

SERIE: RADIOLOGÍA Y COVID-19

Gestión de la pandemia. Visión del radiólogo



P. Valdés^{a,*}, A. Rovira^b, J. Guerrero^a, Á. Morales^c, M. Rovira^d y C. Martínez^e

^a Agencia Sanitaria Costa del Sol, Marbella, Málaga, España

^b Hospital Vall d'Hebron, Barcelona, España

^c Hospital Universitario Donostia, San Sebastián, Guipúzcoa, España

^d Hospital Universitari Sagrat Cor, Barcelona, España

^e Hospital Son LLàtzer. Palma de Mallorca, España

Recibido el 16 de agosto de 2020; aceptado el 28 de octubre de 2020

Disponible en Internet el 16 de noviembre de 2020

PALABRAS CLAVE

Infección por
coronavirus;
Seguridad del
paciente;
Gestión

Resumen La infección COVID-19 está obligando a toda la sociedad a adoptar numerosos cambios, al menos hasta que existan un tratamiento o vacuna eficaces. El impacto que está produciendo en nuestro sistema sanitario tiene pocos precedentes similares, al tratarse de una patología nueva y que ha obligado a tomar decisiones complejas a partir de una evidencia escasa.

Los servicios de radiología tienen un papel fundamental en el manejo de esta patología, tanto en el diagnóstico como en el manejo posterior de los pacientes. Pero, para ello, se debe entender la infección, de forma que se puedan poner en marcha circuitos seguros para pacientes y trabajadores.

En este artículo se resume la fisiopatología de la infección COVID-19 y se presentan las medidas que se deben adoptar en el servicio de radiología.

© 2020 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de SERAM.

KEYWORDS

Coronavirus infection;
Patient safety;
Practice management

Managing the pandemic from the radiology department's point of view

Abstract The COVID-19 pandemic is forcing our entire society to adopt numerous changes, at least until an effective treatment and/or vaccine becomes widely available. Because COVID-19 is a new disease that has required us to make complex decisions based on scant evidence, the pandemic is having an enormous impact on our health system.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: pabvalsol@gmail.com (P. Valdés).

Radiology departments play a fundamental role in the management of COVID-19, both in the diagnosis of the disease and in the posterior management of patients. To ensure the safety of patients and healthcare professionals, it is essential to understand the infection so that safe circuits can be implemented.

This article summarizes the pathophysiology of COVID-19 infection and explains the measures that radiology departments need to adopt during the pandemic.

© 2020 Published by Elsevier España, S.L.U. on behalf of SERAM.

Introducción

La infección COVID-19 comenzó como una neumonía de origen desconocido, cuyos primeros casos se declararon en la República de China en diciembre de 2019¹. Desde la declaración de los primeros casos, se investigó sobre el origen de la enfermedad, se aisló la población infectada y se tomaron otras medidas preventivas. El 7 de enero de 2020 ya se había aislado el virus causante de la infección², un coronavirus que se denominó 2019-nCoV ("nuevo coronavirus detectado en el año 2019"). Pocos días después, ya se disponía del genoma de este virus³ y se empezaron a desarrollar pruebas que permitieran detectarlo y diagnosticarlo. En poco menos de un mes, la infección se había extendido a 24 países. El 11 de febrero de 2020, la Organización Mundial de la Salud denominó a esta nueva infección COVID-19⁴, y justo un mes después, el 11 de marzo, la declaró pandemia mundial. Desde entonces, el número de casos sigue creciendo, de forma desigual en todo el mundo, y a principios de julio de 2020 ya se habían declarado más de once millones de casos y más de medio millón de muertes debidas a la infección COVID-19.

La primera serie de casos de neumonía por COVID-19 se publicó en enero de 2020, con 41 pacientes⁵. Desde entonces, el número de publicaciones ha crecido de forma casi exponencial⁶ y, en el ámbito de la radiología, no solo con casos con patología pulmonar, sino con manifestaciones de la infección COVID-19 en diferentes órganos y sistemas.

La infección COVID-19 sigue planteando muchos interrogantes en lo que se refiere a epidemiología, virología, respuesta al tratamiento o el desarrollo de una eventual vacuna. Tampoco está claro el porcentaje de la población que está inmunizada ni la prevalencia de la infección fuera de los picos de mayor incidencia. Todos estos datos hacen que sea muy complejo establecer recomendaciones a la hora de plantear la adaptación de los procesos asistenciales en los servicios de radiología.

Se han elaborado diferentes estudios sobre el análisis de cómo se puede esperar que sea el impacto de la infección COVID-19 en los próximos meses e incluso años⁷. Dada la dificultad para conseguir datos robustos y la novedad que supone a nivel científico esta infección, los análisis suelen basarse en extrapolar resultados de infecciones producidas por virus similares (otros coronavirus) y en el estudio de modelos matemáticos basados en las distintas variables disponibles. En este contexto, las conclusiones pueden cambiar

conforme se obtengan nuevos datos, pero algunos puntos sí parecen claros:

- La crisis actual, con una pandemia mundial y áreas con una prevalencia muy alta, no va a desaparecer en unos meses. El aislamiento social y las medidas de confinamiento han permitido atenuar el número de muertes y nuevas infecciones, pero también hacen que el porcentaje de inmunizados sea bajo. Esto obliga a plantear que la eliminación de las medidas de distanciamiento (si es que se llegan a eliminar) debería ser escalonada y lenta.
- No está claro el comportamiento del virus ante los cambios estacionales, ni si podría mutar en un futuro. Los coronavirus suelen presentar mutaciones frecuentes⁸, pero no está claro que estas mutaciones se estén dando a una velocidad superior a lo esperado ni que puedan tener impacto en la enfermedad o su transmisión⁹.
- Hay ensayos clínicos en marcha para probar la eficacia de tratamientos médicos que prevengan la infección. Ya existen proyectos de vacunas que podrían estar disponibles en el primer trimestre de 2021. Todas estas variables tienen una gran influencia en el manejo de la infección y en las medidas de protección. El riesgo de infección, por tanto, continúa, y por ello se deben mantener una serie de medidas de seguridad en los servicios de radiología. La intensidad de estas medidas debería reforzarse cuando la prevalencia de la enfermedad aumente, algo que se prevé con la posibilidad de nuevas crisis periódicas de diferente intensidad. De esta forma, todos los radiólogos deberían conocer la infección COVID-19, el virus SARS-CoV-19 y cómo prevenir la infección. Esto permitirá diseñar unos circuitos asistenciales seguros y eficientes.

La infección COVID-19. Lo que el radiólogo debería saber

Virus SARS-CoV-2

El virus SARS-CoV-2 es un coronavirus del género β (uno de los cuatro géneros de coronavirus), con una estructura y genoma muy similar a otros coronavirus ya conocidos, como el SARS-CoV y el MERS-CoV¹⁰. Se trata de virus con una cadena única de ARN envuelta por una cápside, de morfología variable (habitualmente redondeado u ovoide) y con un tamaño que oscila entre 60 y 140 nm¹¹. La nucleocápside está protegida por una envuelta fosfolipídica en la que se

insertan las glucoproteínas de superficie (S, HE, M y E)¹². De ellas, tiene especial relevancia la proteína S, que es la que se une al receptor celular para permitir la entrada del virus a la célula¹³. La proteína S se divide funcionalmente en dos dominios: S1 (responsable de la unión con el receptor celular) y el dominio S2 (que permite la fusión con la membrana celular)¹⁴.

Fisiopatología de la infección COVID-19. Lo básico

Cuando el virus contacta con las células de la mucosa (nasofaríngea o respiratoria) se une al receptor ECA2 (enzima convertidora de angiotensina 2)¹⁵. El receptor ECA2 es fundamental en el sistema renina-angiotensina-aldosterona y, en condiciones normales, es muy importante en la regulación de la homeostasis y en el balance de líquidos y electrolitos. De esta forma, además de tener un papel fundamental en la infección celular, el hecho de que el virus bloquee este receptor podría ser otro de los factores de la patogenia del virus¹⁶. Una vez dentro de la célula, el virus libera su genoma ARN al citoplasma celular, y comienza su replicación. Una vez formadas las nuevas partículas virales, se liberan, para volver a comenzar el ciclo. Este ciclo se ha estudiado, de forma que se han planteado diferentes estrategias terapéuticas que buscan bloquear sus diferentes fases. Los receptores ECA2 se ven en muchos tejidos celulares, especialmente en los pulmones (neumocitos tipo II), corazón, vasos sanguíneos, riñones, hígado y tracto gastrointestinal¹⁶. A pesar de que algunos tejidos presentan más densidad de receptores ECA2 que el pulmón, la infección COVID-19 suele comenzar en los pulmones¹⁷, y algunos tejidos con mayor densidad de receptores ECA2 que los pulmones presentan menor o escasa afectación en la infección COVID-19, como sucede en la vesícula biliar, riñones, glándulas seminales o testículos¹⁷. Lo que sucede una vez comienza la infección depende de muchos factores. La fisiopatología de la infección COVID-19 es compleja y no bien comprendida totalmente, y en ella intervienen varios mecanismos:

- La reacción inflamatoria alveolar.
- La afectación de los capilares adyacentes a los alvéolos, que puede llegar a fenómenos de microangiopatía trombótica.
- El bloqueo de los receptores ECA2.
- La alteración de la coagulación, con estado de hipercoagulabilidad.
- La puesta en marcha de una respuesta inmunitaria importante, en la llamada "tormenta de citoquinas".

La fisiopatología básica de la infección COVID-19 se presenta en las [figuras 1 a 3](#). Estas figuras son adaptaciones de las teorías publicadas en las referencias [12,16,18,19,20-26](#). Para profundizar en la fisiopatología se recomienda revisar dichas referencias. Como resumen general, los principales puntos que hay que considerar para comprender la patogenia, las manifestaciones radiológicas y las posibilidades terapéuticas son los siguientes:

- El virus activa la respuesta inflamatoria e inmunitaria en el pulmón, con producción de citoquinas, interferón y activación de linfocitos.

- Esta respuesta puede ser insuficiente, con lo que el organismo reacciona amplificándola. Esto origina la llamada "tormenta de citoquinas" y puede desencadenar un agotamiento linfocitario.
- Simultáneamente, se produce una coagulopatía, en la que influyen factores locales (agresión endotelial), estasis venosa y un estado de hipercoagulabilidad.
- En los casos graves, la suma de todos los factores produce un cuadro que se ha denominado coagulopatía intravascular pulmonar difusa que, a diferencia de los cuadros clásicos de coagulopatía intravascular diseminada, no presenta plaquetopenia²².

Aunque el virus puede afectar directamente a otros órganos, muchos de los cambios que se dan fuera de los pulmones están relacionados más con la afectación sistémica, trombótica y microangiopática que con la acción directa del virus sobre el órgano específico^{22,27}, si bien en algunos casos como en la patología renal, los mecanismos pueden ser más complejos²⁸.

COVID-19: transmisión y prevención

La principal forma de transmisión del virus SARS-CoV-2, de humano a humano, es a través de las secreciones de personas infectadas, principalmente por contacto directo con gotas respiratorias de más de 5 micras (y que se pueden transmitir a distancias de hasta 2 metros)²⁹. El contacto de las manos o los fómites contaminados con la mucosa de la boca, nariz u ojos puede ser una vía de infección. También se ha detectado el virus en la saliva de pacientes infectados³⁰, lo que abre la puerta al diagnóstico a través de muestras de saliva³¹. Se ha visto que en determinadas superficies (metal, plástico o vidrio), el virus puede persistir hasta 9 días³², pero puede ser neutralizado con las medidas de desinfección habituales. El virus se ha aislado en gotas más pequeñas y, aunque se discute la posibilidad de transmisión aérea³³, se ha demostrado algún caso con este tipo de transmisión en ambientes cerrados y mal ventilados³⁴. Por estos motivos, y aunque no todas las recomendaciones incluyan medidas para evitar la transmisión aérea, es importante mantener una buena higiene, con ventilación adecuada de todas las estancias³⁵. La frecuencia de afectación intestinal hace que la transmisión fecal sea una posibilidad. Una revisión reciente³⁶ pone de manifiesto que se trata de un tema no aclarado y que, aunque no exista evidencia de transmisión, deben tomarse medidas higiénicas estrictas para evitarla. La transmisión vertical madre-hijo parece poco probable, aunque se han publicado algún caso aislado³⁷. Se ha demostrado la presencia del virus en el semen en un grupo reducido de pacientes y solo durante los primeros días de convalecencia³⁸. Sin embargo, parece muy poco probable la transmisión sexual³⁹.

Un problema importante en la prevención de la enfermedad es la transmisión que pueden hacer los individuos asintomáticos. El periodo de incubación mediano es de 5-6 días, con un rango de 1 a 14 días, si bien el 97,5% de los casos sintomáticos se desarrollan en los 11,5 días que siguen a la exposición⁴⁰. Se ha demostrado que los individuos asintomáticos pueden transmitir la infección⁴¹, lo que hace que haya que ser muy exigente con las medidas preven-

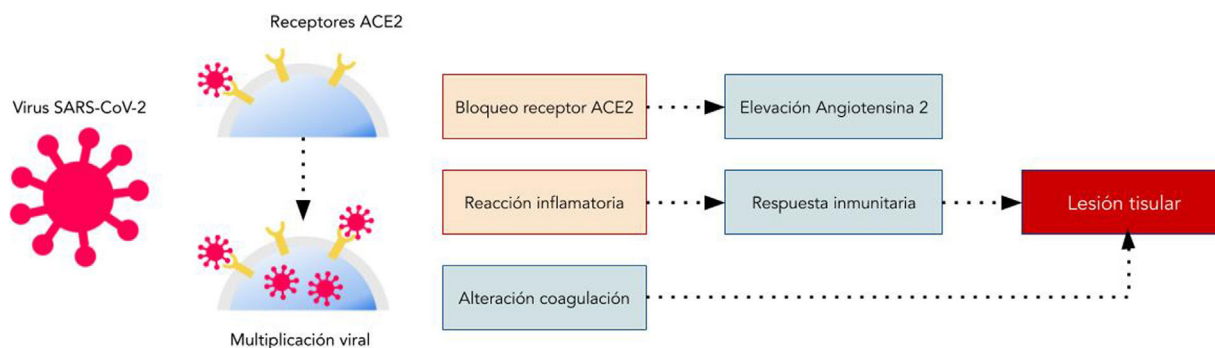


Figura 1 Fisiopatología general de la infección COVID-19. El virus SARS-CoV-2 se une al receptor ACE2 que se localiza en la superficie de determinadas células. Una vez unido a la membrana, se introduce en la célula para replicarse, a la vez que bloquea el receptor. Los fenómenos que produce el virus se pueden englobar en tres grandes grupos: los debidos a la respuesta inflamatoria y del sistema inmunitario, los debidos a la alteración del sistema de angiotensina II por el bloqueo del receptor y los secundarios a la coagulopatía y fenómenos trombóticos que produce el virus.

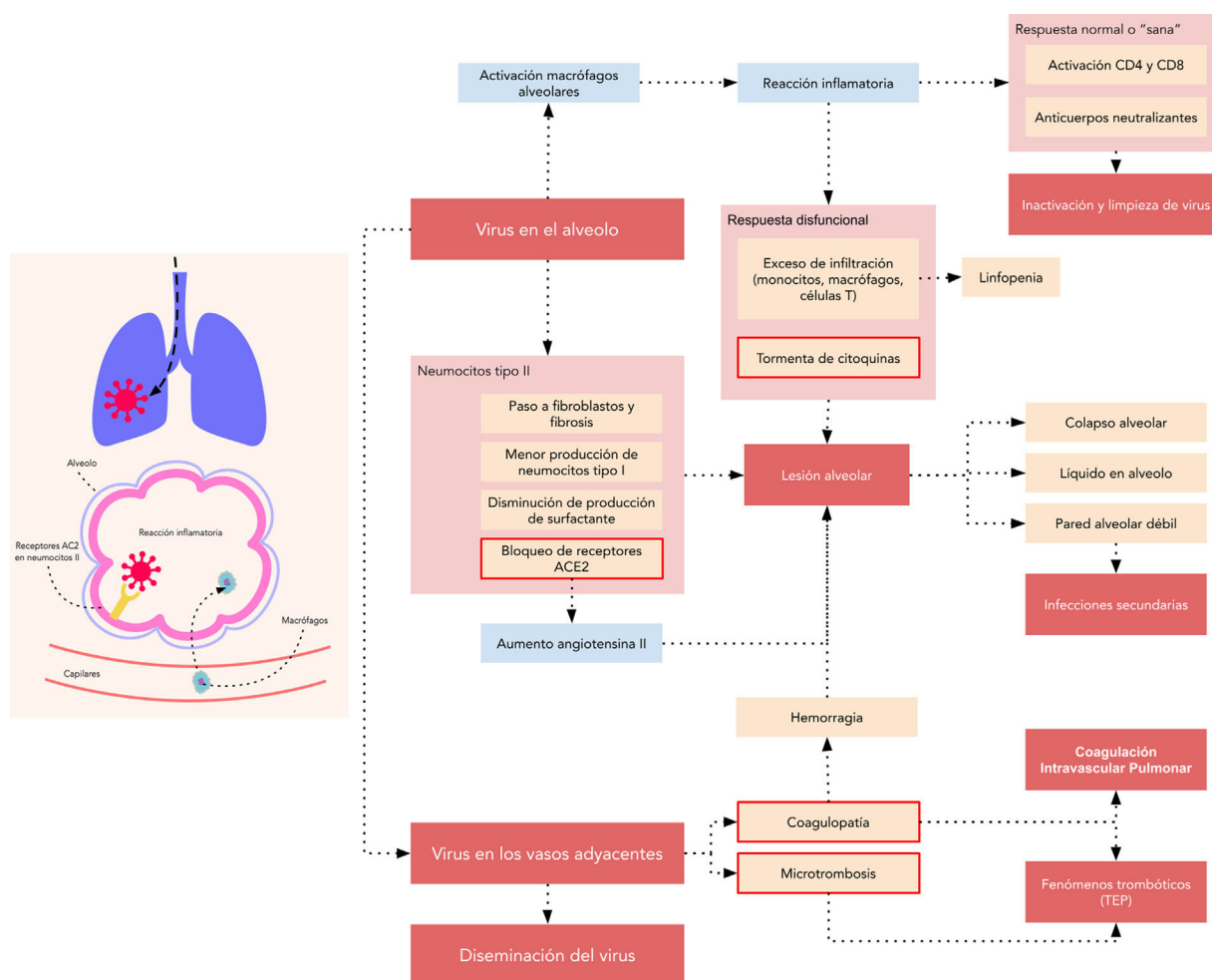


Figura 2 Fisiopatología de la infección COVID-19. El cuadro resume los diferentes fenómenos que se producen en los tejidos una vez desencadenada la infección. Los mecanismos de la infección son complejos y no se conocen totalmente. Los efectos en los tejidos son el resultado de la acción directa del virus y de la respuesta del huésped, tanto de la inflamación directa como de la respuesta inmunitaria. La llamada "respuesta disfuncional" determina la conocida como "tormenta de citoquinas", y esta respuesta anómala es una de las principales causas de la patología grave en los casos con mala evolución clínica. A este efecto se suma la acción de las alteraciones tromboembólicas (el virus induce una respuesta anómala trombótica) y los efectos que produce la alteración del circuito metabólico de la angiotensina 2.

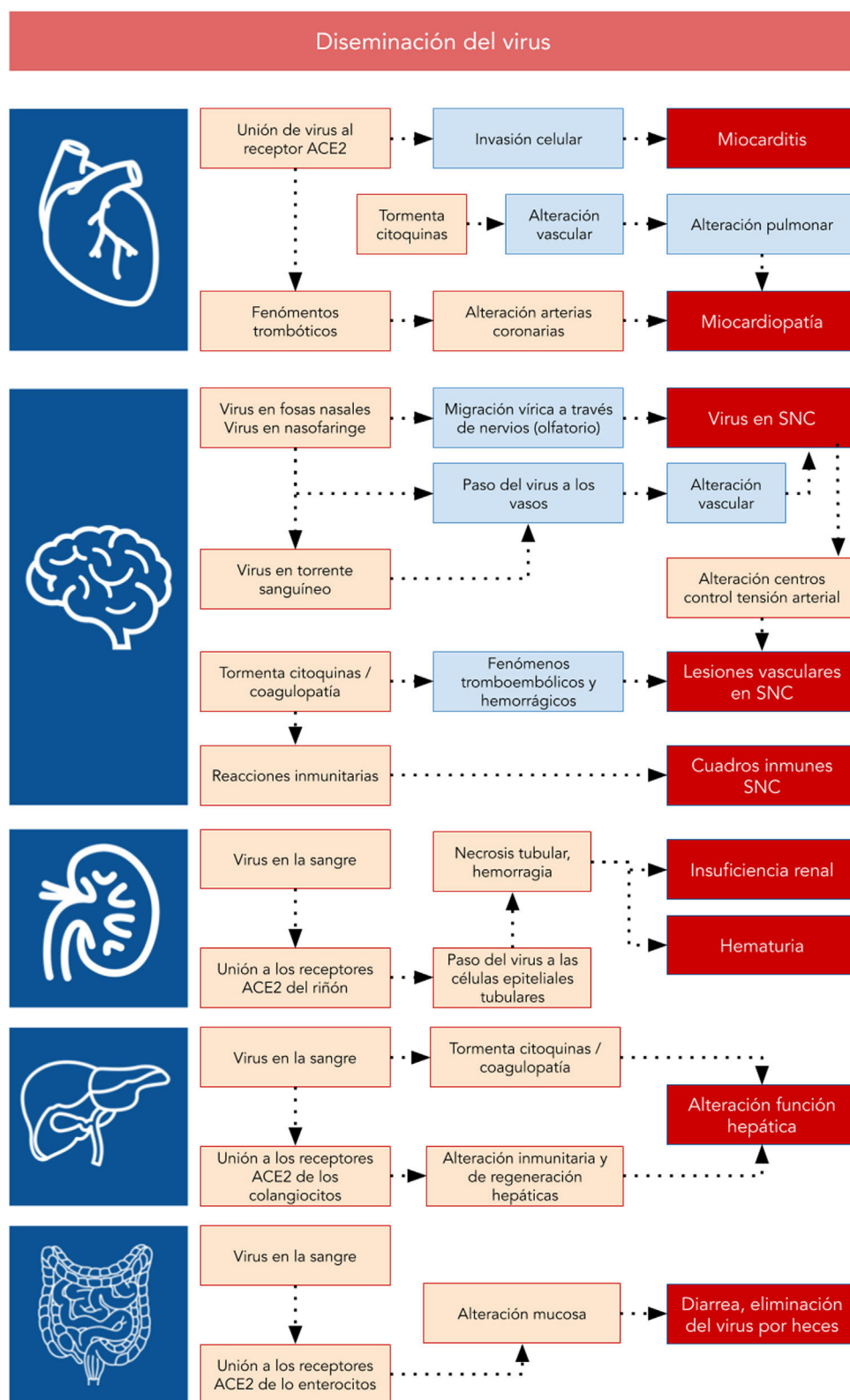


Figura 3 Esquema básico de las teorías publicadas sobre la fisiopatología de la infección COVID-19 en diferentes órganos. En todos ellos, el agente principal es el receptor ACE2, que permite la unión del virus a la célula. Sin embargo, los fenómenos relacionados con la respuesta inmunitaria y la coagulopatía tienen, en ocasiones, un papel más importante.

tivas y obliga a desarrollar políticas de detección de estos individuos potencialmente contagiosos.

Con respecto a la capacidad de transmisión de los pacientes sintomáticos, se ha visto que la mayoría de los infectados tienen una alta carga viral antes del inicio de los síntomas y en los primeros días de aparición de la clínica⁴². En los pacientes con clínica leve, la carga viral es baja a partir de la segunda semana después de la aparición de los síntomas, con muy baja probabilidad de transmitir la infección en este momento, incluso aunque se pueda detectar el virus con técnicas de microbiología (PCR)⁴³. De esta forma, la transmisión ocurriría fundamentalmente en la primera semana de presentación de los síntomas (entre los días 2-3 a los días 7-8) en los casos leves. En los casos más graves, la transmisión sería más intensa y duradera⁴.

Prevención (medidas básicas)

Las medidas preventivas a nivel del personal se basan, visto lo anterior, en:

- Poner **barreras** (distancia o barreras físicas) entre las personas. Las medidas básicas serían la distancia de seguridad (2 metros) y el uso de mascarillas. Ante un paciente infectado o con posibilidad de estar infectado, el uso de equipos de protección individual (EPI).
- **Higiene**. La higiene de manos es la medida más sencilla y eficaz para prevenir la transmisión de microorganismos, incluido el SARS-CoV-2⁴⁴. Es suficiente el lavado con agua y jabón (no es necesario usar jabones desinfectantes), con una fricción que dure al menos 40-60 segundos. Las soluciones hidroalcohólicas son una alternativa para la desinfección rápida, pero solo se deben usar una vez las manos estén limpias.
- **Identificar los pacientes infectados y posibles portadores**. En caso de pacientes sintomáticos, es más fácil que se cumplan las medidas, pero ante un portador asintomático es importante mantener una política de detección y de evitar cualquier posible exposición. Las políticas establecidas pueden variar de un centro a otro, pero por lo general se recomienda la realización de pruebas a todos los trabajadores⁴⁵ y establecer algunas medidas que permitan identificar potenciales personas infectadas cuando acuden al servicio de radiología.

El diagnóstico de la infección COVID-19

El diagnóstico de la infección COVID-19 se basa en la detección, directa o indirecta, del virus⁴⁶. Las pruebas microbiológicas y de laboratorio han mejorado, tanto en la sensibilidad como en la especificidad, pero sus resultados deben interpretarse con precaución dada la posibilidad de falsos negativos y falsos positivos. Las pruebas de imagen tienen un gran valor en el manejo del paciente con infección COVID-19, tal como se irá viendo en próximos artículos de RADIOLOGÍA, pero su utilidad en el diagnóstico inicial está limitado a casos concretos (fundamentalmente, pacientes con alta sospecha y pruebas de laboratorio negativos o casos en los que haya que hacer un diagnóstico rápido y no se disponga de pruebas de laboratorio)^{47,48}.

La gestión segura del servicio de radiología en la era COVID

La Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM) ha elaborado un documento centrado en la gestión de los servicios de radiología durante la pandemia COVID-19⁴⁹, en el que se revisaba la bibliografía existente hasta el momento y se hacía una serie de recomendaciones. Sobre estas recomendaciones se hizo un cuestionario Delphi para valorar el consenso entre diferentes radiólogos de España. De este cuestionario salieron 34 recomendaciones, que se pueden consultar en la referencia citada.

Medidas y recomendaciones

La [figura 4](#) es una infografía que resume las principales medidas que se deberían tomar en un servicio de radiología para conseguir un entorno de trabajo seguro. Es un documento genérico que se puede aplicar tanto a una situación de pandemia como a una de baja prevalencia de la enfermedad, pero en la que se deben seguir tomando medidas de seguridad.

Algunas de las medidas que hay que considerar se citan a continuación.

Medidas de protección básicas

Equipos de protección individual (EPI): son los sistemas barrera que deben usar los trabajadores para minimizar el riesgo cuando se estudia un paciente con infección COVID-19 o con sospecha de tenerla. Sobre unas medidas básicas (ropa específica, mascarillas quirúrgicas, gorros y guantes –si se considera necesario–), se establecen tres niveles de protección en función del riesgo⁵⁰:

1. Primer nivel (zonas con posible contacto con pacientes).
2. Segundo nivel (cuando va a haber contacto con pacientes).
3. Tercer nivel (cuando se pueden producir aerosoles).

Es importante recordar que tanto las recomendaciones como los materiales empleados pueden variar, por lo que se deben consultar las guías apropiadas del Ministerio de Sanidad o de las consejerías. En la [tabla 1](#) se incluyen las medidas recomendadas en el momento de elaboración de este texto.

Mascarillas: el uso de mascarillas se ha generalizado conforme avanzó la pandemia COVID-19. En el momento de redactar este texto, su uso es obligatorio, tanto para pacientes como trabajadores.

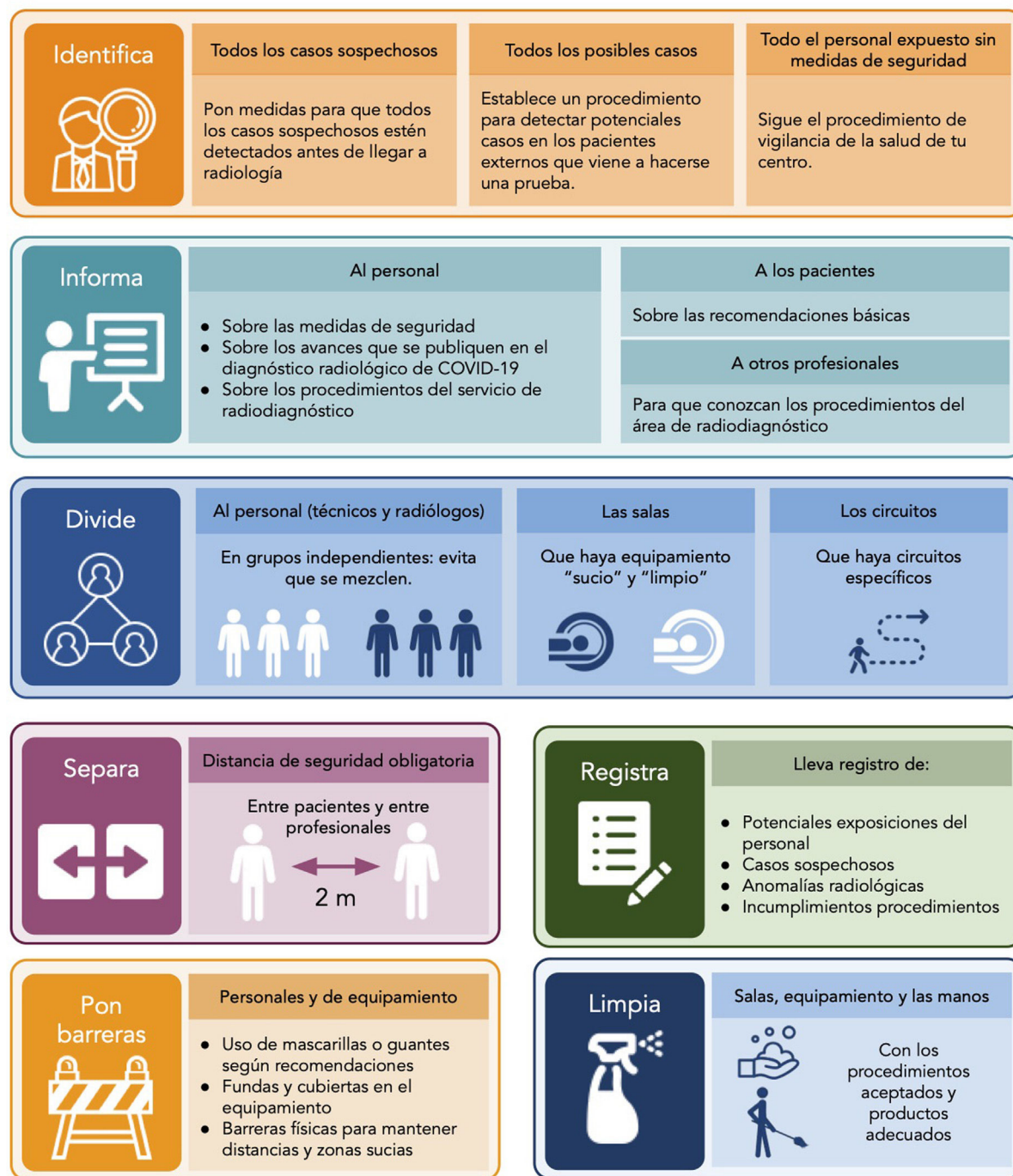
Medidas estructurales: en coordinación con el responsable orgánico y funcional correspondiente, consisten, básicamente en:

- Adecuar las salas de espera, de forma que se asegure la distancia mínima (2 metros o 1,5 metros si los pacientes llevan mascarillas).
- Señalizar pasillos y zonas de seguridad.
- Cartelería adecuada.
- Mamparas y medidas de aislamiento para el personal administrativo.

seram

Concepto y diseño: Pablo Valdés Solís

COVID-19



Recomendaciones de SEGECA y SERAM sobre las medidas en radiodiagnóstico ante la infección COVID-19. Se deben adaptar a la situación (prevalencia) en cada momento.

Figura 4 Principales medidas que se deberían tomar en un servicio de radiología para conseguir un entorno de trabajo seguro.

Tabla 1 Uso de equipos de protección individual. Las recomendaciones pueden variar de una semana a otra, en función de los nuevos descubrimientos sobre la etiopatogenia de la infección COVID-19

Tipo de atención al paciente	Ejemplos	Equipo de protección respiratoria	Bata y protección ocular	Guantes	Higiene de manos
A más de 2 metros	Caminar por pasillos	No se requiere de protección respiratoria	Uniforme habitual	Según precauciones estándar	Siempre
Entre 1 y 2 metros	Realización de tareas en la sala a más de 1 m del paciente	Mascarilla quirúrgica (y/o pantalla facial)	Bata desechable	Según precauciones estándar	Siempre
A menos de 1 m/contacto físico	Realización de pruebas de imagen	Mascarilla quirúrgica y pantalla facial	Bata impermeable (y protección ocular si no se utiliza pantalla facial)	Siempre que se tenga contacto con el paciente y su entorno	Siempre
Procedimientos que generan aerosoles	Procedimientos sobre vía aérea (como broncoscopia o intubación) o que pueden generar tos (como intervencionismo torácico)	FFP (FFP2 o FFP3), en función de la disponibilidad	Bata impermeable y protección ocular estanca	Siempre	Siempre

Comentarios:

- Cuando no haya disponibilidad de un equipamiento, se usará la recomendación del escalón inferior.
- Si no se dispone de mascarillas quirúrgicas, se puede emplear la pantalla facial, que ofrece suficiente protección para la transmisión por gotas.
- Se puede usar una bata desechable sobre la bata impermeable, lo que permite reutilizar la bata impermeable.

Medidas para asegurar el distanciamiento

- Entre el personal: distribución adecuada de los puestos de trabajo; facilitar la radiología no presencial, con turnos adecuados; definir una política de uso de salas comunes; evitar visitas al servicio de personal ajeno al mismo (consultas telefónicas, reuniones virtuales, etc.).
- Disminuir el número de personas que tienen que acudir al servicio (citaciones escalonadas, actos únicos, pedir a los pacientes que no vengán acompañados y, en caso de que vengán acompañados, nunca con más de un acompañante, etc.).

Medidas para prevenir la transmisión de la infección en los puestos de trabajo

- Facilitar la higiene de manos, con cartelería informativa, frascos de solución hidroalcohólica, etc.
- Personalizar los puestos de trabajo, y evitar que los trabajadores compartan material. Limpieza exigente de todos los puestos, al empezar y acabar el turno.
- Usar guantes de un solo uso cuando se vaya a manipular equipamiento compartido (como estaciones de trabajo).
- Prohibir las comidas en los puestos de trabajo. Las bebidas, solo en recipientes desechables.
- Usar uniformes limpios en cada turno. No llevar la ropa usada a casa para limpiarla.

Determinar el riesgo de exposición

Mediante revisión de la historia clínica del paciente, realización de pruebas diagnósticas o cuestionarios específicos⁵¹, en función de la situación o del nivel de infección en la comunidad. Algunos protocolos incluyen la realización de pruebas analíticas (PCR) antes de procedimientos quirúrgicos o intervencionistas, pero se trata de protocolos variables. En cualquier caso, estos procedimientos no deberían sustituir nunca las medidas de protección individual, dada la posibilidad de falsos negativos en las pruebas de laboratorio⁵². Por lo general, no se recomienda la realización de pruebas radiológicas (tomografía computarizada [TC] o radiografía de tórax) como método de cribado de pacientes asintomáticos⁵³, especialmente en las situaciones de baja prevalencia. En un entorno de alta prevalencia, la TC podría estar justificada por su alto valor predictivo negativo, en situaciones en las que haya que tomar una decisión rápida y no se disponga de pruebas de laboratorio accesibles. No existen análisis que demuestren que esta medida sea coste-eficiente⁵⁴.

Conocer la situación del personal

Se recomienda estudiar a todo el personal del servicio de radiología para conocer su estado inmunitario. Se ha visto que un porcentaje importante de trabajadores no se infecta a partir de pacientes, sino de compañeros de trabajo⁵⁵.

Tabla 2 Algunas recomendaciones sobre la adaptación del proceso de imagen

Subproceso	Acción	Comentarios
Citación: diseño de agendas	Rediseño de las agendas de cada sala, para adaptarlas a los circuitos contaminados y limpios	
Citación: diseño de agendas	Tener en cuenta los tiempos necesarios para limpieza, desinfección y uso de equipos de protección	Los tiempos añadidos varían según la sala y circuito, pero pueden llegar a generar una demora entre 15 minutos y 2 horas en determinadas situaciones
Citación: diseño de agendas	Adecuar el número de citas en cada momento a la capacidad de las salas de espera	El número de pacientes citados simultáneamente no debe superar la capacidad de las salas de espera una vez tenidas en cuenta las medidas de seguridad (distanciamiento)
Citación: diseño de agendas	Adecuar el personal necesario	Adaptar el tipo y número de profesionales para tener en cuenta las medidas de seguridad
Validación solicitud	El radiólogo debe validar todas las peticiones de pruebas de imagen	Además de valorar la adecuación, se deberá tener en cuenta en qué circuito se incluirá la prueba
Citación del paciente	Priorizar actos únicos	Intentar que el paciente acuda el menor número de veces al servicio de radiología y que esté el menor tiempo posible
Citación del paciente	Dar instrucciones de seguridad al paciente	Pequeño cuestionario sobre posibilidad de infección; pedir al paciente que no venga acompañado
Recepción del paciente	Detectar posibles infectados o transmisores	Con un cuestionario al recibir al paciente
Realización de la prueba	Definir procedimientos específicos para cada sala de trabajo	Se insistirá en los procedimientos de seguridad, especialmente en la limpieza y desinfección de salas y equipos, y de la higiene del personal
Informe de la prueba	Informar las radiografías de tórax	El informe de todas las radiografías de tórax puede ser útil para detectar casos no sospechados
Informe de la prueba	Usar informes preconfigurados	Se recomienda usar modelos de informe, tanto para la radiografía como para la TC de tórax
Informe de la prueba	Diseñar puestos de telerradiología	Se debería disponer de puestos de telerradiología, que permitan mantener la actividad en caso de que exista una situación de alta prevalencia

Los trabajadores especialmente sensibles deben ubicarse en puestos adecuados y de bajo riesgo⁵⁶.

Rediseño del proceso de imagen

Todas estas medidas y recomendaciones descritas previamente obligan a rediseñar el proceso de imagen. Algunas recomendaciones sobre esta adaptación se resumen en la [tabla 2](#).

Impacto en otros procesos

Impacto en el control presupuestario. La crisis económica producida por la infección COVID-19 está siendo de tal calibre que algunos especialistas la consideran la más importante desde la Segunda Guerra Mundial, pero la caída del producto interior bruto per cápita es la más extendida desde 1870 debido al número de países afectados⁵⁷. Los hospitales y los servicios de radiología se ven afectados en esta crisis, con un incremento de costes (medidas de seguridad), una menor producción y, en los centros privados, una menor facturación. En todos los casos, se verá una menor rentabilidad debido a los costes de producción de los estudios no realizados. En un análisis realizado en los EE. UU.⁵⁸, se

vio una disminución de la actividad facturable entre el 50% y el 70%, con un incremento simultáneo del gasto. En las fases iniciales de la crisis, esta situación desfavorable se estimaba que podría durar hasta 9 meses. Todo esto hace que sea importante llevar un control del gasto, con una buena gestión contable.

Impacto en la formación e investigación. Las medidas de seguridad afectan a todas las actividades del servicio de radiología, incluyendo la formación, tanto en lo que se refiere a sesiones como a la formación directa de estudiantes (de medicina o técnicos superiores de diagnóstico por la imagen) como de médicos en formación (de la especialidad de radiología o de otras especialidades)⁵⁹⁻⁶². Dado el impacto económico de la crisis y su potencial duración, es importante que todos los programas formativos se mantengan y que todos los servicios establezcan medidas para compensar, con las nuevas tecnologías, las dificultades que supone esta situación.

Las actividades formativas extrahospitalarias (cursos y congresos) también se han visto afectadas⁶³, con suspensión de actividades presenciales y desarrollo de actividades formativas en línea. No hay consenso en el impacto que la

crisis tendrá en estas actividades a medio y largo plazo, y dependerá de factores como el desarrollo de una vacuna o las normativas de seguridad que se apliquen.

La crisis por la COVID-19 también ha tenido impacto en la investigación, especialmente en los procesos no relacionados con esta infección⁶⁴. Además, se ha visto que la crisis ha provocado una producción científica a una velocidad sin precedentes. Esto, que ha permitido avances clave en poco tiempo, ha originado que, en algunos casos, no se realice el control editorial con el rigor habitual⁶⁵, en ocasiones con gran impacto a nivel mundial⁶⁶.

La gestión del riesgo. La infección COVID-19 supone una amenaza para trabajadores y pacientes, y un elemento básico en la actividad del servicio de radiología es realizar una buena gestión del riesgo, tanto de forma prospectiva como retrospectiva. No se diferencia de otros análisis del riesgo, por lo que su estudio seguirá la misma sistemática⁶⁷. **Impacto en la estructura.** El último informe publicado por la Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (FENIN) sobre tecnología sanitaria⁶⁸ pone de manifiesto la situación precaria de la alta tecnología hospitalaria, que arrastra un déficit de inversiones desde la crisis de 2008. La crisis por la COVID-19 ha agravado la situación. Aunque muchos equipos han disminuido su uso, en otros casos se ha sobrecargado el equipamiento, y las limpiezas y desinfecciones intensivas han afectado a alguno de ellos. Durante varios meses se ha alterado el ritmo normal del mantenimiento de las máquinas. En este contexto es importante que todos los servicios de radiología dispongan de un plan actualizado de situación del equipamiento y de las necesidades de renovación, con clara justificación. Por otra parte, la primera crisis de infección COVID-19 ha demostrado las ventajas de disponer de equipos portátiles directos de radiología convencional y equipos portátiles de ecografía. El papel que va a desempeñar ahora la radiología en la gestión de la crisis es fundamental, y para ello es imprescindible que los gestores y políticos vean la importancia de mantener una tecnología fiable y segura.

Impacto en los profesionales del servicio. La organización del servicio de radiología se ha visto muy afectada por la crisis COVID-19. En la fase de pandemia, muchos servicios han tenido que cambiar su orientación y dedicarse casi exclusivamente al diagnóstico de COVID-19. Para ello, las plantillas se han reestructurado, tanto de técnicos como de radiólogos, con jornadas desiguales y puestos con diferente presión asistencial. Conforme disminuye la presión de la infección COVID-19, la organización va virando a la normalidad, pero la necesidad de mantener una serie de medidas de seguridad obliga a seguir manteniendo una serie de refuerzos asistenciales que no estaban previstos en las plantillas iniciales de personal. Algunos ejemplos son la necesidad de refuerzo del personal técnico para los puestos con más riesgo (portátiles de pacientes infectados, radiología en circuitos sucios), o la necesidad de adaptar los puestos de radiólogos para seguir informando las radiografías simples, algo que se considera fundamental. Es importante definir bien todas las actividades del servicio en cada una de las etapas de infección COVID-19 (prevalencia), de forma que se puedan ajustar los recursos disponibles. En ocasiones, las medidas pasan por rediseñar puestos de trabajo y funciones de cada puesto, adaptándolos a las condiciones particulares.

Autoría

1. Responsable de la integridad del estudio: PVS, ARC, JGB, ÁMS, MRC, CMS.
2. Concepción del estudio: PVS, ARC, JGB, ÁMS, MRC, CMS.
3. Diseño del estudio: PVS, ARC, JGB, ÁMS, MRC, CMS.
4. Obtención de los datos: PVS, ARC, JGB, ÁMS, MRC, CMS.
5. Análisis e interpretación de los datos: PVS, ARC, JGB, ÁMS, MRC, CMS.
6. Tratamiento estadístico: N/A.
7. Búsqueda bibliográfica: PVS, ARC, JGB, ÁMS, MRC, CMS.
8. Redacción del trabajo: PVS, ARC, JGB, ÁMS, MRC, CMS.
9. Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: PVS, ARC, JGB, ÁMS, MRC, CMS.
10. Aprobación de la versión final: PVS, ARC, JGB, ÁMS, MRC, CMS.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. 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;382:727–33.
2. Wang C, Horby PW, Hayden FG, Gao GF. A novel coronavirus outbreak of global health concern. *Lancet*. 2020;395:470–3.
3. Lu R, Zhao X, Li J, Niu P, Yang B, Wu H, et al. Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet*. 2020;395:565–74.
4. Ministerio de Sanidad. Enfermedad por nuevo coronavirus, COVID-19. Situación actual. (Consultado el 19/7/2020). Tomado de: <https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/home.htm>.
5. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*. 2020;395:497–506.
6. Kousha K, Thelwall M. COVID-19 publications: Database coverage, citations, readers, tweets, news, Facebook walls, Reddit posts. *Quantitative Science Studies*. 2020;1:1068–91.
7. Kissler SM, Tedijanto C, Goldstein E, Grad YH, Lipsitch M. Projecting the transmission dynamics of SARS-CoV-2 through the postpandemic period. *Science*. 2020;368:860–8.
8. Madjid M, Safavi-Naeini P, Solomon SD, Vardeny O. Potential Effects of Coronaviruses on the Cardiovascular System: A Review. *JAMA Cardiol*. 2020;5:831–40.
9. Kuehn BM. Genetic Analysis Tracks SARS-CoV-2 Mutations in Human Hosts. *JAMA*. 2020;323:2363.
10. Wu D, Wu T, Liu Q, Yang Z. The SARS-CoV-2 outbreak: what we know. *Int J Infect Dis*. 2020;94:44–8.
11. Khan S, Siddique R, Shereen MA, Ali A, Liu J, Bai Q, et al. Emergence of a Novel Coronavirus, Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2: Biology and Therapeutic Options. *J Clin Microbiol*. 2020;58:e00187–220.
12. Bonny V, Maillard A, Mousseaux C, Plaçais L, Richier Q. COVID-19: physiopathologie d'une maladie à plusieurs visages. *La Revue de Médecine Interne*. 2020;41:375–89. <http://dx.doi.org/10.1016/j.revmed.2020.05.003>.
13. Wrapp D, Wang N, Corbett KS, Goldsmith JA, Hsieh CL, Abiona O, et al. Cryo-EM structure of the 2019-nCoV spike in the prefusion conformation. *Science*. 2020;367:1260–3.

14. He Y, Zhou Y, Liu S, Kou Z, Li W, Farzan M, et al. Receptor-binding domain of SARS-CoV spike protein induces highly potent neutralizing antibodies: implication for developing subunit vaccine. *Biochem Biophys Res Commun.* 2004;324:773–81.
15. Zhou P, Yang X-L, Wang X-G, Hu B, Zhang L, Zhang W, et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature.* 2020;579:270–3.
16. Sriram K, Insel PA. A hypothesis for pathobiology and treatment of COVID-19: The centrality of ACE1/ACE2 imbalance. *Br J Pharmacol.* 2020;177:4825–44.
17. Yan T, Xiao R, Lin G. Angiotensin-converting enzyme 2 in severe acute respiratory syndrome coronavirus and SARS-CoV-2: A double-edged sword? *The FASEB Journal.* 2020;34:6017–26, <http://dx.doi.org/10.1096/fj.202000782>.
18. Alqahtani SA, Schattenberg JM. Liver injury in COVID-19: The current evidence. *United European Gastroenterol J.* 2020;8:509–19, <http://dx.doi.org/10.1177/2050640620924157>.
19. Belen-Apak FB, Sarialioğlu F. Pulmonary intravascular coagulation in COVID-19: possible pathogenesis and recommendations on anticoagulant/thrombolytic therapy. *J Thromb Thrombolysis.* 2020;50:278–80, <http://dx.doi.org/10.1007/s11239-020-02129-0>.
20. Connors JM, Levy JH. COVID-19 and its implications for thrombosis and anticoagulation. *Blood.* 2020;135:2033–40, <http://dx.doi.org/10.1182/blood.2020060000>.
21. Li Y C, Bai W Z, Hashikawa T. The neuroinvasive potential of SARS-CoV2 may play a role in the respiratory failure of COVID-19 patients. *J Med Virol.* 2020;92:552–5, <http://dx.doi.org/10.1002/jmv.25728>.
22. McGonagle D, O'Donnell JS, Sharif K, Emery P, Bridgewood C. Immune mechanisms of pulmonary intravascular coagulopathy in COVID-19 pneumonia. *Lancet Rheumatol.* 2020;2:e437–45.
23. Nepal G, Rehrig JH, Shrestha GS, Shing YK, Yadao JK, Ojha R, et al. Neurological manifestations of COVID-19: a systematic review. *Crit Care.* 2020;24:421.
24. Nile SH, Nile A, Qiu J, Li L, Jia X, Kai G. COVID-19: Pathogenesis, cytokine storm and therapeutic potential of interferons [letter]. *Cytokine Growth Factor Rev.* 2020;53:66–70.
25. Tay MZ, Poh CM, Rénia L, MacAry PA, Ng LFP. The trinity of COVID-19: immunity, inflammation and intervention. *Nature Rev Immunol.* 2020;20:363–74, <http://dx.doi.org/10.1038/s41577-020-0311-8>.
26. Xiao F, Tang M, Zheng X, Liu Y, Li X, Shan H. Evidence for Gastrointestinal Infection of SARS-CoV-2. *Gastroenterology.* 2020;158:1831–3, e3.
27. Bhayana R, Som A, Li MD, Carey DE, Anderson MA, Blake MA, et al. Abdominal Imaging Findings in COVID-19: Preliminary Observations. *Radiology.* 2020;297:E207–15.
28. Battle D, Soler MJ, Sparks MA, Hiremath S, South AM, Welling PA, et al. Acute Kidney Injury in COVID-19: Emerging Evidence of a Distinct Pathophysiology. *J Am Soc Nephrol.* 2020;31:1380–3.
29. Hung LS. The SARS Epidemic in Hong Kong: What Lessons have we Learned? *J R Soc Med.* 2003;96:374–8, <http://dx.doi.org/10.1177/014107680309600803>.
30. To KK, Tsang OT, Yip CC, Chan KH, Wu TC, Chan JM, et al. Consistent Detection of 2019 Novel Coronavirus in Saliva. *Clin Infect Dis.* 2020;71:841–3.
31. Wyllie AL, Fournier J, Casanovas-Massana A, Campbell M, Tokuyama M, Vijayakumar P, et al. Saliva is more sensitive for SARS-CoV-2 detection in COVID-19 patients than nasopharyngeal swabs. *medRxiv.* <https://doi.org/10.1101/2020.04.16.20067835>.
32. Kampf G, Todt D, Pfaender S, Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *J Hosp Infect.* 2020;104:246–51, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022>.
33. Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali NK, et al. Aerodynamic characteristics and RNA concentration of SARS-CoV-2 aerosol in Wuhan hospitals during COVID-19 outbreak. *BioRxiv.* 2020, <http://dx.doi.org/10.1101/2020.03.08.982637>.
34. Li Y, Qian H, Hang J, Chen X, Hong L, Liang P, et al. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. *medRxiv.* 2020, <http://dx.doi.org/10.1101/2020.04.16.20067728>.
35. Morawska L, Cao J. Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. *Environ Int.* 2020;139:105730.
36. Amirian ES. Potential fecal transmission of SARS-CoV-2: Current evidence and implications for public health. *Int J Infect Dis.* 2020;95:363–70, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijid.2020.04.057>.
37. Dong L, Tian J, He S, Zhu C, Wang J, Liu C, et al. Possible Vertical Transmission of SARS-CoV-2 From an Infected Mother to Her Newborn. *JAMA.* 2020;323:1846–8.
38. Li D, Jin M, Bao P, Zhao W, Zhang S. Clinical Characteristics and Results of Semen Tests Among Men With Coronavirus Disease 2019. *JAMA Netw Open.* 2020;3:e208292.
39. Turban JL, Keuroghlian AS, Mayer KH. Sexual Health in the SARS-CoV-2 Era. *Ann Intern Med.* 2020;173:387–9.
40. Lauer SA, Grantz KH, Bi Q, Jones FK, Zheng Q, Meredith HR, et al. The Incubation Period of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) From Publicly Reported Confirmed Cases: Estimation and Application. *Ann Intern Med.* 2020;172:577–82.
41. Furukawa NW, Brooks JT, Sobel J. Evidence Supporting Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 While Presymptomatic or Asymptomatic. *Emerg Infect Dis.* 2020;26:e201595.
42. Pan Y, Zhang D, Yang P, Poon LLM, Wang Q. Viral load of SARS-CoV-2 in clinical samples. *The Lancet Infect Dis.* 2020;20:411–2, [http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30113-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30113-4).
43. Wölfel R, Corman VM, Guggemos W, Seilmaier M, Zange S, Müller MA, et al. Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature.* 2020;581:465–9.
44. Mirza SK, Tragon TR, Fukui MB, Hartman MS, Hartman AL. Microbiology for Radiologists: How to Minimize Infection Transmission in the Radiology Department. *Radiographics.* 2015;35:1231–44, <http://dx.doi.org/10.1148/rq.2015140034>.
45. Ministerio de Sanidad. Instrucciones sobre la realización de pruebas diagnósticas para la detección del COVID-19. Actualizado a 30 junio de 2020. (Consultado el 19/7/2020). Tomado de: <https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/instruccionesPruebasDiagnosticasEmpresas.pdf>.
46. Ministerio de Sanidad. Interpretación de las pruebas diagnósticas frente a SARS-CoV-2. (Consultado el 19/7/2020). Tomado de: https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/INTERPRETACION_DE_LAS_PRUEBAS.pdf.
47. Rubin GD, Ryerson CJ, Haramati LB, Sverzellati N, Kanne JP, Raoof S, et al. The Role of Chest Imaging in Patient Management during the COVID-19 Pandemic: A Multinational Consensus Statement from the Fleischner Society. *Radiology.* 2020;296:172–80.
48. SERAM. Guía básica de indicaciones de pruebas de imagen en la infección COVID-19 (V1. 21/3/2020). (Consultado el 19/7/2020). Tomado de: https://seram.es/images/site/Recomendaciones.imagen_SERAM.COVID.19.pdf.
49. Valdés Solís P, Guerrero Bravo J, Morales Santos A, Rovira Cañellas A, Martínez Serrano C. La radiología desde la aparición de la infección COVID-19. Análisis y recomendaciones. (Consultado el 19/7/2020). Tomado de: <https://seram.es/images/site/Futuro.Radiologia.COVID.SERAM.2.pdf>.
50. Ding J, Fu H, Liu Y, Gao J, Li Z, Zhao X, et al. Prevention and control measures in radiology department for COVID-19. *Eur Radiol.* 2020;30:3603–8.

51. The CAOR, Canadian SOTR. The Canadian Association of Radiologists (CAR) and the Canadian Society on Thoracic Radiology (CSTR) Recommendations on COVID-19 Management in Imaging Departments. (Consultado el 19/7/2020). Tomado de: <https://car.ca/wp-content/uploads/2020/03/The-Canadian-Association-of-Radiologists-CAR-and-the-Canadian-Society-on-Thoracic-Radiology-CSTR-Recommendations-on-COVID19-Management-in-Imaging-Departments-1.pdf>.
52. Sethuraman N, Jeremiah SS, Ryo A. Interpreting Diagnostic Tests for SARS-CoV-2. *JAMA*. 2020;323:2249–51.
53. Kim H, Hong H, Yoon SH. Diagnostic Performance of CT and Reverse Transcriptase-Polymerase Chain Reaction for Coronavirus Disease 2019: A Meta-Analysis. *Radiology*. 2020;296:E145–55.
54. Raptis CA, Hammer MM, Short RG, Shah A, Bhalla S, Bierhals AJ, et al. Chest CT and Coronavirus Disease (COVID-19): A Critical Review of the Literature to Date. *AJR Am J Roentgenol*. 2020;215:839–42.
55. Wang D, Hu B, Hu C, Zhu F, Liu X, Zhang J, et al. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*. 2020;323:1061–9.
56. Ministerio de Sanidad. Procedimiento de actuación para los servicios de prevención de riesgos laborales frente a la exposición al SARS-CoV-2. (Consultado el 19/7/2020). Tomado de: https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/Proteccion.Trabajadores_SARS-CoV-2.pdf.
57. Impacto socioeconómico de la pandemia de enfermedad por coronavirus de 2019-2020. Wikipedia, la enciclopedia libre. (Consultado el 19/7/2020). Tomado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_socioecon%C3%B3mico_de_la_pandemia_de_COVID-19#:~:text=Impacto%20financiero,-Esta%20secci%C3%B3n%20es&text=La%20crisis%20financiera%20asociada%20con,petr%C3%B3leo%20crudo%20y%20el%20oro.
58. Cavallo JJ, Forman HP. The Economic Impact of the COVID-19 Pandemic on Radiology Practices. *Radiology*. 2020;296:E141–4.
59. Ferrel MN, Ryan JJ. The Impact of COVID-19 on Medical Education. *Cureus*. 2020;12:e7492.
60. Alvin MD, George E, Deng F, Warhadpande S, Lee SI. The Impact of COVID-19 on Radiology Trainees. *Radiology*. 2020;296:246–8.
61. Odedra D, Chahal BS, Patlas MN. Impact of COVID-19 on Canadian Radiology Residency Training Programs. *Can Assoc Radiol J*. 2020;71:482–9.
62. Warhadpande S, Khaja MS, Sabri SS. The Impact of COVID-19 on Interventional Radiology Training Programs: What You Need to Know. *Acad Radiol*. 2020;27:868–71.
63. Evans RG. The Impact of a Pandemic on Professional Meetings. *Radiology: Imaging Cancer*. 2020;2:3.
64. Luker GD, Boettcher AN. Transitioning to a New Normal after COVID-19: Preparing to Get Back on Track for Cancer Imaging. *Radiology: Imaging Cancer*. 2020;2:3.
65. Horbach SPJM. Pandemic Publishing: Medical journals drastically speed up their publication process for Covid-19. *Quantitative Science Studies*. 2020;1:1056–67.
66. Mehra MR, Desai SS, Ruschitzka F, Patel AN. RETRACTED: Hydroxychloroquine or chloroquine with or without a macrolide for treatment of COVID-19: a multinational registry analysis. *Lancet*. 2020. S0140-6736(20)31180-6.
67. Morales Santos Á. La gestión del riesgo en el ámbito de la radiología. En: del Cura JL, Gayete Á, Rovira Á, editores. *Radiología Esencial*. Madrid: Panamericana; 2019. p. 2282–93.
68. Federación EDETS. Perfil tecnológico hospitalario y propuestas para la renovación de tecnologías sanitarias. Informe 2019. Consultado el 19/7/2020. Disponible en: <https://www.fenin.es/resources/estudios/621>.