

Capítulo 12

Limpieza, desinfección y esterilización

Syed Sattar

Puntos clave

- La limpieza, desinfección y esterilización son la columna vertebral de la prevención y control de infecciones.
- Una limpieza adecuada es esencial antes de cualquier proceso de desinfección o esterilización.
- Omitir la esterilización o desinfección de dispositivos médicos reutilizables, puede propagar infecciones.
- El tipo y nivel de descontaminación depende de la naturaleza del dispositivo y del uso que se le dará.
- La descontaminación térmica es más segura y efectiva que la descontaminación química.
- La esterilización por vapor solo es efectiva cuando va precedida de una limpieza previa completa, empaque y carga adecuada de la autoclave y monitoreo cuidadoso de la máquina.
- La selección, uso y desecho de desinfectantes químicos debe realizarse de tal forma de minimizar el daño potencial a los seres humanos y el medioambiente.
- Todos los trabajadores que tienen la responsabilidad de procesar artículos contaminados deben contar con la capacitación necesaria y usar vestuario de protección, según se requiera.
- El centro debe contar con procedimientos y políticas claramente redactados, a ser usados en la capacitación del personal y para monitorear su desempeño.

Introducción

La limpieza, desinfección y esterilización son la columna vertebral para prevenir la propagación de infecciones. Pese a esto, muchos centros de atención en salud fallan, ya sea porque no poseen las instalaciones mínimas para una adecuada prevención y control de infecciones (PCI), o porque su personal no está suficientemente capacitado. La siguiente es una revisión crítica de los fundamentos de limpieza, desinfección y esterilización, con particular énfasis en el reprocesamiento de dispositivos médicos reutilizables. En las referencias encontrará más detalles al respecto¹⁻⁶.

Limpeza y limpieza previa

Todas las personas que ejercen la responsabilidad de manejar y reprocesar elementos contaminados deben:

- Recibir capacitación adecuada y recapitaciones periódicas.
- Usar el equipamiento de protección personal adecuado.
- Recibir las vacunas profilácticas necesarias.

Aunque ‘limpiar’ significa deshacerse de la suciedad visible, la ‘limpieza previa’ se refiere a la eliminación de fluidos corporales y otros contaminantes antes de la desinfección o esterilización. Una limpieza previa adecuada disminuirá sustantivamente la carga de patógenos y eliminará residuos orgánicos e inorgánicos a fin de facilitar el reprocesamiento. *Este paso, realizado de manera concienzuda, es vital para que la desinfección y esterilización sean exitosas.*

Para que sean efectivos, los procesos de limpieza y limpieza previa de dispositivos suelen requerir de la utilización de químicos, que se combinan con la acción mecánica y el calor. Puede realizarse manualmente y/o con maquinarias. El equipamiento utilizado debe revisarse y mantenerse periódicamente.

Los objetos reutilizables deben ser desensamblados de manera segura y limpiados tan pronto como sea posible después de su uso, para así evitar que los contaminantes se sequen. La limpieza previa manual requiere de detergentes o enzimas -cuya acción se combina con la fricción necesaria para aplicarlos (refriega, cepillado, enjuague)- para retirar la suciedad tanto exterior como interior de los elementos en reprocesamiento. Después de la

limpieza o desinfección los objetos deben ser enjuagados meticulosamente para así eliminar cualquier residuo químico: la etapa siguiente es el secado. *Todos los objetos reprocessados deben almacenarse adecuadamente para prevenir que se dañen o recontaminen.*

La clasificación de Spaulding

En 1968 y basándose en su potencial para propagar infecciones, Spaulding clasificó los dispositivos médicos y quirúrgicos en críticos, semi-críticos y no críticos.

Los **elementos críticos** suelen definirse como aquellos que entran en contacto con tejido estéril, el sistema vascular o equipamientos a través de los cuales fluye sangre; por ejemplo: instrumental quirúrgico y catéteres vasculares. *Estos elementos deben ser sometidos a una limpieza previa adecuada y segura, y luego esterilizados, antes de su siguiente uso.*

Los **elementos semi-críticos** entran en contacto con membranas mucosas intactas o con piel no intacta; por ejemplo, un endoscopio de fibra óptica flexible, sondas vaginales y equipamientos para terapia respiratoria. *Estos elementos requieren de una limpieza previa adecuada y, como mínimo, desinfección de alto nivel antes de su siguiente uso.*

Los **elementos no críticos** (como mangas para la toma de presión y estetoscopios), que solo entran en contacto con piel intacta, presentan un bajo riesgo de propagar infecciones, excepto mediante la transferencia de patógenos a las manos del personal de atención en salud. *El aseo habitual de estos elementos y su limpieza con un paño humedecido en un detergente neutro o una solución al 70% (volumen/volumen) de etanol en agua, suele ser suficiente.* Las chatas y orinales reutilizables, que también son elementos no críticos, requieren de una limpieza, lavado y desinfección más vigorosos, especialmente cuando se sospecha una contaminación con, por ejemplo, *Enterococcus* resistente a vancomicina o *Clostridium difficile*⁷.

M La mayoría de las superficies ambientales en las habitaciones de pacientes y en un centro de atención en salud son consideradas elementos no críticos y no requieren de desinfección de rutina. Sin embargo, las superficies de alto contacto, particularmente las que se encuentran en el entorno inmediato del paciente, sí requieren de descontaminación

periódica, a fin de impedir la transferencia de patógenos a las manos. *De momento no hay pautas de consenso acerca de si es necesario, cuándo, cómo y con qué frecuencia descontaminar estas superficies*⁸.

Aún cuando la clasificación de Spaulding sigue siendo útil, es necesario realizar algunos ajustes para adaptarla a las condiciones actuales. Los priones y su inusual resistencia a muchos agentes físicos y químicos, así como el surgimiento de *Clostridium difficile* formadora de esporas como un patógeno asociado a la atención en salud, son elementos que están forzando una reevaluación de los sistemas de reprocesamiento de dispositivos médicos. Los dispositivos contaminados con priones requieren de la aplicación de protocolos de esterilización mucho más allá de lo necesario habitualmente⁹. Algunos desinfectantes de uso habitual para reprocesar endoscopios gastrointestinales, como el gluteraldehído, requieren de un período de contacto prolongado para eliminar las esporas de *C. difficile*. Los dispositivos sensibles al calor, como endoscopios de fibra óptica flexible, se usan cada vez más para operaciones en que se rompe deliberadamente la integridad de la membrana mucosa; procedimiento que diluye la distinción entre dispositivos ‘críticos’ y ‘semi-críticos’.

Reprocesamiento de dispositivos médicos

Desinfección

‘Desinfectar’ significa reducir el número de patógenos en una superficie u objeto inanimado mediante el uso de calor, químicos o ambos. La mayoría de los procedimientos de desinfección logran muy poca actividad contra esporas bacteriológicas; cualquier reducción en la carga de esporas se consigue principalmente a través de la acción mecánica y el enjuague.

Pasteurización y hervido

Los dispositivos semi-críticos, como los equipamientos utilizados para terapia respiratoria y equipo de anestesia, pueden ser pasteurizados mediante ebullición. Todas sus partes deben permanecer bien sumergidas durante todo el proceso; basta con mantener la temperatura en alrededor de 65 a 77°C por 30 minutos. Los centros ubicados en lugares en altura requieren de más tiempo, debido a que el punto de ebullición del agua es menor mientras más nos alejamos del nivel del mar¹⁰. La inmersión en agua hirviendo de dispositivos resistentes al calor por cerca de 10 minutos, puede disminuir sustancialmente la carga de patógenos, pero

esta práctica nunca debe ser considerada una forma de ‘esterilización’. La pasteurización y hervido son métodos de baja tecnología y libres de químicos (siempre y cuando el agua sea pura); los dispositivos tratados de esta manera deben ser retirados con cuidado para su posterior transporte y almacenamiento seguro.

Desinfección química

Algunos de los desinfectantes químicos más comunes son los alcoholes, cloro y compuestos de cloro, gluteraldehído, orto-ftalaldehído, peróxido de hidrógeno, ácido peracético, fenoles, biguanidas y compuestos de amonio cuaternario (CAC). Estos químicos pueden usarse individualmente o en combinación. Deben utilizarse según las instrucciones del fabricante y solo en superficies con las que son compatibles. La Tabla 12.1 muestra una lista de desinfectantes químicos comunes en los centros de atención en salud.

Idealmente, los productos comerciales deben pasar pruebas estándar que avalen su acción, antes de su comercialización y posterior uso en centros de atención en salud. Sin embargo, los requerimientos para el registro de productos y etiquetado permitido varía enormemente de región en región. Esto no solo interfiere con la estandarización global, también hace que probar los productos sea prohibitivamente caro. A menudo hay serias disparidades entre lo que se anuncia en la etiqueta del producto y sus resultados o capacidades reales. Por ejemplo, el tiempo de contacto recomendado para desinfectantes de superficies ambientales suele ser demasiado largo para su uso práctico. Aunque la norma para la desinfección de superficies inanimadas no porosas sea limpiarlas con un paño, la etiqueta de un producto microbicida casi nunca establece esto. Los desinfectantes químicos pueden ser nocivos para los seres humanos y al medioambiente en grados muy diversos, por lo tanto deben utilizarse con precaución y solo cuando no existan alternativas adecuadas.

Los desinfectantes se agrupan en tres categorías, dependiendo de su actividad microbicida:

Desinfectantes de alto nivel

Los desinfectantes de alto nivel (DAN) son activos contra bacterias vegetativas, virus (incluso los no envueltos), hongos y microbacterias. Si se les permite actuar durante tiempos de contacto extendidos, también pueden mostrar cierta actividad contra esporas de bacterias. Los DAN

se utilizan para desinfectar dispositivos sensibles al calor y semi-críticos, como los endoscopios de fibra óptica sensibles.

Los aldehídos (gluteraldehído y orto-ftalaldehído) y oxidantes (por ejemplo, peróxido de hidrógeno y ácido peracético) son DANs. Los aldehídos son agentes no corrosivos y seguros para usarse en la mayoría de los dispositivos. Sin embargo, pueden fijar el material orgánico, por lo que es particularmente importante retirar cualquier resto adherido antes de su desinfección. A menos que sea un producto cuidadosamente formulado y utilizado, los oxidantes tienden a ser corrosivos. No obstante, pueden actuar más rápido, no fijan el material orgánico y son más seguros para el medioambiente que los aldehídos.

Por lo general, los DAN requieren un período de contacto de 10 a 45 minutos para ejercer su acción desinfectante, dependiendo de la temperatura. Después de la desinfección, los artículos deben enjuagarse concienzudamente con agua estéril o filtrada, a fin de eliminar cualquier residuo químico; luego deben secarse con un enjuague de alcohol o con aire limpio y filtrado que se insufla a través de los conductos del dispositivo antes de su almacenamiento seguro.

Desinfectantes de nivel intermedio

Un desinfectante activo contra bacterias vegetativas, microbacterias, hongos y la mayoría de los virus, pero que probablemente no actuará contra las esporas, incluso después de un tiempo de exposición prolongado.

Desinfectantes de bajo nivel

Los desinfectantes de bajo nivel (DBN) pueden actuar contra bacterias vegetativas (excepto las microbacterias), algunos hongos y solo virus envueltos. En muchos casos, el lavado con agua y jabón común es reemplazo suficiente a un DBN.

Esterilización

La esterilización se define como cualquier proceso con la capacidad de inactivar todos los microorganismos en o sobre un objeto; es factible que los procedimientos rutinarios de esterilización requieran modificaciones para lidiar con los priones. El calor es el esterilizante más confiable; la mayor parte del instrumental médico es resistente al calor. El calor húmedo,

Tabla 12.1. Desinfectantes químicos más utilizados en centros de atención en salud

Agente	Espectro	Usos	Ventajas	Desventajas
Alcoholes (60-90%) Incluye etanol e isopropanol	Desinfectante de nivel bajo a medio.	Para descontaminar el exterior de algunos elementos semi-críticos y no críticos, como termómetros orales y rectales, y estetoscopios. También para desinfectar superficies pequeñas como los tapones de goma de frascos multi-dosis. Los alcoholes con detergentes son seguros y efectivos para la desinfección puntual de mesones, suelos y otras superficies. También es un agente común de los limpiadores de manos.	Actúa rápidamente, no deja residuos ni manchas. Es de bajo costo y, en muchos países, se encuentra ampliamente disponible para usos medicinales y de investigación.	Volátil, inflamable e irritante para las membranas mucosas. La materia orgánica lo inactiva y puede endurecer las piezas de goma, hacer que el pegamento se deteriore o trizar el plástico acrílico.
Cloro y compuestos de cloro: el de mayor uso es una solución acuosa de sodio hipoclorito 5,25-6,15% (cloro de uso doméstico) a una concentración de 100-5000 ppm de cloro libre	Desinfectante de nivel bajo a medio.	Usado para desinfectar tonómetros y para la desinfección puntual de mesones y suelos. Puede usarse para descontaminar derrames de sangre. El hipoclorito concentrado o gas cloro se usa para la desinfección de sistemas de distribución de agua grandes y pequeños, tales como dispositivos dentales, tanques de hidroterapia y tanques de distribución de agua en centros de hemodíalisis.	Bajo costo y acción rápida. Ampliamente disponible en casi todas partes. Se encuentra en formato líquido, en pastillas o en polvo.	En alta concentración (>500 ppm), es corrosivo para los metales. El material orgánico lo inactiva. Decolora telas. Cuando se lo combina con amoníaco, emana gas cloro, que es tóxico. Irritante para la piel y membranas mucosas. Es inestable si se lo deja descubierto, expuesto a la luz o es diluido; almacenarlo en un contenedor opaco.

Agente	Espectro	Usos	Ventajas	Desventajas
<p>Aldehídos</p> <p>Glutaraldehído: ≥2% en solución alcalina o ácida. También se lo formula con fenol-sodio-fenato y alcohol.</p>	<p>Desinfectante de alto nivel.</p>	<p>Ampliamente usado como desinfectante de alto nivel para elementos semi-críticos sensibles al calor, como endoscopios.</p>	<p>Buena compatibilidad con materiales.</p>	<p>Alergénico e irritante para la piel y tracto respiratorio. Cuando se lo reutiliza, debe monitorearse su nivel de eficacia continua.</p>
<p>Orto-ftalaldehído (OPA) 0.55%</p>	<p>Desinfectante de alto nivel.</p>	<p>Desinfectante de endoscopios de alto nivel.</p>	<p>Excelente estabilidad sobre un rango amplio de niveles de pH. Actividad microbactericida superior, comparado con gluteraldehído. No requiere activación.</p>	<p>Caro. Mancha la piel y las membranas mucosas; puede manchar objetos si no se lo enjuaga concienzudamente. Provoca irritación a los ojos. Como esporicida, su acción es deficiente. En caso de reutilización, es necesario monitorear su eficacia. Contraindicado para el procesamiento de ciertos instrumentos urológicos.</p>

Agente	Espectro	Usos	Ventajas	Desventajas
Ácido peracético 0.2-0.35% y otros ácidos orgánicos estabilizados.	Desinfectante de alto nivel / esterilizante.	Usado en reprocesadores automáticos de endoscopios. Puede usarse para esterilización en frío de elementos críticos sensibles al calor. Por ejemplo, hemodializadores. Con la formulación correcta, también es adecuado para el procesamiento manual de instrumental.	Ciclo rápido de esterilización a baja temperatura (30-45 min. a 50-55°C). Activo en presencia de material orgánico. Subproductos amigables con el medioambiente (oxígeno, agua, ácido acético).	Corrosivo sobre algunos metales. Inestable una vez activado. Puede ser irritante a la piel, conjuntivas y membranas mucosas.
Peróxido de hidrógeno 7.5%.	Desinfectante de alto nivel / esterilizante.	Puede usarse para esterilización en frío de elementos críticos sensibles al calor. Requiere 30 minutos a 20°C.	No necesita activación. Inodoro. Subproductos amigables con el medioambiente (oxígeno, agua).	No compatible con lata, cobre, zinc, níquel / plateado.
Peróxido de hidrógeno al 7,5%, y ácido peracético al 0,23%	Desinfectante de alto nivel / esterilizante.	Para desinfección de hemodializadores.	De acción rápida (desinfección de alto nivel en 15 min.). No requiere activación. Inodoro	No compatible con lata, cobre, zinc y plomo. Potencialmente puede provocar daño a ojos y piel.

usado como vapor bajo presión en una autoclave, mata microbios al desnaturalizar sus proteínas. El calor seco en un horno mata por oxidación, lo que es un proceso mucho más lento. El calor seco se usa para esterilizar materiales sensibles a la humedad (en polvo) o elementos que no pueden ser penetrados por el vapor (aceites y ceras). Los objetos sensibles al calor requieren esterilización a baja temperatura; algunos agentes normalmente usados en este proceso son el gas de óxido de etileno (OE), gas-plasma de peróxido de hidrógeno o vapor de formaldehído¹¹.

Los objetos estériles deben almacenarse en un lugar limpio, libre de polvo y seco; es primordial mantener la integridad de su envoltorio. Los paquetes con suministros estériles deben revisarse antes de su uso para chequear que la envoltura se encuentre intacta y que estén secos. De no ser así, los elementos no deben ser usados sino que limpiados, envueltos y reesterilizados.

Esterilización por vapor

El vapor es el medio de esterilización más confiable. Es no tóxico (cuando se genera a partir de agua libre de químicos volátiles), posee un espectro amplio de actividad microbicida y buena capacidad de penetración, mientras que al mismo tiempo es económico y su eficacia es fácil de monitorear. La esterilización requiere el contacto directo de un objeto con vapor a una temperatura y presión definidos, por un período de tiempo específico. Las autoclaves son cámaras especialmente diseñadas, en las que el vapor bajo presión produce altas temperaturas. Su funcionamiento se basa sobre el mismo principio que las ollas a presión. Hay dos tipos principales de esterilizadores a vapor:

- Las autoclaves de desplazamiento por gravedad, en las que el vapor es introducido por la parte alta de la cámara y se desplaza hacia la parte inferior; a su paso va reemplazando la mezcla de aire y vapor alojada ahí, más fría y densa. La válvula de escape se cierra cuando todo el aire ha sido empujado hacia fuera; lo que permite que la presión aumente y la temperatura suba. Este tipo de autoclave se usa para esterilizar líquidos y objetos en envoltorios que no pueden ser penetrados por el vapor. La esterilización en sí suele durar cerca de 15 minutos a 121°C, a 103,4 kilopascales (15 libras/pulgada cuadrada).
- Las autoclaves de alto vacío, en que primero se succiona el aire de la cámara de esterilización y luego se introduce vapor para permitir una penetración más rápida y mejor a través de toda la carga. La presión

y temperatura aumentan rápidamente, lo que permite tiempos de procesamiento de tres minutos a 134°C, aproximadamente a 206,8 kilopascales (30 libras/pulgada cuadrada).

Los objetos a ser introducidos en la autoclave deben estar envueltos en materiales que permitan la penetración del vapor, y también el posterior almacenamiento sin alterar la esterilidad de los objetos. Debe evitarse la sobrecarga de autoclaves, de modo que el vapor pueda fluir libremente a través de toda la carga. Es necesario marcar los paquetes para identificar su contenido y fecha de esterilización, junto con el esterilizador y número de carga, con lo que se facilita un eventual retiro de una carga completa y es más fácil monitorear la rotación de suministros.

Todos los esterilizadores por vapor deben probarse al momento de su instalación y de forma periódica, desde ese momento en adelante; es necesario mantener registro escrito de las operaciones de rutina y mantenimiento. *Todo el personal a su cargo debe contar con una completa capacitación en operación de autoclaves y seguridad.*

Monitores

Los indicadores biológicos y químicos están a nuestra disposición y deben ser usados para la revisión rutinaria del funcionamiento de las autoclaves.

Los **indicadores biológicos (IB)** contienen las esporas de la bacteria *Geobacillus stearothermophilus*. Son tiras o frascos que contienen la bacteria, disponibles en el mercado, que se ubican estratégicamente en medio de la carga que se esterilizará. Después de un ciclo, los IB se cultivan a fin de evaluar el crecimiento bacteriano. Para determinar que el proceso de esterilización fue exitoso, todos ellos deben mostrar nulo crecimiento.

Los **indicadores químicos (IQ)** se usan para determinar si durante el proceso de esterilización se alcanzó el tiempo y temperatura requeridos. Un tipo de indicador químico es una cinta de autoclave que puede ser adherida al exterior de un paquete; su color cambia apenas el paquete es sometido a calor. Aún cuando la función de los IQ no sea determinar si un objeto fue esterilizado o no, pueden ayudar a detectar fallas en el funcionamiento de los equipos e identificar errores de procedimiento.

Para el proceso de alto vacío, la penetración del vapor en la carga depende de un adecuado retiro previo del aire. Esto puede ser monitoreado de dos maneras: primero mediante una prueba de fugas: ¿es posible mantener el vacío o el aire se filtra? (principalmente cerca de la puerta); y en segundo término, mediante la capacidad del vapor de penetrar un pequeño paquete de toallas que constituyen el test de 'Bowie Dick'. Si estas pruebas son satisfactorias, un enfoque alternativo de monitoreo es el de 'resultados paramétricos'. Este sistema consiste en asegurar, mediante el uso de instrumentos calibrados -además o en reemplazo de los IBs-, que el ciclo de la autoclave ha cumplido todas las especificaciones respecto a temperatura, presión y tiempo. Dado que este enfoque se basa en datos medibles y equipos calibrados, sus resultados tienden a ser más confiables y mucho más rápidos que el uso de IBs.

Otros esterilizadores

El vapor también se usa en otros dos tipos de esterilizadores. En el proceso de vapor de formaldehído a baja temperatura, el vapor (50-80°C), se usa en combinación con formaldehído vaporizado para esterilizar dispositivos médicos sensibles al calor (incluso aquellos con lúmenes angostos). Como ya se estableció, los dispositivos deben limpiarse antes de su procesamiento. Primero se crea un vacío; el vapor se introduce en varios pulsos, seguido de la vaporización de formaldehído. Hacia el final del ciclo, el formaldehído se evacua y expulsa completamente mediante varios pulsos de vapor y alto vacío. El desempeño del esterilizador puede medirse a través de indicadores biológicos o químicos. Este sistema no puede usarse con líquidos y la potencial toxicidad del formaldehído sigue siendo causa de preocupación.

En un esterilizador instantáneo o flash, el vapor se usa para procesar objetos quirúrgicos cuando un elemento crítico se ha contaminado accidentalmente durante un procedimiento, o cuando no se cuenta con otros medios de esterilización. No debe usarse nunca para dispositivos implantables o para compensar una falta de instrumental esencial. La esterilización flash de elementos porosos o no porosos sin empaquetado o con empaquetado simple puede hacerse tanto en una autoclave de desplazamiento por gravedad o en una de pre-vacío. En este caso, no es posible esperar por las lecturas de IBs, debido a la rapidez con que se requieren los objetos esterilizados. *A menos que se usen contenedores adecuados, hay un alto riesgo de recontaminación del objeto procesado, así como de lesiones térmicas al personal que transporta el objeto a su lugar de uso.*

Microondas

Al ser expuestos a microondas, los elementos que contienen agua producen calor; esto, debido a la fricción generada por la rápida rotación de las moléculas de agua. Hasta ahora, este proceso solo ha sido usado para desinfectar lentes de contacto blandos y catéteres urinarios usados para autocateterización intermitente. Sin embargo, tratar con microondas un volumen pequeño de agua en un vaso o contenedor de plástico, podría tener el efecto de hacer que el agua sea segura de beber. De la misma manera, objetos pequeño de vidrio o plástico pueden sumergirse en agua y 'desinfectarse' en un horno microondas.

Esterilización por calor seco

La esterilización por calor seco se realiza en hornos de aire caliente, los que pueden alcanzar altas temperaturas y deben contar con un ventilador para la distribución pareja del calor. Es necesario precalentar el horno antes de comenzar el ciclo de esterilización. Los hornos de aire caliente son de diseño más simple y más seguros de usar que una autoclave, y son adecuados para la esterilización de objetos de vidrio o metal, sustancias en polvo y materiales anhídridos (aceite y grasa). A 160°C, la esterilización toma dos horas y una, a 180°C. A fin de evitar el riesgo de incendios, los hornos no deben utilizarse para tratar plásticos, goma, papel o tela.

Óxido de etileno

El óxido de etileno (OE) se usa para esterilizar elementos que son sensibles al calor, presión o humedad. El óxido de etileno es un gas incoloro, inflamable, explosivo y tóxico para los seres humanos. El OE se encuentra disponible en dos mezclas, una con hidroc fluorocarbonos (HCFC) y la otra es una combinación de 8,5% de OE y 91,5% de dióxido de carbono; esta última es menos costosa.

Durante el proceso, y a fin de asegurar la esterilización, es necesario mantener la concentración de OE, temperatura, humedad relativa (HR) y tiempo de exposición. La concentración de gas debe ser de 450 a 1200 mg/l; la temperatura, 37 a 63°C; la HR, 40 a 80% y el tiempo de exposición, entre una a seis horas.

La medición de resultados paramétricos no es factible, debido a que no se puede medir rápidamente la concentración de gas y HR; por lo tanto, es necesario incluir un IB en cada carga. El IB recomendado es *Bacillus atrophaeus*; cada carga específica debe mantenerse en cuarentena hasta que se complete el período de incubación del IB. Las principales desventajas del

OE son lo extenso del ciclo de esterilización y su alto costo. Los elementos ya esterilizados deben airearse meticulosamente para eliminar todos los residuos de OE.

Plasma de peróxido de hidrógeno

Los plasmas gaseosos son generados en una cámara cerrada bajo vacío profundo, mediante el uso de frecuencia radial o energía microondas para excitar las moléculas de peróxido de hidrógeno gaseoso y producir partículas cargadas, muchas de las cuales son radicales libres altamente reactivos. El plasma gaseoso puede usarse para esterilizar elementos sensibles al calor y la humedad, como algunos plásticos, dispositivos eléctricos o electrónicos y alianzas de metal susceptibles a corrosión. Se usan esporas de *G. stearothermophilus* como IB.

Se trata de un proceso seguro y, como no requiere aireación, los elementos esterilizados quedan disponibles para su uso o almacenamiento inmediato. Sin embargo, no es adecuado para dispositivos con lumen cerrado, sustancias en polvo o líquidos. Otras desventajas son su alto costo y necesidad de envoltorios especiales, ya que no puede usarse papel o lino. Además, la presencia de residuos líquidos u orgánicos interfiere con el proceso.

Fumigación

Recientemente se ha generado mucho interés en torno al uso de fumigantes para lidiar con patógenos asociados a la atención en salud en el ambiente, como *S. aureus* resistente a meticilina y *C. difficile*. Ya hay varios dispositivos disponibles, los que varían en costo, el proceso que utilizan y el grado de pruebas de campo al que han sido sometidos.

Uno de los procesos comunes consiste en vaporizar una solución de peróxido de hidrógeno e insuflarla hacia el interior de un recinto sellado, como sería la habitación de un paciente, para descontaminar las superficies. No se requiere de aireación con posterioridad al tratamiento, porque el peróxido de hidrógeno rápidamente se descompone en oxígeno y agua. Algunas tiras de esporas se colocan estratégicamente en varios puntos de la habitación, para más tarde ser retiradas a fin de evaluar la efectividad del proceso. Algunas de las desventajas incluyen la incompatibilidad

con materiales celulósicos y la corrosión potencial de los dispositivos electrónicos.

El dióxido de cloro generado en terreno puede ser liberado en forma de gas para efectos de descontaminar una habitación. Los recintos no solo deben sellarse, sino que además oscurecerse, para evitar que la luz de día acelere la descomposición del gas. Igual como sucede con el peróxido de hidrógeno, el dióxido de cloro se descompone naturalmente en subproductos inocuos.

El ozono puede descontaminar superficies en espacios cerrados. Sin embargo, es altamente inestable y potencialmente dañino para una variedad de materiales de uso común en centros de atención en salud. Sin embargo, ya se encuentra disponible un esterilizador de dispositivos médicos que funciona en base a ozono; genera el gas a partir del oxígeno y, al final del ciclo, lo convierte en oxígeno y agua mediante catálisis. El equipamiento asegura ser compatible con una gran cantidad de materiales y tener la capacidad de procesar dispositivos de lumen estrecho.

Filtrado

Un método simple de eliminar microbios del aire o líquidos sensibles al calor es pasándolos por una membrana o filtro de cartucho. Dependiendo de su tamaño, este proceso retiene microorganismos físicos sin matarlos, a menos que la matriz del filtro esté impregnada o haya sido expuesta a un agente microbicida.

Los filtros de aire de alta eficiencia (HEPA, por su sigla en inglés), se utilizan a menudo para eliminar la contaminación microbiana del aire en pabellones quirúrgicos, laboratorios de microbiología y para la producción estéril de productos farmacéuticos. También está aumentando su uso en salas de hospitalización y espera, a fin de disminuir el riesgo de propagación de patógenos aéreos. Es necesario revisar los filtros HEPA después de su instalación para verificar su integridad, así como contar con un programa de mantenimiento periódico. Los filtros de cartucho pueden usarse en líneas de suministro de aire, para eliminar la contaminación microbiana.

Los filtros de membrana y cartucho con un tamaño nominal de poro de 0,2 μm son de uso muy frecuente en la fabricación de una serie de agentes biológicos e inyectables sensibles al calor. Estos filtros no pueden eliminar

virus, debido a su tamaño muy inferior. Los filtros de cartucho también se usan en los grifos de agua potable en reprocesadores automáticos de endoscopios, con el objetivo de proteger los dispositivos procesados de una posible recontaminación con bacterias presentes en el agua de enjuague. A menudo, los líquidos pasados por este tipo de filtros reciben el apelativo de 'estériles,' aún cuando esto no es estrictamente cierto.

Reprocesadores automáticos de endoscopios

Es frecuente que los dispositivos médicos sean desinfectados manualmente. Sin embargo, este enfoque depende de la pericia del personal y expone a los trabajadores de la salud a agentes infecciosos y químicos potencialmente tóxicos. Si el centro cuenta con los recursos necesarios, los reprocesadores automáticos de endoscopios (RAE) son una alternativa más segura. Estos equipamientos requieren de un suministro confiable de electricidad y agua, así como de un programa de mantenimiento e insumos costosos (desinfectantes, filtros, etc.). La calidad del agua es especialmente importante para impedir la saturación prematura de los filtros y prevenir el crecimiento de patógenos oportunistas, como microbacterias ambientales y *Pseudomonas*.

Radiación ultravioleta

Los avances recientes de la tecnología que usan las lámparas ultravioleta, hacen que el potencial microbicida de la radiación UV de onda corta sea viable para una variedad de usos. Las lámparas UV son cada vez más populares para la desinfección del agua y aguas residuales. También se están comercializando dispositivos que operan con tecnología UV para la desinfección del aire en hospitales y clínicas, diseñados para disminuir la propagación de patógenos aéreos. Últimamente, además han aparecido equipos para la desinfección de superficies ambientales.

La radiación UV no añade ningún químico al agua o aire que está siendo tratado, salvo por la generación de bajos niveles de ozono. Sin embargo, no puede penetrar la suciedad y es necesario que los objetos sean expuestos directamente a la radiación. Las lámparas requieren de una limpieza regular y reemplazo periódico; es factible que aún cuando su capacidad de generar radiación UV haya disminuido, aún sigan emitiendo luz visible.

Artículos de uso único

Los artículos y objetos de uso único no están diseñados para su reprocesamiento; por lo que, de ser reprocesados, los fabricantes no garantizan su seguridad y desempeño. Si aún así se está contemplando la posibilidad de reprocesamiento, es necesario contar con respuestas satisfactorias a las siguientes preguntas:

1. El dispositivo, ¿se encuentra en buenas condiciones y retiene su funcionalidad?
2. ¿Es posible desmontar el artículo para su limpieza, descontaminación y posterior procesamiento?
3. De ser necesario, ¿puede validarse su esterilidad?
4. Desde la perspectiva económica, ¿resulta eficiente el reprocesamiento?
5. ¿Hay una persona de autoridad que esté disponible y acepte la responsabilidad ante cualquier consecuencia negativa que pueda derivarse del uso del objeto reprocesado?

Puntos generales

Las principales prioridades de un programa de PCI, independiente de los recursos, son:

1. Desarrollo de protocolos de reprocesamiento para instrumental y equipos, basados en estándares que cuenten con reconocimiento general y en las recomendaciones del fabricante.
2. Uso de agua limpia para la limpieza concienzuda de los artículos.
3. Mantenimiento, uso y monitoreo del equipamiento, autoclaves y otros.
4. Descarte de artículos que no puedan ser limpiados o reprocesados adecuadamente.
5. Almacenamiento seguro de artículos reprocesados, lejos de potenciales fuentes de contaminación.

Agradecimientos

Este capítulo es la actualización de una versión anterior escrita por los Drs. Ulrika Ransjo y Ossama Rasslan; fue elaborado con la ayuda de la Dra. Maha M. Fathy.

Referencias

1. Association for the Advancement of Medical Instrumentation. Chemical sterilization and high-level disinfection in health care facilities. ANSI/ AAMI ST58:2005.
2. Association for the Advancement of Medical Instrumentation. Comprehensive guide to steam sterilization and sterility assurance in health care facilities. ANSI/AAMI ST79:2006.
3. Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities; Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). *MMWR* 2003; 52(RR10):1-42. http://www.cdc.gov/hicpac/pdf/guidelines/eic_in_HCF_03.pdf [Accessed July 26, 2011]
4. Microbiology Advisory Committee to the Department of Health (The MAC Manual). Sterilisation, Disinfection and Cleaning of Medical Equipment: Guidance on Decontamination, UK. <http://www.mhra.gov.uk/Publications/Safetyguidance/Otherdevicesafetyguidance/CON007438> [Accessed July 26, 2011]
5. Ontario Ministry of Health & Long-Term Care. Provincial Infectious Diseases Advisory Committee (PIDAC) Best Practices for Cleaning, Disinfection and Sterilization in All Health Care Settings, 2010. <http://www.oahpp.ca/resources/pidac-knowledge/best-practice-manuals/cleaning-disinfection-and-sterilization.html> [Accessed July 26, 2011]
6. Rutala WA, Weber DJ. Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities, 2008. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA. http://www.cdc.gov/hicpac/pdf/guidelines/Disinfection_Nov_2008.pdf [Accessed July 26, 2011]
7. International Standard ISO 15883-3; 2006, specifies particular requirements for washer-disinfectors (WD) that are intended to be used for emptying, flushing, cleaning and thermal disinfection of containers used to hold human waste for disposal by one operating cycle. http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=41078 Accessed July 26, 2011]

8. Weber DJ, Rutala WA, Miller MB, et al. Role of hospital surfaces in the transmission of emerging health care-associated pathogens: norovirus, *Clostridium difficile*, and Acinetobacter species. *Am J Infect Control* 2010; 38(5 Suppl 1):S25-33.
9. Schmitt A, Westner IM, Reznicek L, Michels W, Mitteregger G, Kretzschmar HA. Automated decontamination of surface-adherent prions. *J Hosp Infect* 2010; 76:74-9.
10. Snyder, OP. Calibrating thermometers in boiling water: Boiling Point / Atmospheric Pressure / Altitude Tables. <http://www.hi-tm.com/Documents/Calib-boil.html> [Accessed July 26, 2011]
11. Kanemitsu K, Imasaka T, Ishikawa S, et al. A comparative study of ethylene oxide gas, hydrogen peroxide gas plasma, and low-temperature steam formaldehyde sterilization. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2005;26(5):486-9.

Lecturas sugeridas

1. Fraiese AP, Lambert PA, and Maillard Y-J. *Principles and Practice of Disinfection, Preservation and Sterilization*. 2004, 4th ed., Blackwell Publishing, Malden, MA.
2. McDonnell G. *Antisepsis, disinfection, and sterilization: Types, Action, and Resistance*; American Society for Microbiology, Washington, D.C., 2007. Available electronically through Google books http://books.google.com/books?id=5UL6BHqZKecC&printsec=frontcover&dq=Antisepsis,+disinfection,+and+sterilization&hl=en&ei=Z2wvTeCBAYGC8gbls8y7CQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CDEQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false [Accessed July 26, 2011]
3. Roth S, Feichtinger J, Hertel C. Characterization of *Bacillus subtilis* spore inactivation in low-pressure, low-temperature gas plasma sterilization processes. *J Appl Microbiol* 2010; 108:521-531.
4. Sattar SA. Allen Denver Russell Memorial Lecture, 2006. The use of microbicides in infection control: a critical look at safety, testing and applications. *J Appl Microbiol* 2006; 101:743-753.
5. Uneke CJ, Ogbonna A, Oyibo PG, Onu CM. Bacterial contamination of stethoscopes used by health workers: public health implications. *J Infect Dev Ctries* 2010; 4:436-441.
6. Vonberg RP, Kuijper EJ, Wilcox MH, et al. Infection control measures to limit the spread of *Clostridium difficile*. *Clin Microbiol Infect* 2008; 14 (Suppl 5):2-20.

