

# REPROCESAMIENTO DE ENDOSCOPIOS FLEXIBLES: DE ESTERILIZACIÓN LÍQUIDA A ESTERILIZACIÓN TERMINAL

## Autores:

Elena Lorenzo, Lic. en Biología<sup>1</sup>; Nelson Carreras, PhD<sup>2</sup>; Alejandro Ramirez, Ingeniero Industrial<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Matachana International Education Centre (MIEC) Manager Test Centre Coordinator, <sup>2</sup>Global Product Manager Consumables,

<sup>3</sup>Global Product Manager Low Temperature Sterilizers.

## Palabras clave:

Endoscopios Flexibles, esterilización terminal, reprocesamiento dispositivos médicos, VBTF, VH2O2.

## Abreviaciones:

SAL - Nivel de aseguramiento de esterilización, VHP – Peróxido de Hidrógeno Vaporizado, HPP - Peróxido de Hidrógeno y Plasma, VBTF – Vapor a Baja Temperatura y Formaldehído, RMD – Dispositivos médicos reutilizables, PCD – Dispositivo desafío de proceso, AERs – Reprocesadores automáticos de endoscopia.

## Resumen:

El reprocesamiento de endoscopios flexibles representa un desafío importante para los centros sanitarios a nivel mundial, con una creciente evidencia que destaca las ventajas clínicas de la esterilización terminal sobre la desinfección de alto nivel. A pesar de estos beneficios, el reprocesamiento suele estar limitado por restricciones tecnológicas y procedimentales, agravadas por la cantidad limitada de dispositivos disponibles y la alta demanda de procedimientos con endoscopios. Este artículo analiza las diversas tecnologías de reprocesamiento disponibles, comparando sus características y examinando cómo diferentes regiones han abordado los pasos finales en el reprocesamiento de endoscopios flexibles.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años, se han producido cambios significativos que han transformado el panorama de los dispositivos médicos reutilizables, incluyendo la consolidación de la esterilización a vapor con prevacío, la introducción de agentes de esterilización a baja temperatura y el uso de materiales avanzados como aleaciones metálicas y polímeros. Estos avances han permitido el desarrollo de dispositivos innovadores diseñados para satisfacer una amplia variedad de necesidades terapéuticas. Un área destacada es la de los procedimientos mínimamente invasivos, donde los endoscopios ofrecen soluciones diagnósticas y terapéuticas diversas, cuya adopción ha aumentado debido a los múltiples beneficios que aportan.

Entre los avances más impactantes, las aplicaciones endoscópicas han incrementado tanto la variedad como el volumen de procedimientos, lo que ha llevado al desarrollo de dispositivos más pequeños y complejos, con múltiples canales y mecanismos intrincados, como controles de cámara, pinzas y agujas de inyección. Aunque existe una amplia gama de dispositivos endoscópicos, predominan dos categorías principales: endoscopios rígidos (por ejemplo, laparoscopios, artroscopios, broncoscopios) y endoscopios flexibles (por ejemplo, colonoscopios, gastroscopios, duodenoscopios, enteroscopios, sigmoidoscopios). Aplicaciones específicas, como la endoscopia pediátrica, requieren además dispositivos con canales más estrechos.

En 2019, se estimó que solo en los Estados Unidos se realizaron aproximadamente 75 millones de procedimientos de endoscopia flexible. Aunque esta cifra varía según las fuentes, millones de pacientes se someten anualmente a estos procedimientos, con un previsible aumento debido a la prevalencia de enfermedades gastrointestinales. A pesar de las enormes ventajas que los endoscopios flexibles ofrecen al personal clínico y facultativo, en las últimas dos décadas se ha generado un extenso debate sobre su potencial para transmitir infecciones entre pacientes. Los brotes documentados se han relacionado, a menudo, con problemas en el reprocesamiento, ya que la complejidad de estos dispositivos y su alta frecuencia de uso los hace particularmente vulnerables a fallos en dicho procedimiento, lo que puede provocar incidentes negativos.

El reprocesamiento de endoscopios flexibles ha sido un desafío desde la introducción de estos dispositivos en la práctica médica, debido principalmente a factores como su longitud, residuos de carga biológica y

agua, y la dificultad para garantizar una exposición adecuada de los lúmenes a los detergentes y desinfectantes químicos. La infraestructura requerida para un reprocesamiento adecuado es otro factor relevante. Actualmente, los métodos de reprocesamiento más comunes utilizan reprocesadores automáticos de endoscopios (AER, por sus siglas en inglés), que distribuyen los agentes de limpieza y desinfección a través de los canales del endoscopio, seguidos de un enjuague y su posterior almacenamiento. Aunque este enfoque logra desinfección de alto nivel, persiste el debate sobre si los endoscopios flexibles deben considerarse dispositivos semi-críticos (que requieren únicamente desinfección de alto nivel) o dispositivos críticos que deberían someterse a esterilización terminal.

## 2. TECNOLOGÍAS ACTUALES

Los desafíos en el reprocesamiento de endoscopios flexibles se derivan de dos necesidades principales: el creciente número de procedimientos diarios por dispositivo y los requisitos de seguridad cada vez más estrictos para estos dispositivos, ya sea mediante desinfección de alto nivel o esterilización terminal, una tendencia que cuenta con un respaldo creciente por parte de organismos reguladores, sociedades científicas y organizaciones normativas.

Tres tendencias principales influyen en el reprocesamiento de endoscopios:

1) Diariamente, los endoscopios se utilizan en múltiples procedimientos. 2) La cantidad de endoscopios disponibles en cada instalación es limitada. 3) El tiempo de reprocesamiento sigue siendo un obstáculo significativo, ya que a menudo requiere 30 minutos o más, dependiendo del tipo de endoscopio y las instrucciones del fabricante. Estos factores generan complicaciones para disponer de endoscopios listos para su utilización de manera oportuna.

Los fabricantes de endoscopios proporcionan directrices en sus instrucciones de uso (IFUs, por sus siglas en inglés) para eliminar eficazmente la carga biológica (bioburden), recomendando generalmente desinfección de alto nivel, esterilización química líquida o esterilización terminal. El procedimiento general incluye pruebas de fugas, pre-limpieza, limpieza, desinfección, enjuague y secado, pasos que pueden realizarse manualmente o con reprocesadores automáticos de endoscopios. Existen diferencias entre la desinfección de alto nivel, la esterilización química líquida y la esterilización terminal, principalmente en el nivel de aseguramiento de la esterilización (SAL, por sus siglas en inglés) que ofrece cada alternativa. Este artículo se centrará en la esterilización química líquida y la esterilización terminal.

### ESTERILIZACIÓN QUÍMICA LÍQUIDA

La esterilización química líquida <sup>[1]</sup> ha sido un procedimiento significativo en el reprocesamiento de dispositivos médicos, ayudando a prevenir la propagación de infecciones cuando estos actúan como posibles vectores. Generalmente, este método sigue a una limpieza minuciosa y consiste en sumergir los dispositivos en agentes como peróxido de hidrógeno, glutaraldehído o ácido peracético bajo condiciones controladas (e.g., concentración, temperatura y tiempo específicos). Aunque este proceso puede alcanzar un nivel de aseguramiento de la esterilización SAL de  $10^{-6}$ , presenta varias limitaciones, especialmente con dispositivos complejos como los endoscopios flexibles. Los principales desafíos incluyen garantizar un tiempo de contacto adecuado en todos los lúmenes, la posible carga biológica que afecta la concentración del agente esterilizante, la ausencia de una barrera estéril y la incapacidad de verificar el SAL mediante indicadores químicos y biológicos. La principal desventaja de este método es la falta de una barrera estéril, lo que facilita la exposición ambiental antes del siguiente uso de ese dispositivo. Además, la retención de agua en los canales <sup>[2-3]</sup> puede favorecer la formación de biopelículas, especialmente si la calidad del agua es subóptima. El uso de agua de alta calidad es fundamental para eliminar residuos de manera efectiva y minimizar los riesgos de recontaminación una vez concluido el proceso de esterilización química líquida.

Los AER avanzados incluyen cubas simples o dobles de reprocesamiento, conectando múltiples canales del endoscopio y dirigiendo agentes químicos a través del dispositivo mediante bombas para garantizar una exposición completa a temperaturas y tiempos específicos. Algunos AER también cuentan con sistemas de doble puerta que separan las áreas de recepción, contaminada, del almacenamiento limpio, utilizando filtros de aire de alta eficiencia (HEPA, por sus siglas en inglés) que previenen la contaminación y facilitan la eliminación de humedad. Sin embargo, estos sistemas aún carecen de una barrera estéril,

dejando los dispositivos susceptibles a la contaminación tras su reprocesamiento y antes del uso con el paciente.

## ESTERILIZACIÓN TERMINAL

La esterilización terminal proporciona un nivel de aseguramiento de esterilización (SAL) de  $10^{-6}$ , asegurando que los ítems se mantengan estériles hasta el momento de su uso. En este proceso, los dispositivos médicos, como los endoscopios flexibles, se protegen en barreras estériles que permiten la difusión del agente esterilizante en sus superficies, recovecos y canales, siendo eliminado en la fase final de desorción. Este método mejora la seguridad del paciente al entregar dispositivos estériles en el punto de uso, evitando así la contaminación durante el almacenamiento habitual.

Debido a la naturaleza de los endoscopios flexibles, la esterilización convencional con vapor no es viable, ya que utiliza altas temperaturas. En su lugar, se prefieren tecnologías de esterilización a baja temperatura como el óxido de etileno (EO)<sup>[4]</sup>, el peróxido de hidrógeno vaporizado (VHP)<sup>[5]</sup> y el vapor a baja temperatura (VBTF)<sup>[6-7]</sup>. Cada método ofrece ventajas y limitaciones específicas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Resumen tecnologías de reprocesamiento de endoscopios.

Proceso	Agente	Inactivación	SAL	Tiempo Proceso	Limitaciones	Eliminación
Esterilización química líquida	Glutaraldehído	Formación de enlaces cruzados en proteínas	$10^{-6}$	<1h	Sin barrera estéril, no se mantiene la esterilización. Podría fijar proteínas.	Dilución y catalización
	Orto-ftaldehído (OPA)					
	Acido Peracético	Oxidación celular				
Esterilización terminal	Vapor a Baja Temperatura y Formaldehído	Coagulación y formación de enlaces cruzados en proteínas	$10^{-6}$	< 2 h	Sin restricciones en longitudes, número de canales y dispositivos	Dilución con vapor
	Peróxido de hidrógeno vaporizado (VHP) y plasma de peróxido hidrógeno (HPP)	Oxidación celular		< 1h	Restricciones en longitudes, número de canales y dispositivos	Plasma o catalización
	Oxido Etileno	Alquilación de proteínas y ADN		$12 \leq h \leq 36$	Sin restricciones en longitudes, número de canales y dispositivos.	Depuración química o adsorción

Fuente: Autores.

### ÓXIDO DE ETILENO (EO)

El óxido de etileno (EO) ha demostrado eficacia y compatibilidad con los endoscopios flexibles al difundirse eficazmente en los canales y lograr la esterilización<sup>[4]</sup>. Sin embargo, preocupaciones ambientales, regulaciones estrictas de seguridad laboral y los largos tiempos de aireación (de hasta 12 horas) han limitado su uso.

### PERÓXIDO DE HIDRÓGENO VAPORIZADO (VHP) Y PLASMA DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO (HPP)

El VHP y el HPP son tecnologías que han demostrado ser efectivas<sup>[5]</sup>, especialmente para endoscopios más cortos, con tiempos de ciclo inferiores a una hora. Sin embargo, la difusión de VHP y HPP presenta desafíos en canales más largos ( $\geq 100$  cm), lo que restringe su idoneidad para ciertos endoscopios.

Recientemente, ASP abordó este problema anunciando la compatibilidad de su sistema Sterrad basado en HPP con un duodenoscopio de Pentax específicamente diseñado para esta tecnología y disponible solo en los EE. UU.

## VAPOR A BAJA TEMPERATURA Y FORMALDEHÍDO (VBTF)

La tecnología VBTF<sup>6,7,8</sup> combina los beneficios del EO, VHP y HPP. Los equipos VBTF pueden lograr una difusión adecuada en canales largos (por ejemplo, duodenoscopios, enteroscopios, colonoscopios) ofreciendo una solución sin restricciones en la cantidad de canales o la longitud de los endoscopios, lo que lo convierte en una alternativa viable a la esterilización química líquida. Estas opciones tienen diferentes mecanismos de inactivación y características, incluidos el tiempo de ciclo y los requisitos de eliminación de residuos (Tabla 2).

El proceso de VBTF opera a temperaturas entre 50°C y 80°C [122°F - 176°F], normalmente alrededor de 60°C [140°F], utilizando una mezcla de vapor y formaldehído al 2%. Un ciclo típico de VBTF dura aproximadamente 90 minutos para lograr la esterilización terminal de endoscopios flexibles de más de 300 cm y con un peso total de carga de 12Kg. El proceso incluye fases de acondicionamiento, exposición y secado. Durante el acondicionamiento, varios pulsos negativos eliminan el aire de la cámara y de los lúmenes de los dispositivos, lo que permite una exposición efectiva al vapor-formaldehído.

En la fase de exposición, el formaldehído entrecruza proteínas, alterando su estructura y función e inactivando de este modo los microorganismos.

Una vez completada la esterilización, un proceso de dos etapas de desorción elimina los residuos de formaldehído.

Primero, vapor estéril arrastra los residuos de formaldehído del dispositivo médico, seguido de un pulso de vacío que elimina tanto el vapor como el formaldehído residual. Una última etapa de vacío profundo vaporiza cualquier condensado restante, asegurando que la carga esté seca, estéril y libre de residuos.

**Tabla 2.** Resumen de endoscopios, características y tecnología de reprocesamiento.

Tipo de endoscopio	Características	Geometría – longitud, número y diámetro del canal	Esterilización terminal requerida cuando:	Tecnología de esterilización terminal compatible
Broncoscopios	Longitud	60 – 90 cm	Extracción de muestras de tejido o durante la extracción de cuerpos extraños en las vías respiratorias o pulmones del paciente. Durante los procedimientos de denervación.	EO, VBTF, VHP
	D. I. (∅)	Entre 1.2 (pediátricos) y 3.7 mm (adultos)		
	Canales	2		
Cistoscopios	Longitud	Entre 37 y 40 cm	Monitorear y tratar afecciones que afectan la vejiga y la uretra.	EO, VBTF, VHP
	D. I. (∅)	Entre 2.2 y 2.4 mm		
	Canales	2		
Ureteroscopios	Longitud	~ 85 cm	Se realiza principalmente para la enfermedad de cálculos urinarios de los uréteres o la pelvis renal, pero también se puede utilizar para diagnosticar/tratar diversas lesiones del tracto urinario superior y ureteral, como anomalías estructurales ureterales y carcinomas uroteliales.	EO, VBTF, VHP
	D. I. (∅)	1.2 mm		
	Canales	2		

**Tabla 2.** Resumen de endoscopios, características y tecnología de reprocesamiento.

Tipo de endoscopio	Características	Geometría – longitud, número y diámetro del canal	Esterilización terminal requerida cuando:	Tecnología de esterilización terminal compatible
Duodenoscopios	Longitud	~ 145 cm	Procedimientos que involucran biopsia, extracción de tejido, aplicación de stents, CPRE de emergencia.	EO, VBTF, VHP*
	D. I. (∅)	~ 4.2 mm		
	Canales	4		
EUS Ultrasonidos	Longitud	~ 150 cm	Procedimientos que implican biopsia o extracción de tejido.	EO, VBTF
	D. I. (∅)	2.4 to 4 mm		
	Canales	3		
Enteroendoscopios	Longitud	~ 230 cm	Pacientes con sospecha de hemorragia interna y durante la extracción de tejido.	EO, VBTF
	D. I. (∅)	~ 3.2 mm		
	Canales	3		

Fuente: Modificada de E.Lorenzo et al. NSW SRACA Conferencia 18- 20 Marzo Opal Cove, Coffs Harbour. VHP\*: ASP declara compatibilidad de su sistema Sterrad con un duodenoscopio Pentax específicamente diseñado para resistir el proceso y exclusivamente vendido en los EE. UU.

### 3. ESTÁNDARES Y TENDENCIAS GLOBALES EN EL REPROCESAMIENTO DE ENDOSCOPIOS FLEXIBLES

El reprocesamiento de endoscopios flexibles ha recibido una mayor atención debido al riesgo de brotes de microorganismos resistentes a múltiples fármacos (MDRO, por sus siglas en inglés) asociados con estos dispositivos [9]. Numerosos estudios han resaltado la importancia de reevaluar las prácticas de reprocesamiento de endoscopios flexibles, abogando por protocolos de reprocesamiento mejorados, una mayor asignación de recursos para los departamentos de endoscopia (incluyendo personal capacitado) y actualizaciones de la Clasificación de Spaulding [10-11-12-13 -14-15-16]. Específicamente, se han recomendado inspecciones más rigurosas, un monitoreo más estricto de la limpieza, vigilancia microbiológica de los endoscopios y la transición de la desinfección de alto nivel y la esterilización química líquida a la esterilización terminal.

#### Estados Unidos:

La práctica predominante de reprocesamiento para endoscopios flexibles largos en EE. UU. implica el uso de reprocesadores automáticos de endoscopios, basados en esterilización química líquida. Aunque los AER agilizan el reprocesamiento al combinar descontaminación, desinfección con exposición a agentes químicos, enjuague y secado en un solo proceso, no ofrecen la garantía de esterilización que proporciona la esterilización terminal. Se siguen produciendo eventos adversos relacionados con infecciones vinculadas a endoscopios [17]. Una hipótesis es que la falta de esterilidad de los canales de succión conectados a los endoscopios y una descontaminación inadecuada contribuyen a condiciones que favorecen la formación de biofilms [18]. La FDA reconoce [19] *que la esterilización con agentes químicos líquidos no ofrece la misma garantía de esterilidad que los métodos de esterilización a baja temperatura térmica, de gas, vapor o plasma*. En 2015, la Asociación para el Avance de la Instrumentación Médica (AAMI) lanzó la norma ANSI/AAMI ST91<sup>20</sup>, que ofrece un marco integral para mejorar la seguridad del paciente en el reprocesamiento de endoscopios flexibles. Esta norma incluye directrices detalladas para la desinfección de alto nivel, la esterilización química líquida y la esterilización terminal. Fue actualizada en 2021 y actualmente es reconocida parcialmente por la FDA.

### Australia:

La norma australiana AS5369 exige que, cuando los dispositivos médicos críticos reprocesables sean incompatibles con la esterilización por calor húmedo, deben someterse a un proceso de esterilización a baja temperatura validado entre usos <sup>[21]</sup>. La norma incluye varios métodos de esterilización a baja temperatura, como ácido peracético, peróxido de hidrógeno y vapor a baja temperatura y formaldehído (VBTF).

### Europa:

En Europa, el debate entre la esterilización química líquida y la esterilización terminal para endoscopios se ha resuelto a favor de esta última. La Sociedad Europea de Gastroenterología y Enfermería de Endoscopia (ESGENA) <sup>[22]</sup> recomienda no utilizar la esterilización química líquida para el reprocesamiento de endoscopios, debido a la falta de una barrera estéril. La guía también indica las tres tecnologías de esterilización terminal por baja temperatura más utilizadas: EO, VBTF y VHP, mencionando que esta última tiene limitaciones en la efectividad de endoscopios más largos y complejos. ESGENA también destaca la importancia de la calidad del agua durante la etapa de enjuague final, ya que esta puede influir en el nivel de garantía de esterilización (SAL) del proceso. Algunos fabricantes, incluidos Olympus y Pentax, han incorporado estas recomendaciones en sus instrucciones de uso (IFUs).

Aunque los brotes y eventos adversos continúan afectando a muchos pacientes en todo el mundo, existen alternativas viables disponibles para los proveedores de salud, incluyendo VBTF y aplicaciones más recientes de peróxido de hidrógeno vaporizado. Estas tecnologías ofrecen compatibilidad adecuada con los dispositivos, difusión efectiva en geometrías complejas y canales largos, tiempos de ciclo reducidos y mayor seguridad para los pacientes.

## TECNOLOGÍAS ACTUALES

En el reprocesamiento de los endoscopios flexibles, parece existir una desconexión entre la naturaleza del dispositivo y la forma de evaluar el riesgo asociado a su uso. Para la mayoría de los procedimientos médicos que implican manipulación de tejidos, desde un kit de sutura hasta un contenedor de reemplazo de cadera, no hay duda de que los dispositivos reutilizables deben esterilizarse antes de su uso. Sin embargo, por diversas razones, incluyendo la evolución de los dispositivos, el tiempo de reprocesamiento y las prácticas recomendadas por la industria, el reprocesamiento de endoscopios flexibles se ha desviado de este estándar.

Aunque varios tipos de endoscopios flexibles se consideran dispositivos semi-críticos, durante ciertos procedimientos pueden dañar tejidos del paciente, exponiendo tejidos estériles, sangre o ganglios linfáticos. Cuando esto ocurre, el riesgo para los pacientes aumenta, ya que el dispositivo deja de ser semi-crítico y se convierte en un dispositivo crítico que requiere esterilización terminal.

En términos de principios de gestión de riesgos (evitar, identificar, analizar, evaluar y abordar), la parte de “evitar riesgos” a menudo se pasa por alto cuando existe la posibilidad de contacto con tejido estéril debido a incidentes secundarios. Esto es particularmente relevante en pacientes con salud debilitada, quienes son más susceptibles a infecciones que podrían derivar en tratamientos adicionales u otros eventos adversos.

A nivel mundial, los hospitales y centros de salud generalmente proporcionan dispositivos estériles para todos los procedimientos quirúrgicos, aunque no de manera consistente para los procedimientos con endoscopios, salvo en casos limitados. Esta discrepancia plantea preguntas sobre la seguridad del paciente durante dichos procedimientos. Dado el riesgo asociado con estos procedimientos, los posibles daños tisulares y las limitaciones conocidas en las tecnologías actuales de reprocesamiento, explorar alternativas para esterilizar terminalmente los endoscopios parece ser el camino adecuado para mejorar la seguridad del paciente.

Para prevenir infecciones hospitalarias donde los endoscopios flexibles actúan como vector, el estándar de referencia es la esterilización terminal. Sin embargo, este método requiere un tiempo de procesamiento más largo en comparación con la esterilización química líquida. Por lo tanto, si los endoscopios flexibles se someten a esterilización terminal, podrían estar disponibles menos dispositivos para los procedimientos a no ser que se adquirieran endoscopios adicionales. Aunque la esterilización terminal satisface la necesidad de mayor seguridad para el paciente, su implementación puede no ser factible desde una perspectiva operativa o de flujo de trabajo, a menos que se amplíe el inventario de endoscopios.

Si bien este enfoque presenta desafíos económicos y operativos para las instalaciones sanitarias, la evaluación debe considerar tanto el costo de los endoscopios adicionales como la mejora en la seguridad del paciente, que se traduce en menos eventos adversos. En sistemas de salud basados en el pago por actividad, esto podría incluso resultar en tasas de reembolso más altas por parte de los proveedores de seguros de salud.

El personal clínico y los profesionales de reprocesamiento forman parte de un proceso complejo de toma de decisiones que afecta las estrategias de reprocesamiento. La calidad de la atención puede mejorarse reduciendo los riesgos para los pacientes, lo que a su vez disminuye la carga general sobre el sistema sanitario.

Los procedimientos endoscópicos seguirán aumentando debido a los beneficios del diagnóstico mínimamente invasivo, la creciente prevalencia de enfermedades crónicas, la necesidad de tratar múltiples trastornos relacionados con enfermedades crónicas [23] la obesidad [24], y la expansión de los programas de detección temprana. Estos procedimientos representan algunas de las técnicas diagnósticas y terapéuticas más avanzadas disponibles para los facultativos a día de hoy. Sin embargo, su seguridad podría mejorar significativamente al pasar de la esterilización química líquida a la esterilización terminal. Tecnologías actuales, como el Vapor a Baja Temperatura y Formaldehído (VBTF), ya están en uso, ofreciendo mayor seguridad para los pacientes y una reducción de eventos adversos en las instalaciones médicas.

## Bibliografía

- <sup>1</sup> Mohapatra S. Sterilization and Disinfection. *Essentials of Neuroanesthesia*. 2017;929–44. doi: 10.1016/B978-0-12-805299-0.00059-2. Epub 2017 Mar 31. PMID: PMC7158362
- <sup>2</sup> Tian H, Sun J, Guo S, Zhu X, Feng H, Zhuang Y, Wang X. The Effectiveness of Drying on Residual Droplets, Microorganisms, and Biofilms in Gastrointestinal Endoscope Reprocessing: A Systematic Review. *Gastroenterol Res Pract*. 2021 Apr 8;2021:6615357. doi: 10.1155/2021/6615357. PMID: 33927758; PMID: PMC8049816.
- <sup>3</sup> Fluid retention in endoscopes: A real-world study on drying effectiveness
- <sup>4</sup> Ofstead, Cori L. et al.
- <sup>5</sup> *American Journal of Infection Control*, Volume 52, Issue 6, 635 - 643
- <sup>6</sup> Prospective Study Assessing Impact of Ethylene Oxide Sterilization on Endoscopic Ultrasound Image Quality
- <sup>7</sup> Majumder, Shounak et al.
- <sup>8</sup> *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, Volume 20, Issue 12, 2780 – 2789
- <sup>9</sup> Keswani RN, Soper NJ. Endoscopes and the “Superbug” Outbreak. *JAMA Surg*. 2015;150(9):831–832. doi:10.1001/jamasurg.2015.1255
- <sup>10</sup> P. Decristoforo, J. Kaltseis, A. Fritz, M. Edlinger, W. Posch, D. Wilflingseder, C. Lass-Flörl, D. Orth-Höller, High-quality endoscope reprocessing decreases endoscope contamination, *Clinical Microbiology and Infection*, Volume 24, Issue 10, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2018.01.017>.
- <sup>11</sup> Focused Review Series: Endoscopic Disinfection in the Era of MERS. *Clinical Endoscopy* 2015; 48(5): 351-355. Published online: 30 September 2015 DOI: <https://doi.org/10.5946/ce.2015.48.5.351>
- <sup>12</sup> Shellnutt, Cathleen MSN, APRN, AGCNS-BC, CGRN. Advances in Endoscope Reprocessing Technology and Its Impact on Pathogen Transmission. *Gastroenterology Nursing* 39(6):p 457-465, November/December 2016. | DOI: 10.1097/SGA.0000000000000267
- <sup>13</sup> Multisociety guideline on reprocessing flexible GI endoscopes: 2016 update. Petersen, Bret T. et al. *Gastrointestinal Endoscopy*, Volume 85, Issue 2, 282 - 294.e1
- <sup>14</sup> UCLA Statement regarding endoscopic procedures infections. March 10, 2015.

- <sup>15</sup> McCafferty CE, Aghajani MJ, Abi-Hanna D, Gosbell IB, Jensen SO. An update on gastrointestinal endoscopy-associated infections and their contributing factors. *Ann Clin Microbiol Antimicrob*. 2018 Oct 10;17(1):36. doi: 10.1186/s12941-018-0289-2. PMID: 30314500; PMCID: PMC6182826.
- <sup>16</sup> Rate and impact of duodenoscope contamination: A systematic review and meta-analysis. Larsen, Sara et al. *eClinicalMedicine*, Volume 25, 100451
- <sup>17</sup> Fluid retention in endoscopes: A real-world study on drying effectiveness. Ofstead, Cori L. et al. *American Journal of Infection Control*, Volume 52, Issue 6, 635 - 643
- <sup>18</sup> Kenters N, Huijskens EG, Meier C, Voss A. Infectious diseases linked to cross-contamination of flexible endoscopes. *Endosc Int Open*. 2015 Aug;3(4):E259-65. doi: 10.1055/s-0034-1392099. PMID: 26355428; PMCID: PMC4554517.
- <sup>19</sup> FDA: Liquid Chemical Sterilization. <https://www.fda.gov/medical-devices/general-hospital-devices-and-supplies/liquid-chemical-sterilization>. Accessed on July 18th, 2024.
- <sup>20</sup> ANSI/AAMI ST91:2021. Flexible And Semi-Rigid Endoscope Processing in Health Care Facilities.
- <sup>21</sup> Australian Standard AS 5369:2023: Reprocessing of reusable medical devices and other devices in health and non-health related facilities
- <sup>22</sup> ESGENA position statement. Reprocessing of flexible endoscopes and endoscopic accessories used in gastrointestinal endoscopy: Position Statement of the European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) and European Society of Gastroenterology Nurses and Associates (ESGENA) – Update 2018. 20.11.2018.
- <sup>23</sup> Global Burden of Disease Collaborative Network. Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Reference Life Table. Seattle, United States of America: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2021.
- <sup>24</sup> Colonoscopy in Obese Patients: A Growing Problem. Desormeaux, Michael P. et al. *Gastrointestinal Endoscopy*, Volume 67, Issue 5, AB89 - AB90.