

Desinfección y reutilización de respiradores N95 durante pandemia por COVID-19

Disinfection and reuse of N95 respirators during the COVID-19 pandemic

Víctor Marcel Aguilar Salas¹ , Eleana Victoria Benavides Febres² 

RESUMEN

Introducción: Se está viviendo en un contexto de pandemia por COVID-19, en donde se evidencia la escasez de equipos de protección personal en salud y se prevé que continuará en el corto y mediano plazo. Por lo que considerar la reutilización o el uso prolongado de algunos equipos de protección personal, en especial de los respiradores, podría ser una alternativa a considerar.

Objetivo: Revisar y dar a conocer, en base a evidencia científica, distintas formas de desinfección para poder reutilizar de manera segura y asequible los respiradores N95.

Comentarios principales: Los respiradores N95 o sus equivalentes son de uso exclusivo del personal de salud para la atención de pacientes con sospecha o confirmación de COVID-19 y en procedimientos con generación de aerosoles. Su eficacia depende en gran medida del estado del respirador, de la capacidad de filtración, del sellado y de su uso adecuado. Son diversos los métodos para desinfectar, como la luz ultravioleta tipo C, el peróxido de hidrógeno, calor seco y húmedo, ozono, irradiación por microondas, etc. Si estos procedimientos no son realizados adecuadamente, podrían no ser efectivos.

Comentarios globales: En escenarios de escasez de equipos de protección personal la reutilización es un procedimiento viable, económico, seguro, potencialmente escalable y fácil de realizar. Los respiradores N95 requieren un procedimiento especial de desinfección para preservar su capacidad de filtración y sellado. Existe un limitado número de ciclos de desinfección y reutilización. La estufa en calor seco podría ser el método más asequible en entornos privados.

Palabras clave: equipo de protección personal; bioseguridad; COVID-19; descontaminación; infecciones por coronavirus.

ABSTRACT

Introduction: We are living in a context of COVID-19 pandemic, where the shortage of personal protective equipment in health is evident and it is expected that it will continue in the short and medium term. So, considering the reuse or prolonged use of some personal protective equipment, especially respirators, could be an alternative to consider.

Objective: To review and disseminate, based on scientific evidence, different forms of disinfection in order to safely and affordably reuse N95 respirators.

Main comments: N95 respirators or their equivalents are for the exclusive use of health personnel for the care of patients with suspected or confirmed COVID-19 and in aerosol generation procedures. Its effectiveness depends to a large extent on the condition of the respirator, the filtration capacity, the sealing and its proper use. There are several methods to disinfect, such as ultraviolet light type C, hydrogen peroxide, dry and humid heat, ozone, microwave irradiation, etc. If these procedures are not performed properly, they may not be effective.

Global feedback: In personal protective equipment shortage scenarios, reuse is a viable, economical, safe, potentially scalable and easy-to-perform procedure. N95 respirators require a special disinfection procedure to preserve their filtration and sealing capacity. There are a limited number of disinfection and reuse cycles. Dry heat stove might be the most affordable method in private settings.

Keywords: personal protective equipment; biosecurity; COVID-19; decontamination; coronavirus infections.

INTRODUCCIÓN

El SARS-CoV-2 fue notificado en humanos por primera vez en la provincia de Hubei, China, luego de identificar una neumonía atípica que tenía como origen el mercado de mariscos de Huanan en la ciudad de Wuhan. Este coronavirus se propagó por todo el mundo, dando lugar a una pandemia de la enfermedad denominada Coronavirus-2019 (COVID-19), declarada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en marzo del 2020.

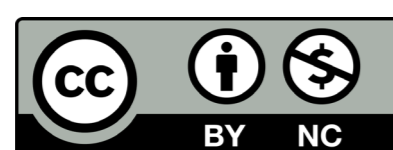
La transmisibilidad de esta enfermedad es muy

elevada, ocurre de humano a humano, de forma similar a la influenza común. El contacto cercano

Recibido: 09/11/2020
Aceptado: 01/04/2022

¹Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.

²Hospital III Yanahuara ESSALUD, Servicio Médico Quirúrgico. Arequipa, Perú.



hace posible que las microgotas que se expulsan cuando se tose, estornuda e incluso habla de una persona infectada llegue a otra por proximidad.⁽¹⁾

Dentro de las medidas específicas de prevención que el personal de salud (PS) debe adoptar, está el uso de los equipos de protección personal (EPP). Estos son dispositivos, materiales e indumentaria que tienen por objeto crear una barrera entre el PS y los microorganismos, previniendo su propagación en especial cuando se entra en contacto con sangre u otros fluidos corporales. Cada país tiene normas que regulan su uso, siendo muy similares entre ellos. Es importante considerar que, los EPP no son capaces de ofrecer una protección total, pero sí minimizar el riesgo cuando son combinados con otras medidas de protección.

Los EPP que deben utilizar el PS que trabaja con aerosoles incluye: respiradores con mascarilla de filtrado (FFP), mascarillas quirúrgicas, batas de protección impermeables, guantes, lentes de protección con ventosas, protectores faciales, cubre cabeza y cubre calzado, entre otros.⁽²⁾

El uso de guantes descartables protege las manos de los microorganismos y ayuda a reducir su propagación. Para proteger los ojos se debe usar gafas con cierre hermético y cubierta facial. Este tipo de protección evita que los líquidos corporales entren en contacto con la mucosa ocular, en especial cuando se trabaja con instrumentos que generen aerosoles, como la pieza de mano odontológica. Las batas impermeables con mangas largas y puños elásticos deben cubrir hasta el cuello, esto con la finalidad de evitar que los líquidos toquen la piel o lleguen a la indumentaria del profesional. Las mascarillas quirúrgicas cubren la nariz y la boca, algunas tienen una parte plástica transparente que cubre hasta los ojos, previniendo así, la transmisión y también pueden evitar que se inhale algunos microorganismos de gran tamaño.

Los respiradores N95 con mascarilla de filtrado combinan el sellado con la capacidad de filtración del aire para prevenir el ingreso y la salida de aerosoles y partículas infecciosas. Estos respiradores filtran por lo menos el 95 % de las partículas en el aire mayores de 0,3 μm (300 nm). Si las partículas midieran entre 0,1 a 0,3 μm se filtraría el 95 % de ellas. Si midieran más de 0,75 μm se filtraría el 99,5 %, lo que las hace efectivas para el SARS-CoV-2 porque este virus mide entre 0,05 y 0,2 μm (50 y 200 nm).^(3,4) También es efectivo contra el bacilo de la tuberculosis, virus como el de la hepatitis B o el VIH, por lo tanto, estas características la hace, entre los EPP, especial.

Actualmente se vive en un contexto de pandemia por COVID-19, donde se evidencia la escasez de los EPP en salud y se prevé que esto continuará en el corto y mediano plazo, consecuentemente. Considerar la reutilización o el uso prolongado de algunos EPP podría ser una alternativa, tomando en cuenta que, la reutilización con procesos de desinfección no adecuados puede aumentar el riesgo de propagación de infecciones por pérdida de la capacidad de protección.

INTERROGANTES, PERTINENCIA Y OBJETIVO

¿Qué tan pertinente es reutilizar los respiradores N95 ante la escasez y/o falta de recursos con los que se vive en estos momentos en la mayoría de los establecimientos de salud públicos y privados?

El objetivo de la presente investigación es revisar y dar a conocer, en base a evidencia científica, las formas de reutilizar de la manera más adecuada los respiradores N95.

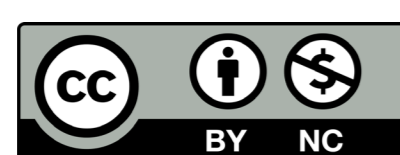
COMENTARIOS PRINCIPALES

Son dos los EPP que se pueden utilizar para proteger la vía aérea: la mascarilla quirúrgica y los respiradores N95. En el caso del PS que trabaja con aerosoles, la mascarilla quirúrgica no es un elemento suficiente de protección. Se acostumbra a utilizar sobre el respirador de mayor filtración para evitar las salpicaduras y así poder prolongar su vida útil o cuando no hay contacto directo con un paciente sospechoso de COVID-19.

Los respiradores N95 o equivalentes son de uso exclusivo para el PS, ante la sospecha o confirmación de un paciente con COVID-19. Probablemente sean los más escasos por su producción, demanda y costo; pero también, son los EPP que se usan con mayor frecuencia para controlar la exposición a infecciones transmitidas por vía aérea. Su eficacia depende en gran medida del estado del respirador, la capacidad de filtrado, el ajuste y el uso adecuado.

Luz ultravioleta tipo C (germicida)

Es el espectro electromagnético de radiación de luz, cuyos rangos van de 200 a 280 nm. Revisiones sistemáticas^(5,6) evaluaron la eficacia, penetración de partículas, resistencia al flujo de aire, actividad germicida e impacto en las características físicas/ajuste posterior a la desinfección por irradiación de luz ultravioleta tipo C (germicida) en distintos respiradores N95, con resultados muy prometedores contra el SARS-CoV-2. Es importante considerar que, se recomienda una dosis acumulativa de no menos de 20,000 e idealmente 40,000 J/m² para la aplicación clínica de la luz ultravioleta (UV) por ciclo. En esta dosis no se altera el rendimiento



(penetración de partículas, resistencia al flujo de aire) y tampoco se afecta el ajuste, pero se requiere más investigación por la posible degradación de los elásticos en repetidas exposiciones, como la manipulación inadecuada al ponerse o retirarse el respirador, o su desgaste por el uso. Algo que también se evidencia es el olor particular que adquieren los respiradores posteriores a su desinfección por este medio, que desaparece con el tiempo y no está asociado a toxicidad.

Lo que falta estudiar mejor es: ¿Cuántos son los ciclos de desinfección que pueden aplicarse de manera segura?

Bergman y otros⁽⁷⁾ indican que de manera segura se puede realizar hasta 10 ciclos de desinfección y a partir de 20 ciclos se observa degradación de las correas. Es importante aclarar que, una exposición continua de 45 min a luz UV constituye 3 ciclos de exposición. Fischer y otros⁽⁸⁾ informan que la efectividad en la inactivación del SARS-CoV-2 por UV se produce rápidamente en el acero pero más lentamente en la tela N95, debido a su naturaleza porosa.

Considerar una distribución adecuada de la luz, que no produzca sombras, podría influir en la intensidad lumínica que llega a la superficie de los respiradores. Es por esta razón que los hornos de esterilización por luz UV serían los más adecuados y eficaces.

Peróxido de hidrógeno

Se suele utilizar comúnmente para la desinfección química de equipos médicos a baja temperatura. Se utiliza en equipos que no pueden resistir la esterilización a altas temperaturas por calor. Cuando se aplicó para descontaminar respiradores N95, los resultados fueron positivos demostrando efectividad hasta con microorganismos más patógenos que el SARS-CoV-2.

Existen tres tipos de formas de uso: el peróxido de hidrógeno ionizado (PHI), el plasma gaseoso de peróxido de hidrógeno (PGPH) y el vapor de peróxido de hidrógeno (VPH). El VPH demostró que no produce cambios en la calidad del filtro o en el ajuste con hasta 3 ciclos de desinfección, aunque se informa que podría resistir hasta 20 ciclos.⁽³⁾ Lieu y otros⁽⁹⁾ consideran que un factor a tener en cuenta es que su uso prolongado, sumado a la desinfección por VPH, podría hacerlo fallar. Esto varía según el tipo de respirador, por ese motivo, la cantidad de ciclos de resistencia debe ser menor.

Por otro lado, los respiradores N95 que contienen celulosa son incompatibles con la desinfección con peróxido de hidrógeno, ya que lo absorben, disminuyendo así su concentración.

Para poder descontaminar con peróxido de hidrógeno, en cualquiera de las presentaciones mencionadas anteriormente, es necesario el uso de un equipo especial. Para el vaporizado se puede usar un equipo como el generador Clarus R HPV de Bioquell (peróxido de hidrógeno al 30 %) o el V-PRO MAX de baja temperatura (peróxido de hidrógeno al 59 %), entre otros. Por lo tanto, este tipo de desinfección no sería de aplicabilidad en servicios pequeños como el consultorio dental, más sí, para los hospitalarios.

Esterilización por calor

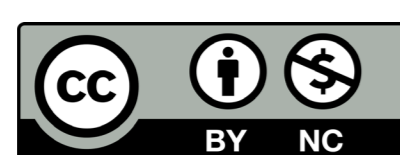
Se tiene dos tipos de esterilización por calor, el húmedo brindado por una autoclave y el seco provisto por una estufa. La evidencia demuestra que el virus SARS-CoV-2 puede ser inactivado a 70 °C de temperatura en un tiempo de 5 minutos. De esta forma se reduce más de seis veces la dosis infectiva en tejidos de cultivo.⁽¹⁰⁾

Es común en algunas instituciones de salud el uso de autoclave para esterilizar los respiradores N95 por medio del calor húmedo. Sin embargo, una reciente investigación mostró que al aplicar el ciclo de 121 °C a 104 kPa, durante 30 minutos y a un secado de 30 minutos (equivalente al ciclo de esterilización de algodones), a respiradores N95 de la marca 3M modelo 8210 y 1070 se evidenció daños físicos y pérdida de elasticidad de las correas, además de reducción de la eficacia del filtro pero dentro de los límites permisibles.⁽¹¹⁾ También se informó de deformación, encogimiento, endurecimiento y moteado,⁽¹²⁾ lo que afectaría su capacidad de sellado y filtración.

Cuando se utiliza calor seco para neutralizar el SARS-CoV-2, no es necesario alcanzar altas temperaturas. En un estudio se utilizó como sustituto de este virus al coronavirus respiratorio porcino (VCRP) por su similitud en cuanto a la longitud del genoma y la estructura del virión para desinfectar respiradores N95 y sus respectivas correas, se sometió a un calor seco de 102 °C (± 4) durante 60 minutos (± 15). Los resultados informaron inactivación del coronavirus de manera exitosa en la superficie activa de los respiradores. A nivel de correas fueron similares tanto en el grupo de estudio como control, por lo que no se puede aseverar el efecto mediante este método a nivel de correas, ya que, podrían influenciar el tipo de material o la misma superficie de la correa.⁽¹³⁾

La investigación recomienda que la temperatura aplicada a un respirador de forma repetida, con una eficiencia mayor o igual a 95 %, debe ser menor a 100 °C y que, con temperaturas menores o iguales a 85 °C, la humedad no parece jugar un papel importante en la pérdida de filtración.⁽¹⁰⁾

Ou y otros⁽¹⁵⁾ aplicaron la desinfección en horno a 77 °C por 30 minutos. A esta temperatura no se observó ninguna degradación de la eficiencia después de 10 ciclos y se consideró seguro para la integridad y el ajuste.



⁽¹⁴⁾ Se informa que podría realizarse a 70 °C por 30 minutos, por lo que, esta podría ser la forma más asequible para el tratamiento de desinfección de los respiradores N95 en el entorno odontológico privado.

Ozono

El ozono es un gas altamente oxidante, que se genera a partir del oxígeno atmosférico, es asequible, económico y su equipamiento no requiere de gran volumen. Ha demostrado ser efectivo en el proceso de desinfección, respetando ciertas condiciones. Se recomienda exposiciones de al menos 40 minutos a 20 ppm de ozono y una humedad relativa mayor al 70 % a temperatura ambiente (21-24 °C). Con lo anteriormente expuesto se consigue una reducción de 4 log (99,99 %) de la infectividad viral. La capacidad de filtración de respiradores N95 no se vio comprometida, a excepción de las bandas elásticas que se tensaron también asociadas al uso.⁽¹⁶⁾

Rubio y otros⁽¹⁵⁾ indican que la concentración debe ser de 10 a 20 ppm con una exposición de al menos 10 minutos. Consideran que es una solución improvisada para situaciones de necesidad como la pandemia de COVID-19, pero no una solución óptima a largo plazo.

Irradiación con microondas

Se denomina microondas a las ondas electromagnéticas que generalmente están entre los 300 MHz y 30 GHz. Los hornos microondas domésticos operan a la frecuencia de 2450 MHz.

Gertsman y otros⁽¹²⁾ en una revisión sistemática reciente evaluaron la desinfección, capacidad de filtrado, ajuste y cambios físicos de respiradores N95 mediante la irradiación de microondas en condiciones secas y húmedas. Cuando se aplicaron en tiempos de 90 y 240 segundos, en ambas se identificó una alteración negativa en su capacidad de filtración, pero en niveles que no alteraron los estándares de certificación. Con respecto a la resistencia al flujo de aire se observó un aumento mínimo o nulo, también manteniéndose dentro de lo adecuado. Concluyen que la irradiación con microondas redujo eficazmente la carga viral de los respiradores. También informaron que las fallas del ajuste se asocian más con un uso prolongado y la reutilización de los respiradores incluso sin ningún tratamiento de desinfección. Además, sugieren temperaturas moderadas que no superen los 90 °C en condiciones secas o húmedas, demostrando ser eficaces en la desinfección por patógenos virales sin comprometer el rendimiento o la función del respirador.

Pascoe y otros⁽¹⁷⁾ indican que el horno de microondas de 1800 watts a 90 segundos con 100 o 200 ml de agua es potencialmente eficaz para descontaminar algunos tipos de respiradores tipo FFP2 / N95, mientras estaban secos.⁽¹⁷⁾ Sin embargo, es poca la evidencia que se encuentra con este procedimiento de desinfección.

Otros

La utilización de métodos basados en aplicación de soluciones de etanol y cloro en remojo o rociado “degradan drásticamente la eficiencia de filtración”, como consecuencia de los cambios provocados en la carga electrostática agregada a las capas de filtración, más no la capacidad de sellado.^(10,14) El amonio cuaternario puede destruir el material de filtración.

Lo que sí está muy claro es que los respiradores contaminados con sangre, secreciones respiratorias, nasales u otros fluidos corporales de los pacientes, deben ser desechados, no se deben reutilizar.

COMENTARIOS GLOBALES

En escenarios de escasez de EPP, la reutilización es un procedimiento viable, económico, seguro, potencialmente escalable y fácil de realizar. Los respiradores tipo N95 requieren un procedimiento especial de desinfección para preservar su capacidad de filtración y sellado, lo que limita el número de ciclos de desinfección y reutilización. Este uso extendido también se verá limitado por el deterioro propio de su utilización o la contaminación por sangre, secreciones respiratorias, nasales u otros fluidos corporales. El manejo desde su retiro hasta la nueva desinfección debe extremar los cuidados de manipulación adecuados. La estufa en calor seco podría ser el método más asequible en entornos privados.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Jayaweera M, Perera H, Gunawardana B, Manatunge J. Transmission of COVID-19 virus by droplets and aerosols: A critical review on the unresolved dichotomy. *Environ Res*; 2020 [acceso 27/06/2020];188:109819. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7293495/>
- Holland M, Zaloga DJ, Friderici CS. COVID-19 Personal protective equipment (PPE) for the emergency physician. *Vis J Emerg Med*; 2020 [acceso 08/11/2020];19:100740. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7143707/>
- Steinberg BE, Aoyama K, McVey M, Levin D, Siddiqui A, Munshey F, et al. Efficacy and safety of decontamination for N95 respirator reuse: a systematic literature search and narrative synthesis. *Can J Anaesth*; 2020 [acceso 30/08/2020];1-10. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7384726/>
- Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med*; 2020 [acceso 27/06/2020];382(8):727-33. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7092803/>
- O'Hearn K, Gertsman S, Sampson M, Webster R, Tsampalieros A, Ng R, et al. Decontaminating N95 and SN95 masks with ultraviolet germicidal irradiation does not impair mask efficacy and safety. *J Hosp Infect*; [acceso 30/08/2020];106(1):163-75. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195670120303455>
- Rodriguez-Martinez CE, Sossa-Briceño MP, Cortés JA. Decontamination and reuse of N95 filtering facemask respirators: A systematic review of the literature. *Am J Infect Control*; 2020 [acceso 08/11/2020];S0196-6553(20)30690-8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7342027/>
- Bergman MS, Viscusi DJ, Heimbuch BK, Wander JD, Sambol AR, Shaffer RE. Evaluation of multiple (3-cycle) decontamination processing for filtering facepiece respirators. *J Eng Fibers Fabr*. 2010;5(4):155892501000500400. DOI: [10.1177/155892501000500405](https://doi.org/10.1177/155892501000500405)
- Fischer RJ, Morris DH, van Doremalen N, Sarchette S, Matson MJ, Bushmaker T, et al. Assessment of N95 respirator decontamination and re-use for SARS-CoV-2. *medRxiv. Preprint*; 2020 [acceso 05/09/2020]; 2020.04.11.20062018. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7217083/>
- Lieu A, Mah J, Zanichelli V, Exantus RC, Longtin Y. Impact of extended use and decontamination with vaporized hydrogen peroxide on N95 respirator fit. *Am J Infect Control Preprint*; 2020 [acceso 05/09/2020]; S0196-6553 (20) 30775-6. Disponible en: <https://www.ajicjournal.org/action/showPdf?pii=S0196-6553%2820%2930775-6>
- 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 [acceso 05/09/2020] 14(5): 6348-56. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7202248/>
- Grinshpun SA, 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 [acceso 05/09/2020];105(4):608-14. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195670120303157>
- Gertsman S, Agarwal A, O'Hearn K, Webster R, Tsampalieros A, Barrowman N, et al. Microwave- and Heat-Based Decontamination of N95 Filtering Facepiece Respirators: A Systematic Review. *J Hosp Infect*; 2020 [acceso 13/09/2020];106 (3): 536-553. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195670120304035>
- Ludwig-Begall LF, Wielick C, Dams L, Nauwynck H, Demeuldre P-F, Napp A, et al. The use of germicidal ultraviolet light, vaporised hydrogen peroxide and dry heat to decontaminate face masks and filtering respirators contaminated with a SARS-CoV-2 surrogate virus. *J Hosp Infect*; 2020 [acceso 05/09/2020];106 (3): 577-84. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7462546/>
- Ou Q, Pei C, Chan Kim S, Abell E, Pui DYH. Evaluation of decontamination methods for commercial and alternative respirator and mask materials - view from filtration aspect. *J Aerosol Sci*; 2020 [acceso 05/09/2020];150:105609. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021850220300987>
- Rubio-Romero JC, Pardo-Ferreira M del C, 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*; 020 [acceso 25/09/2020];129:104830. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753520302277>
- Dennis R, Pourdeyhimi B, Cashion A, Emanuel S, Hubbard D. Durability of Disposable N95 Mask Material When Exposed to Improvised Ozone Gas Disinfection. *J Sci Med*; 2020 [acceso 12/09/2020];2(1). Disponible en: <https://www.josam.org/josam/article/view/37>
- Pascoe MJ, Robertson A, Crayford A, Durand E, Steer J, Castelli A, et al. Dry heat and microwave-generated steam protocols for the rapid decontamination of respiratory personal protective equipment in response to COVID-19-related shortages. *J Hosp Infect*; 2020 [acceso 13/09/2020];106(1):10-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7343662/>

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

