

Evaluación de máscaras de tela y máscaras de procedimiento modificadas como equipo de protección personal para el público durante la pandemia COVID-19

Phillip W. Clapp, PhD; Emily E. Sickbert-Bennett, PhD, MS; James M. Samet, PhD, MPH; Jon Berntsen, PhD; Kirby L. Zeman, PhD; Deverick J. Anderson, MD, MPH; David J. Weber, MD, MPH; William D. Bennett, PhD; for the US Centers for Disease Control and Prevention Epicenters Program

JAMA Intern Med. doi:[10.1001/jamainternmed.2020.8168](https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.8168) , 10 de diciembre, 2020.

IMPORTANCIA Durante la pandemia de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19), al público en general se le ha recomendado que use máscaras o coberturas faciales improvisadas, para limitar la transmisión del SARS-CoV-2. Sin embargo, ha habido una confusión considerable y desacuerdo con respecto al grado en que las máscaras protegen al portador, de las partículas en el aire.

OBJETIVOS Evaluar la eficiencia de filtración ajustada (FFE, fitted filtration efficiency) de varios tipos de máscaras faciales de consumo e improvisadas, así como varias modificaciones populares de las máscaras de procedimientos médicos, que están destinadas a mejorar el ajuste o la comodidad de la mascarilla.

DISEÑO, AJUSTE Y PARTICIPANTES Para este estudio realizado en un laboratorio de investigación entre junio y agosto de 2020, 7 mascarillas de consumo y 5 mascarillas para procedimientos médicos modificadas se ajustaron a un voluntario varón adulto y se recogieron las mediciones de la FFE, durante una serie de movimientos repetidos del torso, la cabeza y los músculos faciales como se describe en el Protocolo de Pruebas de Ajuste Cuantitativas de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos. Las máscaras de grado consumo probadas incluyeron (1) una máscara de nailon tejido de 2 capas con orejeras, que fue probada con un puente nasal de aluminio opcional y un filtro no tejido inserto en su lugar, (2) una bandana de algodón doblada en diagonal una vez (es decir, estilo "bandido") o en un (3) rectángulo de varias capas de acuerdo con las instrucciones presentadas por la US Surgeon General, (4) una máscara tejida de una sola capa de poliéster / nailon con lazos, (5) una máscara de polipropileno no tejido con orejeras fijas, (6) una polaina tejida de poliéster de una sola capa / pañuelo de pasamontañas, y (7) una mascarilla de tejido de algodón de 3 capas con orejeras. Las modificaciones de las mascarillas de procedimiento médico incluyeron (1) atar las presillas de la mascarilla y los pliegues laterales, (2) sujetar las presillas detrás de la cabeza con protectores para los oídos impresos en 3 dimensiones, (3) sujetadores de orejeras detrás de la cabeza con un tipo de garra pinza para el cabello, (4) realzando la mascarilla / sello facial con bandas de goma sobre la mascarilla, y (5) realzando la mascarilla / sello facial con una banda de medias de nailon sobre la mascarilla ajustada.

PRINCIPALES RESULTADOS Y MEDIDAS El resultado primario del estudio fue la FFE medida de las mascarillas faciales improvisadas y de consumo común, así como de varias modificaciones populares de las máscaras de procedimientos médicos.

RESULTADOS La FFE media (DE) de las máscaras de grado consumo probadas en 1 hombre adulto sin barba osciló entre 79,0% (4,3%) y 26,5% (10,5%), con la máscara de tejido de nailon de 2 capas teniendo la mayor FFE. Las mascarillas para procedimientos médicos no modificadas con orejeras tenían una FFE media (DE) de 38,5% (11,2%). Todas las modificaciones evaluadas en este estudio aumentaron la FFE máscara de procedimiento (rango [SD], 60,3% [11,1%] a 80,2% [3,1%]), con una manga de calcetería de nailon colocada sobre la mascarilla de procedimiento produciendo la mayor mejora.

CONCLUSIONES Y PERTINENCIA Mientras que las modificaciones para mejorar el ajuste de la mascarilla de procedimientos médicos pueden aumentar la capacidad de filtrado y reducir la inhalación de partículas en el aire, este estudio demuestra que los FFE de las máscaras de grado de consumo disponibles para el público son, en muchos casos, casi equivalentes o mejores que su contraparte, las máscara médicas no N95.

Puntos clave

Pregunta ¿Cuáles son las eficiencias de filtración ajustadas (FFE) de las máscaras de consumo, cubiertas faciales improvisadas y máscaras de procedimiento modificadas comúnmente utilizadas durante la pandemia del COVID-19?

Hallazgos En este estudio comparativo de los FFE de las máscaras faciales, se observó que las máscaras de consumo y las máscaras faciales improvisadas variaron ampliamente, oscilando entre el 26,5% y el 79,0% de FFE. Las modificaciones destinadas a mejorar el ajuste de las máscaras de procedimiento médico mejoraron las mediciones de FFE del 38,5% (mascarilla sin modificar) hasta un 80,2%.

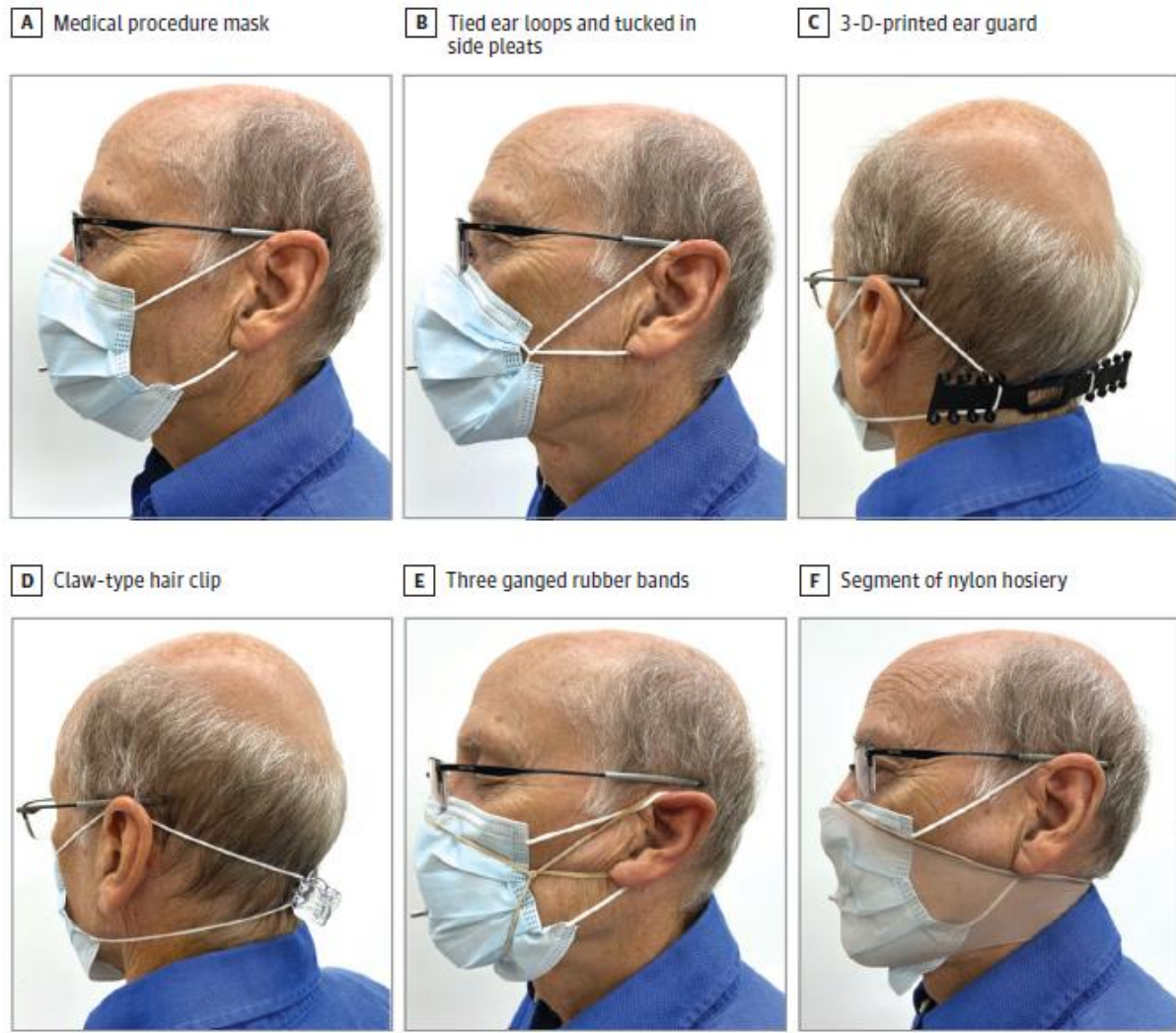
Significado Las modificaciones simples pueden mejorar el ajuste y la eficacia de filtración de las mascarillas para procedimientos médicos; sin embargo, la efectividad práctica de las máscaras de consumo disponibles para el público es, en muchos casos, comparable o mejor que su contrapartes de mascarillas médicas no N95.

Figura 1. Máscaras de consumo y cubiertas faciales improvisadas



Las máscaras faciales probadas en este estudio incluyeron una máscara de nailon tejido de 2 capas con orejeras (54% nailon reciclado, 43% nailon, 3% elastano), probado con y sin un puente nasal de aluminio opcional e inserto de filtro no tejido en su lugar (A), un pañuelo de algodón doblado en diagonal una vez al estilo "bandido" (B), una bandana doblada en un rectángulo multicapa de acuerdo con las instrucciones presentada por el US General Surgeon General (C), una máscara de tejido de poliéster / nailon de una sola capa (80% poliéster, 17% nailon, 3% elastano) con lazos (D), una máscara de polipropileno con orejeras fijas (E), polaina / cuello tejido de una sola capa, pañuelo tipo pasamontañas (92% poliéster y 8% elastano) (F), y máscara de 3 capas de algodón tejido (100% algodón) con orejeras (G).

Figura 2. Mascarilla de procedimiento médico y modificaciones para mejorar el ajuste o la comodidad de la mascarilla para el usuario



Una máscara de procedimiento médico con orejeras (A) se modificó atando las orejeras y con dobladillo lateral (B), uniendo las orejeras a un "Protector auditivo" impreso en 3 dimensiones (C), sujetando las orejeras con un 23 mm con una pinza de pelo tipo garra colocada detrás del cabeza del usuario (D), colocando un anillo de 3 bandas elásticas agrupadas sobre la máscara y alrededor de las orejas del usuario (E), y deslizando un segmento de nailon de corsetería de 10 pulgadas, ajustada, sobre la máscara de procedimiento (F).

El SARSCoV-2, la causa de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19), es un virus transmisible que infecta el tracto respiratorio superior e inferior,¹ y que conduce a un alto título viral en la saliva y en las secreciones respiratorias.² Una estrategia clave de control en salud pública para mitigar la transmisión del SARS-CoV-2 es el uso de máscaras o cobertura facial por el público.³ Las máscaras que cubren completamente la nariz y la boca son eficaces para reducir el coronavirus estacional y la transmisión de la influenza cuando la usan las personas infectadas^{4,5} y las no infectadas, que puedan entrar en contacto con las primeras.^{6,7} Esto se apoya en datos epidemiológicos que indican que el uso en toda la comunidad de máscaras puede contribuir eficazmente a la prevención de la transmisión del SARSCoV-2.⁸

Como la adopción de cubiertas faciales durante la pandemia del COVID-19 se convirtió en algo común, ha habido una rápida expansión en el uso público máscaras comerciales, caseras e improvisadas, que varían considerablemente en diseño, material y construcción. Del mismo modo, la prensa y los medios de comunicación social informaron sobre numerosos "hacks" innovadores, dispositivos y modificaciones (mejoras) que pretenden mejorar el rendimiento característico de las máscaras convencionales (típicamente quirúrgicas o de procedimiento). A pesar de su amplia difusión y uso durante la pandemia, ha habido pocas evaluaciones de la eficacia de estos revestimientos faciales o mascarillas con mejoras en el filtrado de partículas en el aire. En este estudio, se utilizó un enfoque metodológico descrito recientemente⁹ basado en la prueba para determinar la eficiencia de filtración ajustada (FFE, fitted filtration efficiency) la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), de varias mascarillas faciales de para consumo e improvisadas, así como varias modificaciones populares de máscaras de procedimientos médicos.

Métodos

Procedimiento de prueba

Las pruebas de eficiencia de filtración se realizaron entre junio y agosto de 2020 en una cámara de exposición personalizada (U.S. Environmental Protection Agency Human Studies Facility en Chapel Hill, Carolina del Norte) como se describió recientemente.⁹ La Junta de revisión en la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill renunció a la necesidad de aprobación del estudio, así como al consentimiento necesario para la prueba del dispositivo. Brevemente, se utilizó un generador de partículas TSI 8026, para complementar la cámara con partículas de cloruro de sodio (NaCl), que tenían un diámetro medio de 0.05 μ m (rango, 0.02-0.60 μ m), medidas por un medidor de partículas en movimiento. Se permitió que la atmósfera de prueba se estabilizara durante 30 minutos antes de la prueba FFE. La temperatura de la cámara y la humedad durante la prueba varió de 73,4 ° F a 85,1 ° C 10% a 50%, respectivamente. La atmósfera de prueba para este estudio refleja las condiciones interiores típicas, con exposición a pequeñas partículas que son ligeramente más pequeñas que el tamaño de cada virión del SARS-CoV-2 individualmente (reportados en un rango entre 0.06 μ m y 0,14 μ m¹⁰). Se instaló un puerto de toma de muestra en cada máscara, utilizando un kit de sonda de prueba de ajuste TSI modelo 8025-N95, para permitir el muestro detrás de la máscara. Todas las máscaras se colocaron en un hombre (peso, 165,3 libras; altura, 5 pies y 10,1 pulgadas; tamaño de la cabeza, 23 pulgadas), sin barba. Se colocaron un par de contadores de partículas de condensación

TSI 3775 programado en modo de análisis de una sola partícula para monitorear continuamente partículas ambientales (0.02 µm-3 µm) en la cámara justo afuera la mascarilla y las partículas en el espacio para respirar detrás de la máscara facial, a una frecuencia de muestreo de 1 segundo.

Se recopilaron las medidas de eficiencia de filtración ajustadas durante una serie de movimientos repetidos del torso, cabeza, y músculos faciales como se describe en el Protocolo de prueba de ajuste cuantitativo de OSHA (Protocolo de prueba de ajuste modificado de aerosoles ambientales del CNC cuantitativo para la pieza facial filtrante Tabla A – 2—RESPIRADORES). El FFE corresponde a la concentración de partículas detrás de la máscara, expresado como un porcentaje de la concentración de partículas en el aire de la cámara, y se midió por la duración de cada prueba descrita en el protocolo de OSHA (doblar la cintura, leer en voz alta, mirar a la izquierda y derecha, y mirar hacia arriba y hacia abajo). El porcentaje general de FFE se calcula como $100 \times (1 - \text{concentración de partículas ambientales detrás de la máscara} / \text{concentración de partículas ambientales})$, y se calculó el porcentaje de FFE y la desviación estándar a lo largo de la prueba. El tiempo total de prueba para cada mascarilla fue de aproximadamente 3 minutos.

Productos probados

Se probaron dos categorías de productos para este estudio: mascarillas faciales de consumo y mascarillas para procedimientos médicos con y sin mejoras. Las siguientes máscaras para consumo se probaron (**Figura 1**): (1) una máscara de tejido de nailon de 2 capas (54% nailon reciclado, 43% nailon, 3% elastano) con orejeras (Easy Masks LLC), probadas con un puente de aluminio opcional y un filtro inserto no tejido en su lugar (**Figura 1A**), (2) una bandana de algodón, doblada en diagonal una vez, al estilo de "bandido" (**Figura 1B**) o en un rectángulo multicapa según las instrucciones presentadas por el U.S. Surgeon General (**Figura 1C**; <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/how-to-make-cloth-face-covers.html>), (3) una máscara de tejido de poliéster / nailon de una sola capa (80% poliéster, 17% nailon, 3% elastano) con lazos (Renfro Corporation) (**Figura 1D**), (4) una máscara de polipropileno con orejeras fijas (Red Devil Inc) (**Figura 1E**), (5) un pasamontañas tejido de una sola capa / cubierta de cuello tipo bandana (92% poliéster y 8% elastano; MPUSA LLC) (**Figura 1F**) y (6) una máscara de algodón tejido de 3 capas (100% algodón) con orejeras (Hanesbrands Inc) (**Figura 1G**).

La FFE de referencia de las mascarillas para procedimientos médicos no modificadas con orejeras elásticas (Cardinal Health Inc) se midió (n = 4) y comparó con el FFE del mismo tipo de mascarilla con varias modificaciones en el diseño para mejorar su función (**Figura 2**). Se probaron las siguientes modificaciones: (1) mejora de la mascarilla / sello facial atando las orejeras y metiendo los pliegues laterales (**Figura 2B**; <https://youtu.be/UANi8Cc71A0>), (2) sujetar las presillas detrás de la cabeza con protectores auditivos impresos en impresoras 3D (**Figura 2C**; <https://www.thingiverse.com/things:4249113>), (3) sujetar las presillas detrás de la cabeza con una pinza de pelo tipo garra de 23 mm (**Figura 2D**), (4) realzando el sellado facial la mascarilla colocando un anillo de 3 bandas de goma unidas sobre la máscara, con la goma central colocada sobre la nariz y mentón del participante y las bandas laterales izquierda y derecha enrolladas sobre cada oreja (**Figura 2E**; "método para arreglar-la-máscara" banda elástica, <https://www.youtube.com/watch?v=CVjGCPfRwUo>), y (5) mejorar el sellado de la máscara / cara deslizando un segmento de 10 pulgadas de calcetería de nailon sobre la máscara ajustada (**Figura 2F**).¹¹

Resultados

Este estudio evaluó la FFE de 7 máscaras para consumo y cinco modificaciones de las máscaras de procedimiento. La FFE media (SD) de las mascarillas de consumo probadas en este estudio osciló entre 79,0% (4,3%) a 26,5% (10,5%), con las máscaras de nailon tejido de 2 capas lavables teniendo el FFE más alto y las máscaras de algodón tejido de 3 teniendo el más bajo. El pañuelo de algodón doblado en un rectángulo de varias capas, fijado a las orejas con bandas de goma, como lo describe el U.S. General Surgeon, proporcionó una FFE media (DE) del 49,9% (5,8%). Doblando la bandana al estilo bandido produjo un resultado similar (media FFE [DE], 49,0% [6,2%]). La FFE media (SD) de la polaina de poliéster tejido de una sola capa / el pañuelo de pasamontañas que cubre el cuello fue del 37,8% (5,2%). La máscara de tejido de una sola capa de poliéster / nailon, que se adjunta con tiras, tuvo una FFE media (SD) de 39,3% (7,2%). La máscara de polipropileno, no tejida, con orejeras no elásticas (fijas), tuvo una FFE media (DE) del 28,6% (13,9%).

Como se esperaba, en base a los datos de nuestro trabajo anterior,⁹ un Respirador 3M 9210 N95, aprobado por el Instituto de Seguridad y Salud Ocupacional, usado como control de referencia, proporcionó un FFE medio muy alto (98,4% [0,5%]; n = 1) (**Tabla**). Las máscaras de procedimiento médico con orejeras elásticas probadas en este estudio tenían una media (DE) FFE de 38,5% (11,2%) (**Figura 3A**), que fue menor que el de las máscaras quirúrgicas médicas con cordones (71,5% [5,5%]; n = 4). Atar las orejeras y meter las esquinas de la máscara de del procedimiento, para minimizar los espacios en los lados de la máscara, aumentó la FFE media (DE) a 60,3% (11,1%) (**Figura 3B**). La modificación de las 3 bandas elásticas para "arreglar la máscara" y la modificación de la manga de calcetería de nailon, que también estaban destinadas a reducir los huecos entre la máscara y el rostro del usuario, mejoraron la FFE media (DE) a 78,2% (3,3%) y 80,2% (3,1%), respectivamente.

Las modificaciones para mejorar el sellado de la máscara contra el cara al aumentar la tensión de las orejeras también mejoró la FFE. La fijación de las orejeras de la máscara de procedimiento al dispositivo de protección auditiva con ganchos centrales (opción más ajustada), aumenta la FFE media (DE) al 61,7% (6,5%). Del mismo modo, el unir las orejeras detrás la cabeza del usuario usando una pinza para el cabello estilo garra aumentó la FFE media (DE) al 64,8% (5,1%). Ninguna de las modificaciones probadas en las máscaras de procedimiento mejoró la FFE al nivel de un respirador N95.

Table. Face Mask FFE Against Submicron Particle Penetration

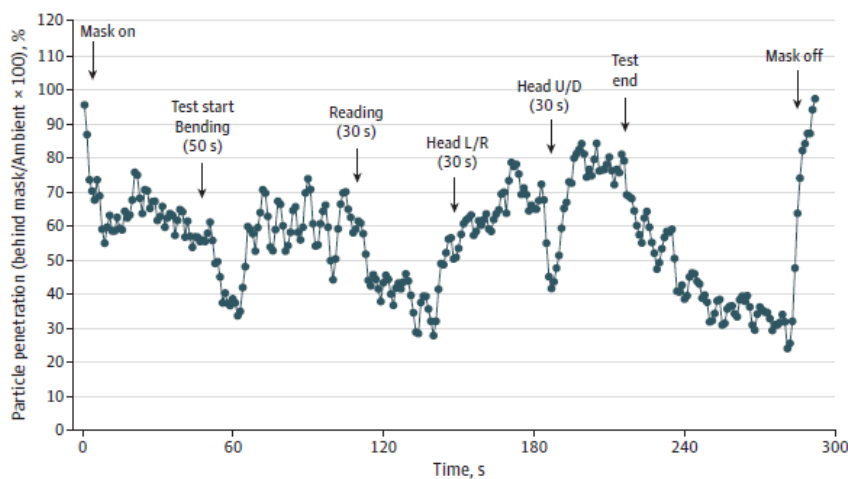
Consumer-grade face masks	Condition	% FFE (SD) ^a
2-Layer woven nylon mask with ear loops		
Without aluminum nose bridge	New	44.7 (6.4)
With aluminum nose bridge	New	56.3 (6.5)
With aluminum nose bridge and 1 nonwoven insert	New	74.4 (4.8)
With aluminum nose bridge, washed (no insert)	Washed 1 time	79.0 (4.3)
Cotton bandana		
Folded surgeon general style	New	49.9 (5.8)
Folded "bandit" style	New	49.0 (6.2)
Single-layer woven polyester gaiter/neck cover (balaclava bandana)	New	37.8 (5.2)
Single-layer woven polyester/nylon mask with ties	New	39.3 (7.2)
Nonwoven polypropylene mask with fixed ear loops	New	28.6 (13.9)
3-Layer woven cotton mask with ear loops	New	26.5 (10.5)
Medical face masks and modifications		
3M 9210 NIOSH-approved N95 respirator	New	98.4 (0.5)
Surgical mask with ties	New	71.5 (5.5)
Procedure mask with ear loops	New	38.5 (11.2)
Procedure mask with ear loops		
Loops tied and corners tucked in	New	60.3 (11.1)
Ear guard	New	61.7 (6.5)
23-mm Claw hair clip	New	64.8 (5.1)
Fix-the-mask (3 rubber bands)	New	78.2 (3.3)
Nylon hosiery sleeve	New	80.2 (3.1)

Abbreviations: FFE, fitted filtration efficiency; NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health.

^a The percentage of FFE corresponds to $100 \times (1 - \text{behind the mask particle concentration} / \text{ambient particle concentration})$. Overall FFE percentage and SD were calculated across the length of the test.

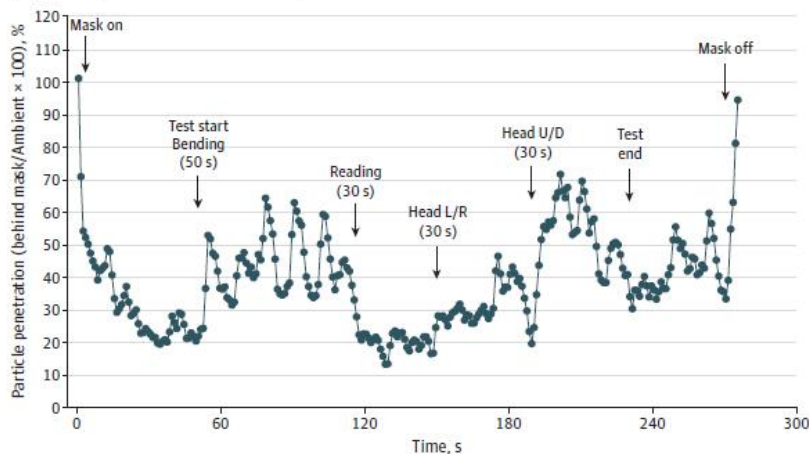
Figure 3. Evaluation of Fitted Filtration Efficiency (FFE) Using the US Occupational Safety and Health Administration Modified Ambient Aerosol CNC Quantitative Fit Testing Protocol for Filtering Facepiece

A Medical procedure mask with ear loops



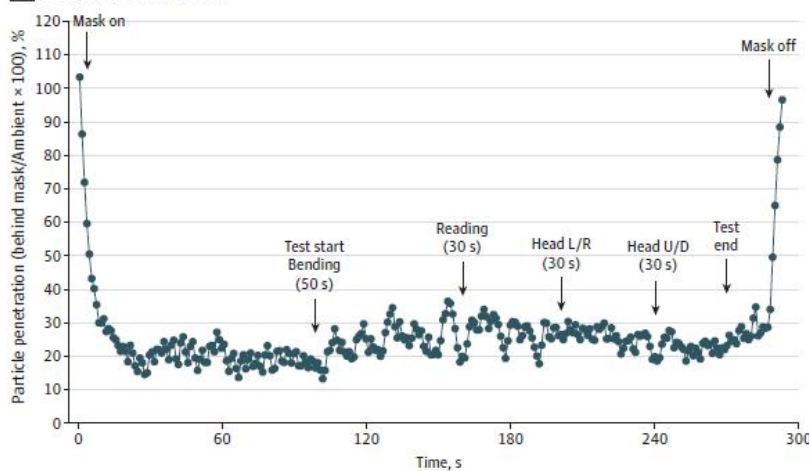
Overall % FFE
Mean (SD) over all tests,
38.5% (11.2%)

B Medical procedure mask with ear loops and corners tucked



Overall % FFE
Mean (SD) over all tests,
60.3% (11.1%)

C 2-Layer woven nylon mask



Overall % FFE
Mean (SD) over all tests,
74.4% (4.8%)

The overall FFE for a medical procedure mask with ear loops (A), medical procedure mask with the ear loops tied and mask corners tucked against the wearer's face (B), and 2-layer woven nylon mask with an aluminum nose bridge and 1 nonwoven filter insert (C) was 38.5%, 60.3%, and 74.4%, respectively. *Particle penetration* (y-axes) is defined as particle concentration behind the mask expressed as a percentage of the ambient particle concentration and is calculated during repeated-movement tests (bending at the waist, reading aloud, looking left and right, and looking up and down). The overall percentage of FFE is defined as $100 \times (1 - \text{behind the mask particle concentration} / \text{ambient particle concentration})$. Overall FFE percentage and SD were calculated across the length of the test. L/R indicates left/right; U/D, up/down.

Discusión

En este estudio, las mascarillas de grado consumo y las de procedimiento médico con modificaciones de la máscara se probaron como equipo de protección personal (protección para el usuario) contra un aerosol de prueba de partículas de NaCl de $0,05 \mu\text{m}$. Aunque la FFE de las máscaras de grado consumo y las cubiertas faciales era variable, la FFE de algunos de los productos de consumo excedieron a los de las máscaras de procedimiento de grado médico. Por ejemplo, la máscara de nailon tejida de 2 capas con las presillas para las orejas se probó en varias condiciones, incluso con y sin un puente nasal de aluminio, con y sin un inserto ni tejido disponible comercialmente y después de 1 ciclo de lavado en una lavadora doméstica estándar (secada al aire en un secador estándar). La máscara de nailon sin lavar, sin puente nasal o inserto tenía un FFE del 44,7%. La adición de un puente nasal redujo los huecos visibles alrededor de la nariz y aumento de la EF a un 56,3%. Agregar un inserto de filtro no tejido a la máscara con el puente nasal en su lugar resultó en un nuevo aumento en FFE a 74,4% (**Figura 3C**). Curiosamente, el FFE de la máscara de nailon (con el puente

nasal pero sin el elemento filtrante) mejoró ligeramente hasta un 79,0% después del lavado. No está claro por qué el lavado solo mejoró el FFE del 56,3% al 79,0%. Puede ser que el lavado / proceso de secado desenrede algunas de las fibras para aumentar la superficie de filtración general, y por lo tanto la eficiencia de filtración, de la media, o tal vez modificó la forma o el tamaño de la máscara de alguna manera, mejorando el ajuste, o ambos. La prueba de lavado / secado no se repitió con las máscaras de nailon adicionales. Se necesitan investigaciones adicionales para determinar la asociación entre los lavados únicos y múltiples con la integridad y la disposición del material de la máscara, y si serían necesarios para validar cualquier mejora en la FFE.

La máscara de algodón tejido, que constan de 3 capas y tiene un puente nasal de metal delgado y flexible, tenía el FFE más bajo en este estudio (26,5%). El tejido relativamente suelto de las capas de algodón, mientras proporciona una mejor transpirabilidad y comodidad, puede reducir la eficiencia de filtración. Además, evaluamos la FFE las de coberturas faciales improvisadas, incluido un pañuelo de algodón estándar y un pañuelo de pasamontañas con polaina para el cuello. El pañuelo de algodón cuando se pliega al estilo bandido o según las instrucciones del US Surgeon General, tiene aproximadamente un 50% de FFE, que es mejor que la máscara de procedimiento de bucle auricular que fue probada. Los pañuelos de pasamontañas con polainas de cuello también han surgido como una cobertura facial popular, particularmente entre atletas y jóvenes adultos. Como se probó en este estudio, la polaina de una sola capa, que estaba hecha de 92% poliéster y 8% elastano, y que se ajusta bien a la nariz y la boca del usuario, tenía un FFE del 37,8%. Mientras ésta cubierta facial parecía ajustarse bien al usuario, sin huecos en el sello, puede ser que el FFE relativamente bajo pueda atribuirse a la baja eficacia de filtrado de una sola capa fina de material tejido con gran porosidad.

Para las máscaras de procedimientos médicos, las modificaciones que aumentaron el ajuste entre la máscara y la cara del usuario, mejoraron el FFE. Simplemente atando las orejeras y metiendo las esquinas de la máscara contra las mejillas del usuario, se mejoró visiblemente el ajuste de la mascarilla y aumento la FFE de 38,5% a 60,3% (**Figura 3, A y B**). La modificación más eficaz probada fue el uso de una manga de calcetería de nailon colocada sobre la máscara del procedimiento. Esta modificación, que mantuvo la máscara ajustada a la cara del usuario, eliminó todas las brechas visibles y aumentó FFE de 38.5% a 80,2%. Sin embargo, colocarse la funda de nailon sobre el la máscara de procedimiento era engorroso y limitaba la capacidad del usuario para ajustar la misma. En general, las mejoras en el FFE de las máscaras de procedimiento parecieron estar asociadas con la integridad del sello de los bordes de la máscara a la cara del usuario, demostrando la importancia del ajuste de la mascarilla para maximizar la filtración.

Si bien todas las modificaciones descritas en la Tabla mejoraron la protección contra partículas en el aire para el usuario, no todas eran cómodas o prácticas, para un uso prolongado. Por ejemplo, la modificación de "fijar la máscara" con 3 bandas elásticas creó una presión considerable en las orejas del usuario (visible en **Figura 2E**), haciéndolo incómodo después de solo minutos de uso, y plantear preguntas sobre su adopción por parte del público en general. Si bien las modificaciones que se muestran en este artículo pueden mejorar el ajuste de la máscara y proporcionar una mayor filtración de partículas en el aire, es importante elegir una modificación en la que la incomodidad no sea un impedimento para usar la máscara durante períodos prolongados.

Limitaciones

Los datos presentados en este artículo proporcionan información sobre el uso de máscaras y cubiertas faciales como equipo de protección personal, que se define en este estudio como protección para el usuario contra la exposición a un aerosol compuesto de pequeñas partículas (0,05 μm). Sin embargo, reconocemos que existen limitaciones a estos hallazgos. Primero, todas las pruebas FFE se realizaron en un solo individuo para garantizar la coherencia y permitir un control para comparar entre los productos de prueba. La heterogeneidad entre las geometrías faciales de las personas puede resultar en la variabilidad del ajuste de la máscara y en diferencias en el FFE. En segundo lugar, el tamaño de las partículas de NaCl utilizado en este estudio (0,05 μm) puede no reflejar las partículas más penetrantes tamaño de partícula para todos los materiales de máscara probados. El tamaño de partícula más penetrante para medios filtrantes no electruros (filtros que recogen partículas por mecanismos aerodinámicos en lugar de electrostáticos) puede variar de 0,2 μm a 0,5 μm .¹² Como resultado, los valores de FFE informados a 0.05 μm pueden sobreestimar ligeramente el FFE de partículas en el rango de tamaño más penetrante.

Sin embargo, basado en los mecanismos de deposición de partículas que gobiernan la filtración (es decir, difusión, impactación, intercepción y sedimentación), es evidente que la protección contra las partículas de aerosoles de 0,05 μm también conferirían una protección similar o mejor contra aerosoles o gotitas mucho más grandes,¹³ que actualmente se creen que son la fuente predominante de la transmisión del COVID-19.

Conclusiones

Las máscaras tienen un doble propósito para proteger al usuario y a los demás. Estos análisis fueron diseñados para cuantificar la protección que las máscaras ofrecen al usuario cuando está expuesto a otros que puedan estar infectados. El FFE exacto requerido para prevenir la transmisión de los virus respiratorios no se conoce con precisión. Sin embargo, la evidencia de estudios previos sugiere que incluso las máscaras faciales con menos del 95% (p. ej., mascarillas quirúrgicas) son eficaces para prevenir la adquisición de los coronavirus epidémicos (SARS-CoV-1, SARSCoV-2) por parte de médicos, excepto posiblemente durante procedimientos de generación de aerosoles.⁶⁻⁸ Para la prevención de un coronavirus asociado, SARS-CoV-1, los respiradores, N95 no aumentaron el beneficio de prevención sobre las mascarillas quirúrgicas.⁷ En este artículo, informamos que estas sencillas modificaciones para mejorar el ajuste de la mascarilla médica pueden mejorar sustancialmente la eficiencia de filtración. Sin embargo, cuando se considera el FFE (combinando el ajuste y filtración de material), se demostramos la eficacia práctica de las máscaras de grado consumo, para ser, en muchos casos, casi equivalentes o mejores que sus homólogas, las mascarillas médicas no respiradores.

Referencias

1. Hou YJ, Okuda K, Edwards CE, et al. SARS-CoV-2 reverse genetics reveals a variable infection gradient in the respiratory tract. *Cell*. 2020;182(2): 429-446.e14. doi:[10.1016/j.cell.2020.05.042](https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.05.042)
2. To KK-W, Tsang OT-Y, Leung W-S, et al. Temporal profiles of viral load in posterior oropharyngeal saliva samples and serum antibody responses during infection by SARS-CoV-2: an observational cohort study. *Lancet Infect Dis*. 2020;20(5):565-574. doi:[10.1016/S1473-3099\(20\)30196-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30196-1)
3. Centers for Disease Control and Prevention Considerations for wearing cloth face coverings; help slow the spread of COVID-19. Accessed July 23, 2020. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/cloth-face-coverguidance.html>
4. Milton DK, Fabian MP, Cowling BJ, Grantham ML, McDevitt JJ. Influenza virus aerosols in human exhaled breath: particle size, culturability, and effect of surgical masks. *PLoS Pathog*. 2013;9(3): e1003205. doi:[10.1371/journal.ppat.1003205](https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003205)
5. Leung NHL, Chu DKW, Shiu EYC, et al. Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks. *Nat Med*. 2020;26(5):676-680. doi:[10.1038/s41591-020-0843-2](https://doi.org/10.1038/s41591-020-0843-2)
6. Chu DK, Akl EA, Duda S, Solo K, Yaacoub S, Schünemann HJ; COVID-19 Systematic Urgent Review Group Effort (SURGE) study authors. Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2020;395(10242):1973-1987. doi:[10.1016/S0140-6736\(20\)31142-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31142-9)
7. Offeddu V, Yung CF, Low MSF, Tam CC. Effectiveness of masks and respirators against respiratory infections in healthcare workers: a systematic review and meta-analysis. *Clin Infect Dis*. 2017;65(11):1934-1942. doi:[10.1093/cid/cix681](https://doi.org/10.1093/cid/cix681)
8. Cheng VC, Wong SC, Chuang VW, et al. The role of community-wide wearing of face mask for control of coronavirus disease 2019 (COVID-19) epidemic due to SARS-CoV-2. *J Infect*. 2020;81(1): 107-114. doi:[10.1016/j.jinf.2020.04.024](https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.04.024)
9. Sickbert-Bennett EE, Samet JM, Clapp PW, et al. Filtration efficiency of hospital face mask alternatives available for use during the COVID-19 pandemic. *JAMA Intern Med*. 2020. doi:[10.1001/jamainternmed.2020.4221](https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.4221)
10. Zhu N, Zhang D, Wang W, et al; China Novel Coronavirus Investigating and Research Team. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med*. 2020;382(8):727-733. doi:[10.1056/NEJMoa2001017](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001017)
11. Mueller AV, Eden MJ, Oakes JM, Bellini C, Fernandez LA. Quantitative method for comparative assessment of particle removal efficiency of fabric masks as alternatives to standard surgical masks for PPE. *Matter*. 2020;3(3): 950-962. doi:[10.1016/j.matt.2020.07.006](https://doi.org/10.1016/j.matt.2020.07.006)
12. Lee K, Liu B. On the minimum efficiency and the most penetrating particle size for fibrous filters. *J Air Pollution Control Association*. 1980;30(4):377-381. doi:[10.1080/00022470.1980.10464592](https://doi.org/10.1080/00022470.1980.10464592)
13. Hinds WC. *Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles*. John Wiley & Sons; 1999.