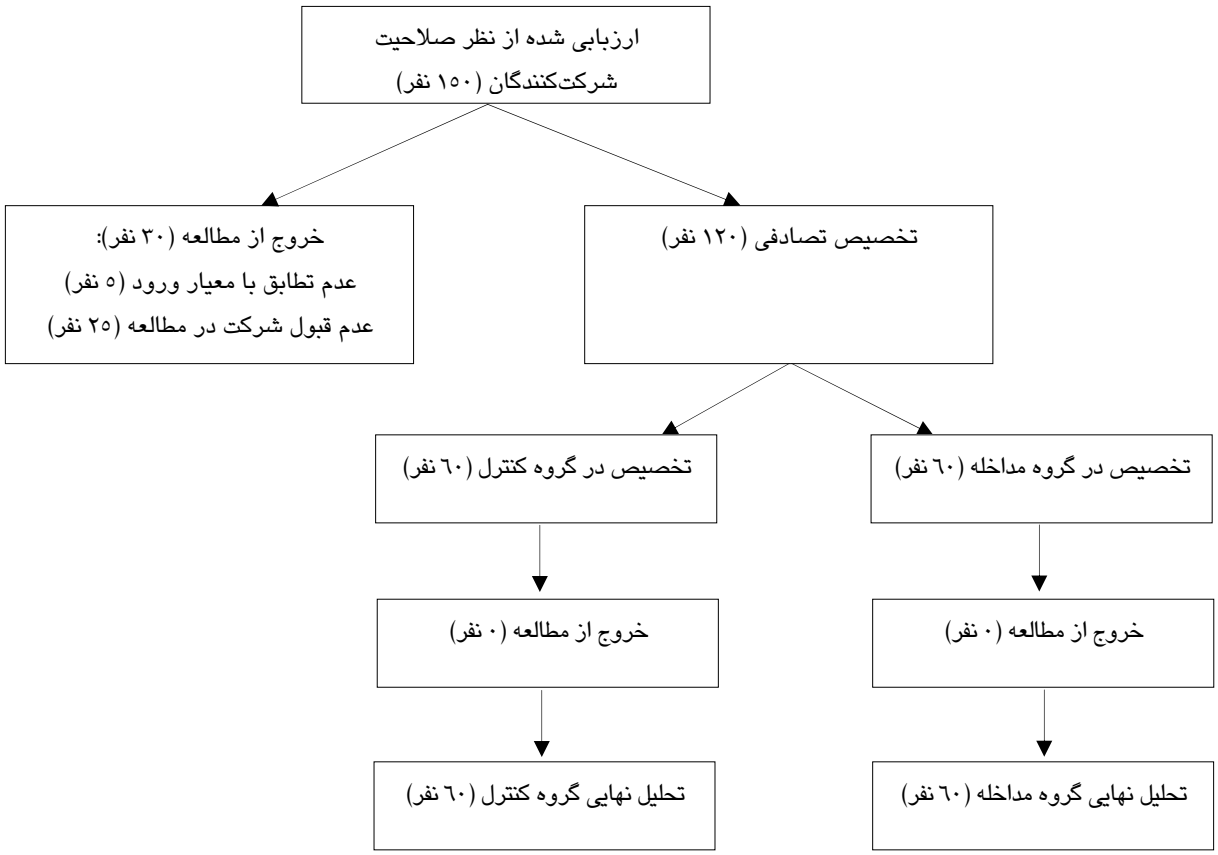


شکل ۶– سطح پشت ماسک برداشته شده، گروه دستی

شکل ۷– سطح روی ماسک باقی‌مانده، گروه دستگاه



شکل ۸– سطح روی ماسک باقی‌مانده، گروه دستی



نمودار ۱- کانسورت

یافته‌ها

نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن است که میانگین (انحراف معیار) سن شرکت‌کنندگان در گروه دستگاه خودکاردهنده ماسک ۳۵/۳۶±۷/۶۳ سال و در گروهی که با دست ماسک را برداشتند ۳۴/۰±۷/۰۳ سال بوده است. توزیع جنس، سطح تحصیلات و سابقه کار شرکت‌کنندگان در هر دو گروه مطالعه در جدول شماره ۱ گزارش شده است. آزمون مجذور کای بین دو گروه از نظر این سه متغیر تفاوت معناداری نشان نداد ($P>0/05$).

در این پژوهش مساحت سطح آغشته به پودر فلورسنت تصویربرداری شده برحسب میلی‌متر مربع محاسبه شد و نسبت سطح آلودگی به کل مساحت ماسک به عنوان درصد مساحت آلوده محاسبه شد. با استفاده از آزمون من‌ویتنی در سطح معناداری ۰/۰۵، میانه مساحت آلودگی به پودر فلورسنت در پشت و روی ماسک برداشته شده در دو گروه و پشت و روی ماسک باقی‌مانده در دو گروه مقایسه شد (جدول شماره ۲).

جدول ۱- توزیع فراوانی نمونه‌های مورد پژوهش برحسب متغیرهای جنس، تحصیلات و سابقه کار در گروه مداخله و کنترل در اتاق عمل بیمارستان کاشانی اصفهان در سال ۱۴۰۰

متغیر		گروه دستگاه		گروه دستی		*p*-value
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	
جنس	زن	۳۷	۶۱/۷	۳۶	۶۰/۰	*۰/۳۲۹
	مرد	۲۳	۳۸/۳	۲۴	۴۰/۰	
سطح تحصیلات	کاردان	۹	۱۵/۰	۷	۱۱/۶	**۰/۲۳۹
	کارشناس	۳۹	۶۵/۰	۴۰	۶۶/۶	
	کارشناس ارشد	۶	۱۰/۰	۵	۸/۴	
	پزشک و متخصص	۶	۱۰/۰	۸	۱۳/۴	
سابقه کار	کم‌تر از ۵ سال	۱۹	۳۱/۶	۱۳	۲۱/۶	**۰/۰۹۰
	۵ تا ۱۰ سال	۲۲	۳۶/۶	۲۸	۴۶/۷	
	بالای ۱۰ سال	۱۹	۳۱/۸	۱۹	۳۱/۷	

* مجذور کای ** من‌ویتنی

جدول ۲- مقایسه میانه مساحت آلودگی سطوح ماسک‌های دو گروه کنترل و مداخله در اتاق عمل بیمارستان کاشانی اصفهان در سال ۱۴۰۰

نوع ماسک	طرف ماسک	گروه مطالعه	مساحت آلودگی (میلی‌متر مربع)	مساحت آلودگی (٪)	انحراف معیار	بیش‌ترین	کم‌ترین	میانه	چارک	مقدار اماره Z	*p*-value
ماسک برداشته شده	روی ماسک	دستگاه	۱۲۵/۶۶	۰/۴	۷۷/۸۵	۲۴۵/۳۵	۲۴/۰۰	۱۲۵/۵	۱۶۷/۲	۶/۴۱	*۰/۰۰۱
		دستی	۹۶۱/۶۱۵	۹/۷	۶۱۲/۹۸	۲۸۷۳/۲۱	۲۱۳/۹	۸۸۷/۹	۸۷۱/۱		
	پشت ماسک	دستگاه	۳۰/۶۰	۰/۲	۲۶/۰۴	۱۵۳/۲۰	۰	۲۵/۳	۲۷/۲	۷/۰۲	*۰/۰۰۱
		دستی	۴۴۰/۷۶	۷/۳	۳۱۵/۶۹	۱۲۴۳/۰۲	۹۵/۳۲	۳۱۳/۶	۴۹۵/۴		
ماسک باقی‌مانده	روی ماسک	دستگاه	۰/۱۰	۰/۰۰۱	۰/۵۰	۳/۲۰	۰	۰	۰	۴/۶۸	*۰/۰۰۱
		دستی	۱۷۴/۱۸	۳/۲	۱۱۳/۶۱	۵۰۲/۲۴	۲۷/۳۲	۱۴۲/۲	۱۲۲/۲		
	پشت ماسک	دستگاه	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱۰	۰/۱۰	۰	۰	۰	۴/۴۹	*۰/۰۰۱
		دستی	۱۰۱/۲۸	۱/۶	۶۸/۸۳	۲۴۳/۵۷	۹/۳۵	۶۸/۸۳	۹۹/۴		

* آزمون من‌ویتنی

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه نشان داد که بین ماسک‌هایی که با دست برداشته شدند و ماسک‌هایی که با کمک دستگاه خودکاردهنده ماسک برداشته شدند، از نظر مساحت سطح آغشته به پودر فلورسنت (به عنوان سطح آلوده و یا تماس یافته با دست) تفاوت معناداری وجود داشته است. نتیجه مطالعه Suen و همکاران نیز نشان داد که در زمان پاندمی اِبولا کادر درمان مراقبت‌دهنده به بیماران مبتلا به اِبولا هنگام تعویض لباس با دست‌های خود، آلودگی را به لباس جدید منتقل می‌کردند، اگرچه با شستشو و ضدعفونی کردن دست‌ها سعی در جلوگیری از انتقال عامل عفونی داشتند، اما در زمان تعویض لباس، همچنان آلودگی از لباس به دست‌ها منتقل می‌شد. در آن مطالعه نیز از پودر فلورسنت جهت بررسی انتقال آلودگی استفاده شد (۱۷). در مطالعه‌ای دیگر با عنوان خطر خود-آلودگی هنگام خارج کردن وسایل حفاظت فردی که توسط Chughtai و همکاران در

استرالیا انجام یافت، هدف از مطالعه توصیف خطر خود-آلودگی مرتبط با خارج کردن تجهیزات حفاظت فردی و مقایسه خودآلودگی با پروتکل‌های مختلف وسایل حفاظت فردی بود. تعداد شرکت‌کنندگان این مطالعه ۱۰ نفر بودند و در این مطالعه از ۳ پروتکل مختلف استفاده شد. از فلورسنت و اسپری برای شبیه‌سازی آلودگی روی سطح خارجی وسایل حفاظت فردی و لامپ فرابنفش جهت مشاهده سطح آلودگی استفاده شد که آلودگی در ماسک صورت ۵۷٪ و میزان خود-آلودگی ناشی از خارج کردن ماسک ۱۳٪ بود (۱۸).

در یک نگاه، سیستم‌های خودکار ابزار قدرتمندی هستند که پزشکان می‌توانند برای جلوگیری از خطای انسانی و بهبود کیفیت خدمات استفاده کنند. ابزارهای خودکار میزان اشتباه و خطای بسیار کمی دارند و تقریباً بلافاصله اطلاعات را به خاطر می‌آورند و بازنگری می‌کنند، مانند یک سیستم اتوماتیک تقسیم دارو که ممکن است دقیق‌تر از پرستاران داروها را تفکیک کند (۱۹). در سال‌های اخیر به دلیل پیشرفت در دانش و رشد آگاهی مردم، استفاده از منسوجات پزشکی محافظ، افزایش چشمگیری داشته است؛ زیرا بیماری‌های عفونی به حد هشداردهنده رسیده و دانش و ابزارهای موجود، برای محافظت از این بیماری‌ها، به ارتقا نیاز دارند (۱۶). توسعه فناوری‌های شستشودهنده‌های خودکار که می‌توانند حتی با پیچیده‌ترین ابزارهای جراحی سازگار شوند و غیرقابل دسترس‌ترین سطوح داخلی آن‌ها را تمیز کنند و یا خشک کن‌هایی که مجهز به حسگر چشمی هستند و بدون تماس با دست، دست‌ها را خشک می‌کنند، مانند خشک کن با فیلتر هپا که تا ٤ برابر کاهش میکروبی روی دست را داشته است، نمونه‌هایی از این ابداعات هستند (۲۰و۲۱). در کنار مزایای خودکار کردن تجهیزات در بیمارستان علاوه بر کاهش بیمار شدن کارکنان و یا کاهش طول مدت زمان بستری بیماران به علت عفونت‌های انتقال یافته در بیمارستان، هزینه‌ها و طول مدت بستری نیز تا حدود زیادی کاهش می‌یابد. به عنوان مثال نتیجه مطالعه Ardern-Jones و همکاران نشان داد که سیستم خودکار کنترل انبار دارویی در بیمارستان، بسیاری از موارد خطای انسانی را کاهش داده است. همچنین پرستارانی که این دارو را دریافت می‌کردند نگرش و اطمینان بهتری نسبت به قبل از وجود این سیستم داشتند (۲۲). علاوه بر این، نتایج مطالعه Bergo حاکی از آن بود که استفاده از شیرهای آب هوشمند علاوه بر کاهش مصرف آب و در نتیجه کنترل هزینه‌ها، باعث کاهش انتقال آلودگی توسط دست‌ها شده است (۲۰). مطالعات بسیاری قابلیت اطمینان و اثربخشی تمیزکنندگی پرتوهای اولتراسونیک را نشان می‌دهند. فرآیندی که بدون دخالت عامل انسانی و آلودگی ثانویه او، قادر به تمیز کردن و حذف سرم خون خشک شده، خون کامل و ویروس‌ها از ابزارهای آلوده جراحی است، در کنار پرتوهای اولتراسونیک فرآیند خودکار پاک‌سازی و عدم تماس دست احتمال آلودگی ثانویه را به حداقل می‌رساند، به طوری که آلودگی پروتئینی را تا ۹٦/۷٪ و آلودگی با خون را نیز تا ۹٦/۷٪ کاهش می‌دهد (۲۳). یک نوع سیستم خودکار توزیع داروی بیمارستانی

در مطالعه Ahtiainen و همکاران معرفی شد که علاوه بر دقت و سرعت عمل بالاتر و نیز کاهش هزینه و زمان بستری در بیمارستان به کمک این سیستم، کاهش انتقال آلودگی توسط دارو در بین بیماران مشاهده شد (۲٤). لازم به ذکر است که نظارت بر فرآیندها و سیستم‌هایی که به صورت خودکار انجام می‌گیرند، بسیار آسان‌تر از زمانی است که آن فرآیندها توسط نیروی انسانی انجام می‌یابند. همچنین نتیجه استفاده از سیستم‌های خودکار به عنوان یک ناظر در مطالعه Wang و همکاران حاکی از آن بود که استفاده از یک سیستم هوشمند اتوماتیک نظارت‌کننده بر کیفیت شستشوی دست‌ها توسط کارکنان بیمارستان تا چه حد می‌تواند بر کیفیت و ارتقای شستشوی دست‌ها توسط کارکنان مؤثر باشد (۲۵). علاوه بر این، در مطالعه Tarka و Nitsch-Osuch اثر یک سیستم خودکار شستشو و ضدعفونی سطوح و بدون حضور دست در بیمارستان مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن نشان داد که سطوحی که بدون تماس با دست و با دستگاه اتوماتیک گندزدایی شده بودند، نسبت به زمانی که با دست گندزدایی شدند بار میکروبی کم‌تری داشتند (۲٦). در همین راستا Sahud و همکاران با معرفی یک سیستم هوشمند بازخورد دهنده بهداشت دست‌ها برای کارکنان بیمارستان، بعد از استفاده از این سیستم در نمونه‌های میکروبی گرفته شده از دست‌ها پی بردند که آلودگی آن‌ها به صورت معناداری کاهش یافته است (۲۷). از ویژگی‌های سیستم‌های خودکار که نسبت به سیستم‌های انسان محور برتری دارد، حذف نشدن و نادیده گرفته نشدن مراحل مختلف فرآیند است. به عنوان مثال در یک سیستم هوشمند و خودکار که بر شستن، خشک کردن، ضدعفونی کردن دست و پوشیدن دستکش در کارکنان بیمارستان نظارت دارد، امکان نادیده گرفته شدن هیچ‌کدام از این مراحل وجود ندارد، در حالی که اگر سیستم نظارت انسان محور باشد این قبیل خطاها بسیار رخ خواهند داد (۲۸و۲۹). با توجه به مزایای خودکارسازی تجهیزات در علم پزشکی، به احتمال زیاد در سال‌های نزدیک تعداد فزاینده‌ای از ابزارهای خودکار و الکترونیک به علم پزشکی معرفی خواهد شد (۳۰). در مطالعه‌ای، Wong و همکاران با معرفی ترالی‌های هوشمند بیهوشی نشان دادند که توان، ظرفیت، کارآیی و ایمنی توزیع داروهای بیهوشی توسط متخصصان بیهوشی ارتقا یافت و نتایج مطالعه ایشان، کاهش درصد خطای انسانی در کنار سرعت بالاتر توجیه‌کننده استفاده از محصول در قسمت‌های مختلفی از بیمارستان معرفی شد که کارآیی‌های مشابه داشت (۳۱).

محدودیت این مطالعه عدم همکاری کارکنان و دستیارها بود که پژوهشگر ضمن بیان اهداف و ضرورت انجام پژوهش تلاش کرد که حداکثر همکاری لازم آنان را جلب نماید.

با ارتقای سطح علم و آگاهی، استفاده از فناوری نوین و خودکارسازی ابزار و تجهیزات بیمارستانی رواج یافته است. امروزه علی‌رغم روش‌های جدید استریل کردن و ضدعفونی و به کارگیری دستورالعمل‌های بهداشتی و پروتکل‌های کنترل عفونت، همچنان انتقال

عفونت در بیمارستان‌ها به ویژه توسط دست‌ها یکی از مشکلات است. حذف انسان در برخی از فعالیت‌ها می‌تواند این چرخه انتقال را قطع کند (۳۲). از درهای الکترونیک مجهز به حسگر چشمی که بدون تماس با دست باز و بسته می‌شوند گرفته تا توزیع‌کننده‌های الکترونیک محلول‌های ضدعفونی‌کننده اسکراب دست جراحان و دستگاه‌های خودکار شستشوی سطوح و بسیاری موارد دیگر، تلاش برای افزایش دقت و سرعت و کاهش صرف هزینه و زمان است. بنابراین ماشینی شدن خدمات و ارایه برخی از خدمات بدون حضور انسان در کنار ارتقای بازدهی می‌تواند راهکار مؤثری باشد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که حذف تماس دست با بدنه ماسک جراحی هنگام برداشتن می‌تواند از آلودگی آن بکاهد. اگرچه درک فرآیند خودکارسازی کمی پیچیده است، اما در نهایت هدف آن امنیت سلامت فرد و کاهش بسیاری از هزینه‌ها و زمان است. نتیجه‌ای همسو با چالشی که انسان در سال‌های اخیر همواره در تلاش برای اعتلای آن بوده و آن چیزی نیست جز حذف عامل انسانی و ماشینی کردن برخی از خدمات که به منظور کاهش در وقت و هزینه و بهبود کیفیت خدمات ارایه شده است.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد اتاق عمل است، که با شناسه اخلاق IR.MUI.NUREMAN.REC.1400.186 در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان تأیید و ثبت شد. در انتها از کارکنان بیمارستان و تمام عزیزانی که در این مطالعه یاریگر ما بودند، تشکر می‌نماییم.

References

1 - Jaichenco AL, Lima LC. Infectious disease considerations for the operating room. A Practice of Anesthesia for Infants and Children. 2019: 1146-1160.e4. doi: 10.1016/B978-0-323-42974-0.00050-1.

2 - Wang X, Ferro EG, Zhou G, Hashimoto D, Bhatt DL. Association between universal masking in a health care system and SARS-CoV-2 positivity among health care workers. JAMA. 2020 Aug 18; 324(7): 703-704. doi: 10.1001/jama.2020.12897.

3 - French CE, McKenzie BC, Coope C, Rajanaidu S, Paranthaman K, Pebody R, et al. Risk of nosocomial respiratory syncytial virus infection and effectiveness of control measures to prevent transmission events: a systematic review. Influenza Other Respir Viruses. 2016 Jul; 10(4): 268-90. doi: 10.1111/irv.12379.

4 - Brankston G, Gitterman L, Hirji Z, Lemieux C, Gardam M. Transmission of influenza A in human beings. Lancet Infect Dis. 2007 Apr; 7(4): 257-65. doi: 10.1016/S1473-3099(07)70029-4.

5 - World Health Organization. Global guidelines for the prevention of surgical site infection. Geneva: World Health Organization; 2016.

6 - Andersen BM. Operation department: infection control. Prevention and Control of Infections in Hospitals. 2018 Sep 25: 453-489. doi: 10.1007/978-3-319-99921-0_35.

7 - Alwitry A, Jackson E, Chen H, Holden R. The use of surgical facemasks during cataract surgery: is it necessary? Br J Ophthalmol. 2002 Sep; 86(9): 975-7. doi: 10.1136/bjo.86.9.975.

8 - Aiello AE, Murray GF, Perez V, Coulborn RM, Davis BM, Uddin M, et al. Mask use, hand hygiene, and seasonal influenza-like illness among young adults: a randomized intervention trial. J Infect Dis. 2010 Feb 15; 201(4): 491-8. doi: 10.1086/650396.

9 - Ju JTJ, Boisvert LN, Zuo YY. Face masks against COVID-19: standards, efficacy, testing and decontamination methods. Adv Colloid Interface Sci. 2021 Jun; 292: 102435. doi: 10.1016/j.cis.2021.102435.

10 - Nanda A, Hung I, Kwong A, Man VC, Roy P, Davies L, et al. Efficacy of surgical masks or cloth masks in the prevention of viral transmission: systematic review, meta-analysis, and proposal for future trial. J Evid Based Med. 2021 May; 14(2): 97-111. doi: 10.1111/jebm.12424.

11 - Krediet AC, Kalkman CJ, Bonten MJ, Gigengack AC, Barach P. Hand-hygiene practices in the operating theatre: an observational study. Br J Anaesth. 2011 Oct; 107(4): 553-8. doi: 10.1093/bja/aer162.

12 - World Health Organization & WHO Patient Safety. WHO guidelines on hand hygiene in health care: a summary. Geneva: World Health Organization; 2009.

13 - Suchomel M, Steinmann J, Kampf G. Efficacies of the original and modified World Health Organization-recommended hand-rub formulations. J Hosp Infect. 2020 Oct; 106(2): 264-270. doi: 10.1016/j.jhin.2020.08.006.

14 - Chan APL, Chan TYK. Methanol as an unlisted ingredient in supposedly alcohol-based hand rub can pose serious health risk. Int J Environ Res Public Health. 2018 Jul 9; 15(7): 1440. doi: 10.3390/ijerph15071440.

15 - Islam MS, Rahman KM, Sun Y, Qureshi MO, Abdi I, Chughtai AA, et al. Current knowledge of COVID-19 and infection prevention and control strategies in healthcare settings: a global analysis. Infect Control Hosp Epidemiol. 2020 Oct; 41(10): 1196-1206. doi: 10.1017/ice.2020.237.

16 - Hosseini M, Ghadami A, Hashemi SM. [A study of the effects of three gloves donning techniques on the contamination of operating room personnel's sterile gloves and gown at Al-Zahra hospital in Isfahan city in 2016]. MSc. Thesis, School of Nursing and Midwifery of Isfahan University of Medical Sciences, 2017. (Persian)

17 - Suen LKP, Guo YP, Tong DWK, Leung PHM, Lung D, Ng MSP, et al. Self-contamination during doffing of personal protective equipment by healthcare workers to prevent Ebola transmission. Antimicrob Resist Infect Control. 2018 Dec 22; 7: 157. doi: 10.1186/s13756-018-0433-y.

18 - Chughtai AA, Chen X, Macintyre CR. Risk of self-contamination during doffing of personal protective equipment. Am J Infect Control. 2018 Dec; 46(12): 1329-1334. doi: 10.1016/j.ajic.2018.06.003.

19 - Pasin L, Nardelli P, Pintaudi M, Greco M, Zambon M, Cabrini L, et al. Closed-loop delivery systems versus manually controlled administration of total IV anesthesia: a meta-analysis of randomized clinical trials. Anesth Analg. 2017 Feb; 124(2): 456-464. doi: 10.1213/ANE.0000000000001394.

20 - Bergo MCNC. Evaluation of cleaning and disinfection performance of automatic washer disinfectors machines in programs presenting different cycle times and temperatures. Rev Lat Am Enfermagem. 2006 Sep-Oct; 14(5): 735-41. doi: 10.1590/s0104-11692006000500015.

21 - Huesca-Espitia LDC, Aslanzadeh J, Feinn R, Joseph G, Murray TS, Setlow P. Deposition of Bacteria and Bacterial Spores by Bathroom Hot-Air Hand Dryers. Appl Environ Microbiol. 2018 Apr 2; 84(8): e00044-18. doi: 10.1128/AEM.00044-18.

22 - Ardern-Jones J, Hughes DK, Rowe PH, Mottram DR, Green CF. Attitudes and opinions of nursing and medical staff regarding the supply and storage of medicinal products before and after the installation of a drawer-based automated stock-control system. Int J Pharm Pract. 2009 Apr; 17(2): 95-99. doi: 10.1211/ijpp.17.02.0004.

23 - Hashemi Beni H, Shafiei Z, Ghadami A. A comparative study of the manual, automated, and ultrasonic surgical-instrument cleaning methods. Journal of Iranian Medical Council. 2022; 5(3): 486-493. doi: 10.18502/jimc.v5i3.10945.

24 - Ahtiainen HK, Kallio MM, Airaksinen M, Holmstrom AR. Safety, time and cost evaluation of automated and semi-automated drug distribution systems in hospitals: a systematic review. Eur J Hosp Pharm. 2020 Sep; 27(5): 253-262. doi: 10.1136/ejhpharm-2018-001791.

25 - Wang C, Jiang W, Yang K, Yu D, Newn J, Sarsenbayeva Z, et al. Electronic monitoring systems for hand hygiene: systematic review of technology. J Med Internet Res. 2021 Nov 24; 23(11): e27880. doi: 10.2196/27880.

26 - Tarka P, Nitsch-Osuch A. No-touch automated disinfection system for decontamination of surfaces in hospitals. Int J Environ Res Public Health. 2020 Jul 16; 17(14): 5131. doi: 10.3390/ijerph17145131.

27 - Sahud AG, Bhanot N, Narasimhan S, Malka ES. Feasibility and effectiveness of an electronic hand hygiene feedback device targeted to improve rates of hand hygiene. J Hosp Infect. 2012 Dec; 82(4): 271-3. doi: 10.1016/j.jhin.2012.09.006.

28 - McCalla S, Reilly M, Thomas R, McSpedon-Rai D. An automated hand hygiene compliance system is associated with improved monitoring of hand hygiene. Am J Infect Control. 2017 May 1; 45(5): 492-497. doi: 10.1016/j.ajic.2016.12.015.

29 - McCalla S, Reilly M, Thomas R, McSpedon-Rai D, McMahon LA, Palumbo M. An automated hand hygiene compliance system is associated with decreased rates of health care-associated infections. Am J Infect Control. 2018 Dec; 46(12): 1381-1386. doi: 10.1016/j.ajic.2018.05.017.

30 - Ruskin KJ, Corvin C, Rice SC, Winter SR. Autopilots in the operating room: safe use of automated medical technology. Anesthesiology. 2020 Sep; 133(3): 653-665. doi: 10.1097/ALN.0000000000003385.

31 - Wong JT, Nakrani MN, Nguyen LH. Automated tray management to reduce medication errors. Ann Plast Aesthet Surg. 2021; 2(1): 1-2.

32 - World Health Organization. Advice on the use of masks in the context of COVID-19: interim guidance. Available at: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331693/WHO-2019-nCov-IPC_Masks-2020.3-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Accessed April 6, 2020.

The effect of using automatic mask dispenser on the contamination of surgical masks in the operating room

Pegah Abasian[1], Aygineh Hayrabedian[2], Mohammad Javad Tarrahi[3], Ahmad Ghadami[2*]

Article type:
Original Article

Received: Oct. 2022
Accepted: Dec. 2022
Published: 13 Mar. 2023

Abstract

Background & Aim: Hand disinfection methods are not germ-free, and infected hands transmit the infection. One of the personal protective equipment of the operating room is the mask, which will probably be contaminated by the hands when removing the mask. The aim of this study is to determine the effect of using automatic mask dispenser on the contamination of surgical masks in the operating room.

Methods & Materials: The present study is a field experiment that was conducted on 120 hospital staff in Isfahan in 2021. The subjects were randomly divided into two groups of 60; automatic device and manual mask removal. The effect of contact of hands impregnated with fluorescent powder was measured during the removal of the mask in each group. The contamination area of the removed mask and the lower mask on the back and front surfaces were compared in the two groups.

Results: The Mann-Whitney test showed that there was a significant difference in the area impregnated with fluorescent powder from hand contact with the mask surface between the two methods (P<0.05). Only 125.6±77.8 mm^2 of from the front surface and 30.6±26.0 mm^2 from the back surface of the mask removed with the automatic mask dispenser were contaminated, while the ratio in the hand-removed mask was respectively 961.6±612.9 and 440.4±315.6 mm^2.

Conclusion: The study showed that eliminating hand contact with the body of the mask using an automatic mask dispenser, can reduce its contamination. Therefore, mechanization of services is effective in ensuring the safety of individuals' health and reducing costs.

Clinical trial registry: IRCT20150715023216N11

Corresponding author:
Ahmad Ghadami
e-mail:
ghadami@nm.mui.ac.ir

Key words: divider, surgical mask, equipment Contamination

Please cite this article as:
Abasian P, Hayrabedian A, Tarrahi MJ, Ghadami A. [The effect of using automatic mask dispenser on the contamination of surgical masks in the operating room]. Hayat, Journal of School of Nursing and Midwifery, Tehran University of Medical Sciences. 2023; 28(4): 434-448. (Persian)

1 - Dept. of Operating Room, School of Nursing and Midwifery, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Student Research Committee, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2 - Dept. of Operating Room, School of Nursing and Midwifery, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Nursing and Midwifery Care Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
3 - Dept. of Epidemiology and Biostatistics, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Behavioral Sciences Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Copyright © 2023 The Authors. Published by Tehran University of Medical Sciences.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.