

Conceptos para la selección y uso de mascarillas y respiradores, como medidas de protección durante los brotes de influenza

KLINTSY J. TORRES-HERNÁNDEZ ✉
EDGAR E. SEVILLA-REYES

*Departamento de Investigación en Enfermedades Infecciosas,
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío
Villegas. México.
Trabajo recibido: 15-VII-2009; aceptado: 30-XI-2009
Conflicto de intereses: ninguno*

RESUMEN

La transmisión de agentes infecciosos a través de la vía respiratoria ha sido documentada en diversas epidemias como el SARS (del inglés severe acute respiratory syndrome), la influenza aviar y la reciente pandemia de influenza A/H1N1. La protección respiratoria es esencial para la seguridad de los trabajadores de la salud durante estas contingencias. En este artículo presentamos una revisión de los conceptos básicos de la protección respiratoria, la definición de los bioaerosoles y sus características, la filtración de microorganismos, los tipos de respiradores utilizados en epidemias de influenza y, finalmente, recomendaciones generales durante su uso. La implementación de cualquier método de barrera, como el uso de respiradores, deberá estar incluida dentro de un programa de bioseguridad integral en donde se describan procedimientos para el uso de respiradores.

230

Palabras clave:

Protección respiratoria, respiradores, mascarillas.

Key words: Respiratory protection, respirators, face masks.

ABSTRACT

Infectious agents transmission through the respiratory route has been documented in several epidemics, such as SARS (severe acute respiratory syndrome), avian influenza, and the recent pandemic of influenza A/H1N1. Respiratory protection is essential for the safety of health care workers during these contingencies. In this document, we present a review of the basic concepts of respiratory protection, bioaerosols and their characteristics, microorganism filtration, types of respirators used for influenza epidemics and, finally, general recommendations about their use. The implementation of barrier methods, such as the use of respirators, must be included in a complete biosafety program, in which procedures for the use of respirators must be described.

BIOAEROSOLE Y TRANSMISIÓN DE INFECCIONES

En la transmisión de infecciones hay diversos factores que intervienen para que los microorganismos patógenos puedan transmitirse del sujeto infectado a la persona susceptible, ya sea por contacto directo o de forma indirecta mediante

vectores biológicos e inanimados; estos últimos también conocidos como fomites. Las formas de exposición más reportadas que tienen los trabajadores de la salud a material infeccioso son las picaduras en dedos y manos con punzocortantes y las salpicaduras con material biológico en piel y en mucosas de ojos, nariz y boca.¹ En el caso de exposición a infecciones transmisibles por vía

respiratoria no es necesario que ocurra un accidente o un evento particular, sino la propia atención a los pacientes y la falta de uso o uso incorrecto del equipo de protección personal.^{2,3}

La transmisión respiratoria de patógenos infecciosos a los trabajadores de la salud ha sido ampliamente documentada en las epidemias de SARS (del inglés *severe acute respiratory syndrome*),⁴ influenza aviar,⁵ influenza estacional^{6,7} y pandémica A/H1N1.⁸ Al inicio de un brote epidémico siempre existe un período entre la aparición de los primeros casos, la identificación del agente causante y la implementación de medidas de protección, en el que personal hospitalario está expuesto a la infección, lo cual puede tener graves consecuencias, especialmente con microorganismos de alta transmisión y que producen una alta tasa de mortalidad en quienes adquieren la infección.⁹

En este artículo nos enfocamos a la protección respiratoria y sus conceptos básicos, la definición de los bioaerosoles y sus características, los conceptos sobre la filtración de microorganismos, los tipos de respiradores utilizados en epidemias de influenza y, finalmente, recomendaciones generales durante su uso. Recomendamos al lector revisar otros documentos versados en las medidas generales para control de infecciones transmitidas por contacto.¹⁰

Para elegir los equipos de protección respiratoria adecuados para manejar a un paciente infectocontagioso o material de laboratorio de seguridad microbiológica, es necesario tomar en cuenta varios factores relacionados con la patogenicidad y virulencia del microorganismo involucrado; pero, además, considerar las rutas de transporte y transmisión, así como los posibles vectores animados o inanimados involucrados.

Es importante mencionar que los términos apropiados descritos en manuales de bioseguridad de la OMS (Organización Mundial de la Salud),¹¹ internacionalmente aceptados y que estaremos utilizando en este texto para los equipos de protección respiratoria, dependiendo de su nivel de efectividad son dos: a) mascarillas, y b) respiradores. Los términos "cubreboque" o "tapaboca", aunque de gran uso, no son apropiados porque estos términos refieren el cubrir la boca y no a la nariz, y no hacen referencia a su capacidad

de filtración, concepto básico para la protección contra bioaerosoles.

Los virus de la influenza que infectan al humano se transmiten principalmente por vía respiratoria a través de gotas de secreciones respiratorias y aerosoles. Asimismo, pueden transmitirse por contacto del material contaminado con las mucosas de ojos, nariz y boca. Otros microorganismos pueden también transmitirse mediante inoculación (transmisión percutánea). Todas estas vías de transmisión deben tenerse en cuenta cuando se implementa un programa de control de infecciones.¹⁰

Los bioaerosoles son usualmente definidos como aerosoles o partículas de microorganismos, plantas o animales que pueden contener virus, bacterias, parásitos, hongos patógenos o no patógenos y/o sus productos.¹² Un concepto importante sobre la protección respiratoria a bioaerosoles es que los microorganismos son partículas que poseen forma, tamaño y peso, por lo que pueden ser filtrados. Las gotas son consideradas mayores a 5 μm y los aerosoles, menores a 5 μm , por lo que la transmisión ocurre por la diseminación de material infeccioso de tamaño tal que es respirable, alcanzando las vías aéreas distales de los pulmones e incluso los alvéolos;¹³ y pueden, asimismo, permanecer suspendidas durante cierto tiempo y recorrer cierta distancia.¹⁰ Una persona que tose o estornuda, produce partículas de entre 1 y 2,000 μm ,¹⁴ y el simple hecho de respirar permite la exhalación de aerosoles menores a 1 μm .¹⁵

La transmisión por gotas es técnicamente una forma de transmisión por contacto, y hace referencia al hecho de que algunos patógenos respiratorios pueden ser transmitidos durante la formación de gotas cuando una persona habla, tose o estornuda o durante procesos como la intubación,¹⁶ lo cual debemos considerar en el caso de transmisión de influenza.¹⁷ Las gotas que contienen virus pueden alcanzar distancias de hasta 1.82 m desde el lugar de emisión,⁴ como fue visto en la epidemia del SARS. Por ello es que se sugiere utilizar las medidas de protección a cualquier persona a menos de 2 m de distancia, o bien al entrar a un cuarto de una persona enferma.

Por definición, los aerosoles son suspensiones de partículas líquidas o sólidas en el aire lo sufi-

cientemente pequeñas como para permanecer en el aire por prolongados periodos de tiempo debido a su baja velocidad de sedimentación. Por ejemplo, para una caída de 3 m, una partícula de 100 μm requiere 10 seg; de 20 μm requiere 4 min; de 10 μm requiere 17 min; y una partícula de 5 μm , requiere 62 min.¹⁸ Ante estas circunstancias existe la recomendación de utilizar protección respiratoria para el manejo de pacientes con influenza, quienes generan aerosoles al estornudar o al toser, muchas de las cuales están en el intervalo de 5-10 μm o menos.¹⁹

Otro concepto importante es la dosis infecciosa, que hace referencia a la cantidad de microorganismos necesarios para producir una infección. La unidad de medida más utilizada es la dosis infecciosa necesaria para infectar al 50% de las células en un cultivo (TCID₅₀, del inglés *tissue culture infectious dose 50%*). En el caso de influenza,¹⁴ la dosis infecciosa en aerosoles es de aproximadamente 0.67 TCID₅₀. Aunque no es claro cuántas partículas virales (viriones) corresponden a 1 TCID₅₀, los cocientes TCID₅₀/viriones reportados están en el intervalo 1:100, 1:400 y 1:650. Un cálculo grueso, basado en los volúmenes de gotas, aerosoles y viriones, sugiere que pueden existir entre 10³ y 10⁷ viriones en gotas de 1 a 10 μm .¹⁴ Si una persona que tose o estornuda produce gotas de entre 1 y 2,000 μm ,¹⁴ podemos imaginar la cantidad de partículas virales emitidas. En cambio, en un estudio reciente se determinó que la generación de virus de influenza durante la respiración varía entre 3.2 y 20 partículas virales/min, y que el 87% de las partículas se encontraban por debajo de 1 μm de tamaño.¹⁵ Todo esto es importante porque en algunas infecciones se requieren cantidades muy pequeñas de microorganismos para producir una infección; por lo que debemos ser capaces de comprender qué ocurriría si existe una baja eficiencia de filtración o uso intermitente de los respiradores.

Los aerosoles con microorganismos sólo pueden causar enfermedad si pueden sobrevivir en el aire. Las investigaciones se han enfocado principalmente a la relevancia de la humedad relativa y la temperatura en la inactivación de virus de influenza A aerosolizados. Otros factores que podrían interferir son los contaminantes ambien-

tales y la luz UV solar.¹⁴ Se ha mencionado que el virus de influenza puede sobrevivir a muy baja humedad relativa (HR), y que es inactivado rápidamente en ambientes de mediana y alta humedad. El virus de influenza sobrevive durante 1 h (80% HR) y hasta 24 h (20% HR). Otro de los efectos de la HR tiene que ver con el tamaño de las gotas. Los aerosoles menores a 1 μm se evaporan rápidamente, aun en ambientes de alta HR, aunque las gotas de 100 μm sobreviven durante 1 min.¹⁴

Para elegir el tipo de protección respiratoria contra el virus de influenza son importantes las características y el tamaño de los aerosoles formados; pero, debemos tener en cuenta ciertas características relacionadas con los respiradores: la eficiencia de filtrado y la penetración, el flujo de aire, las características de sellado o ajuste a la cara y la degradación del material de filtración en un ambiente dado.²⁰

FILTRACIÓN

Para la protección respiratoria debe considerarse si se desea remover partículas o sustancias disueltas en el aire, como gases y vapores. En este artículo nos enfocaremos a la filtración de partículas, pero es importante enfatizar que los materiales filtrantes para partículas no evitan la inhalación de gases y vapores; por lo cual, los respiradores y mascarillas no deben utilizarse como protección respiratoria contra gases, vapores o productos químicos. En esos casos se requieren filtros químicos o sistemas de respiración autónomos.

Los filtros diseñados para remover partículas de un ambiente pueden ser de dos tipos: a) mecánicos, como los filtros HEPA (del inglés *high-efficiency particulate air*); y b) electrostáticos, como los presentes en los respiradores. Aunque funcionan y se fabrican en forma muy similar, los filtros electrostáticos poseen una carga eléctrica que incrementa la capacidad de filtración de las partículas, incluyendo los bioaerosoles. Los filtros son fabricados en diversos materiales como el algodón, fibra de vidrio, poliestireno, polipropileno y muchos otros. Estas fibras son colocadas y empacadas en forma perpendicular al flujo de aire, de forma que las partículas puedan ser atrapadas en ellas.²¹

Los mecanismos para atrapar a las partículas en los filtros son cuatro: impacto, intercepción, difusión y atracción electrostática. Los filtros mecánicos atrapan a las partículas sólo mediante los tres primeros mecanismos y dependen del tamaño de la partícula. El impacto ocurre cuando una partícula viaja en una corriente de aire, pasa cerca de la fibra y se desvía de la corriente de aire y colisiona contra la fibra, debido a la inercia. La intercepción ocurre cuando una partícula grande, debido a su tamaño, colisiona contra las fibras en el filtro. La difusión ocurre cuando el movimiento aleatorio (Browniano) de una partícula ocasiona el contacto de la partícula con la matriz del filtro. En el caso de la atracción electrostática, las fibras cargadas electrostáticamente colectan a todas las partículas que tienen carga opuesta. Para partículas mayores a $0.2 \mu\text{m}$, los mecanismos de recolección de las mismas son el impacto y la intercepción; pero para partículas menores, la difusión es el principal mecanismo. El grado de penetración de las partículas a través de los filtros aumenta con la velocidad y la HR.²¹

Otras características que pueden afectar la eficiencia de la filtración son el almacenamiento, mantenimiento y el tiempo de uso del equipo de filtración. Poco se sabe del efecto por largos periodos de almacenamiento sobre materiales filtrantes (respiradores y mascarillas); y con excepción de un estudio que habla de una baja pérdida en la eficiencia de filtración,²² es importante mencionar que las condiciones de almacenamiento, como temperatura, humedad y exposición al calor en condiciones extremas, podrían afectar a los respiradores.

TIPOS DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Dentro de la protección respiratoria para el manejo de microorganismos se han descrito tres tipos: a) mascarillas quirúrgicas y cubrebocas, b) respiradores, y c) PAPR (del inglés, *powered air-purifying respirators*), respiradores purificadores de aire de tipo forzado (eléctricos).

Mascarillas quirúrgicas y cubrebocas

Estos equipos tienen la función principal de proteger al paciente del material expedido por el personal médico al hablar o toser, principalmen-

te en cirugías y otros procedimientos invasivos; aunque algunos autores han puesto en duda esta función.²³ Por otro lado, estos equipos se han usado para reducir la exposición de los trabajadores al material infeccioso ocurrida a través de salpicaduras y gotas, principalmente. Sin embargo, su capacidad de filtración es muy limitada debido a que durante las pruebas de filtración no alcanzan el 95% mínimo requerido para proporcionar protección respiratoria,²⁴ incluso cuando se utilizan hasta cinco mascarillas al mismo tiempo.²⁵ Aunque hay algunas con mejor capacidad de filtración que otras, su funcionamiento varía significativamente según el modelo y el uso dado,²⁶ y no alcanzan el grado de protección de los respiradores N95, cuya clasificación se menciona más adelante. Otra limitante del uso de mascarillas quirúrgicas para la protección contra aerosoles menores de $5 \mu\text{m}$ es que al no sellar en la cara, permitirán la libre entrada de estas partículas al sistema respiratorio.

Las mascarillas de tipo quirúrgico se utilizan para atender a pacientes infectados con patógenos transmitidos por gotas o por contacto (partículas mayores a más de $5 \mu\text{m}$) y/o como parte de la protección facial durante las actividades de atención a pacientes que son propensos a generar salpicaduras o gotas de sangre, fluidos corporales, secreciones o excretas. Aunque las mascarillas quirúrgicas tienen cierta capacidad de filtración, no deben usarse cuando se atienden pacientes con enfermedades causadas por aerosoles (menor a $5 \mu\text{m}$), a menos que exista una baja disponibilidad de respiradores.²⁵ Estas mascarillas no están diseñadas para brindar un sello facial; por tanto, no filtran alrededor del borde de la mascarilla cuando el usuario inhala.²⁷

Actualmente se considera que la influenza humana A H1N1/2009 se transmite principalmente mediante gotas y contacto directo, por lo cual se recomienda el uso de mascarilla quirúrgica como protección respiratoria durante la atención general de los pacientes, siempre y cuando no se realicen procedimientos que generen aerosoles.^{28,29} Vale la pena recordar que la protección respiratoria es tan sólo una de las muchas medidas necesarias para evitar la transmisión de la influenza, pues el lavado frecuente de manos y otras medidas deben estar implementadas.

Respiradores

Los respiradores son equipos que filtran todo el aire que respira el usuario, aunque con mayor o menor eficiencia según el modelo y especificaciones.³⁰ En México, los respiradores deben cumplir con ciertas pruebas para ser usado como equipo de protección personal durante el trabajo en áreas de alto riesgo según la NOM-116-STPS-1994, Seguridad-Respiradores Purificadores de Aire contra Partículas Nocivas.³¹ Esta NOM (Norma Oficial Mexicana) define los límites de resistencia a la penetración de partículas y de resistencia a la inhalación para varios tipos de respiradores. Por su forma, esta norma los divide en respiradores de media cara que cubren nariz, boca y barbilla con un sello adecuado sobre piel seca o húmeda, cuando la cabeza se mueve y cuando el usuario habla; y respiradores de cara completa que cubren, además, los ojos. Otra característica definida por dicha norma es su necesidad de mantenimiento, los más comúnmente usados en el área clínica son los respiradores libres de mantenimiento que se desechan al dañarse, mancharse o cuando se ha saturado su elemento filtrante; los respiradores con mantenimiento cuentan con discos filtrantes desechables, además de un arnés, base de filtros y piezas faciales de larga duración y reutilización.

Existen nueve tipos de respiradores desechables para partículas, clasificados en tres grupos generales basados en su eficiencia de filtración y la resistencia a aceites. Los respiradores tipo N son los más utilizados en el área médica; pero los respiradores R y P, pueden utilizarse en caso de escasez de respiradores N. Las iniciales hacen referencia a su resistencia a aceites: N, no resiste aerosoles de aceite; P, parcial filtración de aerosoles de aceite; y R, resistente a los aerosoles de aceite. Para realizar las pruebas de eficiencia se utilizan DOP (Ftalato diaoctil) y NaCl (cloruro de sodio) particulados. A su vez, cada uno de ellos está clasificado por la eficiencia de filtración: 95%, 99% y 99.97%; de esta forma tenemos respiradores: a) N95, N99 y N100; b) R95, R99 y R100; c) P95, P99 y P100.³² Sin embargo, en Estados Unidos los únicos respiradores recomendados para su uso por la población general y para el manejo de emergencias de salud y descritos

en las guías interinas de la OMS pertenecen al grupo de N95 o superiores.³³

Por los materiales usados en su fabricación y los modelos de las distintas compañías, pueden encontrarse distintas eficiencias de filtración en cada tipo de respirador y según las características fisiológicas del usuario. En Estados Unidos los respiradores certificados por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) como N95 requieren un mínimo de filtración del 95% para las partículas más penetrantes (0.1 a 0.3 μm); pero a partículas mayores la eficiencia se incrementa, teniendo un 99.5% de eficiencia para partículas de 0.75 μm , y en pruebas con micobacterias la eficiencia es mayor al 99.5%. Aun cuando el virus de influenza pudiera presentarse en forma de aerosoles, su tamaño (0.12 μm) se encuentra dentro del intervalo de filtración de los respiradores.²⁰

A excepción de que se cuente con un sistema de control, descontaminación y mantenimiento para el reutilizado de sistemas respiradores, la recomendación es utilizar respiradores desechables, debido a que un factor importante es la sobrevivencia de los microorganismos en los filtros de los respiradores.³⁴ En el caso de influenza, la sobrevivencia de los virus ha sido descrita de entre unas cuantas horas, hasta una semana.³⁵

Un equipo PAPR es un sistema de respirador motorizado que utiliza un ventilador para llevar el aire filtrado a un casco, capucha o pieza facial. Existen muchas configuraciones de PAPR disponibles de acuerdo con la labor a realizar que casi siempre incluyen una unidad de motor, ventilador, batería, unidad de filtro HEPA y un tubo para respirar. En estos respiradores mecánicos, la filtración la realiza el filtro HEPA, generalmente colocado a nivel de la cintura y el tubo conduce el aire hasta una escafandra que cubre toda la cabeza del usuario. Aunque son altamente recomendados, tienen la limitante de que se requiere de protocolos de mantenimiento y de asegurar que funcionen adecuadamente. Las fallas en baterías o motores son un riesgo importante para los trabajadores.

RECOMENDACIONES GENERALES DURANTE EL USO DE RESPIRADORES

Las personas que atienden a pacientes infectados por un microorganismo con un modo de transmi-

sión desconocido, o patógeno conocido o con sospecha de transmisión aérea, o cuando se llevan a cabo procedimientos generadores de aerosoles, deben seleccionar un equipo de protección respiratoria del nivel más elevado posible, preferentemente un respirador para partículas.²⁷

El ajuste y el sello de los respiradores descartables para partículas son importantes para una función efectiva. Si no hay un buen ajuste y sello, se pueden inhalar partículas transmitidas por el aire a través de filtraciones, y el respirador para partículas puede no ser efectivo. Las personas que usan el respirador para partículas deben recibir capacitación sobre cómo usar el dispositivo; p. ej., colocación del respirador, evitar la autocontaminación durante el uso y la remoción y formas de lograr el mejor sellado.³⁶ Los hospitales deben seguir los reglamentos locales con respecto a la realización regular de la prueba de ajuste. La contaminación del personal durante la eliminación del equipo de protección personal es sumamente común, por lo que una apropiada técnica debe ser implementada en los sitios de trabajo.³⁷ Otras recomendaciones se mencionan en la Tabla I.

Las indicaciones, instrucciones o procedimientos proporcionados a los usuarios para el uso, revisión, reposición, limpieza, limitaciones, mantenimiento, resguardo, y disposición final del equipo de protección respiratoria deben al menos:³¹

- basarse en la información proporcionada por el proveedor, distribuidor o fabricante del equipo, y también la que la institución considere conveniente adicionar;
- en su caso, contar con instrucciones para verificar su correcto funcionamiento;
- identificar las limitaciones del equipo de protección respiratoria e incluir la información sobre la capacidad o grado de protección que éste ofrece;
- incluir la información que describa en qué condiciones no proporciona protección o dónde no se debe usar;
- considerar el tiempo de vida útil que el fabricante recomienda y las fallas o deterioros que el trabajador identifique, de forma tal que no impida su óptimo funcionamiento;

Tabla I. Recomendaciones generales durante el uso de respiradores.

1. Utilizar el respirador durante la atención a pacientes y manipulación de muestras.
2. Antes de colocarlo, revisar que el respirador se encuentre íntegro.
3. Realizar prueba de sellado del respirador a la cara: aspirar y espirar en busca de fugas.
4. No utilizar barba o bigote largo, porque impiden el sellado adecuado del respirador en la cara.
5. No realizar modificaciones, alteraciones o reparaciones de los respiradores.
6. Durante la actividad de riesgo, no debe tocarse el respirador.
7. Si el respirador se moja, se salpica o se contamina con material biológico, cambiar inmediatamente el respirador en un área de bajo riesgo.
8. Después de utilizar los respiradores, deberán ser considerados como contaminados, y deberán desecharse de acuerdo a las normas para el manejo de residuos biológico-infecciosos.
9. Si el suministro de respiradores es limitado, deberá priorizarse el uso, dando preferencia al personal que realiza las actividades de mayor riesgo, como durante los procedimientos que generan aerosoles.
10. Los respiradores no deben ser reutilizados, a menos que hayan sido específicamente diseñados con este fin.

- considerar las medidas técnicas o administrativas que se deben adoptar para minimizar los efectos que generen o produzcan alguna respuesta o reacción adversa en el trabajador durante o después de su uso o tras su uso repetido.

Finalmente, el éxito del control de infecciones y la mitigación de los riesgos del manejo de pacientes o muestras biológicas con potencial de transmisión de microorganismos respiratorios, dependerá de la apropiada selección, uso y desecho de los respiradores. Los errores, conscientes o inconscientes que se cometan durante la exposición a agentes infecciosos, podrán ocasionar que el trabajador de la salud adquiera una infección con sus diversas consecuencias.

REFERENCIAS

1. Pike RM. *Laboratory-associated infections: incidence, fatalities, causes, and prevention*. *Annu Rev Microbiol* 1979;33:41-66.
2. Morgan O, Kuhne M, Nair P, et ál. *Personal protective equipment and risk for avian influenza (H7N3)*. *Emerg Infect Dis* 2009;15:59-62.
3. Swaminathan A, Martin R, Gamon S, et ál. *Personal protective equipment and antiviral drug use during hospitalization for suspected avian or pandemic influenza*. *Emerg Infect Dis* 2007;13:1541-1547.
4. Wong TW, Lee CK, Tam W, et ál. *Cluster of SARS among medical students exposed to single patient, Hong Kong*. *Emerg Infect Dis* 2004;10:269-276.
5. Apisarntharak A, Mundy LM. *Influenza outbreak among health care workers in an avian influenza (H5N1)-endemic setting*. *Clin Infect Dis* 2006;43:1493-1494.
6. Sepkowitz KA. *Occupationally acquired infections in health care workers. Part I*. *Ann Intern Med* 1996;125:826-834.
7. Stott DJ, Kerr G, Carman WF. *Nosocomial transmission of influenza*. *Occup Med (Lond)* 2002;52:249-253.
8. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). *Novel influenza A (H1N1) virus infections among health-care personnel—United States, April–May 2009*. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2009;58:641-645.
9. Areechokchai D, Jiraphongsa C, Laosiritaworn Y, Hanshaoworakul W, O'Reilly M; Centers for Disease Control and Prevention (CDC). *Investigation of avian influenza (H5N1) outbreak in humans–Thailand, 2004*. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2006;55 Suppl 1:3-6.
10. Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, Chiarello L, and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee, 2007. *Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings*. Centers for Disease Control and Prevention. Fecha de acceso: 10 de septiembre de 2009. Accesible en: <http://www.cdc.gov/ncidod/dhqp/pdf/isolation2007.pdf>
11. Organización Mundial de la Salud. *Manual de Bioseguridad en el Laboratorio*. 3ra. ed (Español, 2005). Fecha de acceso: 17 de agosto de 2009. Accesible en: http://www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/CDS_CSR_LYO_2004_11SP.pdf
12. Douwes J, Thorne P, Pearce N, Heederik D. *Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects*. *Ann Occup Hyg* 2003;47:187-200.
13. Darquenne C, Prisk GK. *Aerosol deposition in the human respiratory tract breathing air and 80:20 heliox*. *J Aerosol Med* 2004;17:278-285.
14. Weber TP, Stilianakis NI. *Inactivation of influenza A viruses in the environment and modes of transmission: a critical review*. *J Infect* 2008;57:361-373.
15. Fabian P, McDevitt JJ, DeHaan WH, et ál. *Influenza virus in human exhaled breath: an observational study*. *PLoS One* 2008;3:e2691.
16. Fowler RA, Guest CB, Lapinsky SE, et ál. *Transmission of severe acute respiratory syndrome during intubation and mechanical ventilation*. *Am J Respir Crit Care Med* 2004;169:1198-1202.
17. Pachucki CT, Pappas SA, Fuller GF, Krause SL, Lentino JR, Schaaff DM. *Influenza A among hospital personnel and patients. Implications for recognition, prevention, and control*. *Arch Intern Med* 1989;149:77-80.
18. Tellier R. *Review of aerosol transmission of influenza A virus*. *Emerg Infect Dis* 2006;12:1657-1662.
19. Nicas M, Nazaroff WW, Hubbard A. *Toward understanding the risk of secondary airborne infection: emission of respirable pathogens*. *J Occup Environ Hyg* 2005;2:143-154.
20. Qian Y, Willeke K, Grinshpun SA, Donnelly J, Coffey CC. *Performance of N95 respirators: filtration efficiency for airborne microbial and inert particles*. *Am Ind Hyg Assoc J* 1998;59:128-132.
21. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2003. *Guidance for filtration and air-cleaning systems to protect building environments from airborne chemical, biological, or radiological attacks*. Fecha de acceso: 10 de septiembre de 2009. Accesible en: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-136/default.html#toc>
22. Viscusi DJ, Bergman M, Sinkule E, Shaffer RE. *Evaluation of the filtration performance of 21 N95 filtering face piece respirators after prolonged storage*. *Am J Infect Control* 2009;37:381-386.
23. Lipp A, Edwards P. *Disposable surgical face masks: a systematic review*. *Can Oper Room Nurs J* 2005;23:20-21,24-25, 33-38.
24. Lee SA, Grinshpun SA, Reponen T. *Respiratory performance offered by N95 respirators and surgical masks: human subject evaluation with NaCl aerosol representing bacterial and viral particle size range*. *Ann Occup Hyg* 2008;52:177-185.
25. Derrick JL, Gomersall CD. *Protecting healthcare staff from severe acute respiratory syndrome: filtration capacity of multiple surgical masks*. *J Hosp Infect* 2005;59:365-368.
26. van der Sande M, Teunis P, Sabel R. *Professional and home-made face masks reduce exposure to respiratory infections among the general population*. *PLoS One* 2008;3:e2618.
27. OMS, 2007. *Prevención y control de infección en enfermedades respiratorias agudas con tendencia epidémica y pandémica durante la atención sanitaria*. Pautas provisionales de la OMS. Fecha de acceso: 10 de septiembre de 2009. Accesible en: http://www.who.int/csr/resources/publications/11_EPR_AM3_E3_SPAN_LR.pdf
28. OMS, 2009. *Prevención y control de infecciones en la atención sanitaria a casos confirmados o sospechosos de gripe porcina por A(H1N1)*. Recomendaciones provisionales. Fecha de acceso: 10 de septiembre de 2009. Accesible en: http://www.who.int/csr/resources/publications/infection_control/es/index.html
29. CDC 2003. *Protocolo para la higiene respiratoria y el manejo de la tos en instalaciones médicas*. Fecha de acceso: 10 de septiembre de 2009. Accesible en:

- <http://www.cdc.gov/flu/espanol/pdf/resphygiene-espanol.pdf>
30. Roberge MR, Vojtko MR, Roberge RJ, Vojtko RJ, Landsittel DP. *Wearing an N95 respirator concurrently with a powered air-purifying respirator: effect on protection factor.* Respir Care 2008;53:1685-1690.
 31. NOM-116-STPS-1994, *seguridad-respiradores purificadores de aire contra partículas nocivas.* Diario Oficial de la Federación, 1996, 1 de febrero.
 32. NIOSH 1996. *Guide to selection and use of particulate respirators.* National Institute for Occupational Safety and Health. Fecha de acceso: 10 de septiembre de 2009. Accesible en: <http://www.cdc.gov/Niosh/userguid.html>
 33. Food and Drug Administration, HHS. *Medical devices; general hospital and personal use devices; classification of the filtering facepiece respirator for use by the general public in public health medical emergencies. Final rule.* Fed Regist 2007;72:36360-36363.
 34. Rengasamy A, Zhuang Z, Berryann R. *Respiratory protection against bioaerosols: literature review and research needs.* Am J Infect Control 2004;32:345-354.
 35. Thomas Y, Vogel G, Wunderli W, *et ál.* *Survival of influenza virus on banknotes.* Appl Environ Microbiol 2008;74:3002-3007.
 36. Hannum D, Cysan K, Jones L, *et ál.* *The effect of respirator training on the ability of healthcare workers to pass a qualitative fit test.* Infect Control Hosp Epidemiol 1996;17:636-640.
 37. Zamora JE, Murdoch J, Simchison B, Day AG. *Contamination: a comparison of 2 personal protective systems.* CMAJ 2006;175:249-254.

✉ **Correspondencia:**

Dra. Klinty J. Torres Hernández,
Departamento de Investigación en
Enfermedades Infecciosas.
Instituto Nacional de Enfermedades
Respiratorias Ismael Cosío Villegas.
Calzada de Tlalpan 4502, colonia
Sección XVI. México, D.F., 14080
Tel/Fax: +5255 5666 7985
Correo electrónico:
klinty@gmail.com