



Documento de consenso

Gestión de riesgos en la realización de pruebas de función pulmonar pospandemia



Luis Puente Maestu^a, Juana M. Martínez Llorens^b, José Luis Valera Felices^c,
Yolanda Torralba García^d, Marian Gimeno Peribáñez^e, Eusebi Chiner^f, Roberto Cabestre^g,
Juan Rodríguez Hermosa^h, Raúl Godoy Mayoralⁱ, Celeste Marcos^j,
Ana Balaña Corberó^b y Carlos Almonacid^{k,*}

^a Instituto de Investigación Biomédica Gregorio Marañón-Facultad de Medicina-Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

^b Servicio de Neumología, Hospital del Mar, Barcelona, España

^c Servicio de Neumología, Hospital Universitario de Son Espases, Palma, Islas Baleares, España

^d Servicio de Neumología, Hospital Clinic, Barcelona, España

^e Servicio de Neumología, Hospital Universitario Dr. Josep Trueta, Girona, España

^f Servicio de Neumología, Hospital Sant Joan, Alicante, España

^g Servicio de Neumología, Hospital Royo Villanova, Zaragoza, España

^h Servicio de Neumología, Hospital Universitario Clínico San Carlos, Madrid, España

ⁱ Servicio de Neumología, Hospital Universitario de Albacete, Albacete, España

^j Servicio de Neumología, Hospital Universitario de la Princesa, Madrid, España

^k Servicio de Neumología, Hospital Universitario Puerta de Hierro-Majadahonda, Majadahonda, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 12 de junio de 2025

Aceptado el 19 de junio de 2025

Palabras clave:

COVID-19

Riesgo infeccioso

Pruebas funcionales

R E S U M E N

Este documento es una propuesta detallada que aborda la gestión de la espirometría y otras pruebas de función pulmonar en el contexto pospandémico de COVID-19 en España. La introducción discute cómo la pandemia ha afectado la realización de estas pruebas esenciales y subraya la necesidad de una valoración pragmática de los riesgos y beneficios, dado que la falta de estudios de función pulmonar puede conllevar errores diagnósticos y terapéuticos significativos.

La sección sobre la situación epidemiológica en España destaca que la OMS ya no considera a la COVID-19 una emergencia de salud pública de importancia internacional, reflejando una menor severidad de la enfermedad gracias a la alta cobertura de vacunación y a las características de las cepas circulantes.

El marco normativo establece que el Instituto Carlos III ha definido una nueva estrategia de vigilancia epidemiológica que busca el restablecimiento de la normalidad social y sanitaria. Se menciona una orden emitida por el Ministerio de Sanidad que termina la obligatoriedad del uso de mascarillas en ciertos contextos, en línea con la estrategia de volver a la normalidad.

La propuesta analiza en profundidad el riesgo infeccioso para los trabajadores y los pacientes en los laboratorios de función pulmonar, concluyendo que las prácticas actuales, junto con el uso de mascarillas quirúrgicas y filtros virales, minimizan la generación y transmisión de aerosoles infecciosos.

Se proporcionan recomendaciones detalladas para la gestión de riesgos, incluyendo controles arquitectónicos, medidas administrativas, prácticas de higiene, y protocolos de protección personal, con el fin de proteger tanto a los profesionales sanitarios como a los pacientes.

La bibliografía citada refuerza la base de evidencia científica detrás de las recomendaciones propuestas y demuestra un enfoque cuidadoso y considerado hacia la reintroducción segura y eficiente de la espirometría y otras pruebas de función pulmonar en la atención sanitaria habitual.

© 2025 Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (<http://creativecommons.org/licencias/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: caralmsan@gmail.com (C. Almonacid).

Risk Management in Performing Post-Pandemic Pulmonary Function Tests

A B S T R A C T

Keywords:

COVID-19

Infectious risk

Pulmonary function tests

This document is a detailed proposal addressing the management of spirometry and other pulmonary function tests in the post-COVID-19 pandemic context in Spain. The introduction discusses how the pandemic has affected the performance of these essential tests and underscores the need for a pragmatic assessment of risks and benefits, given that the absence of pulmonary function studies may lead to significant diagnostic and therapeutic errors.

The section on the epidemiological situation in Spain highlights that the WHO no longer considers COVID-19 a public health emergency of international concern, reflecting the reduced severity of the disease due to high vaccination coverage and the characteristics of circulating variants.

The regulatory framework states that the Health Institute Carlos III has defined a new epidemiological surveillance strategy aimed at restoring social and healthcare normality. A ministerial order issued by the Ministry of Health is mentioned, which lifts the mandatory use of facemasks in certain settings, in alignment with the strategy to return to normalcy.

The proposal provides an in-depth analysis of the infectious risk to healthcare workers and patients in pulmonary function laboratories, concluding that current practices —along with the use of surgical masks and viral filters— minimize the generation and transmission of infectious aerosols.

Detailed recommendations are provided for risk management, including architectural controls, administrative measures, hygiene practices, and personal protective protocols, with the goal of safeguarding both healthcare professionals and patients.

The cited bibliography reinforces the scientific evidence base underlying the proposed recommendations and demonstrates a careful and deliberate approach to the safe and efficient reintroduction of spirometry and other pulmonary function tests into routine healthcare.

© 2025 Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR). Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El impacto de la pandemia de COVID-19 ha afectado a todas las áreas de la atención sanitaria, incluyendo al laboratorio de función pulmonar. Durante el periodo de alta virulencia, los pacientes se han manejado de la mejor manera posible, pero muchas veces de forma subóptima al restringirse por seguridad la realización de pruebas de función pulmonar.

Para restablecer la atención adecuada del paciente respiratorio se requiere pues una evaluación pragmática del riesgo/beneficio de la realización de dichas pruebas, basada en la información disponible de riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas, la realidad arquitectónica de las instalaciones sanitarias actuales y la imperiosa necesidad de analizar la función pulmonar, tanto para los pacientes que se hayan acumulado en las listas de espera, como para los que se han empezado a tratar sin disponer de criterios funcionales y, por supuesto para la demanda habitual¹⁻³. No es una cuestión sin importancia porque la carencia de estudios de función pulmonar supone un riesgo no despreciable de errores en la toma de decisiones diagnósticas y terapéuticas y, por tanto, para la salud de los pacientes. De hecho, nunca en el pasado, en las olas de gripe (que es una enfermedad de virulencia y letalidad similares a la COVID-19⁴), así como en otros brotes de infecciones virales respiratorias, la mayoría de los laboratorios de función pulmonar del mundo han considerado necesaria la restricción del acceso a dichas pruebas a consecuencia de medidas extraordinarias de higiene y desinfección en el laboratorio y sus salas de espera.

Situación epidemiológica del COVID-19 en España

La evolución de la situación epidemiológica en la mayoría de los países del mundo propició que el 5 de mayo de 2023 la OMS dejase de considerar la COVID-19 como una emergencia de salud pública de importancia internacional. En la comunidad, la tasa media a 14 días de infecciones respiratorias agudas (sindrómicas) varía notablemente según temporadas^{5,6}. Entre la mitad y 2/3 de los casos se producen en menores de 15 años, sobre todo en el grupo de uno

a 4 años^{5,6}. La COVID-19 representa entre el 10 y el 40% de estas infecciones según el momento^{5,6}.

En nuestro país, después del primer brote de COVID-19 en marzo de 2020, la gravedad de la enfermedad se ha reducido extraordinariamente debido a la alta cobertura de vacunación (entre el 92 y el 100% según el grupo etario)⁷ y las características de las cepas de SARS-CoV-2 prevalentes (ómicron). En la actualidad la mayoría de casos tienen síntomas leves o son asintomáticos, de forma que en el conjunto los datos de letalidad global es en este punto de la pandemia son similares a los últimos datos disponibles de la gripe, es decir entre 6 y 8 casos⁸⁻¹⁰, la mayoría en mayores de 80 años con comorbilidades^{5,6}. Además se ha constatado que la protección producida por la vacunación y la inmunidad generada por los infectados se ha mantenido incluso frente a una variante lo suficientemente diferente a las anteriores desde el punto de vista antigénico como es la variante ómicron⁷.

Marco normativo

El 8 de octubre de 2022 el Instituto Carlos III emitió un documento llamado «Estrategia de Vigilancia y Control Frente a Covid-19 tras la Fase Aguda de la Pandemia»¹¹ en el que se definía la nueva estrategia del Centro Nacional de Epidemiología, que se basa en 3 puntos: reducir el esfuerzo de monitorización de la pandemia a la vigilancia epidemiológica habitual de infecciones respiratorias agudas (salvo en la población > 60 años, considerada más vulnerable, en la que la identificación sigue siendo exhaustiva), la protección de dichas poblaciones y el restablecimiento de la normalidad social y del funcionamiento del sistema sanitario¹¹, intención con la que se emite este documento. Esta estrategia no es diferente de la definida por la mayoría de los centros de vigilancia epidemiológica de otros países¹² cuando se alcanza el nivel 3 o fase post pandémica¹³, en el que estamos actualmente.

Posteriormente y, atendiendo a la gran mejoría de la situación de la COVID 19, el Ministerio de Sanidad del Gobierno de España, tras acuerdo del Pleno del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud (CISNS) emite la *Orden SND/726/2023, de 4 de julio, por la*

que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 4 de julio de 2023, por el que se declara la finalización de la situación de crisis sanitaria ocasionada por la COVID-19¹⁴, que, en la línea de restablecimiento de la normalidad social y de la atención sanitaria, termina con la obligatoriedad del uso de mascarillas salvo:

1. Por las personas sintomáticas cuando estén en espacios compartidos.
2. Por los y las profesionales que atienden a casos sintomáticos.
3. Por las personas que trabajan en las unidades de cuidados intensivos y en las unidades con pacientes vulnerables siguiendo las recomendaciones de control de infección aconsejadas por los servicios de medicina preventiva y prevención de riesgos laborales, según la valoración del riesgo de cada centro sanitario.
4. En las urgencias hospitalarias o de atención primaria, incluida la sala de espera.

Riesgo infeccioso para los trabajadores en el laboratorio de función pulmonar

Durante la epidemia de la COVID-19 y ante la sospecha de su transmisión por esa vía, se ha desarrollado el concepto de procedimientos «generadores de aerosoles»^{15,16}. La evidencia parece demostrar que la definición es bastante arbitraria ya que las personas emiten partículas menores de 0,5 μm (aerosoles) al respirar, hablar, toser y estornudar¹⁷⁻²⁰ en todas partes y sorprendentemente en cantidades a veces mayores que en los procedimientos «generadores de aerosoles»^{15,16,21-23}. Por tanto, donde haya personas respirando, hablando o tosiendo (es decir en todo espacio cerrado en el que haya pacientes, sus familiares o profesionales sanitarios), sea en consultas, salas de descanso, laboratorios o cualquier otro recinto, aumenta la concentración de partículas de aerosol^{16,20}. Esta generación se reduce notablemente simplemente usando mascarillas quirúrgicas^{18,19}.

La realización de pruebas funcionales no se ha considerado «generadora de aerosoles» por las organizaciones internacionales^{15,16}, no obstante, se ha observado que durante las maniobras espiratorias se produce un modesto aumento de la concentración de partículas aerosolizadas (<0,5 μm) en el extremo espiratorio de los equipos²⁴⁻²⁷. Como era de esperar, se generan más aerosoles en pruebas que requieren un flujo espiratorio máximo, pero el aumento de concentración sigue siendo pequeño²⁸ y cuando las mediciones de partículas <0,5 μm se hacen a más de un metro de distancia de la boca de salida del espirómetro, la concentración es, según los estudios disponibles, solo un poco mayor²⁵ o no se diferencia de las mediciones ambientales antes de la prueba^{24,26}. Usando boquillas con filtros bacterianos/virales, no se detectan partículas <0,5 μm durante las pruebas hasta que los pacientes se separan del sistema y respiran, hablan o tosen sin mascarilla^{29,30}. Esta generación de aerosoles no es exclusiva de la espirometría, sino que también se observa, sin que se aprecien diferencias, al medir la capacidad de difusión pulmonar de monóxido de carbono, los volúmenes pulmonares o mientras los pacientes están sentados en un pletismógrafo³¹. Hasta la fecha, ningún estudio ha documentado hasta qué punto se generan aerosoles durante otras pruebas como el lavado de gases inertes, la medición de la fracción de óxido nítrico espirado o la oscilometría de impulsos, aunque en la oscilometría, en particular, se ha sugerido como un procedimiento relativamente seguro y de baja generación de aerosoles³².

Aunque hay una gran variabilidad entre sujetos, en las pruebas de broncoprovocación, que implican espirometrías repetidas, la emisión de partículas ultrafinas (<1 μm) se eleva aproximadamente un orden de magnitud superior al que cabría esperar de una respiración tranquila y del mismo orden de magnitud que se

esperaría de un habla normal²⁸. No obstante, se reduce significativamente cuando se usa un filtro antiviral en la boca de salida del equipo²⁸.

La generación de aerosoles durante el ejercicio de baja intensidad parece ser similar a la respiración corriente³³, pero aumenta con ejercicios más intensos. En un estudio de 8 voluntarios sanos se vio una importante generación de aerosoles durante el ejercicio de cierta intensidad, aunque hubo una heterogeneidad considerable entre los participantes³⁴. Del mismo modo, durante la rehabilitación cardiorrespiratoria se ha descrito que la generación de aerosoles aumenta con la duración del ejercicio, aunque los pacientes lleven mascarillas quirúrgicas³⁵. Un problema de usar mascarillas quirúrgicas durante el ejercicio es que tiene consecuencias negativas en el rendimiento durante la prueba de esfuerzo cardiopulmonar, incluyendo aumento de la disnea, la disminución del consumo máximo de oxígeno y del umbral anaeróbico³⁶. La acumulación de aerosoles durante las pruebas de esfuerzo se reduce significativamente mediante un sistema eficiente de renovación del aire³². Debe resaltarse que las concentraciones de partículas de aerosol solo son un reflejo indirecto de la capacidad de transmisión, que depende también de la carga viral y de los patrones de flujo en la sala³⁷ y que hasta la fecha no se han detectado virus de SARS-CoV-2 viables en muestras áreas de habitaciones en las que haya pacientes diagnosticados de COVID-19^{27,38,39}. La sospecha de transmisión por esta vía se basa en el comportamiento epidemiológico de la enfermedad.

Desde otra perspectiva, uno de los aspectos más llamativos de la pandemia de COVID-19 es que cuando se siguen las medidas de protección personal, las tasas de transmisión laboral son muy bajas (<1%), incluso al realizar procedimientos considerados de alto riesgo, como intubaciones, terapia de alto flujo, nebulización de fármacos para administrar medicación, o ventilación mecánica no invasiva en los pacientes con SARS-CoV-2 confirmado^{15,40-43}. Por motivos similares, incluso en las circunstancias menos favorables (alta exposición y cercanía del trabajador a la fuente de secreciones o aerosoles de personas con SAR-CoV-2) la transmisión es muy baja si se siguen las medidas de protección personal recomendadas.

Sorprendentemente en un entorno asistencial más general, una reciente revisión Cochrane no encontró diferencias claras, ni en casos sintomáticos o con viriasis confirmadas en los trabajadores sanitarios, cuando se usaron mascarillas quirúrgicas en comparación con las N95/P2⁴⁴. Es difícil entender este resultado, pero probablemente traduzca el uso inadecuado de las mascarillas N95/P2 en su ajuste en la cara, la deformación que pueda causar en la mascarilla el tiempo de uso o la incomodidad que lleva a retirarla ocasionalmente, es decir la vida real. En ese mismo meta-análisis la higiene de las manos redujo solo modestamente la carga de las enfermedades respiratorias⁴⁴.

En conclusión, la evidencia disponible sugiere:

- Que, si se usan filtros homologados, la generación de aerosoles en el laboratorio se produce fundamentalmente cuando el paciente, el profesional o el acompañante hablan o tosen sin mascarilla, y no durante la realización de las pruebas (con excepción de la broncoprovocación inhalando aerosoles y las pruebas de esfuerzo). En este sentido, no parece que el riesgo de transmisión de virus en el laboratorio de función pulmonar sea mayor que en otras instancias en las que se ven pacientes, o se congreguen profesionales que hablen sin mascarilla, o puedan toser como consultas, salas comunes, lugares de sesiones clínicas o salas donde se haga otro tipo de pruebas como las de cardiología no invasiva, electrofisiología, etc., e incluso en las salas de descanso del personal cuando estén sin mascarillas.
- Que la transmisión en circunstancias de exposición mucho mayores que las habituales en el laboratorio, como puede ser en

intubación o en ventilación mecánica no invasiva, el uso de medidas protectoras como mascarilla, guantes, delantal y gafas, reduce a cifras muy bajas el riesgo de infección de los profesionales sanitarios.

- Que la transmisión se puede reducir notablemente mediante el uso de mascarillas quirúrgicas por el paciente y evitando la acumulación de personas en recintos cerrados.

Riesgo de transmisión de infecciones para los pacientes

La evidencia de transmisión de infecciones respiratorias a los pacientes en el laboratorio de pruebas funcionales es sorprendentemente escasa, teniendo en cuenta que estas pruebas se han hecho y hacen por millones anualmente en todo el mundo^{45,46}, incluso durante la fase II de la pandemia de COVID-19, en la que una mayoría de los laboratorios siguieron abiertos²⁷, no hay comunicaciones de brotes.

Con respecto al SARS-CoV-2, solo hay un estudio que haya evaluado el riesgo de infección tras la realización de pruebas de función pulmonar. Se estudiaron retrospectivamente 278 pacientes a los que se les había practicado estudios funcionales, el 86% (n=355) pruebas de bajo riesgo teórico de contagio (espirometría y capacidad pulmonar de difusión del monóxido de carbono) y el 14% (n=59) de alto riesgo teórico de contagio (prueba de caminata de 6 min). En esta cohorte, la incidencia de COVID-19 fue del 0,36% tras las pruebas. Durante el periodo del estudio ninguno de los técnicos que realizaron las pruebas de función respiratoria presentaron síntomas compatibles con COVID-19⁴⁷.

En resumen:

- El riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas a los pacientes en el laboratorio es desconocido, pero la ausencia de descripción de brotes relacionados con el laboratorio sugiere que para la mayoría de los pacientes es baja. El riesgo cero no existe, pero la única evidencia disponible sugiere que es muy bajo.
- Hay que entender que, con respecto al riesgo de transmisión al paciente, el laboratorio no es un sitio especial comparado con otros lugares como consultas, salas de espera o salas donde se haga otro tipo de pruebas como electrocardiogramas, etc. No todos los recintos sanitarios son susceptibles de control ambiental y exigiéndolo al laboratorio de pruebas funciones supone dilatar las esperas entre pacientes, y una disminución notable de la productividad del laboratorio con la consecuencia de que muchos pacientes respiratorios tengan que manejarse sin dicha información con el considerable riesgo que esto acarrea.

Recomendaciones pragmáticas para gestionar el riesgo al reintroducir la espirometría

Controles arquitectónicos

1. La concentración de partículas al hablar o toser depende del tamaño de la sala y de la ventilación. La espirometría no debe hacerse en salas sin un espacio mínimo (recomendable > 2,5 × 3 m), sin ventilación natural o climatización individual. Se debe maximizar la ventilación en la medida de lo posible. Los laboratorios deben tener como meta tasas de recambio de aire en las salas de espera y el laboratorio superiores a 12 veces por hora⁴⁸.
2. La disposición de los equipos debe ser tal que el flujo espiratorio no se dirija al operador.
3. La circulación de personas por el laboratorio debe reducirse a las esenciales para su funcionamiento.
4. Se debe minimizar el número de personas que están en la sala donde se hace la prueba y hacerlas con la puerta cerrada.

Medidas administrativas

1. El laboratorio, siguiendo las recomendaciones locales, debe advertir a los médicos peticionarios de las restricciones (no solo por el riesgo infeccioso sino otras contraindicaciones) para las pruebas⁴⁹.
2. La espirometría solo debe realizarse en los pacientes en los que la prueba permita responder a una pregunta clínica cuya respuesta modificará el manejo del paciente. En este sentido y, no solo por razones de seguridad sino de coste-eficiencia, no se deben pedir pruebas por rutina (generalmente de seguimiento) con plazos en los que no es esperable cambios significativos o en situaciones en las que otras pruebas o la valoración clínica (cuestionario de impacto, de control, o de síntomas, por ejemplo) ya aportan la información necesaria para el manejo del paciente. Dado que la gravedad de las enfermedades víricas es mayor en las personas no vacunadas y en los pacientes con más de 80 años, esta valoración debe ser especialmente cuidadosa en dichos pacientes. Esta responsabilidad recae más en el clínico que pide la prueba (quien es responsable de evaluar el riesgo beneficio de sus actuaciones sobre el paciente) del laboratorio, pero este último debe implicarse en promover los cambios de cultura organizativa si detecta solicitudes de pruebas que aparentemente no aportan nada al proceso por el que se envía al paciente.
3. Es una buena práctica advertir al paciente en los documentos de preparación y página web del laboratorio que no acuda al laboratorio si tiene síntomas de infección respiratoria aguda o hemoptisis.
4. El personal que recibe al paciente debe preguntar, preferiblemente con listas de comprobación, por las contraindicaciones, tratamientos que esté recibiendo el paciente y otros procesos que puedan condicionar la realización de la prueba. Desde el punto de vista del riesgo infeccioso:
 - a. Si tiene síntomas activos (agudos) de infección respiratoria. En los casos sindrómicos de infecciones respiratorias agudas notificados en atención primaria los síntomas de infección respiratoria aguda se caracterizan aparición súbita (60%), predominando la tos (46%), el malestar general (36%) y la fiebre (35%)^{5,6}. De ellos la fiebre es el síntoma más específico.
 - b. Si el paciente tiene una enfermedad infectocontagiosa activa confirmada con pruebas antigénicas, genéticas o microbiológicas (tuberculosis, sarampión, varicela, virus respiratorio sincitial, viruela del mono, etc.) la prueba debe posponerse hasta que el individuo se considere no contagioso según protocolos locales.
 - c. Si ha estado en contacto cierto con personas con infecciones transmisibles confirmadas con pruebas antigénicas o genéticas, actuar según protocolos locales o recomendaciones de las autoridades sanitarias.
 - d. Si el paciente tiene alguna forma de inmunosupresión.
 - e. Si el paciente está vacunado contra SARS-CoV-2, gripe o VRS.
 - f. Si el paciente tiene hemoptisis.
5. Los laboratorios deben estar atentos a los cambios en la situación epidemiológica que justifiquen cambios en su gestión, de acuerdo con las políticas del centro y de las autoridades sanitarias.

Medidas higiénicas

1. La tos es el principal riesgo de diseminación de partículas en el aire con cualquier medición de la prueba de función pulmonar. Por lo tanto, las políticas para gestionar el riesgo de prevención de infecciones por tos en el laboratorio deben alinearse con los procedimientos y políticas locales de prevención del centro, es decir, la forma en que un centro gestiona el riesgo con un paciente con tos en los demás entornos clínicos. Estas incluyen uso de

maskarilla quirúrgica (recomendable en salas de espera y el laboratorio), taparse con el brazo o salir a un espacio poco transitado o vacío cuando sea posible si tiene un acceso de tos. Se debe asegurar en la recepción que los pacientes reciban un recuerdo de estas medidas.

2. La espirometría debe realizarse con un filtro bacteriano/viral de un solo uso en el circuito que cumpla con los estándares ATS/ERS²⁷. El costo de estos se ha reducido significativamente. Como en anteriores recomendaciones^{46,49-52} se deben limpiar superficies y todas las áreas que han entrado en contacto con el paciente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y locales.
3. Con los datos epidemiológicos actuales no parece que sea necesaria la limpieza concienzuda de las salas entre cada prueba, solo de las superficies que hayan entrado en contacto con el paciente o sus secreciones. Esto se puede hacer con agua y jabón o un desinfectante como gel hidroalcohólico.
4. Los procedimientos en los que la espirometría se realiza repetidamente (p. ej., como parte de las pruebas de broncoprovocación o pruebas de tolerancia a antimicrobianos inhalados o esputo inducido para medir eosinofilia u obtener muestras microbianas), o aquellos en los que se emiten mayores volúmenes de aerosoles (p. ej., pruebas de esfuerzo), tienen intuitivamente más probabilidades de aumentar el riesgo de tos y de generación de aerosoles. Necesitando de precauciones especiales.
 - a. En las pruebas de broncoprovocación, de tolerancia a antibióticos inhalados o esputo inducido: Las medidas no deben ser diferentes de las ya recomendadas por las distintas normativas para proteger a los trabajadores de la inhalación de los productos específicos^{46,49-52}. Estas pruebas deben hacerse en locales bien ventilados y esperar un tiempo suficiente tras su realización para que el sistema de ventilación regenere el aire²⁷, por lo que es recomendable que se hagan al final de la jornada para no alterar el funcionamiento del laboratorio y, si no es posible, esperar el tiempo necesario conociendo la tasa de renovación del aire en la sala⁴⁸. Se debe recomendar el uso del dosímetro en los laboratorios de función pulmonar, por su simplicidad y reducida generación de aerosoles (sobre todo si se usa un filtro espiratorio), dado que tiene un mejor balance riesgo-beneficio que la aerosolización del agente broncoprovocador. No obstante, hemos de tener en cuenta que las recomendaciones actuales consideran que la nebulización del producto respirando a volumen corriente, aumenta la sensibilidad sobre los procedimientos con dosímetro, que suelen exigir volúmenes respiratorios elevados, que potencialmente inhiben la broncosconstricción en personas con hiperreactividad leve⁵³. Como alternativa, se puede pensar en el uso de sistemas que utilicen agentes que desencadenen una broncoprovocación mediante estímulos indirectos como es el caso del manitol, que no generadora aerosoles, o los minimiza comparado con los nebulizadores y dosímetros, al ser administrado mediante un dispositivo de inhalación de polvo seco.
 - b. Las pruebas de esfuerzo deben realizarse en salas bien ventiladas y como en las pruebas de broncoprovocación, tras ellas esperar el tiempo necesario para la depuración del aire⁴⁸, sobre todo si no se usan filtros. El material no desechable debe recibir una desinfección de alto nivel como mínimo^{46,49-52}.
 - c. Las pruebas de marcha, que se hacen típicamente en el pasillo por donde pueden circular otras personas, suponen un problema significativo, aunque, en principio en los pasillos, por su volumen, las concentraciones de partículas de aerosol suelen ser bajas. El laboratorio debe determinar, siguiendo las directrices locales o nacionales, si el riesgo epidemiológico es suficientemente alto para suspender las pruebas, o si se pueden hacer al final de la jornada. El riesgo se puede reducir si el paciente lleva una mascarilla. En ese caso se debe mencionar

en el informe que se han hecho con dichas mascarillas ya que pueden modificar los resultados de la prueba y los síntomas del paciente durante la misma.

5. Se debe tener especial precaución en la petición de pruebas de función pulmonar a los inmunodeprimidos y personas mayores de 80, sobre todo si no están vacunadas. Estas personas deben llevar siempre mascarilla en el laboratorio y las salas de espera de acuerdo con las recomendaciones locales, y aprovechar los momentos de menos actividad (primera hora, tardes) para hacerlas.

Protección personal

1. El personal debe llevar protección personal que incluya como mínimo mascarilla quirúrgica y muy recomendable N95/P2 (en las pruebas de broncoprovocación y esfuerzo descritas en el punto 5 es recomendable como mínimo N95/P2), ropa de trabajo y una bata cerrada o delantal. Son recomendables las gafas y necesarias en las pruebas de broncoprovocación y esfuerzo.
2. El personal debe lavarse las manos después de cada prueba. Se debe recordar que los guantes no dan protección adicional al trabajador salvo si se tienen heridas cutáneas en las manos y desde luego no protegen al paciente. La limpieza de manos entre los pacientes es necesaria, aunque se lleven guantes. Si las instalaciones del laboratorio lo permiten, el paciente también debería lavarse las manos antes de empezar la prueba.
3. Para mayor protección, el personal debe estar vacunado de la gripe, del SARS-CoV-2 (o de otros virus respiratorios según el desarrollo de nuevas vacunas) de acuerdo con las recomendaciones del centro. Como mínimo deben estar informados del riesgo / beneficio de la no-vacunación para sí mismos y para los pacientes.

Financiación

Este manuscrito no ha recibido ninguna subvención específica.

Declaración sobre el uso de la IA generativa

No se ha utilizado inteligencia artificial en la realización, en la redacción ni en la edición de este manuscrito.

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron al desarrollo del manuscrito. LP y CA lideraron la conceptualización, redacción y coordinación del documento en colaboración con JM. Todos los autores participaron en las reuniones, la revisión de la literatura y la evidencia, y la discusión crítica del contenido. Además, todos los autores participaron en múltiples rondas de revisión y aprobaron la versión final del manuscrito.

Conflicto de intereses

CA ha recibido subvenciones o contratos de EIT Health - ROUTE2SPAIN; honorarios de consultoría de GSK, AstraZeneca, Chiesi, Gebro y Sanofi; honorarios por conferencias, presentaciones, participación en el comité de conferenciantes, redacción de manuscritos o eventos educativos de GSK, AstraZeneca, Chiesi, Gebro, Menarini, Faes y Sanofi; y apoyo para asistir a reuniones y/o viajes de GSK, AstraZeneca, Chiesi, Gebro, Menarini y Faes.

Los demás autores declaran no tener ningún conflicto de intereses relacionado con este trabajo.

Bibliografía

- Plaza V, Alobid I, Alvarez C, et al. Guía española para el manejo del asma (GEMA) versión 5.1 Aspectos destacados y controversia. Arch Bronconeumol. 2022;58:150–8.
- Miravittles M, Calle M, Molina J, et al. Actualización 2021 de la Guía Española de la EPOC (GesEPOC) Tratamiento farmacológico de la EPOC estable. Arch Bronconeumol. 2022;58:69–81.
- Xaubet A, Molina-Molina M, Acosta O, et al. Normativa sobre el diagnóstico y tratamiento de la fibrosis pulmonar idiopática. Arch Bronconeumol. 2017;53:263–9.
- Harrington WN, Kackos CM, Webby RJ. The evolution and future of influenza pandemic preparedness. Exp Mol Med. 2021;53:737–49.
- Microbiología: CNDyCND, II., IdSC. Informes anuales SiVIRA de vigilancia centinela de IRAs y de IRAG: Gripe, Covid-19 y otros virus respiratorios. 2022 [accessed 15 Nov 2023] Available from: <https://www.isciii.es/QueHacemos/Servicios/VigilanciaSaludPublicaRENAVE/EnfermedadesTransmisibles/Paginas/InformesAnuales.VigilanciaIRAs.aspx>
- II CNDyCND/IdSC. Informes semanales de vigilancia centinela de IRAs y de IRAG: Gripe, Covid-19 y otros virus respiratorios. 2020–2023 [accessed 15 Nov 2023] Available from: <https://www.isciii.es/QueHacemos/Servicios/VigilanciaSaludPublicaRENAVE/EnfermedadesTransmisibles/Paginas/VIGILANCIA-CENTINELA-DE-INFECCION-RESPIRATORIA-AGUDA.aspx>
- Enfermedad por SARS-CoV-2 (COVID-19) > Vacuna Covid-19 > Cuadro de mando resumen de datos de vacunación. In: Sanidad Md, editor. Página Web; 2023.
- Actualización n.º 672. Enfermedad por el coronavirus (COVID-19). 30.06.2023. In: Alertas CdCd, Sanitarias yE, editors. Web Ministerio de Sanidad; 2023.
- Informe de Vigilancia de la Gripe en España Temporada 2019–2020. In: Epidemiología IdSCyCND, editor. 2023.
- Epidemiológica, RNdV. Vigilancia centinela de Infección Respiratoria Aguda en Atención Primaria (IRAs) y en Hospitales (IRAG). Gripe, COVID-19 y otros virus respiratorio. In: III IdSC, editor. Octubre 2023.
- Estrategia de vigilancia y control frente a COVID-19 tras la fase aguda de la pandemia. In: III IC, editor.; 8/10/2022.
- Implementing phase 3 of the NHS response to the COVID-19 pandemic. In: NHS, editor.; 7/6/2020.
- Organization, W.H., THE., WHO., PANDEMIC., PHASES. Pandemic Influenza Preparedness and Response: A WHO Guidance Document. France: World Health Organization. 2010. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK143062/pdf/Bookshelf_NBK.pdf
- Orden SND/726/2023, de 4 de julio, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 4 de julio de 2023, por el que se declara la finalización de la situación de crisis sanitaria ocasionada por la COVID-19. In: Sanidad Md, editor. 2023.
- Harding H, Broom A, Broom J. Aerosol-generating procedures and infective risk to healthcare workers from SARS-CoV-2: The limits of the evidence. J Hosp Infect. 2020;105:717–25.
- Hamilton F, Arnold D, Bzdek BR, Dodd J, Reid J, Maskell N. Aerosol generating procedures: Are they of relevance for transmission of SARS-CoV-2? Lancet Respir Med. 2021;9:687–9.
- Dhand R, Li J. Coughs and Sneezes: Their Role in Transmission of Respiratory Viral Infections Including SARS-CoV-2. Am J Respir Crit Care Med. 2020;202:651–9.
- Hui DS, Chow BK, Chu L, et al. Exhaled air dispersion during coughing with and without wearing a surgical or N95 mask. PLoS One. 2012;7:e50845.
- Johnson DF, Druce JD, Birch C, Grayson ML. A quantitative assessment of the efficacy of surgical and N95 masks to filter influenza virus in patients with acute influenza infection. Clin Infect Dis. 2009;49:275–7.
- Kaminsky DA, Noor Husnain SM, Khemasuwan D. What Have We Learned About Transmission of Coronavirus Disease-2019: Implications for Pulmonary Function Testing and Pulmonary Procedures. Clin Chest Med. 2023;44:215–26.
- Brown J, Gregson FKA, Shrimpton A, et al. A quantitative evaluation of aerosol generation during tracheal intubation and extubation. Anaesthesia. 2021;76:174–81.
- Hamilton FW, Gregson FKA, Arnold DT, et al. Aerosol emission from the respiratory tract: An analysis of aerosol generation from oxygen delivery systems. Thorax. 2022;77:276–82.
- Wilson NM, Marks GB, Eckhardt A, et al. The effect of respiratory activity, non-invasive respiratory support and facemasks on aerosol generation and its relevance to COVID-19. Anaesthesia. 2021;76:1465–74.
- Helgeson SA, Lim KG, Lee AS, Niven AS, Patel NM. Aerosol Generation during Spirometry. Ann Am Thorac Soc. 2020;17:1637–9.
- Li J, Jing G, Fink JB, et al. Airborne Particulate Concentrations During and After Pulmonary Function Testing. Chest. 2021;159:1570–4.
- Shah J, Moschovis PP, Rooney J, et al. Aerosol Production by Children Performing Spirometry and Implications During a Pandemic. Respir Care. 2023;68:1254–7.
- McGowan A, Laveneziana P, Bayat S, et al. International consensus on lung function testing during the COVID-19 pandemic and beyond. ERJ Open Res. 2022;8.
- Subat YW, Guntupalli SK, Sajgalik P, et al. Aerosol Generation During Peak Flow Testing: Clinical Implications for COVID-19. Respir Care. 2021;66:1291–8.
- Fink JB, Ehrmann S, Li J, et al. Reducing Aerosol-Related Risk of Transmission in the Era of COVID-19: An Interim Guidance Endorsed by the International Society of Aerosols in Medicine. J Aerosol Med Pulm Drug Deliv. 2020;33:300–4.
- Greening NJ, Larsson P, Ljungström E, Siddiqui S, Olin AC. Small droplet emission in exhaled breath during different breathing manoeuvres: Implications for clinical lung function testing during COVID-19. Allergy. 2021;76:915–7.
- Tomisa G, Horváth A, Farkas Á, Nagy A, Kis E, Tamási L. Real-life measurement of size-fractionated aerosol concentration in a plethysmography box during the COVID-19 pandemic and estimation of the associated viral load. J Hosp Infect. 2021;118:7–14.
- Gupta N, Sachdev A, Gupta D. Oscillometry-A reasonable option to monitor lung functions in the era of COVID-19 pandemic. Pediatr Pulmonol. 2021;56:14–5.
- Helgeson SA, Lee AS, Patel NM, Taylor BJ, Lim KG, Niven AS. Cardiopulmonary Exercise and the Risk of Aerosol Generation While Wearing a Surgical Mask. Chest. 2021;159:1567–9.
- Sajgalik P, Garzona-Navas A, Csécs I, et al. Characterization of Aerosol Generation During Various Intensities of Exercise. Chest. 2021;160:1377–87.
- Helgeson SA, Taylor BJ, Lim KG, Lee AS, Niven AS, Patel NM. Characterizing Particulate Generation During Cardiopulmonary Rehabilitation Classes With Patients Wearing Procedural Masks. Chest. 2021;160:633–41.
- Zhang G, Li M, Zheng M, et al. Effect of Surgical Masks on Cardiopulmonary Function in Healthy Young Subjects: A Crossover Study. Front Physiol. 2021;12:710573.
- Li J, Ehrmann S. How to Safely Reopen Cardiopulmonary Rehabilitation Facilities. Chest. 2021;160:405–6.
- Schwartz KL, Kim J, Garber G. Stability and Viability of SARS-CoV-2. N Engl J Med. 2020;382:1963.
- Judson SD, van Doremalen N, Munster VJ. Stability and Viability of SARS-CoV-2. Reply. N Engl J Med. 2020;382:1965–6.
- Seto WH, Ching PTY, Leung AMW, et al. Effective risk management strategy prevented severe acute respiratory coronavirus virus 2 (SARS-CoV-2) transmission in three private hospitals in Hong Kong throughout the pandemic. Infect Control Hosp Epidemiol. 2022;43:1972–4.
- Ng K, Poon BH, Kiat Puar TH, et al. COVID-19 and the Risk to Health Care Workers: A Case Report. Ann Intern Med. 2020;766–7.
- Wong SCY, Kwong RT, Wu TC, et al. Risk of nosocomial transmission of coronavirus disease 2019: An experience in a general ward setting in Hong Kong. J Hosp Infect. 2020;105:119–27.
- Fawcett SE, Madhusudhan MS, Gaddam EN, et al. Transmission risk of severe acute respiratory coronavirus virus 2 (SARS-CoV-2) to healthcare personnel following unanticipated exposure to aerosol-generating procedures: Experience from epidemiologic investigations at an academic medical center. Infect Control Hosp Epidemiol. 2023;44:325–7.
- Jefferson T, Dooley L, Ferroni E, et al. Physical interventions to interrupt or reduce the spread of respiratory viruses. Cochrane Database Syst Rev. 2023;Cd006207.
- Rasam SA, Apte KK, Salvi SS. Infection control in the pulmonary function test laboratory. Lung India. 2015;32:359–66.
- Miller MR, Crapo R, Hankinson J, et al. General considerations for lung function testing. Eur Respir J. 2005;26:153–61.
- Wainstein EJ, Peroni HJ, Ferreyro BL, et al. Incidence of COVID-19 after pulmonary function tests: A retrospective cohort study. Rev Fac Cien Med Univ Nac Córdoba. 2021;78:367–70.
- CDC. Environmental Infection Control Guidelines. 2003.
- García-Río F, Calle M, Burgos F, et al. Spirometry. Spanish Society of Pulmonology and Thoracic Surgery (SEPAR). Arch Bronconeumol. 2013;49:388–401.
- Puente Maestu J, Girón Matute W, Ziche JJ, Gómez Sacristan A. Capítulo 7, Pruebas Funcionales Respiratorias. In: Jiménez-Ruiz CP-B, G.; Moreno Basalobre R.; Plaza Moral V, editor. 4 ed; 2021.
- Wanger J. ATS Pulmonary Function Laboratory Management and Procedure Manual. 3rd ed. New York: American Thoracic Society; 2008.
- Pellicer CVMJ, Giner J, Chocrón MJ, Pinto M. Procedimiento y desinfección de sistemas de inhalación y nebulizadores. Manual de procedimientos SEPAR: n.º 3: Procedimientos de Pruebas Funcionales. Madrid: LUZÁN S, S. A de Edición; 2002. p. 15–25.
- Coates AL, Wanger J, Cockcroft DW, et al. ERS technical standard on bronchial challenge testing: general considerations and performance of methacholine challenge tests. Eur Respir J. 2017;49.