



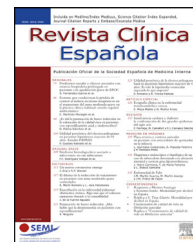
Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID-19. The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect, the company's public news and information website.

Elsevier hereby grants permission to make all its COVID-19-related research that is available on the COVID-19 resource centre - including this research content - immediately available in PubMed Central and other publicly funded repositories, such as the WHO COVID database with rights for unrestricted research re-use and analyses in any form or by any means with acknowledgement of the original source. These permissions are granted for free by Elsevier for as long as the COVID-19 resource centre remains active.



Revista Clínica Española

www.elsevier.es/rce



ORIGINAL

Brote nosocomial de COVID-19 en una planta de medicina interna: probable transmisión aérea

M. Andrés^{a,*}, M.-C. García^a, A. Fajardo^a, L. Grau^b, L. Pagespetit^b, V. Plasencia^c, I. Martínez^d, C. Abadía^e, A. Sanahuja^f y F. Bella^a

^a Unidad de Enfermedades Infecciosas, Servicio de Medicina Interna, Hospital de Terrassa (Consorti Sanitari de Terrassa), Terrassa (Barcelona), España

^b Equipo de Control de Infecciones, Unidad de Enfermedades Infecciosas, Servicio de Medicina Interna, Hospital de Terrassa (Consorti Sanitari de Terrassa), Terrassa (Barcelona), España

^c Laboratorio de Microbiología, CATLAB, Viladecavalls (Barcelona), España

^d Servicio de Prevención de Riesgos Laborales, Hospital de Terrassa (Consorti Sanitari de Terrassa), Terrassa (Barcelona), España

^e Servicio de Salud Laboral, Hospital de Terrassa (Consorti Sanitari de Terrassa), Terrassa (Barcelona), España

^f Departamento de Recursos Físicos, Hospital de Terrassa (Consorti Sanitari de Terrassa), Terrassa (Barcelona), España

Recibido el 13 de diciembre de 2021; aceptado el 9 de abril de 2022

PALABRAS CLAVE

COVID-19;
SARS-CoV-2;
Brote;
Transmisión aérea;
Infección nosocomial

Resumen

Antecedentes y objetivos: A pesar de los datos cada vez mayores que respaldan la importancia de la transmisión aérea en la infección por el SARS-CoV-2, en la inmensa mayoría de los brotes nosocomiales descritos de COVID-19 no se ha considerado relevante. El objetivo de este estudio consiste en describir un brote nosocomial de infección por el SARS-CoV-2 cuyas características indican que la transmisión por aerosoles desempeñó un papel importante.

Métodos: Se trata de un análisis descriptivo de un brote nosocomial de infección por el SARS-CoV-2 en una planta de medicina interna que tuvo lugar en diciembre de 2020. Todos los casos se confirmaron mediante una PCR positiva para SARS-CoV-2.

Resultados: Entre el 5 y el 17 de diciembre, 21 pacientes y 44 profesionales sanitarios contrajeron una infección nosocomial por el SARS-CoV-2. De los 65 casos, 51 (78,5%) se diagnosticaron entre el 6 y el 9 de diciembre. La tasa de afectación en los pacientes fue del 80,8%. Entre los profesionales sanitarios, la tasa fue mayor en los que habían trabajado al menos una jornada laboral completa en la planta (56,3%) que en los que habían estado ocasionalmente en ella (25,8%; $p=0,005$). Tres días antes de detectar el primer caso positivo se identificó una avería en 2 extractores de aire, que afectó a la ventilación de 3 habitaciones. Dieciséis casos cursaron de forma asintomática, 48 manifestaron síntomas leves y 2 precisaron ingreso en la unidad de cuidados intensivos. Todos los casos se recuperaron finalmente.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: lagida@hotmail.com (M. Andrés).

<https://doi.org/10.1016/j.rce.2022.04.001>

0014-2565/© 2022 Elsevier España, S.L.U. y Sociedad Española de Medicina Interna (SEMI). Todos los derechos reservados.

Conclusiones: La elevada tasa de afectación, la naturaleza explosiva del brote y la coincidencia en el tiempo con la avería de los extractores de aire en algunas habitaciones de la planta indican que la transmisión aérea desempeñó un papel fundamental en el desarrollo del brote.

© 2022 Elsevier España, S.L.U. y Sociedad Española de Medicina Interna (SEMI). Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

COVID-19;
SARS-CoV-2;
Outbreak;
Airborne
transmission;
Nosocomial infection

Nosocomial outbreak of COVID-19 in an internal medicine ward: Probable airborne transmission

Abstract

Background and objectives: Despite the increasing evidence supporting the importance of airborne transmission in SARS-CoV-2 infection, it has not been considered relevant in the vast majority of reported nosocomial outbreaks of COVID-19. The aim of this study is to describe a nosocomial outbreak of SARS-CoV-2 infection whose features suggest that aerosol transmission had an important role.

Methods: This is a descriptive analysis of a nosocomial outbreak of SARS-CoV-2 infection in an internal medicine ward that occurred in December 2020. All cases were confirmed by a positive PCR test for SARS-CoV-2.

Results: From December 5 to December 17, 21 patients and 44 healthcare workers developed a nosocomial SARS-CoV-2 infection. Fifty-one of the 65 cases (78.5%) were diagnosed between December 6 and 9. The attack rate in patients was 80.8%. Among workers, the attack rate was higher in those who had worked at least one full working day in the ward (56.3%) than in those who had occasionally been in the ward (25.8%, $p=0.005$). Three days before the first positive case was detected, 2 extractor fans were found to be defective, affecting the ventilation of 3 rooms. Sixteen cases were asymptomatic, 48 cases had non-severe symptoms, and 2 cases required admission to the intensive care unit. All patients eventually recovered.

Conclusion: The high attack rate, the explosive nature of the outbreak, and the coincidence in time with the breakdown in air extractors in some rooms of the ward suggest that airborne transmission played a key role in the development of the outbreak.

© 2022 Elsevier España, S.L.U. and Sociedad Española de Medicina Interna (SEMI). All rights reserved.

Introducción

Desde la aparición de la COVID-19 se ha producido un número importante de infecciones por el SARS-CoV-2 en profesionales sanitarios¹. En la primera ola pandémica, el 12% de las infecciones confirmadas en Italia afectaron a profesionales sanitarios, mientras que este porcentaje superó el 16% en España². También se describieron varios brotes nosocomiales de COVID-19 que afectaron a profesionales sanitarios y a pacientes hospitalizados³.

Se ha considerado que las gotas respiratorias y el contacto directo (de persona a persona) o, más raramente, indirecto (a través de fómites), son las principales vías de transmisión del SARS-CoV-2⁴, mientras que la posible transmisión por aerosoles ha sido objeto de controversia⁵⁻⁸.

El objetivo de este estudio consiste en describir un brote nosocomial de infección por el SARS-CoV-2 cuyas características indican que la transmisión por aerosoles desempeñó un papel importante, así como en detallar las medidas adoptadas para controlarlo.

Métodos

Entorno

El brote tuvo lugar en una planta de medicina interna de un hospital docente de 350 camas que atiende a una población de unos 200.000 habitantes. La planta tiene capacidad para 28 pacientes en 13 habitaciones dobles y 2 habitaciones individuales y está ubicada en la séptima de las 11 plantas de un edificio que fue inaugurado en 1989 (fig. 1).

En la terraza del hospital hay un climatizador común para las habitaciones y las áreas de trabajo, que suministra aire primario a los inductores ubicados en la zona de entrada de cada habitación. Este inductor mezcla el aire primario a presión con el aire de la habitación. El suministro de aire para el pasillo y el vestíbulo de la planta corre a cargo de otro climatizador. La extracción de aire de las habitaciones se lleva a cabo en el baño, a través de un cajón de obra vertical que termina en la terraza, donde se encuentra el extractor.

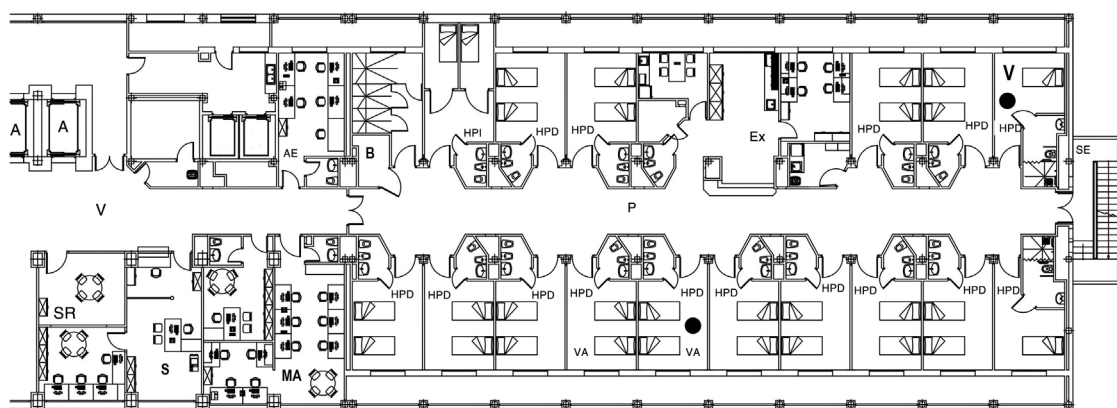


Figura 1 Plano de la planta de hospitalización en la que se produjo el brote de infección por el SARS-CoV-2.

A: ascensor; AE: área de enfermería; AM: área médica; B: baño; Ex: sala de exploraciones; HPD: habitación de pacientes; HPI: habitación de paciente; P: pasillo; punto negro: habitaciones donde se llevó a cabo tratamiento broncodilatador mediante nebulización; S: secretaría; SE: salida de emergencia; SR: sala de reuniones; V: vestíbulo; VA: habitación con ventilación averiada.

Cuando se produjo el brote, la incidencia de infección por el SARS-CoV-2 en los 14 días previos rondaba los 200 casos por 100.000 habitantes en el área atendida por el hospital. Por consiguiente, antes de que se produjera el brote ya se habían adoptado algunas medidas en el hospital. Se habían prohibido las visitas familiares en la mayoría de los casos, que quedaron limitadas a situaciones de final de vida o a pacientes con necesidad de cuidados especiales.

Antes del ingreso hospitalario se realizó una reacción en cadena de la polimerasa (PCR) universal a todos los pacientes. También se había reforzado la protección de los profesionales sanitarios mediante el uso de mascarillas FFP2 y se habían adoptado medidas de distanciamiento en los espacios de trabajo compartidos y las zonas de comedor.

Todos los pacientes infectados por el SARS-CoV-2 ingresaban en plantas específicas con medidas reforzadas de protección personal mediante equipos individuales de protección. Todos los profesionales sanitarios recibieron formación adicional sobre el uso de los equipos de protección personal a través de videos y sesiones presenciales. Se incrementó la frecuencia de limpieza y desinfección de las superficies.

Definición de caso

Las «personas en investigación» se definieron como los pacientes hospitalizados en la planta entre el 30 de noviembre y el 6 de diciembre de 2020 y los profesionales sanitarios que trabajaron en ella durante ese mismo período. Los «profesionales sanitarios permanentes» se definieron como los que habían trabajado al menos una jornada laboral completa en la planta y los «profesionales sanitarios ocasionales», como los que lo habían hecho menos de una jornada laboral completa en la planta en que se produjo el brote. Un «caso confirmado» se definió como una persona en investigación con una PCR positiva para SARS-CoV-2 con independencia de la sintomatología.

Se excluyó del estudio a los sujetos con antecedentes de infección confirmada por el SARS-CoV-2 en los 3 últimos meses. Se realizó una PCR con retrotranscripción (RT-PCR) para SARS-CoV-2 a partir de exudados nasofaríngeos con un

kit comercial (Allplex™ 2019-nCoV Assay, Seegene, República de Corea) siguiendo las instrucciones del fabricante.

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis descriptivo por medio de tasas de afectación, expresadas como el porcentaje de sujetos con una PCR positiva de entre todos aquellos en riesgo. Estas tasas se compararon mediante la prueba de la chi cuadrado o la prueba exacta de Fisher, según procediera. Se consideró significativo un valor de $p < 0,05$. Para el análisis estadístico se utilizó el paquete informático SPSS (versión 15.0).

Cumplimiento de las normas éticas

El Comité de Ética de la Investigación con medicamentos local (número de referencia 02-21-101-045) aprobó este estudio. Tanto los pacientes como los profesionales sanitarios otorgaron su consentimiento informado verbal para la obtención de muestras para PCR. Se prescindió del consentimiento informado por escrito para participar porque todas las intervenciones y los datos recopilados se encontraban incluidos en los protocolos de control de infecciones hospitalarias con fines asistenciales.

No se ha incluido información identificativa de los pacientes ni de los profesionales sanitarios participantes. El estudio cumplió los principios de la Declaración de Helsinki de 1964 y sus modificaciones posteriores.

Resultados

Descripción del brote

El 6 de diciembre de 2020 se realizó una PCR para SARS-CoV-2 a un paciente que ingresó en la planta el 2 de diciembre por la presencia de una sobreinfección respiratoria. El resultado fue positivo. La prueba antigénica y la PCR para SARS-CoV-2 realizadas al ingreso habían dado negativo en este paciente, así como en todos los ingresados en la planta. El paciente estaba siendo tratado con broncodilatadores

Tabla 1 Tasas de afectación en pacientes y profesionales sanitarios en un brote nosocomial de COVID-19

	PCR positiva (N)	PCR realizada (N)	Tasa de afectación (%)
<i>Pacientes</i>	21	26	80,8
Ingresados durante el brote	19	22	86,3
Dados de alta en los 5 días previos	2	4	50,0
<i>Profesionales sanitarios permanentes en la planta^a</i>	36	64	56,3 ^b
Personal de enfermería	12	23	52,2
Auxiliares de enfermería	11	20	55,0
Médicos	3	5	60,0
Estudiantes de medicina	8	13	61,5
Personal de limpieza	1	1	100
Personal administrativo	1	2	50,0
<i>Profesionales sanitarios ocasionales en la planta</i>	8	31	25,8 ^b
Médicos	1	5	20,0
Personal de enfermería	2	2	100
Personal de limpieza	1	10	10,0
Personal de recursos físicos	2	7	28,6
Fisioterapeutas	2	4	50,0
Otros	0	3	0

^a Profesionales que trabajaron al menos una jornada laboral completa en la planta durante los 7 días previos a la detección del brote.

^b La tasa de afectación fue significativamente mayor en los profesionales sanitarios permanentes en la planta que en aquellos con presencia ocasional ($p = 0,005$). No se observaron diferencias significativas entre las distintas categorías profesionales.

mediante nebulización. Durante el mismo período hubo otro paciente que recibía nebulización en otra habitación (fig. 1). Otros 3 pacientes presentaron febrícula el mismo día.

De conformidad con los protocolos de control de infecciones hospitalarias, todos los pacientes ingresados en la planta fueron objeto de cribado mediante PCR el 6 de diciembre y 13 dieron positivo. Una segunda PCR efectuada 24 h después en todos los pacientes ingresados en la planta confirmó la positividad en estos 13 pacientes y dio positivo en otros 6. También se realizó una PCR a 4 pacientes dados de alta de la planta en los 5 días previos, con resultado positivo en 2 de ellos. En los días siguientes se llevó a cabo un cribado mediante PCR de todos los profesionales sanitarios que habían trabajado en la planta, en cualquier momento, durante la semana anterior. En total, dieron positivo 21 pacientes y 44 profesionales sanitarios. Ninguno de los profesionales sanitarios indicó haber tenido contacto comunitario reciente con una persona infectada por el SARS-CoV-2.

Los resultados del cribado y las tasas de afectación se muestran en la tabla 1. Esta tasa en los pacientes fue del 80,8% y solo 5 dieron negativo. Entre los profesionales sanitarios, la tasa fue significativamente mayor en los que habían trabajado al menos una jornada laboral completa en la planta (56,3%; IC del 95%: 44,1-68,4) que en los que habían permanecido ocasionalmente en ella (25,8%; IC del 95%: 10,4-41,2; $p = 0,005$). Por otro lado, entre el 4 y el 13 de diciembre, tan solo 5 (0,2%) de los aproximadamente 2.300 profesionales sanitarios que trabajaron en otras áreas del hospital fueron diagnosticados de COVID-19.

En total, 17 casos (9 pacientes y 8 profesionales sanitarios) cursaron de forma asintomática y 46 (11 pacientes y 35 profesionales sanitarios) con febrícula; algunos de ellos también manifestaron cefalea, tos o ambas. Un paciente y un profesional sanitario presentaron una neumonía grave que precisó ingreso en la unidad de cuidados intensivos. Ambos

casos se recuperaron finalmente. En la figura 2 se muestra la curva epidémica de casos según la fecha de confirmación mediante PCR y según la fecha de comienzo de los síntomas en los casos sintomáticos. En todos los casos sintomáticos, los síntomas aparecieron entre el 4 y el 13 de diciembre.

El Departamento de Recursos Físicos informó que el 3 de diciembre (3 días antes de que se detectara el primer caso positivo) se identificó una avería en 2 extractores de aire, que afectó a la ventilación de 3 habitaciones, y que habían sido sustituidos. Por tanto, durante unos días (se desconoce el momento exacto en que dejaron de funcionar), las 3 habitaciones afectadas carecieron de un número adecuado de renovaciones de aire. En 2 de estas habitaciones, los pacientes estaban recibiendo tratamiento broncodilatador mediante nebulización (fig. 1).

Se enviaron muestras de uno de los pacientes del brote a un centro de referencia (Hospital Universitari Germans Trias i Pujol, Badalona, España) para un estudio molecular del SARS-CoV-2. En este análisis se identificó la variante B.1.177/20A.EU1 y se descartó la posibilidad de la variante B.1.1.7, con mayor capacidad de transmisión intrínseca, que empezaba a circular en España en ese momento.

Medidas de control adoptadas

Se adoptaron muchas medidas. Se cerró la planta donde tuvo lugar el brote, se trasladó a los pacientes infectados a una planta COVID y se puso en cuarentena a los 3 pacientes no infectados. Todos los profesionales sanitarios afectados recibieron la baja por enfermedad y se puso en cuarentena a sus contactos. Se modificó el protocolo de cribado mediante PCR para hacer un cribado de los profesionales sanitarios de todo el hospital cada 2 semanas. Además, se estableció un segundo cribado de todos los pacientes a los 5 días del ingreso. Se reforzó la protección personal en caso de

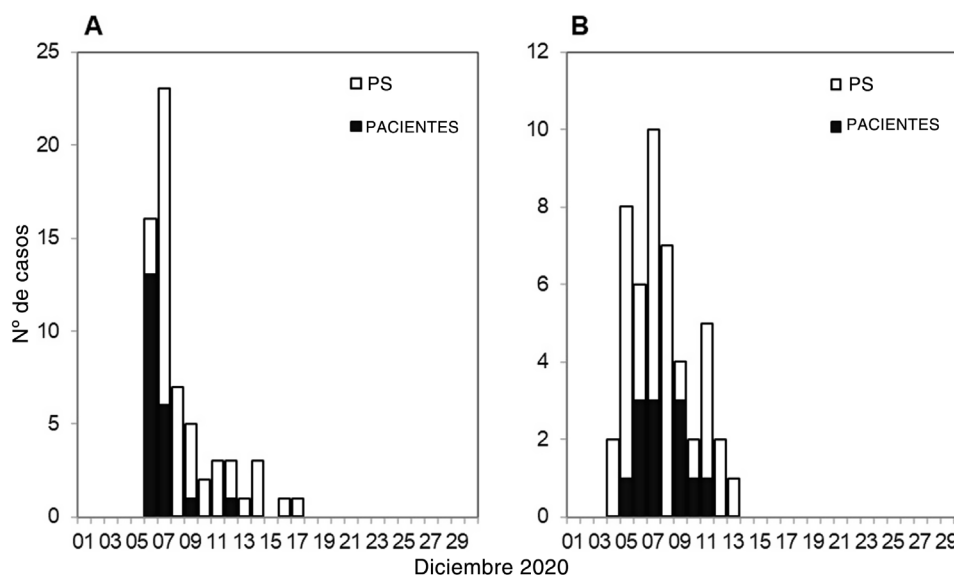


Figura 2 Curva epidémica de casos confirmados de infección por el SARS-CoV-2 según la fecha de la confirmación por PCR (A) y casos sintomáticos según la fecha de comienzo de los síntomas (B), correspondiente al brote de COVID-19 en una planta médica. PS: profesionales sanitarios.

practicar procedimientos generadores de aerosoles. Se implantó un sistema de nebulización, con mallas vibrátiles que mantienen herméticas las mascarillas, y se añadió protección adicional con mascarillas quirúrgicas sobre las mascarillas de los nebulizadores.

En lo que respecta a la ventilación, se instaló un sistema de extracción de aire horizontal en la zona de la ventana de las habitaciones para extraer todo el aire, desde la puerta hasta la ventana, y se sustituyeron los extractores de aire ubicados en la terraza por otros más potentes.

Discusión

Desde la aparición de la COVID-19 se han descrito varios brotes hospitalarios de infección por el SARS-CoV-2, aunque, en la mayoría de ellos, la tasa de afectación fue mucho menor que la observada en el presente estudio^{3,9-11}. Aunque se han comunicado mayores tasas en brotes ocurridos en residencias, en estos casos, la transmisión de la enfermedad tuvo lugar durante un período prolongado^{3,12}.

En la bibliografía relativa a brotes hospitalarios, el mecanismo de transmisión propuesto es por medio de gotas o contacto directo, ya sea entre pacientes, entre profesionales sanitarios o entre ambos grupos, mientras que parece que no se considera la posible transmisión por aerosoles^{3,11,13}, excepto en 2 brotes publicados recientemente^{14,15}. Sin embargo, cada vez hay más datos que apuntan la posibilidad de una transmisión por aerosoles del SARS-CoV-2^{5,16-18}. En este sentido, los estudios aerodinámicos aportan datos que respaldan esta forma de transmisión¹⁹.

Además, se han descrito brotes comunitarios de COVID-19 en los que resulta difícil explicar la infección sin una transmisión por aerosoles^{20,21}. En estos brotes, la tasa de transmisión ha sido muy alta. El brote nosocomial que se ha descrito se caracterizó por una elevada tasa de afectación, así como por un desarrollo explosivo en pocos días,

además de la coincidencia en el tiempo de una avería en los extractores de aire en algunas habitaciones de la sala, lo que podría haber provocado un aumento de la presión en estas salas y la propagación de aerosoles contaminados al pasillo y al resto de la planta. En 2 habitaciones afectadas por la avería, los pacientes estaban recibiendo tratamiento broncodilatador mediante nebulización, que es un procedimiento generador de aerosoles. Todas estas características hacen muy probable que la transmisión aérea desempeñara un papel determinante en la aparición del brote.

El origen inicial del brote podría haber sido un profesional sanitario que contrajo la infección en el ámbito comunitario o, más probablemente, un paciente que, en el momento del ingreso, se encontraba en la fase presintomática de la enfermedad y seguía teniendo una PCR negativa.

Este estudio tiene varias limitaciones. La principal es que no se realizó una tipificación molecular de las cepas de SARS-CoV-2 en todos los casos y cabe la posibilidad de que algunos de los profesionales sanitarios infectados contrajeran la infección fuera del hospital. Otra limitación del estudio es que no se obtuvieron muestras de aire de la planta en la que se produjo el brote para investigar la presencia del SARS-CoV-2. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, cuando se detectó el brote ya se habían reparado los extractores averiados, por lo que había pocas posibilidades de detectar la presencia del virus en el aire de la planta.

En conclusión, en este estudio se describe un brote nosocomial de infección por el SARS-CoV-2 cuyas características hacen muy probable que la transmisión aérea contribuyera a la elevada tasa de afectación observada en la planta afectada. Los esfuerzos para prevenir brotes nosocomiales deberían tener en cuenta la posible diseminación aérea del virus, así como la importancia de un correcto funcionamiento de los sistemas de ventilación y el diseño arquitectónico.

Financiación

Este estudio no ha recibido ningún tipo de financiación pública, comercial o del sector privado.

Conflicto de intereses

Los autores declararan no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Manifestamos nuestro agradecimiento a Daniel Montes (Servicio de Prevención de Riesgos Laborales) y a Neus Nubiola (Servicio de Salud Laboral) por su colaboración en la obtención de información sobre los profesionales sanitarios afectados por el brote. También queremos agradecer a Elena Espejo (adjunta sénior de la Unidad de Enfermedades Infecciosas) sus sugerencias y su revisión crítica del manuscrito.

Bibliografía

1. Chou R, Dana T, Buckley DI, Selph S, Fu R, Totten AM. Epidemiology of and risk factors for coronavirus infection in health care workers: A living rapid review. *Ann Intern Med.* 2020;173:120–36, <http://dx.doi.org/10.7326/M20-1632>.
2. Calò F, Russo A, Camaioni C, De Pascalis S, Coppola N. Burden, risk assessment, surveillance and management of SARS-CoV-2 infection in health workers: A scoping review. *Infect Dis Poverty.* 2020;9:139, <http://dx.doi.org/10.1186/s40249-020-00756-6>.
3. Abbas M, Robalo Nunes T, Martischang R, Zingg W, Iten A, Pittet D, et al. Nosocomial transmission and outbreaks of coronavirus disease 2019: The need to protect both patients and health-care workers. *Antimicrob Resist Infect Control.* 2021;10:7, <http://dx.doi.org/10.1186/s13756-020-00875-7>.
4. World Health Organization. Transmission of SARS-CoV-2: Implications for infection prevention precautions. Ginebra: WHO; 2020 [consultado junio 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions>.
5. Tang JW, Bahnfleth WP, Bluysen PM, Buonanno G, Jimenez JL, Kurnitski J, et al. Dismantling myths on the airborne transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2). *J Hosp Infect.* 2021;110:89–96, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2020.12.022>.
6. Bak A, Muggleston MA, Ratnaraja NV, Wilson JA, Rivett L, Stoneham SM, et al. SARS-CoV-2 routes of transmission and recommendations for preventing acquisition: Joint British Infection Association (BIA), Healthcare Infection Society (HIS), Infection Prevention Society (IPS) and Royal College of Pathologists (RCPath) guidance. *J Hosp Infect.* 2021;114:79–103, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2021.04.027>.
7. Leung NH. Transmissibility and transmission of respiratory viruses. *Nat Rev Microbiol.* 2021;19:528–45, <http://dx.doi.org/10.1038/s41579-021-00535-6>.
8. Wilson NM, Norton A, Young FP, Collins DW. Airborne transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 to healthcare workers: A narrative review. *Anaesthesia.* 2020;75:1086–96, <https://doi.org/10.1111/anae.15475>.
9. Li YK, Peng S, Li LQ, Wang Q, Ping W, Zhang N, et al. Clinical and transmission characteristics of COVID-19: A retrospective study of 25 cases from a single thoracic surgery department. *Curr Med Sci.* 2020;40:295–300, <http://dx.doi.org/10.1007/s11596-020-2176-2>.
10. Luong-Nguyen M, Hermand H, Abdalla S, Cabrit N, Hobeika C, Brouquet A, et al. Nosocomial infection with SARS-CoV-2 within departments of digestive surgery. *J Visc Surg.* 2020;157:513–8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jviscsurg.2020.04.016>.
11. Harada S, Uno S, Ando T, Iida M, Takano Y, Ishibashi Y, et al. Control of a nosocomial outbreak of COVID-19 in a university hospital. *Open Forum Infect Dis.* 2020;7:ofaa512, <http://dx.doi.org/10.1093/ofid/ofaa512>.
12. Arons MM, Hatfield KM, Reddy SC, Kimball A, James A, Jacobs JR, et al. Presymptomatic SARS-CoV-2 infections and transmission in a skilled nursing facility. *N Engl J Med.* 2020;382:2081–90, <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa2008457>.
13. Höring S, Fussen R, Neusser J, Kleines M, Laurentius T, Bollheimer LC, et al. Management of a hospital-wide COVID-19 outbreak affecting patients and health-care workers. *SN Compr Clin Med.* 2020 Oct;26:1–6, <http://dx.doi.org/10.1007/s42399-020-00597-2>.
14. Cheng VC, Fung KS, Siu GK, Wong SC, Cheng LS, Wong MS, et al. Nosocomial outbreak of COVID-19 by possible airborne transmission leading to a superspreading event. *Clin Infect Dis.* 2021;73:e1356–64, <http://dx.doi.org/10.1093/cid/ciab313>.
15. Goldberg L, Levinsky Y, Marcus N, Hoffer V, Gafner M, Hadas S, et al. SARS-CoV-2 infection among health care workers despite the use of surgical masks and physical distancing - the role of airborne transmission. *Open Forum Infect Dis.* 2021;8:ofab036, <http://dx.doi.org/10.1093/ofid/ofab036>.
16. Morawska L, Milton DK. It is time to address airborne transmission of COVID-19. *Clin Infect Dis.* 2020;71:2311–3, <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa939>.
17. Shao L, Ge S, Jones T, Santosh M, Silva LFO, Cao Y, et al. The role of airborne particles and environmental considerations in the transmission of SARS-CoV-2. *Geosci Front.* 2021;12:101189, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101189>.
18. Greenhalgh T, Jimenez JL, Prether KA, Tufekci Z, Fisman D, Schooley R. Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2. *Lancet.* 2021;397:1603–5, [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00869-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00869-2).
19. Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali NK, et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. *Nature.* 2020;582:557–60, <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-020-2271-3>.
20. Hamner L, Dubbel P, Capron I, Ross A, Jordan A, Lee J, et al. High SARS-CoV-2 attack rate following exposure at a choir practice – Skagit County, Washington, March 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2020;69:606–10, <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6919e6>.
21. Shen Y, Li C, Dong H, Wang Z, Martinez L, Sun Z, et al. Community outbreak investigation of SARS-CoV-2 transmission among bus riders in Eastern China. *JAMA Intern Med.* 2020;180:1665–71, <http://dx.doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.5225>.