UMSHA Press

JOHE
Journal of Occupational Hygiene Engineering

J Occup Hyg Eng, 2023; 10(3): 213-221. Doi: 10.32592/joohe.10.3.213
https://johe.umsha.ac.ir

Original Article

Investigating the Effect of Different Disinfection Methods on the Efficiency, Pressure Drop and Quality Factor of Medical Masks

Edris Soltani[1], Farshid Ghorbani Shahna[2], Maryam karimi[3], Negar Safarpour Khotbesara[4], Majid Habibi Mohraz[2*], Mahdi Asghari Kashef[5], Zohreh Karami[3]

[1] Student Research Committee, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[2] Center of Excellence for Occupational Health and Research Center for Health Science, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[3] Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[4] Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Saveh University of Medical Sciences, Saveh, Iran
[5] Vice President of Research and Technology, Hamedan Islamic Azad University, Hamedan, Iran

Article history:
Received: 27 June 2023
Revised: 13 September 2023
Accepted: 17 October 2023
ePublished: 28 October 2023

***Corresponding author:** Edris Soltani, Center of Excellence for Occupational Health and Research Center for Health Science, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
Email: m.habibi@umsha.ac.ir

Abstract

Background and Objective: This study was conducted with the aim of determining the effect of different disinfection methods on the efficiency, pressure drop, and quality of medical masks used by medical staff. The filtration efficiency of medical masks was also investigated in the present study.

Materials and Methods: In the present study, four models of medical masks used by the treatment staff were selected. The masks were then disinfected with the disinfection methods recommended by the disease control and prevention centers, including heat methods, autoclaves, ultraviolet rays, immersion in 70% alcohol, and immersion in sodium hypochlorite. Finally, the effect of each disinfection method on the efficiency, pressure drop, and quality of the masks was checked using the test system.

Results: Based on the results obtained from the study, disinfecting masks using thermal methods, autoclaving, ultraviolet radiation, immersion in sodium hypochlorite, and immersion in 70% alcohol caused changes in efficiency by 5.58%, 9.83%, 8.15%, 13.34%, and 20.38%, respectively. Additionally, changes in pressure drop were observed at rates of 12.9, 7, 6.92, 183.75, and 16.13 Pa, respectively. Moreover, the quality factor of masks improved after disinfection using thermal methods and autoclaving, in contrast to other methods. Furthermore, the assessment of filtration efficiency indicated that three out of four types of masks examined had efficiencies lower than 85%.

Conclusion: Disinfection of medical masks using the heat method was chosen as the best disinfection method due to the least change in efficiency, a slight increase in pressure drop, and availability, and the 70% alcohol immersion method was chosen as the weakest disinfection method due to the decrease in efficiency, increase in pressure drop, and destruction of the mask's structure.

Keywords: Disinfection of masks, Medical services staff, Respiratory protection mask

Please cite this article as follows: Soltani E, Ghorbani Shahna F, karimi M, Safarpour Khotbesara N, Habibi Mahrez M, Asghari Kashef M, Karami Z. Investigating the Effect of Different Disinfection Methods on the Efficiency, Pressure Drop and Quality Factor of Medical Masks. *J Occup Hyg Eng.* 2023; 10(3): 213-221. DOI: 10.32592/joohe.10.3.213

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-17]
[DOI: 10.32592/joohe.10.3.213]

Copyright © 2023 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

Extended Abstract

Background and Objective

Particle pollutants, especially biological particles, can pose various risks, such as disease transmission and negative effects on respiratory health and human well-being. These particles include bacteria, viruses, fungi, and other microorganisms that can cause respiratory diseases. For example, the coronavirus can be mentioned. To prevent respiratory diseases caused by biological particles, precautionary measures such as using medical masks and gloves, washing hands with alcohol-based or soap and water solutions, maintaining a safe distance between the patient and others, and ensuring proper ventilation in the environment are recommended. The World Health Organization has confirmed that the proper and continuous use of personal protective equipment (PPE) helps reduce the spread of pathogens [1-9].

The widespread use of masks by healthcare workers, essential service providers, and cleaners, as well as the high cost of acquiring masks to combat COVID-19, have prompted governments, companies, and hospitals to seek solutions such as the reuse, cleaning, and disinfection of used masks. Additionally, the reduced protective efficacy and quality of masks due to disinfection are concerns that exist regarding the reuse of masks after disinfection and need to be examined [10-22]. The aim of this study is to investigate the impact of the proposed disinfection methods by the Centers for Disease Control and Prevention, including heat methods, autoclaving, ultraviolet radiation, immersion in 70% alcohol, and immersion in sodium hypochlorite, on the efficacy, pressure drop, and quality of medical masks and assess their filtration efficiency.

Materials and Methods

In the present study, four types of medical masks used by healthcare personnel were examined. Based on the ASTM F2299 standard method, the filtration efficiency and initial pressure drop of the masks were measured using a standardized testing system. After measuring the efficacy and initial pressure drop of the masks, they were disinfected using the approved methods by the Centers for Disease Control and Prevention and were again subjected to the filtration performance test. This process was repeated three times for each mask to achieve the optimal cycle of respiratory mask disinfection [23-25].

Results

The average filtration efficiency of the masks used in this study has been calculated using the following equation, and the values are shown in Table 1.

$$E = \frac{n1 - n2}{n1}$$

As shown in Tables 2 and 3, the filtration efficiency of the masks decreased after disinfection by all methods. According to the results, the thermal method had the least impact on efficiency and pressure drop.

In this study, the average values of the quality index before and after the disinfection of masks were obtained using the equation provided in the methodology for different disinfection methods, and then the percentage changes in the quality index after the disinfection of masks were evaluated. Table 4 shows the average values of these measurements.

Discussion

In this study, approved methods by the Centers for Disease Control and Prevention for disinfecting medical masks were utilized. Four categories of masks commonly used by healthcare professionals and the general public were selected and included in the study. The efficiency and initial pressure drop of each mask category were determined three times using a testing system, and their average values were recorded [26-29]. According to the findings of this study, the thermal disinfection method showed the lowest decrease in efficiency among different disinfection methods, with a reduction of 5.58%. The ultraviolet irradiation method also resulted in an 8.15% decrease in mask efficiency. Disinfecting the masks using a 70% alcohol immersion method reduced the mask filtration efficiency by 20.38%, making it the method with the highest decrease in efficiency among the different disinfection methods. Additionally, the disinfection of masks using autoclave and sodium hypochlorite immersion methods reduced the efficiency by 9.83% and 13.34%, respectively [30-35].

Conclusion

Considering that the use of PPE creates a sense of security for the user and that inadequate protection provided by PPE can lead to a false sense of security and exacerbate the user's exposure to harmful agents, the use of PPE with appropriate efficiency is of utmost importance. However, the results of the present study have shown that the filtration efficiency of medical masks in the three groups of masks under investigation was less than 85%. This study can serve as a warning for individuals who use medical masks when facing infectious agents.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: 10.32592/joohe.10.3.213]

JOHE
مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
دوره ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، صفحات: ۲۲۱-۲۱۳
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

مقاله اصلی

بررسی تأثیر روش‌های مختلف ضدعفونی بر کارایی، افت فشار و شاخص کیفیت ماسک‌های پزشکی

ادریس سلطانی[۱]، فرشید قربانی شهنا[۲]، مریم کریمی[۳]، نگار صفرپور خطبه سرا [۴]، مجید حبیبی محرز*[۲،۴]، مهدی اصغری کاشف[۵]، زهره کرمی[۳]

[۱]کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۲] قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۳] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۴] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ساوه، ساوه، ایران
[۵] معاونت پژوهش و فناوری، دانشگاه آزاد اسلامی همدان، همدان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۲/۰۶/۲۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۷/۲۵
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۲/۰۸/۰۶

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* **نویسنده مسئول:** مجید حبیبی محرز، قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
ایمیل: m.habibi@umsha.ac.ir

چکیده

سابقه و هدف: کمبود ماسک در شرایط بحرانی مانند همه‌گیری مشکلات فراوانی ایجاد می‌کند. یکی از راه‌کارهای موجود در این شرایط استفاده دوباره از ماسک‌ها، پس از ضدعفونی شدن است. مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف ضدعفونی بر کارایی، افت فشار و کیفیت ماسک‌های پزشکی مورداستفاده توسط کادر درمان و تعیین کارایی تصفیه‌کنندگی (filtration) آن‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها: در مطالعه‌ی حاضر چهار مدل ماسک پزشکی مورداستفاده کادر درمان انتخاب و وارد مطالعه شد. سپس ماسک‌ها با روش‌های ضدعفونی توصیه‌شده توسط مراکز کنترل و پیشگیری از بیماری شامل روش‌های گرمایی، اتوکلاو، پرتو فرابنفش، غوطه‌وری در الکل ۷۰ درصد و روش غوطه‌وری در هیپوکلریت سدیم ضدعفونی گردیدند و درپایان تأثیر هر روش ضدعفونی بر روی کارایی، افت فشار و کیفیت ماسک‌ها با استفاده از سامانه آزمایشی تعیین گردید.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل از مطالعه، ضدعفونی ماسک‌ها با روش‌های گرمایی، اتوکلاو، تابش فرابنفش، غوطه‌وری در هیپوکلریت سدیم و غوطه‌وری در الکل ۷۰ درصد به ترتیب باعث تغییر کارایی به میزان ۵/۵۸، ۹/۸۳، ۸/۱۵، ۱۳/۳۴ و ۲۰/۳۸ درصد و تغییر افت فشار به میزان ۹/۱۲، ۷، ۶/۹۲، ۱۸۳/۷۵ و ۱۶/۱۳ پاسکال می‌شوند. همچنین شاخص کیفیت ماسک‌ها پس از ضدعفونی در روش‌های گرمایی و اتوکلاو برخلاف سایر روش‌ها افزایش یافت. همچنین بررسی کارایی تصفیه‌کنندگی مشخص نمود سه نوع از چهار نوع ماسک موردبررسی دارای کارایی کمتر از ۸۵ درصد بودند.

نتیجه‌گیری: ضدعفونی ماسک‌های پزشکی با استفاده از روش گرمایی به دلیل کمترین تغییر در کارایی، افزایش ناچیز افت فشار و در دسترس بودن به عنوان بهترین روش ضدعفونی تعیین شد. همچنین روش غوطه‌وری در الکل ۷۰ درصد به دلیل کاهش کارایی، افزایش افت فشار و تخریب ساختار ماسک ضعیف‌ترین روش ضدعفونی ماسک‌های پزشکی بود.

واژگان کلیدی: ماسک حفاظت تنفسی، ضدعفونی ماسک، کادر درمان

استناد: سلطانی، ادریس؛ قربانی شهنا، فرشید؛ کریمی، مریم؛ صفرپورخطبه سرا، نگار؛ حبیبی محرز، مجید؛ اصغری کاشف، مهدی؛ کرمی، زهره. بررسی تأثیر روش‌های مختلف ضدعفونی بر کارایی، افت فشار و شاخص کیفیت ماسک‌های پزشکی. مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، پاییز ۱۴۰۲؛۱۰(۳): ۲۲۱-۲۱۳.

مقدمه

آلاینده‌های ذره‌ای به‌ویژه ذرات بیولوژیک می‌توانند خطرات مختلفی مانند انتقال بیماری ایجاد کنند و اثرات منفی بر تنفس و

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-17]
[DOI: 10.32592/joohe.10.3.213]

سلامتی انسان دارند [۱]. این ذرات شامل باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها، و سایر میکروارگانیسم‌ها هستند و توانایی ایجاد بیماری تنفسی را دارند. به عنوان مثال می‌توان به ویروس کرونا اشاره کرد.

این ویروس در دسامبر ۲۰۱۹ برای نخستین بار در جمعیت انسانی دیده شد که منجر به یک بیماری همه‌گیر در سراسر جهان گردید [۲]. باوجود پیشرفت‌های قابل‌توجه در تحقیقات بالینی که منجر به درک بهتر ویروس کرونا و مدیریت کووید-۱۹ شده، محدودکردن گسترش پی‌درپی این ویروس و انواع آن به یک نگرانی فزاینده تبدیل شده است، زیرا این بیماری همچنان به ایجاد مرگ‌ومیر در سراسر جهان ادامه داده و بسیاری از کشورها موج دوم یا سوم شیوع آن را تجربه نمودند. رویارویی با این بیماری نشان داده است که وقوع چنین همه‌گیری‌هایی همیشه امکان‌پذیر است و تکرار آن در آینده به ویژه در کشورهای در حال توسعه تهدیدی برای سلامت عمومی محسوب می‌شود. [۳,۴].

برای جلوگیری از ابتلا به بیماری‌های تنفسی ناشی از ذرات بیولوژیک، اقدامات احتیاطی ازجمله استفاده از ماسک و دستکش پزشکی، شستن دست‌ها با محلول حاوی الکل یا آب و صابون، حفظ فاصله ایمن بین بیمار و سایر افراد و اطمینان از تهویه مناسب در محیط پیشنهاد شده است [۵-۷]. سازمان بهداشت جهانی تأیید کرده است که استفاده از تجهیزات حفاظت فردی به‌طور صحیح و مداوم به کاهش انتشار پاتوژن کمک می‌کند. اثربخشی این تجهیزات به در دسترس بودن این وسایل، آموزش کافی کارکنان، بهداشت مناسب دست و رفتار مناسب بستگی دارد [۵,۸].

پوشیدن ماسک پزشکی توسط سازمان بهداشت جهانی به‌عنوان یکی از اقدامات پیشگیرانه توصیه‌شده است که می‌تواند به محدود کردن شیوع برخی بیماری‌های ویروسی تنفسی کمک کند [۹]. استفاده موفقیت‌آمیز از ماسک در کشورهایی مانند کره جنوبی، چین و جمهوری چک اثربخشی آن‌ها را در مواجهه با بیماری‌های تنفسی اثبات نموده است [۱۰]. دولت اسپانیا و مرکز اروپایی کنترل و پیشگیری بیماری (European Centre for Disease Prevention and Control) نیز تشخیص داده‌اند که استفاده از ماسک توسط عموم مردم می‌تواند به کاهش شیوع عفونت کمک کند [۱۱,۱۲].

در طول همه‌گیری کووید-۱۹، به دلیل شیوع ناگهانی و سریع این بیماری کمبود ماسک جراحی مشکلاتی را در بسیاری از کشورها ایجاد نمود [۱۳]. علاوه بر این، به دلیل افزایش تولید و مصرف ماسک در سراسر جهان، مسائل زیست‌محیطی مربوط به دفع این ماسک‌ها که ممکن است پس از دوره اپیدمی ایجاد شود، بایستی در نظر گرفته شود [۱۴,۱۵].

این شرایط، همراه با استفاده گسترده از ماسک توسط کارکنان بهداشتی، ارائه‌دهندگان خدمات ضروری، نظافتچی‌ها و همچنین هزینه‌های بالای تهیه ماسک برای مقابله با کووید-۱۹، دولت‌ها، شرکت‌ها و بیمارستان‌ها را بر آن داشته تا به دنبال راه‌حل‌هایی مانند استفاده دوباره، تمیز کردن و ضدعفونی کردن ماسک‌های استفاده‌شده باشند [۱۶]. همچنین کاهش کارایی حفاظتی و کیفیت ماسک‌ها در اثر ضدعفونی یکی از نگرانی‌هایی است که در زمینه استفاده مجدد از ماسک‌ها پس از ضدعفونی وجود دارد و باید مورد بررسی قرار گیرد.

تاکنون مطالعات مختلفی در مورد روش‌های مختلف ضدعفونی ماسک‌ها انجام شده است [۱۰-۱۷, ۲۰]؛ اما این مطالعات به میزان لازم جامع نبود و در برخی از آن‌ها شاخص کیفیت ماسک در نظر نگرفته شده است. همچنین با توجه به بررسی‌های انجام شده تاکنون چنین مطالعه‌ای روی ماسک‌های پزشکی در ایران انجام نشده است. هدف از انجام مطالعه حاضر بررسی تأثیر روش‌های ضدعفونی پیشنهادشده توسط مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری شامل روش‌های گرمایی، اتوکلاو، پرتو فرابنفش، غوطه‌وری در الکل ۷۰ درصد و روش غوطه‌وری در هیپوکلریت سدیم بر کارایی، افت فشار و کیفیت آن‌ها و بررسی کارایی تصفیه‌کنندگی ماسک‌های پزشکی است [۲۱,۲۲].

روش کار

انتخاب ماسک

در مطالعه حاضر چهار نوع ماسک پزشکی مورداستفاده توسط کادر درمان، مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ۱).

شکل ۱: ماسک‌های پزشکی استفاده‌شده در این مطالعه

محاسبه کارایی تصفیه‌کنندگی، افت فشار اولیه و شاخص کیفیت ماسک‌ها

خست براساس روش استاندارد ASTM F2299 کارایی تصفیه‌کنندگی و افت فشار اولیه ماسک‌ها با استفاده از سامانه آزمایشی استاندارد ساخته شده، اندازه‌گیری شد [۲۳]. این سیستم از چهار قسمت اصلی بخش تأمین و تنظیم جریان، بخش مولد ذرات، محفظه اختلاط دارای مانکنی با ابعاد طبیعی یک فرد بالغ به‌منظور قرارگیری ماسک و بخش شمارش کننده ذرات تشکیل‌شده است. در مطالعه حاضر از اتمایزر به‌منظور تولید آئروسل‌های مورداستفاده در آزمون بسترها استفاده شد. هوای ورودی به اتمایزر حاوی هوای پاک و به‌منظور حذف رطوبت، جریان ذرات اتمیزه شده در مولد پس از عبور از خشک‌کن دیفیوژنی

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-17]
[DOI: 10.32592/joohe.10.3.213]

(انتشاری) وارد سامانه آزمایشی گردید. همچنین به‌منظور بررسی کارایی تصفیه‌کنندگی بسترها از آئروسل‌های جامد کلریدپتاسیم (KCl) استفاده شد. پس از اختلاط هوای رقیق شده و هوای حاوی ذرات تولیدشده توسط اتمایزر، جریان هوا وارد محفظه اختلاط کاملاً هوابند شده و غلظت شمارشی ذرات در این محفظه توسط شمارشگر نوری ذرات Grimm 1.18 اندازه‌گیری شد. در کنار پراب نمونه‌برداری یک پراب دیگر به‌منظور اندازه‌گیری فشار هوای درون محفظه تعبیه شد. پس از قراردادن ماسک بر روی صورت مانکن جریان هوا به میزان ۱۰ سانتی‌متر بر ثانیه از ماسک عبور داده‌شده و غلظت شمارشی ذرات در پشت ماسک توسط یک پراب دیگر اندازه‌گیری گردید. پس از تعیین اختلاف غلظت شمارشی ذرات و فشار هوا، جلو و پشت ماسک، کارایی تصفیه‌کنندگی و میزان افت فشار ماسک محاسبه گردید. کارایی یک ماسک یعنی نسبت ذرات به دام افتاده در ماسک به ذرات ورودی که با استفاده از رابطه‌ی ۱ قابل‌محاسبه است.

$$E = \frac{n1-n2}{n1} \quad (۱)$$

در این معادله n_1 و n_2 به ترتیب غلظت ذرات جلوی ماسک و پشت آن است. میزان نفوذ ذرات از میان فیلتر ماسک نیز با استفاده از معادله ۲ محاسبه می‌شود.

$$P = 1 - E \quad (۲)$$

در این معادله P میزان نفوذ ذرات از ماسک‌های جراحی و E بیانگر میزان کارایی است.

برای بررسی و مقایسه کیفیت ماسک‌ها پیش و پس از ضدعفونی با روش‌های مختلف از شاخص کیفیت (FOM) استفاده گردید. این شاخص بیانگر این موضوع است که در تعیین کیفیت ماسک‌ها علاوه بر توانایی پالایش ذرات، افت فشار هوا نیز دارای اهمیت است. شاخص کیفیت توسط رابطه ۳ قابل‌محاسبه است. در این معادله E نشان‌دهنده کارایی و ΔP نشان‌دهنده تغییرات افت فشار است.

$$FOM = \frac{E}{\Delta P} \quad (۳)$$

روش‌های ضدعفونی

پس از اندازه‌گیری کارایی و افت فشار اولیه ماسک‌ها، ضدعفونی آن‌ها با استفاده از روش‌های موردتأیید مرکز پیشگیری و کنترل بیماری‌ها انجام شد و دوباره تحت آزمون عملکرد تصفیه‌کنندگی قرار گرفتند. این کار سه بار برای هر ماسک تکرار گردید تا میزان بهینه سیکل ضدعفونی ماسک‌های تنفسی حاصل شود. ضدعفونی ماسک‌های تنفسی با استفاده از شیوه‌نامه‌های توصیه‌شده انجام گرفت. در روش ضدعفونی گرمایی نمونه‌ها با استفاده از آون حرارتی به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند [۲۵, ۲۴]. در ضدعفونی با استفاده از تابش فرابنفش، ماسک‌ها داخل ظرف شیشه‌ای که قسمت داخلی آن با یک‌لایه آلومینیومی پوشانده شده است قرار می‌گیرند. محفظه مجهز به لامپ ۴۰ وات UVC است، به‌طوری‌که شدت انرژی دریافتی آن‌ها برابر با ۱ j/cm^2 است. هر طرف ماسک به مدت ۱۵ دقیقه در معرض اشعه UVC قرار می‌گیرد. کار با این محفظه بایستی زیر هود انجام شود [۲۶]. در ضدعفونی با رویکرد اتوکلاو ماسک‌ها به مدت نیم ساعت در معرض دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد قرارگرفته و ضدعفونی می‌شوند [۲۶]. درروش غوطه‌وری در الکل ۷۰ درصد ماسک‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در الکل ۷۰ درصد غوطه‌ور شده و پس‌ازاین مدت، هوادهی، خشک و دوباره آزمایش می‌شوند [۲۵]. درپایان درروش غوطه‌وری در هیپوکلریت سدیم، محلول هیپوکلریت سدیم ۱٪ روی ماسک‌ها اسپری شده و پس از هوادهی و خشک شدن مجدداً آزمایش می‌شوند [۲۴]. هر کدام از آزمایش‌ها سه بار تکرار و میانگین آن محاسبه شد و جهت مقایسه روش‌های مختلف ضدعفونی ماسک‌های تنفسی مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج

بررسی کارایی و افت فشار اولیه ماسک‌های پزشکی

برای بررسی کارایی تصفیه‌کنندگی ماسک‌های پزشکی، چهار مدل ماسک مورداستفاده توسط کارکنان بهداشتی-درمانی انتخاب و مقادیر کارایی و افت فشار اولیه آن‌ها سه بار تعیین و میانگین آن‌ها محاسبه شد. در این مطالعه پس از میانگین‌گیری از کارایی ماسک‌های مختلف، در انواع ماسک‌های موردبررسی کارایی متفاوتی مشاهده شد. حتی بررسی‌های انجام‌شده سطوح مختلف کارایی را در یک نوع ماسک نشان داد. به‌عنوان‌مثال، کارایی ماسک‌های گروه B از یک تأمین‌کننده از ۴۲/۴۹ درصد تا ۵۳/۴۱ درصد و برای ماسک گروه D از ۳۶/۴۱ تا ۹۵/۴۸ درصد متغیر بود. طبق استاندارد انتظار می‌رفت ماسک‌های پزشکی دارای حداقل ۸۵ درصد کارایی باشند. سه گروه از چهار گروه ماسک موردبررسی دارای کارایی کمتر از این مقدار بودند و ماسک‌های گروه C تنها گروهی بودند که کارایی منطبق با استاندارد داشتند. متوسط کارایی تصفیه‌کنندگی ماسک‌های مورداستفاده در این مطالعه با استفاده از معادله ۱ محاسبه و مقادیر آن در جدول ۱ نشان داده‌شده است.

ارزیابی کارایی و افت فشار ماسک‌ها پس از ضدعفونی

همان‌طور که در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است کارایی تصفیه‌کنندگی ماسک‌ها پس از ضدعفونی در همه روش‌ها کاهش یافت. با توجه به نتایج، روش گرمایی کمترین تغییر را در کارایی و افت فشار در بین روش‌های مختلف ضدعفونی ماسک‌های پزشکی ایجاد کرد. مقادیر افت فشار در همه روش‌ها به‌جز روش غوطه‌وری در الکل ۷۰ درصد کاهش یافت. همچنین در این جداول میانگین کارایی و افت فشار ماسک‌ها پیش از انجام ضدعفونی و پس‌ازآن به همراه میزان تغییرات گزارش گردیده است.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: 10.32592/joohe.10.3.213]

جدول ۱. کارایی و افت فشار اولیه ماسک‌های موردمطالعه

کد ماسک	کارایی اولیه ٪	افت فشار اولیه (Pa)
A	۱۸/۶۵±۲/۶	۶±۰/۶۳
B	۴۷/۳۲±۴/۴۳	۳۴/۳۳±۲/۳۲
C	۸۹±۱/۶۱	۷۲/۲±۱۳/۷
D	۵۳/۲۵±۲۱/۳۸	۲۲/۵۶±۴/۶۹

جدول ۲. کارایی ماسک‌ها قبل و بعد از ضدعفونی (٪)

روش ضدعفونی	کارایی ماسک‌ها قبل از ضدعفونی				کارایی ماسک‌ها بعد از ضدعفونی				تغییرکارایی(٪)
	کد ماسک								
	A	B	C	D	A	B	C	D	
گرمایی	۱۸	۴۳/۸۸	۸۹/۸۱	۹۵/۴۸	۱۷/۶۵	۴۱/۰۵	۷۱/۸۹	۹۴/۲۷	۵/۵۸
اتوکلاو	۱۵/۹	۵۱/۸۶	۹۰/۶۸	۴۴/۷۴	۱۲/۸۷	۴۳/۴۲	۶۷/۶۷	۳۹/۸۹	۹/۸۳
تابش فرابنفش	۱۸/۷	۴۵	۸۷/۷۴	۴۳/۳۳	۱۳/۶۹	۴۱/۳۲	۶۴/۹۹	۴۱/۹۱	۸/۱۵
غوطه‌وری در الکل	۱۷/۱۴	۵۳/۴۱	۹۰/۵۴	۴۶/۳۲	۱۴/۴	۴۱/۶	۴۲/۹۱	۲۶/۹۷	۲۰/۳۸
غوطه‌وری در هیپوکلریت	۲۳/۵۱	۴۲/۴۹	۸۶/۶۱	۳۶/۴۱	۱۷/۳۹	۷۹/۳۷	۴۷/۴	۳۳/۰۹	۱۳/۳۴

جدول ۳. افت فشار ماسک‌ها قبل و بعد از ضدعفونی (پاسکال)

روش ضدعفونی	افت فشار ماسک‌ها قبل از ضدعفونی				افت فشار ماسک‌ها بعد از ضدعفونی				تغییرکارایی(Pa)
	کد ماسک								
	A	B	C	D	A	B	C	D	
گرمایی	۶	۳۸	۷۹	۲۰/۴۷	۵/۶۶	۲۶	۵۸	۱۷/۳۳	۹/۱۲
اتوکلاو	۵	۳۵	۴۷	۱۸/۳۳	۴	۲۵/۶۶	۳۰/۶۶	۱۷	۷
تابش فرابنفش	۶	۳۱/۶۶	۷۰	۳۰	۵/۳۳	۳۱	۴۹/۶۶	۲۴	۶/۹۲
غوطه‌وری در الکل	۶	۳۲	۷۸	۲۶	۷	۴۶۰	۳۶۷	۴۳	-۱۸۳/۷۵
غوطه‌وری در هیپوکلریت	۷	۳۵	۸۷	۱۸	۶/۵	۳۰/۵	۲۹	۱۶/۵	۱۶/۱۳

محاسبه شاخص کیفیت

در این مطالعه، میانگین مقادیر شاخص کیفیت پیش و پس از ضدعفونی ماسک‌ها با استفاده از معادله ارائه‌شده در روش کار برای روش‌های مختلف ضدعفونی به دست آمد و سپس درصد تغییرات شاخص کیفیت پس از ضدعفونی ماسک‌ها ارزیابی گردید. جدول ۴ میانگین این مقادیر را نشان می‌دهد.

جدول ۴. تغییرات مقادیر شاخص کیفیت (٪)

روش	شاخص کیفیت قبل از ضدعفونی	شاخص کیفیت بعد از صدعفونی	تغییرات٪
روش گرمایی	۲/۴۸۵	۲/۸۳۵	+ ۱۲/۳۴
روش اتوکلاو	۲/۲۵۷	۲/۳۶۰	+ ۴/۳۶
روش تابش فرابنفش	۱/۸۰۵	۱/۷۴۵	-۳/۴۳
روش ضدعفونی با الکل ۷۰ درصد	۱/۸۶۲	۰/۵۷	- ۶۹/۳۸
روش ضدعفونی با اسپری سدیم هیپوکلرید	۱/۸۹۲	۱/۸۸۲	- ۰/۵۳

بحث

وجود آلاینده‌های ذره‌ای و بیولوژیک مانند ویروس‌ها از عوامل خطرآفرین برای سلامت انسان محسوب می‌شود. وجود این عوامل بر روی کیفیت زندگی تأثیر منفی گذاشته و با توجه به لزوم ایجاد محیط ایمن، باید با راه‌های مختلف مانند استفاده از ماسک و شناسایی و ارزیابی خطر مواجهه، رویارویی افراد با این ذرات محدود گردد [۲۸, ۲۷].

کمبود ماسک در هنگام وقوع همه‌گیری می‌تواند سلامت انسان را به خطر بیندازد [۲۹]. یکی از راه‌حل‌هایی که در چنین شرایطی کاربرد دارد استفاده دوباره از ماسک‌های ضدعفونی شده است. اطمینان از کارایی ماسک پس از ضدعفونی اهمیت بالایی دارد. هدف از این مطالعه یافتن بهترین روش برای ضدعفونی کردن

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: 10.32592/joohe.10.3.213]

ماسک‌های پزشکی با کمترین میزان کاهش عملکرد تصفیه‌کنندگی به‌منظور استفاده مجدد از آن‌ها بود.

در این مطالعه روش‌های مورد تأیید مرکز پیشگیری و کنترل بیماری‌ها جهت ضدعفونی ماسک‌های پزشکی مورد استفاده قرار گرفت. چهار دسته ماسک پراستفاده توسط کادر درمان و عموم مردم انتخاب و وارد مطالعه شد. سپس برای هر دسته از ماسک‌ها کارایی و افت فشار اولیه سه بار و با استفاده از سامانه آزمایشی تعیین و مقادیر متوسط آن ثبت گردید. در ادامه ماسک‌ها در معرض آئروسل‌های جامد کلرید پتاسیم (KCl) قرار گرفتند و در این حالت نیز سه بار کارایی و افت فشار آن‌ها محاسبه شد. با مقایسه کارایی و افت فشار ماسک‌ها پیش و پس از ضدعفونی بهترین و بدترین روش ضدعفونی تعیین گردید.

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، ضدعفونی کردن ماسک‌ها با استفاده از روش گرمایی با کاهش ۵/۵۸ درصدی کارایی، کمترین میزان افت کارایی را بین روش‌های مختلف ضدعفونی داشت. روش ضدعفونی با پرتوی فرابنفش نیز باعث کاهش ۸/۱۵ درصدی کارایی ماسک‌ها شد. ضدعفونی ماسک‌ها با روش غوطه‌وری الکل ۷۰ درصد کارایی تصفیه‌کنندگی ماسک را ۲۰/۳۸ درصد کاهش داد و این روش را به روشی با بیشترین کاهش کارایی در بین روش‌های مختلف ضدعفونی تبدیل کرد. همچنین ضدعفونی ماسک‌ها با استفاده از روش‌های اتوکلاو و غوطه‌وری در هیپوکلریت سدیم نیز به ترتیب کارایی را ۹/۸۳ و ۱۳/۳۴ درصد کاهش دادند.

در مطالعه Celina و همکاران که با هدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف ضدعفونی بر کارایی ماسک انجام شد مشخص گردید ضدعفونی ماسک با استفاده از روش گرمایی روی کارایی ماسک تأثیر چندانی ندارد. بر اساس مطالعه آن‌ها مشخص گردید روش گرمایی می‌تواند به عنوان روشی مناسب جهت ضدعفونی ماسک‌های تنفسی به‌کار رود [۳۰]. این نتایج بامطالعه‌ی حاضر همخوانی داشت.

Liao و همکاران نشان دادند که استفاده از روش ضدعفونی گرمایی و پرتو فرابنفش تأثیر کمتری بر کارایی تصفیه‌کنندگی ماسک نسبت به روش‌های اتوکلاو، الکل ۷۰ درصد و هیپوکلریت سدیم دارد [۳۱]. همانند این مطالعه، نتایج تحقیق پیش‌رو تأیید می‌کند که روش‌های ضدعفونی گرمایی و پرتو فرابنفش نسبت به سایر روش‌ها گزینه‌ی مناسب‌تری جهت ضدعفونی ماسک‌ها است.

در همه‌گیری کووید-۱۹، Rubio-Romero و همکاران روش‌های مختلف ضدعفونی و استریل کردن ماسک را بررسی کردند. براساس یافته‌های آن‌ها، امیدوارکننده‌ترین روش‌ها، روش‌هایی هستند که از تابش فرابنفش، گرمای مرطوب و گرمای خشک استفاده می‌کنند [۱۰]. نتایج این مطالعه در راستای مطالعه‌ی حاضر بود.

Grinshpun و همکاران در مطالعه خود دریافتند که ضدعفونی کردن ماسک‌ها با استفاده از روش اتوکلاو و غوطه‌وری در الکل ۷۰ درصد کارایی آن‌ها را به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌دهد [۳۲]. در بررسی انجام شده نیز ضدعفونی کردن ماسک‌ها با روش‌های اتوکلاو و الکل ۷۰ درصد به ترتیب ۹/۸۳ و ۲۰/۳۸ درصد کارایی را کاهش دادند. تطابق یافته‌های مطالعه حاضر با این مطالعه نشان می‌دهد که ضدعفونی ماسک‌ها با روش‌های اتوکلاو و الکل ۷۰ درصد روش‌های مناسبی جهت ضدعفونی ماسک‌های پزشکی نیستند. از دلایل کاهش کمتر کارایی پس از ضدعفونی با روش گرمایی می‌توان به این مورد اشاره کرد که احتمالاً این روش باعث تأثیر کمتر بر روی ساختار ماسک و در نتیجه تغییر کمتر در کارایی می‌شود. همچنین دلیل افت شدید کارایی پس از ضدعفونی با روش غوطه‌وری در الکل ۷۰ درصد نیز می‌تواند باعث تخریب ساختار ماسک شود. تخریب ساختار ماسک پس از ضدعفونی با این روش می‌تواند به دلیل چسبیدن لایه‌های ماسک به هم، تغییر ساختار پارچه استفاده‌شده در ساخت ماسک و حل شدن لایه ملت بلون ماسک باشد.

پارامتر دیگری که در این مطالعه موردبررسی قرار گرفت افت فشار ماسک پس از ضدعفونی آن‌ها بود. با توجه به اینکه افت فشار از عوامل مهم در تعیین کیفیت ماسک محسوب می‌شود، اهمیت بسیاری دارد. زمانی که کارایی دو ماسک برابر باشد، ماسکی که افت فشار کمتری دارد نسبت به دیگری کیفیت بالاتری خواهد داشت [۳۳]. بر اساس نتایج این مطالعه، افت فشار ماسک‌ها پس از ضدعفونی با استفاده از روش‌های مختلف تغییر کرد. در تمامی روش‌ها جز روش ضدعفونی با الکل ۷۰ درصد افت فشار ماسک‌ها پس از ضدعفونی کاهش یافت. ضدعفونی با استفاده از روش پرتو فرابنفش کمترین تغییر را در افت فشار با کاهش ۶/۹۲ پاسکال و روش غوطه‌وری در الکل ۷۰ درصد بیشترین تغییر را در افت فشار با افزایش ۱۸۳/۷۵ پاسکال داشت. همچنین در روش‌های گرمایی، اتوکلاو و غوطه‌وری در هیپوکلریت سدیم افت فشار به ترتیب ۹/۱۲، ۷ و ۱۶/۱۳ پاسکال کاهش یافت. این اختلاف در مقادیر افت فشار در مطالعه‌ی گل بابایی و نیز برخی دیگر از مطالعات مشاهده شده است [۳۴, ۳۳]. از دلایل کاهش افت فشار در ماسک‌های مورد بررسی می‌توان به تغییر در ساختار اولیه ماسک پس از ضدعفونی با روش‌های مختلف اشاره کرد. به عنوان مثال ممکن است الیاف ماسک به دلیل تماس با مواد شیمیایی مثل الکل یا مواجهه با گرما تغییر شکل دهد و سبب تغییر افت فشار شود. همچنین افزایش افت فشار در ماسک‌ها پس از ضدعفونی می‌تواند به علل دیگری مانند تغییر در نفوذپذیری ماسک، چسبیدن لایه‌های مختلف ماسک به یکدیگر پس از ضدعفونی، رسوب مواد شیمیایی روی ماسک و مسدود کردن آن، خستگی مکانیکی ماسک به علت استفاده مکرر و پوشیدن و خارج کردن آن از صورت، محل ذخیره‌سازی نامناسب ماسک و تأثیر عوامل محیطی بر آن و همچنین فرآیندهای ضدعفونی نامناسب رخ دهد.

شاخص کیفیت، ابزار سنجش مناسبی برای مقایسه کیفیت ماسک‌ها محسوب می‌شود زیرا نشان می‌دهد که علاوه بر کارایی تصفیه‌کنندگی ذرات، افت فشار هوا نیز در تعیین کیفیت ماسک

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: 10.32592/joohe.10.3.213]

مهم است؛ یعنی علاوه بر توانایی ماسک در پالایش ذرات، ماسک باکیفیت بایستی به کاربر این امکان را دهد که در حین استفاده از آن به‌راحتی نفس بکشد [۳۳]. در این مطالعه مشخص شد ضدعفونی کردن ماسک‌های پزشکی با استفاده از روش حرارتی باعث افزایش ۱۲/۳۴ درصدی شاخص کیفیت می‌گردد. این مقدار برای ضدعفونی به روش اتوکلاو ۴/۳۶ درصد افزایش بود. همچنین مقادیر شاخص کیفیت پس از ضدعفونی با روش‌های پرتو فرابنفش، غوطه‌وری در سدیم هیپوکلریت و غوطه‌وری در الکل ۷۰ درصد به ترتیب کاهش ۳/۴۳، ۰/۵۳ و ۶۹/۳۸ درصدی را نشان دادند. دلیل کاهش در مقادیر شاخص کیفیت، افزایش افت فشار و کاهش کارایی پس از ضدعفونی در روش‌های ذکرشده است؛ یعنی در روش‌هایی که کارایی کمتر کاهش یابد و یا افت فشار کمتر افزایش یابد، شاخص کیفیت مقدار بالاتری را خواهد داشت. همچنین در مطالعه حاضر مشخص شد روش‌های ضدعفونی با اتوکلاو و پرتو فرابنفش عملکرد تقریباً یکسانی را ازنظر کاهش کارایی و تغییر افت فشار پس از ضدعفونی از خود نشان می‌دهند اما به دلیل افزایش مقادیر شاخص کیفیت پس از ضدعفونی در روش اتوکلاو برخلاف روش پرتو فرابنفش، این روش دارای اولویت بالاتری جهت ضدعفونی ماسک‌های پزشکی است.

با توجه به امکان انتقال ویروس‌ها و باکتری‌ها از طریق هوا، دستورالعمل‌های فعلی صادرشده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) بر استفاده از ماسک محافظ تنفسی توسط کارکنان بخش‌های بهداشتی و درمانی در شرایط همه‌گیری تأکید داشته است. دلیل تأکید WHO بر استفاده از ماسک‌های پزشکی توانایی آن‌ها در جذب حداقل ۸۵ درصد ذرات است [۳۵]. نتایج حاصل از این مطالعه مشخص نمود سه نمونه از چهار نمونه ماسک موردبررسی دارای کارایی کمتر از این مقدار بودند. تنها ماسک گروه C با متوسط کارایی ۸۹ درصدی عملکردی مطابق با استاندارد داشت. ماسک گروه B با میانگین ۴۷/۳۲ درصد، ماسک گروه A با ۱۸/۶۵ درصد و ماسک گروه D با ۵۳/۲۵ درصد کارایی، از دیگر نتایج این بررسی بود.

ازجمله دلایل تفاوت در مقادیر رپایش ذرات توسط ماسک‌های مختلف، یکنواخت نبودنِ پارچه مورداستفاده در ساخت ماسک و مشکلات مختلفی که ماسک در فرآیند ساخت با آن مواجه می‌شود است. مواردی که در مطالعه Oberg و همکاران نیز به آن اشاره شده است [۳۵].

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه استفاده از PPE احساس امنیت در کاربر ایجاد می‌کند و عدم تأمین حفاظت کافی از سوی PPE با ایجاد حس امنیت کاذب می‌تواند منجر به تشدید مواجهه کاربر با عامل زیان‌آور باشد بنابراین استفاده از PPE با کارایی مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است. بااین‌حال، نتایج مطالعه پیش‌رو مشخص نمود کارایی تصفیه‌کنندگی ماسک‌های پزشکی در سه گروه از ماسک‌های موردبررسی کمتر از ۸۵ درصد است. این مطالعه می‌تواند هشداری برای افرادی باشد که در مواجهه با عوامل بیماری‌زا از ماسک‌های پزشکی استفاده می‌کنند. درپایان تلاش برای تولید و استفاده از ماسک‌هایی با کارایی بالا و ویژگی‌های فیزیکی مناسب و همچنین اطمینان از آزمایش ماسک پیش از خرید و استفاده، می‌تواند منجر به کاهش بیماری‌ها و عفونت‌های مرتبط شده و راه‌حلی برای رفع این مشکل تلقی شود. همچنین بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه در شرایط اضطراری کمبود ماسک، می‌توان از روش ضدعفونی گرمایی به عنوان روشی کارآمد جهت ضدعفونی و استفاده دوباره از ماسک استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمام کسانی که در انجام این پژوهش همکاری داشتند، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی بین نویسندگان مقاله گزارش نشده است.

ملاحظات اخلاقی

در پژوهش حاضر تمامی ملاحظات اخلاقی مورد تأیید دانشگاه علوم پزشکی همدان رعایت شده است.

سهم نویسندگان

سهم نویسندگان در نگارش این مقاله برابر بوده است.

حمایت مالی

مقاله حاضر در قالب طرح تحقیقاتی با کد اخلاق IR.UMSHA.REC.1399.197 و شماره ۱۴۰۰۰۸۰۴۶۲۷۹ مصوب دانشگاه علوم پزشکی همدان است و با حمایت این دانشگاه انجام شده است.

REFERENCES

1. Song X, Zhuang W, Cui H, Liu M, Gao T, Li A, et al. Interactions of microplastics with organic, inorganic and bio-pollutants and the ecotoxicological effects on terrestrial and aquatic organisms. *Sci Total Environ*. 2022;**838**:156068. PMID: 35598660 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.156068.
2. Chan JF, Yuan S, Kok KH, To KK, Chu H, Yang J, et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. *Lancet*. 2020;**395**(10223):514-23. PMID: 31986261 DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30154-9
3. Hargreaves S, Zenner D, Wickramage K, Deal A, Hayward SE. Targeting COVID-19 interventions towards migrants in humanitarian settings. *Lancet Infect Dis*. 2020;**20**(6):645-6. PMID: 32330438 DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30292-9.
4. Islam MN, Inan TT, Islam AN. COVID-19 and the Rohingya refugees in Bangladesh: the challenges and recommendations. *Asia Pac J Public Health*.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: 10.32592/joohe.10.3.213]

2020;**32**(5):283-4. PMID: 32506926 DOI: 10.1177/1010539520932707.
5. Organization WH. How to put on and take off personal protective equipment (PPE). World Health Organization; 2008.
6. Organization WH. Infection prevention and control of epidemic and pandemic prone acute respiratory infections in health care. Geneva: WHO. 2014. 2020.
7. Organization WH. Infection prevention and control during health care when coronavirus disease (COVID-19) is suspected or confirmed: interim guidance, 12 July 2021. World Health Organization; 2021.
8. WHO. Coronavirus disease (COVID-19) technical guidance: Infection prevention and control/WASH. 2020.
9. Organization WH. Advice on the use of masks in the context of COVID-19: interim guidance, 6 April 2020. World Health Organization; 2020.
10. Rubio-Romero JC, Pardo-Ferreira MdC, Torrecilla-García JA, Calero-Castro S. Disposable masks: Disinfection and sterilization for reuse, and non-certified manufacturing, in the face of shortages during the COVID-19 pandemic. *Saf Sci*. 2020;**129**:104830. PMID: 32406406 DOI: 10.1016/j.ssci.2020.104830.
11. ECDC. Using face masks in the community. Eur Cent Dis Prev Control Stockholm. 2020.
12. Calvo C, López-Hortelano MG, de Carlos Vicente JC, Martínez JLV, de trabajo de la Asociación G, Ramos JT, et al., editors. Recomendaciones sobre el manejo clínico de la infección por el «nuevo coronavirus» SARS-CoV2. Grupo de trabajo de la Asociación Española de Pediatría (AEP). *An pediatr*. 2020:**92**(4):241.e1-241.e11. PMID: 32173188 DOI: 10.1016/j.anpedi.2020.02.001.
13. Wu HL, Huang J, Zhang CJ, He Z, Ming WK. Facemask shortage and the novel coronavirus disease (COVID-19) outbreak: Reflections on public health measures. *EClinicalMedicine*. 2020;**21**:100329. PMID: 32292898 DOI: 10.1016/j.eclinm.2020.100329.
14. Armentano I, Barbanera M, Carota E, Crognale S, Marconi M, Rossi S, et al. Polymer materials for respiratory protection: processing, end use, and testing methods. *ACS Appl Polym Mater*. 2021;**3**(2):531-48. DOI: 10.1021//acsapm.0c01151.
15. Ur Rehman Z, Khalid U. Reuse of COVID-19 face mask for the amelioration of mechanical properties of fat clay: A novel solution to an emerging waste problem. *Sci Total Environ.* 2021;**794**:148746. PMID: 34323764 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148746.
16. Organization WH. Shortage of personal protective equipment endangering health workers worldwide. Newsroom, March. 2020;3:2020.
17. Sainz-García A, Toledano P, Muro-Fraguas I, Álvarez-Erviti L, Múgica-Vidal R, López M, et al. Mask disinfection using atmospheric pressure cold plasma. *Int J Infect Dis*. 2022;**123**:145-56. PMID: 35995313 DOI: 10.1016/j.ijid.2022.08.012.
18. Chalikonda S, Waltenbaugh H, Angelilli S, Dumont T, Kvasager C, Sauber T, et al. Implementation of an Elastomeric Mask Program as a Strategy to Eliminate Disposable N95 Mask Use and Resterilization: Results from a Large Academic Medical Center. J *Am Coll Surg.* 2020;**231**(3):333-8. PMID: 32534935 DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.2020.05.022.
19. Lee J, Bong C, Lim W, Bae PK, Abafogi AT, Baek SH, et al. Fast and Easy Disinfection of Coronavirus-Contaminated Face Masks Using Ozone Gas Produced by a Dielectric Barrier Discharge Plasma Generator. *Environ Sci Technol Lett.* 2021;**8**(4):339-44. PMID: 37566380 DOI: 10.1021/acs.estlett.1c00089.
20. Tippayawat P, Vongnarkpetch C, Papalee S, Srijampa S, Boonmars T, Meethong N, et al. Disinfection efficiency test for contaminated surgical mask by using Ozone generator. *BMC Infect Dis*. 2022;**22**(1):234. PMID: 35255835 DOI: 10.1186/s12879-022-07227-3.
21. Kenney PA, Chan BK, Kortright KE, Cintron M, Russi M, Epright J, et al. Hydrogen peroxide vapor decontamination of N95 respirators for reuse. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2022;**43**(1):45-7. PMID: 33557979 DOI: 10.1017/ice.2021.48.
22. Mills D, Harnish DA, Lawrence C, Sandoval-Powers M, Heimbuch BK. Ultraviolet germicidal irradiation of influenza-contaminated N95 filtering facepiece respirators. *Am J Infect Control*. 2018;**46**(7):e49-e55. PMID: 29678452 DOI: 10.1016/j.ajic.2018.02.018.
23. Pourdeyhimi B. Surgical mask particle filtration efficiency (PFE). *J Sci Med*. 2020;**2**(3):1-11.
24. Viscusi DJ, Bergman MS, Eimer BC, Shaffer RE. Evaluation of five decontamination methods for filtering facepiece respirators. *Ann Occup Hyg*. 2009;**53**(8):815-27. PMID: 19805391 DOI: 10.1093/annhyg/mep070.
25. Viscusi DJ, King WP, Shaffer RE. Effect of decontamination on the filtration efficiency of two filtering facepiece respirator models. *J Int Soc for Respir Prot.* 2007;**24**(3/4):93.
26. Control CfD, Prevention. Decontamination and reuse of filtering facepiece respirators. Available on 9th April. 2020.
27. Rahmani R, Babakhani S, Ashouri M, Soltani E, Baboli Niya M. Evaluating The Quality of Work Life in Urban Taxi Drivers: A Case Study in Northwest Iran. *JOHE*. 2023;**10**(2):89-98.
28. Soltani E. Presenting a model to assess the risk of explosives warehouse hazards using the combined Aras-Shannon's Entropy methods in a fuzzy environment. *JOHE*. 2023;**10**(2):79-80.
29. Hsia W. Emerging new coronavirus infection in Wuhan, China: Situation in early 2020. *Case Study Case Rep*. 2020;**10**(1):8-9.
30. Celina MC, Martinez E, Omana MA, Sanchez A, Wiemann D, Tezak M, et al. Extended use of face masks during the COVID-19 pandemic - Thermal conditioning and spray-on surface disinfection. P*olym Degrad Stab*. 2020;**179**:109251. PMID: 32834203 DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2020.109251.
31. Liao L, Xiao W, Zhao M, Yu X, Wang H, Wang Q, et al. Can N95 respirators be reused after disinfection? How many times?. *ACS nano*. 2020;**14**(5):6348-56. PMID: 32368894 DOI: 10.1021/acsnano.0c03597.
32. Grinshpun S, Yermakov M, Khodoun M. Autoclave sterilization and ethanol treatment of re-used surgical masks and N95 respirators during COVID-19: impact on their performance and integrity. *J Hosp Infect.* 2020;**105**(4):608-14. PMID: 32599011 DOI: 10.1016/j.jhin.2020.06.030.
33. Golbabaei F, Faghihi-Zarandi A, Shokri A, Baneshi M, Ebrahimnejad P, Sedigh Zadeh A. Evaluation of submicron particle filtration efficiency of domestic and imported surgical masks. *J School Public Health Institute Public Health Res*. 2012;**10**(2):47-58.
34. Shan X, Zhang H, Liu C, Yu L, Di Y, Zhang X, et al. Reusable Self-Sterilization Masks Based on Electrothermal Graphene Filters. *ACS Appl Mater Interfaces*. 2020;**12**(50):56579-86. PMID: 33259195 DOI: 10.1021/acsami.0c16754.
35. Oberg T, Brosseau LM. Surgical mask filter and fit performance. *Am J Infect Control.* 2008;**36**(4):276-82. PMID: 18455048 DOI: 10.1016/j.ajic.2007.07.008.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-07-17]

[DOI: 10.32592/joohe.10.3.213]