



ORIGINAL

Contaminación microbiológica en humidificadores de sistemas de oxigenoterapia de alto y bajo flujo: una revisión sistemática



I. de la Fuente-Sancho^a, Ó. Romeu-Bordas^a, I. Fernández-Aedo^b, G. Vallejo De la Hoz^{b,c} y S. Ballesteros-Peña^{a,b,*}

^a Organización Sanitaria Integrada de Bilbao-Basurto, Bilbao, Bizkaia, España

^b Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Leioa, Bizkaia, España

^c Organización Sanitaria Integrada de Barrualde-Galdakao, Galdakao, Bizkaia, España

Recibido el 15 de julio de 2017; aceptado el 10 de noviembre de 2017

Disponible en Internet el 17 de diciembre de 2017

PALABRAS CLAVE

Oxígeno;
Humidificador;
Contaminación

Resumen

Objetivo: Determinar el riesgo de contaminación microbiológica de los humidificadores de burbujeo para oxigenoterapia de alto o bajo flujo de uso hospitalario.

Métodos: Revisión sistemática de la literatura a través de 6 bases de datos bibliográficas. Se seleccionaron estudios observacionales o experimentales publicados entre 1990 y 2016, en inglés o español, que analizaban la contaminación microbiana de los humidificadores de burbujeo de los dispositivos de oxigenoterapia hospitalaria de alto y bajo flujo.

Resultados: Se incluyeron 12 artículos: 4 analizaron el agua de humidificadores reutilizables, 4 de desechables y otros 4 compararon muestras procedentes de ambos modelos. Se observó la presencia de contaminación microbiana en todos los estudios que evaluaron humidificadores reutilizables (generalmente bacterias habituales de la flora cutánea). En 2 de ellos se notificaron aislamientos de especies potencialmente patogénicas. No se aisló contaminación microbiana en las muestras procedentes de modelos desechables, independientemente de si fueron utilizados por un único paciente o por varios de forma consecutiva a lo largo del tiempo.

Conclusión: Parece existir bajo riesgo de contaminación en humidificadores desechables durante las primeras semanas de uso, pudiendo reutilizarse entre pacientes distintos sin riesgo de contaminación cruzada. Por otro lado, cabe destacar que la manipulación de los humidificadores reutilizables de forma no aséptica puede aumentar la probabilidad de contaminación, por lo que la sustitución de humidificadores reutilizables por modelos desechables podría ser la opción más segura.

© 2018 Elsevier España, S.L.U. y SEMICYUC. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: sendoa.ballesteros@ehu.eus (S. Ballesteros-Peña).

KEYWORDS

Oxygen;
Humidifier;
Contamination

Microbiological contamination in high and low flow oxygen humidifiers: A systematic review**Abstract**

Aim: To determine the risk of microbiological contamination with hospital use high- and low-flow bubbling humidifiers.

Methods: A systematic literature review was carried out in 6 databases. Observational or experimental studies published between 1990 and 2016 were selected, written in English or Spanish, and in which microbiological contamination with hospital use high- and low-flow bubbling humidifiers was investigated.

Results: A total of 12 articles were included: 4 analyzed the water from reusable humidifiers, 4 analyzed the water from prefilled system humidifiers, and the rest compared samples from both models. Microbial contamination was observed in all studies in which reusable humidifiers were evaluated, usually involving common bacteria from the skin flora, while potential pathogenic species were notified in 2 studies. No microbial contamination was isolated from reusable humidifiers, regardless of whether they had been consecutively used over time by a single patient or by several patients.

Conclusion: On one hand, there seems to be a low risk of contamination during the first weeks of use of prefilled humidifiers, which allows multiple use in different patients, without a risk of cross-contamination. On the other hand, it should be underscored that handling reusable humidifiers without correct aseptic measures can increase the risk of contamination; replacing reusable humidifiers with prefilled models therefore could be the safest option.

© 2018 Elsevier España, S.L.U. y SEMICYUC. All rights reserved.

Introducción

La oxigenoterapia es una medida terapéutica que se aplica con el objeto de tratar o prevenir la hipoxia mediante la administración suplementaria de oxígeno medicinal en unas concentraciones más elevadas que las del aire ambiente. El flujo y dispositivo de administración dependerán de las condiciones clínicas y la tolerabilidad del paciente, que deberán adecuarse hasta lograr aumentar el contenido de oxígeno en la sangre arterial^{1,2}.

El aire inhalado por un paciente está compuesto por el aire ambiental más el aporte procedente de la oxigenoterapia. En los dispositivos de oxigenoterapia de bajo flujo (como gafas nasales o mascarillas simples), la fracción inspirada de oxígeno variará en función del patrón respiratorio del paciente y del flujo seleccionado. Por el contrario, en los dispositivos de alto flujo (mascarillas tipo Venturi), los gases se mezclan a una concentración constante, con independencia del patrón respiratorio. Si se modifica la fracción inspirada de oxígeno se cambiará el porcentaje de oxígeno aportado al paciente, pero si se modifica el flujo únicamente variará el aporte total de aire mezclado ofertado al paciente¹.

Entre los problemas más frecuentemente asociados a la oxigenoterapia se encuentra la sequedad nasal, oral y ocular. En este sentido, y para evitar el efecto indeseable ocasionado por la sequedad del oxígeno medicinal, en la actualidad se recomienda el uso de humidificadores para la administración hospitalaria de oxígeno mediante sistemas de alto y bajo flujo².

El modelo de humidificador más empleado en nuestro medio es el de inmersión o burbujeo sin calentador, coexistiendo dispositivos desechables y reutilizables, que se

rellenan con agua. Los sistemas desechables ofrecen ser dispositivos de fácil manejo y de poca necesidad de especialización para manipularlos, ideales para aquellos servicios de corta estancia. Por otro lado, los sistemas reutilizables continúan estando presentes en áreas de hospitalización de larga estancia, en un intento de ahorro económico al precisar únicamente de una correcta manipulación aséptica del dispositivo y de agua para su relleno.

Se ha postulado que los humidificadores pueden ser colonizados por bacterias y que los aerosoles generados a partir de humidificadores contaminados podrían contribuir a la transmisión de enfermedades respiratorias^{3,4}. Es por lo que, con indiferencia del modelo de humidificador utilizado, se insta a cambiar el sistema cada vez que se aplica a un paciente distinto y a limpiar diariamente los modelos reutilizables con jabón desinfectante², si bien es cierto que el procedimiento a seguir puede sufrir variaciones en función de los protocolos o cultura de cada servicio o centro⁵.

La duración del agua de los humidificadores dependerá de la intensidad y tiempo de uso y de las condiciones ambientales. Debido a que no es infrecuente utilizar un mismo humidificador para varios pacientes consecutivos pueden surgir dudas acerca de la posibilidad de contaminación microbiológica de los mismos, comprometiendo la seguridad del paciente.

El objetivo de este trabajo se centra en determinar el riesgo de contaminación microbiológica de los humidificadores de burbujeo para oxigenoterapia de alto o bajo flujo de uso hospitalario utilizados en función del tiempo o la modalidad de uso (para un único paciente o para varios pacientes consecutivos).

Material y métodos

Se desarrolló una revisión sistemática de la literatura acorde a las recomendaciones PRISMA⁶. Se seleccionaron artículos publicados entre enero de 1990 y noviembre de 2016 indexados en las bases de datos Medline, Web of Science, Scopus, EMBASE, CINAHL y Cochrane Library plus, utilizando la estrategia de búsqueda (adaptada a cada base de datos) «oxygen» AND «humidifier» AND «contamina*».

Como estrategia secundaria se revisaron las referencias bibliográficas de los artículos localizados para identificar posibles estudios relevantes no recuperados en las bases de datos electrónicas.

Fueron seleccionados artículos observacionales o estudios experimentales con disponibilidad de acceso a texto completo que estudiaban la contaminación microbiana de los humidificadores de burbujeo de los dispositivos de oxigenoterapia de alto y bajo flujo. No se incluyeron los estudios referidos a otros tipos de humidificadores o los procedentes de equipos de oxigenoterapia de uso domiciliario. Tampoco se contemplaron para este trabajo las revisiones bibliográficas de naturaleza narrativa, descripciones de casos clínicos aislados, artículos de opinión o cartas al editor, ni aquellos trabajos publicados en idiomas distintos al español o inglés.

Dos revisores seleccionaron de forma independiente los artículos potencialmente relevantes obtenidos a partir de la estrategia de búsqueda mediante la lectura del título y resumen. Posteriormente se procedió a una evaluación de los textos completos de todas las referencias cribadas para comprobar que se adecuaban a los criterios de selección. Los desacuerdos se resolvieron por consenso entre ambos, llegando a solicitar la opinión de un tercero en caso de persistir dudas.

Una vez efectuada la búsqueda y selección de estudios se utilizó una plantilla de extracción de datos para cada artículo donde se registró información sobre autor y fecha del estudio, tipos de humidificadores analizados, sistemática de muestreo, resultados de los cultivos y conclusiones y recomendaciones de los autores. La extracción se llevó a cabo entre pares de forma independiente y un tercero actuó a modo de evaluador, cotejando la información recogida entre ambos y consensuando los contenidos de la plantilla final.

Resultados

La búsqueda en las 6 bases de datos electrónicas de bibliografía biomédica dio como resultado la identificación de 127 referencias, que quedaron en 85 al eliminar las entradas duplicadas. Al ampliar la búsqueda utilizando las reseñas bibliográficas de las publicaciones se localizaron 8 nuevos registros que cumplían los criterios de búsqueda. Sobre el total de registros seleccionados, 75 fueron excluidos tras la lectura de su título o resumen: 74 por su ausencia de relación con la pregunta de investigación y otro por referirse a los humidificadores procedentes de concentradores de oxígeno domiciliario. No se tuvo acceso al texto completo de 2 artículos, al no encontrarse incluidos en repositorios de acceso público, por lo que fueron excluidos de la selección. Tras la lectura crítica a texto completo del total de publicaciones seleccionadas fueron excluidos otros 4 artículos: 2 por ser consideradas publicaciones redundantes; otro por

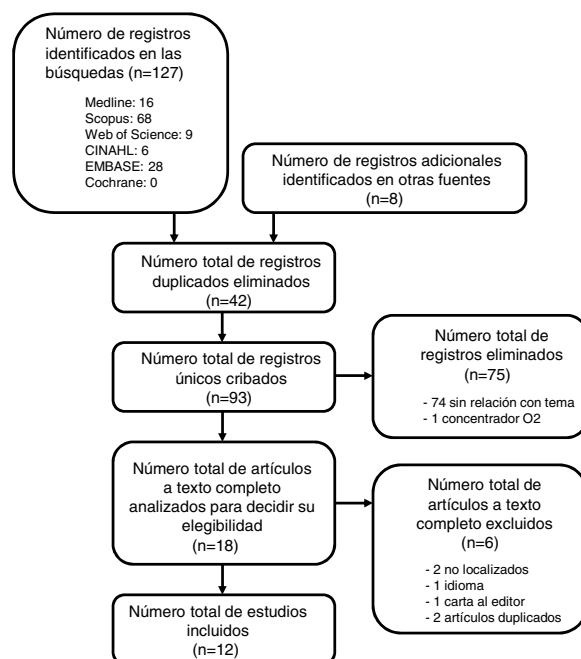


Figura 1 Proceso de selección de estudios.

estar escrito en coreano y el último por tratarse de una carta al editor sin interés para la revisión (fig. 1).

Finalmente, la síntesis de evidencias se realizó en base a 12 referencias⁷⁻¹⁸, todas ellas referidas a estudios de carácter descriptivo basados en el cultivo microbiológico de muestras de agua procedente de humidificadores de burbujeo sin calentadores asociados sobre placas de agar. Las características y resultados principales de los estudios incluidos se presentan en la tabla 1.

Cuatro estudios analizaron la contaminación microbológica existente en humidificadores reutilizables^{7,13,14,17} y otros 4 en humidificadores desechables^{8,9,16,18}. El resto analizaron y compararon la contaminación en ambos tipos de dispositivo^{10,12,15}.

Contaminación microbológica de los humidificadores reutilizables

Para analizar la presencia de microorganismos en este tipo de humidificadores los investigadores emplearon metodologías heterogéneas. La recogida de muestras para cultivo de bacterias se realizó de forma seriada a lo largo del tiempo (hasta un máximo de 8 semanas) en la mitad de los estudios^{7,12,14,15}, mientras que en la otra mitad se realizaron muestreos puntuales^{10,11,13,17}.

En 3 de los estudios no se especificó si los humidificadores fueron utilizados por varios o un único paciente^{13,15,17}, y en 2 de ellos el sistema de oxigenoterapia no fue conectado a ningún paciente^{7,12}. En el resto, uno empleó dispositivos distintos para cada paciente¹¹ y otro los reutilizó, limpiándolos antes de cada uso¹⁵.

En un estudio se utilizó agua no estéril para rellenar los humidificadores¹⁴ y en otro se valoraron ambas posibilidades, rellenando la mitad de los dispositivos muestreados con agua estéril y la otra mitad con agua no estéril⁷. En 3 no se

Tabla 1 Resumen de la evidencia aportada por los artículos incluidos en la revisión

Autor País, año	Dispositivos estudiados	Muestreo	Resultado de los cultivos	Conclusiones
Cahill et al. EE. UU., 1990	48 humidificadores reutilizables (sin pacientes) en sistemas de bajo flujo	Muestreos diarios de los humidificadores durante 5 días (24 con agua estéril y 24 con agua no estéril). Un total de 240 muestras fueron cultivadas (120 muestras de cada tipo de agua)	Los dispositivos provistos de agua estéril presentaron un mayor número de resultados positivos en los cultivos bacterianos (54/120 frente a 39/120). No se estudió la presencia de <i>Legionella</i> ni micobacterias	Utilizar agua no estéril en los dispositivos de humidificación de bajo flujo es seguro, a la vez que eficiente
Seigel et al. EE. UU., 1990	55 humidificadores desechables (monopaciente)	Muestreo del agua estéril de los humidificadores cada 72 h. En caso de no presenciarse crecimiento bacteriano se repetía el proceso hasta el fin del tratamiento o evaporación del agua. Los dispositivos fueron usados por un paciente entre 3-12 días o permanecieron sin uso hasta un máximo de 62 días	Todos los cultivos fueron negativos, con independencia del uso del humidificador	Los dispositivos desechables resultan ser seguros, al menos, hasta 12 días. Usar humidificadores de forma intermitente hasta que estén vacíos es una práctica segura
Seto et al. China, 1990	46 humidificadores desechables (monopaciente)	Muestreo al final del tratamiento (periodo máximo de 6 días). Tras el uso por el paciente, 24 dispositivos se dejaron funcionando hasta un máximo de 25 días, realizando muestreos semanales.	Todos los cultivos bacteriológicos (evaluados a las 48 y 72 h) fueron negativos	Los humidificadores desechables mantienen su esterilidad durante los tratamientos continuos y periodos sin uso > 10 días
Castel et al. Francia, 1991	164 muestras de humidificadores reutilizables y 39 humidificadores desechables (17 multipacientes y 22 monopaciente)	Recogida de muestras de modelos desechables una vez al día o 2 veces por semana, dependiendo del servicio, en uso durante un tiempo máximo de 105 días. El muestreo de los humidificadores reutilizables fue puntual. También se tomaron muestras de las conexiones de los dispositivos	Cultivos evaluados a las 24, 48 h y 7 días. El 32,9% de las muestras procedentes de dispositivos reutilizables mostraron contaminación bacteriana (principalmente por <i>Pseudomonas</i>), pero ninguna de las procedentes de los desechables	Los dispositivos desechables son seguros y eficientes
Henderson et al. Canadá, 1993	1.311 humidificadores desechables (multipaciente) y 60 reutilizables (monopaciente)	Muestreo al mes de uso o cuando quedaban 10 mL de agua en los modelos desechables Muestreo a la semana de uso en los modelos reutilizables (rellenados con agua estéril)	Cultivos evaluados los días 1, 2, 3, 7 y 10. Solo 4/1.311 muestras de los modelos desechables presentaron contaminación (por flora epitelial). En los reutilizables un 10% (6/60) sufrió una contaminación significativa. No se detectó <i>Legionella</i>	La contaminación de humidificadores desechables es poco probable, incluso cuando son usados por varios pacientes consecutivamente
Yamashita et al. Japón, 2005	3 humidificadores desechables y 3 reutilizables (sin pacientes)	Muestreo el primer día y cada 7 días hasta un máximo de 56 días de uso. Los modelos desechables se cambiaban cada 7 días, y los reusables se rellenaban de agua estéril cada 2-3 días	Sobre un total de 108 muestras, se detectó contaminación bacteriana (grampositivos) en una sola muestra de cada tipo de dispositivo (a los 21 días en desechable y 28 días en reutilizable). Se encontró presencia de polvo a partir de 35 días en modelos reutilizables	Ambos sistemas son seguros, siendo improbable la contaminación bacteriana, al menos en 56 días

Tabla 1 (continuación)

Autor País, año	Dispositivos estudiados	Muestreo	Resultado de los cultivos	Conclusiones
Nakipoglu et al. Turquía, 2005	50 humidificadores reutilizables	Se recogió una muestra puntual de cada humidificador No se proporcionan datos sobre el uso previo de los humidificadores	Se realizó cultivo para bacterias (incluida <i>Legionella</i>), hongos y amebas. Se detectó contaminación en 32/50 humidificadores: el 45% por hongos y el 30% por bacterias El 20% de los humidificadores contaminados fue por patógenos asociados a infecciones respiratorias	Es necesario un correcto protocolo para el uso de los humidificadores reutilizables o disponer de dispositivos desechables
Kobayashi et al. Japón, 2006	15 humidificadores reutilizables	Se tomaron muestras los días 0, 1, 3 y 7 de humidificadores rellenos con agua no estéril. 12 de los humidificadores se lavaron previamente a su utilización	Todos los humidificadores presentaron contaminación bacteriana (principalmente por <i>Pseudomonas</i> y grampositivos), especialmente en los que no existió un proceso previo de limpieza. No se estudió la presencia de <i>Legionella</i> ni micobacterias	El proceso de lavado y secado de los dispositivos resulta necesario en los modelos reutilizables, pudiendo ser más eficiente la utilización de humidificadores desechables
Kobayashi et al. Japón, 2006	8 humidificadores reutilizables y 12 desechables (multipaciente)	Muestreo los días 0, 1, 3 y 7. En los modelos desechables se continuó con un muestreo semanal hasta la semana 12 Los humidificadores reutilizables se limpiaron de forma previa a su uso y se rellenan con agua estéril.	Algunos humidificadores reutilizables presentaron contaminación bacteriana, en posible relación con una limpieza deficiente de los recipientes En los modelos desechables no se detectó crecimiento bacteriano tras 84 días. No se estudió la presencia de <i>Legionella</i> ni micobacterias	El uso multipaciente de humidificadores desechables durante largos periodos de tiempo resulta seguro y eficiente
Belotti et al. Francia, 2010	10 humidificadores desechables (multipaciente)	Muestreo los días 2, 4, 7, 10, 20 y 30 de uso de cada dispositivo	Se realizó cultivo de bacterias y hongos. No se observó contaminación en ningún cultivo	El uso multipaciente de los humidificadores desechables es seguro y eficiente
Jadhav et al. India, 2013	23 humidificadores reutilizables	Muestreo puntual antes y después de su limpieza y desinfección con etanol 70°	Se realizaron cultivos para bacterias y hongos. Se determinaron multitud de organismos contaminantes en las muestras (42% de humidificadores presentaron contaminación bacteriana. Sin datos concretos de contaminación por hongos). La contaminación se redujo tras la limpieza con etanol	Resulta imprescindible incidir en el manejo aséptico y la desinfección protocolizada de los humidificadores
Jeong et al. Corea del Sur, 2014	60 humidificadores desechables (multipaciente)	Se distribuyeron los humidificadores en 3 grupos iguales: uno se muestreó a los 7 días, otro a los 14 y el último a los 28 días de uso	Evaluación de los cultivos a las 24-48 h. No se detectó la presencia de bacterias en ningún humidificador	El uso de los humidificadores desechables entre varios pacientes consecutivos es seguro

especificó el tipo de agua utilizada^{10,13,17} y en los restantes se empleó agua estéril.

En la totalidad de los estudios se observó la presencia de contaminación bacteriana en una proporción variable del número de humidificadores muestreados de entre el 10 y el 100%. En términos generales se aislaron microorganismos habituales de la flora cutánea y, en algunos, se notificó la

presencia de bacterias potencialmente patogénicas (*Pseudomonas* y bacilos grampositivos, principalmente)^{10,14,17}. Dos estudios evaluaron específicamente la presencia de *Legionella pneumophila*, con resultados negativos tras su cultivo^{11,13}.

La presencia de contaminación microbiológica en los humidificadores reutilizables guardó una probable relación

con una mala manipulación durante su limpieza y preparación, o con el empleo de agua no estéril para su rellenado, llegándose a aislar colonias incluso antes de los 3 primeros días tras el inicio de su uso.

Adicionalmente, 2 investigaciones se centraron también en la contaminación por hongos y amebas en este tipo de humidificadores^{13,17}. En ambos se realizaron cultivos de agua procedentes de un muestreo puntual en un único día, constatando una proporción notable de muestras contaminadas (de hasta el 45%), algunas de ellas por patógenos asociados a infecciones respiratorias (como hongos del género *Aspergillus*, entre otros).

A tenor de estos resultados, se incidió en la necesidad de velar por una buena praxis aséptica y una desinfección protocolizada de los dispositivos reutilizables, subrayando el uso de los sistemas desechables como alternativa para garantizar la seguridad del paciente.

Contaminación microbiológica de los humidificadores desechables

Del total de estudios que analizaron los modelos de humidificador desechables, en 5 fueron reutilizados entre varios pacientes^{10,11,15,16,18}.

Salvo un autor¹¹, que realizó muestreos puntuales, el resto de investigadores cultivaron varias muestras recogidas de forma seriada a lo largo de un tiempo máximo de uso por pacientes de 105 días, no aislándose patógenos bacterianos en ninguno de ellos. Adicionalmente, 3 estudios^{8,9,12} también realizaron cultivos del agua de humidificadores no utilizados por pacientes, hasta un tiempo máximo de 62 días, con resultados similares.

Solo un estudio¹⁶ realizó cultivos específicos para la identificación de hongos, siendo negativos todos ellos.

Aunque no existió un criterio único a la hora de determinar el periodo de tiempo de uso máximo hasta la aparición de colonias, todos los autores concluyeron que el empleo de este tipo de humidificadores durante varias semanas era una práctica segura, incluso cuando eran usados por distintos pacientes de forma consecutiva. De hecho, el empleo de humidificadores desechables multipaciente fue propuesto por varios autores^{11,15} como opción más coste efectiva, aunque con discrepancias sobre su eficiencia en los servicios de neumología¹⁰.

Discusión

Los hallazgos de esta revisión muestran la existencia de contaminación microbiológica en los humidificadores de burbujeo reutilizables, pero no en los modelos desechables. Este último hecho se mantiene incluso cuando los dispositivos son utilizados por varios pacientes de forma consecutiva durante largos periodos de tiempo.

Estos resultados pueden ser especialmente útiles en áreas con elevadas tasas de recambio de pacientes, como los servicios de urgencias y emergencias prehospitalarias, áreas de corta estancia o las unidades pre- y postanestésicas, donde un mismo equipo humidificador podría ser utilizado por múltiples usuarios a lo largo del día.

Desde el punto de vista económico, el empleo en pacientes consecutivos de un mismo humidificador desechable

durante varios días parece ser la estrategia más idónea. Incluso la eficiencia de esta medida podría verse aumentada si se empleasen estos dispositivos de manera selectiva, puesto que la eficacia de los humidificadores de burbujeo en oxigenoterapia a bajos flujos parece ser de poca utilidad en la práctica en general. Tal es así que, en la actualidad, parece existir cierto consenso que desaconseja su uso rutinario en gafas nasales o mascarillas cuando se utilizan a bajos flujos con el propósito de conseguir una fracción inspirada de oxígeno de hasta el 35%, a menos que el paciente aprecie sequedad o irritación nasal o presente una traqueostomía, bronquiectasias o retención de secreciones¹⁹⁻²¹.

La humidificación del oxígeno es una medida de bienestar que aporta efectos beneficiosos sobre la tos, el aclaramiento mucociliar y la eliminación de secreciones, entre otros. El oxígeno medicinal es un gas frío y seco: la temperatura a la que se administra es de 15 °C y su humedad absoluta de 0,3 mg/L. La humedad del aire ambiente a 22 °C es aproximadamente de 7 mg/mL, de forma que cuando se incorpora al sistema de oxigenoterapia un humidificador de burbujeo se consigue mejorar la humedad absoluta del gas, alcanzando valores de 16 mg/L. Sin embargo, la humedad absoluta ideal a la que debería llegar la mezcla gaseosa a las vías respiratorias es de 44 mg/L (o lo que es lo mismo, una humedad relativa del 100%)²².

Esa limitación de los humidificadores fríos de burbujeo ha hecho que algunos servicios implementen otros sistemas de humidificación activa y calefactada fundamentados en la nebulización de agua, consiguiendo un efecto similar al de los aerosoles convencionales y una mezcla con aire ambiente muy parecida a las mascarillas Venturi. No obstante, en estos sistemas de humidificación-nebulización, parece razonable considerar que, debido a que el vapor de agua espirado condensado podría circular a través el tubo de retorno, no debería utilizarse simultáneamente con diferentes pacientes, debido al riesgo plausible de contaminación o infección cruzada²³.

Como contrapunto, a pesar de la presencia de agentes biológicos en los humidificadores de oxígeno, desconocemos la repercusión clínica que pueden tener los patógenos microbianos en los pacientes en los que se han empleado sistemas contaminados, puesto que a día de hoy existen pocos trabajos que evalúen la relación entre infecciones respiratorias y el uso de humidificadores no estériles o contaminados. A este respecto, la literatura se ha centrado exclusivamente en las infecciones por *Legionella pneumophila*, una bacteria reconocida como causa esporádica y epidémica de neumonía adquirida en la comunidad y de neumonía nosocomial, aunque estas situaciones han sido relacionadas generalmente con humidificadores ambientales domésticos^{24,25} y rara vez con humidificadores de oxígeno de uso hospitalario^{5,26,27}. Puesto que la *Legionella* coloniza instalaciones donde se acumula agua y se transmite mediante la inhalación de aerosoles de agua contaminada, parecería pertinente haber realizado análisis específicos en las exploraciones microbiológicas de los humidificadores hospitalarios, pero apenas 2 estudios de los incluidos en nuestra revisión lo hicieron^{11,13}.

Finalmente, además de las limitaciones metodológicas inherentes a toda revisión sistemática (sesgos de publicación, selección...), en este trabajo existen otras consideraciones que merecen ser comentadas. La principal, que afecta a la validez externa de los resultados, guarda relación

con la heterogeneidad de metodologías de muestreo utilizadas y la diversidad de servicios en que fueron recogidas las muestras. De la misma manera, en esta revisión no se tuvieron en cuenta los sistemas de alto flujo que emplean humidificadores activos o calefactados, o los utilizados en situaciones de ventilación mecánica invasiva, por lo que los resultados obtenidos en este trabajo no son extrapolables a ese tipo de dispositivos.

Conclusiones

A pesar de las limitaciones existentes, es posible concluir que la presencia de contaminación microbiológica en los humidificadores de burbujeo reutilizables resulta frecuente, incluso al poco tiempo tras el inicio de uso, y que existe una probable relación con una falta de asepsia durante su preparación.

Por otro lado, parece existir bajo riesgo de contaminación en humidificadores desechables, incluso cuando permanecen en uso durante varias semanas, pudiendo ser reutilizados entre pacientes distintos sin riesgo de contaminación cruzada.

Aunque no conocemos con exactitud las repercusiones clínicas que pueden derivarse de la presencia de contaminación microbiológica en los humidificadores de oxígeno, parece razonable pensar que la sustitución de humidificadores reutilizables por modelos desechables podría ser la opción más segura.

Contribución de los autores

Itxaro de la Fuente-Sancho y Oscar Romeu-Bordas ha participado en la determinación de la estrategia de búsqueda, el cribado de títulos y resúmenes, la obtención de artículos relevantes a texto completo, la selección de los estudios que cumplían los criterios de inclusión, la elaboración de la tabla resumen de los estudios, la redacción del primer borrador del manuscrito y la aprobación de la versión final del manuscrito para su publicación.

Irrintzi Fernández-Aedo y Gorka Vallejo-De la Hoz han contribuido en el diseño de la investigación, de la revisión de la selección de los estudios que cumplían los criterios de inclusión y de la tabla resumen de la evidencia, la revisión crítica del manuscrito y la aprobación de la versión final del manuscrito para su publicación.

Sendoa Ballesteros-Peña ha contribuido en el diseño de la investigación, el protocolo de la revisión sistemática, ha participado en la determinación de la estrategia de búsqueda, ha supervisado la correcta realización del estudio, la redacción de la versión final del manuscrito y la aprobación de la versión final del manuscrito para su publicación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Luna-Paredes MC, Asensio de la Cruz O, Cortell-Aznar I, Martínez-Carrasco MC, Barrio-Gómez de Agüero MI, Pérez Ruiz E, et al., Grupo de Técnicas de la Sociedad Española de Neumología Pediátrica. Fundamentos de la oxigenoterapia en situaciones agudas y crónicas: indicaciones, métodos, controles y seguimiento. *An Pediatr.* 2009;71:161-74.
- Chiner E, Giner J, editores. Manual SEPAR de procedimientos. Sistemas de oxigenoterapia. Barcelona: Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR); 2014.
- Craven DE, Goluarte TA, Make BJ. Contaminate condensate in mechanical ventilator circuits. *Am Rev Respir Dis.* 1984;129:625-8.
- Pendleton N, Cheesbrough JS, Walshaw MJ, Hind CR. Bacterial colonisation of humidifier attachments on oxygen concentrators prescribed for long term oxygen therapy: A district review. *Thorax.* 1991;46:257-8.
- Bou R, Ramos P. Outbreak of nosocomial Legionnaires' disease caused by a contaminated oxygen humidifier. *J Hosp Infect.* 2009;71:381-3.
- Site web de PRISMA [consultado 12 Jun 2017]. Disponible en: <http://www.prisma-statement.org>
- Cahill CK, Heath J. Sterile water used for humidification in low-flow oxygen therapy: It is necessary? *Am J Infect Control.* 1990;18:13-7.
- Seigel D, Romo B. Extended use of prefilled humidifier reservoirs and the likelihood of contamination. *Respir Care.* 1990;35:806.
- Seto WH, Ching TY, Yuen KY, Lam WK. Evaluating the sterility of disposable wall oxygen humidifiers, during and between use on patients. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 1990;11:604-5.
- Castel O, Agius G, Grignon B, Magnan J, Rigondeau F, Patte F, et al. Evaluation of closed sterile prefilled humidification. *J Hosp Infect.* 1991;17:53-9.
- Henderson E, Ledgerwood D, Hope KM, Hume K, Krulicki W, Ford G, et al. Prolonged and multipatient use of prefilled disposable oxygen humidifier bottles: Safety and cost. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 1993;14:463-8.
- Yamashita K, Nishiyama T, Yokoyama T, Abe H, Manabe M. A comparison of the rate of bacterial contamination for prefilled disposable and reusable oxygen humidifiers. *J Crit Care.* 2005;20:172-5.
- Nakipoglu Y, Erturan Z, Buyukbaba-Boral O, Aksozek A, Aydin S, Derbentli S. Evaluation of the contaminant organisms of humidifier reservoir water and investigation of the source of contamination in a university hospital in Turkey. *Am J Infect Control.* 2005;33:62-3.
- Kobayashi N, Yamazaki T, Oka Y, Yamaguchi T, Maesaki S. Bacterial propagation in reusable water reservoirs in a humidified oxygen supply system. *J Infect Chemother.* 2006;12:160-2.
- Kobayashi N, Yamazaki T, Maesaki S. Bacteriological monitoring of water reservoirs in oxygen humidifiers: Safety of prolonged and multipatient use of prefilled disposable oxygen humidifier bottles. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2006;27:320-2.
- Belotti L, Lambert S, Allaham B, Foegle J, Hernandez C, Mechkour S, et al. Reuse of a single-use sterile device: Example of prefilled sterile humidifiers. *J Hosp Infect.* 2010;76:S1-90.
- Jadhav S, Sahasrabudhe T, Kalley V, Gandham N. The microbial colonization profile of respiratory devices and the significance of the role of disinfection: A blinded study. *J Clin Diagn Res.* 2013;7:1021-6.
- Jeong HC, Lee YJ, Kim MJ, Jeong SG. A study on pollution of prefilled oxygen humidifiers when applied to multiple patients in emergency room. *ASTL.* 2014;61:57-61.
- Villanueva G, Bayón JC. Evaluación del sistema de humidificación de burbuja en la terapia de oxígeno de bajo flujo. Revisión sistemática y análisis de costes. Ministerio de Sanidad. Servicios Sociales e Igualdad. Servicio de Evaluación de Tecnologías Sanitarias del País Vasco. Vitoria-Gasteiz: OSTEBEA; 2013. Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias.

20. Gotera C, Díaz Lobato S, Pinto T, Winck JC. Clinical evidence on high flow oxygen therapy and active humidification in adults. *Rev Port Pneumol*. 2013;19:217–27.
21. O’Driscoll BR, Howard LS, Davison AG, British Thoracic Society. BTS guideline for emergency oxygen use in adult patients. *Thorax*. 2008;63 Suppl 6:1–68.
22. Dysart K, Miller TL, Wolfson MR, Shaffer TH. Research in high flow therapy: Mechanisms of action. *Respir Med*. 2009;103:1400–5.
23. Block C, Ergaz-Shaltiel Z, Valinsky L, Temper V, Hidalgo-Grass C, Minster N, et al. Déjà vu: *Ralstonia mannitolilytica* infection associated with a humidifying respiratory therapy device, Israel June to July 2011. *Euro Surveill*. 2013;18, pii=20471.
24. Bonilla Escobar BA, Montero Rubio JC, Martínez Juárez G. Neumonía por *Legionella pneumophila* asociada al uso de un humidificador doméstico en una niña inmunocompetente. *Med Clin*. 2014;142:70–2.
25. Yiallourous PK, Papadouri T, Karaoli C, Papamichael E, Zeniou M, Pieridou-Bagatzouni D, et al. First outbreak of nosocomial *Legionella* infection in term neonates caused by a cold mist ultrasonic humidifier. *Clin Infect Dis*. 2013;57:48–56.
26. Moiraghi A, Castellani Pastoris M, Barral C, Carle F, Sciacovelli A, Passarino G, et al. Nosocomial legionellosis associated with use of oxygen bubble humidifiers and underwater chest drains. *J Hosp Infect*. 1987;10:47–50.
27. Franzin L, Castellani Pastoris M, Gioannini P, Villani G. Endemicity of *Legionella pneumophila* serogroup 3 in a hospital water supply. *J Hosp Infect*. 1989;13:281–8.