

Artículo

Evaluación de la presencia de biopelículas en puntos corrosivos en instrumentos quirúrgicos después del reprocesamiento

Guillermo Rosario¹, Tais Almeida², Bmilógica andrade¹, Idalina Aoki³, Brunela Silva³, Mariel Aramayo³, Evandro Watanabe⁴, mamáira ribeiros, Camila Bruna^{2,*} y Kazuko Graziano^{2,*}

¹ Clínica hospitalariaiNico San Borja Arriaran-Chile, Santiago 8360160, Escuela de Enfermería de

² Chile de Sao Universidad de Paulo, Sao Paulo 05403-000 , Brasil Departamento de Ingeniería

³ Química, Escuela Politécnica, Universidad de Sao Paulo, S.ao Paulo 05508-010 , Brasil

⁴ Facultad de Odontología de Ribeirao Preto, S.ao Universidad de Paulo, Sao Paulo 05508-000 , Brasil

⁵ Hospital Clínico y Escuela de Enfermería, Universidad Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte 31270-901, Brasil

* Correspondencia: caquartim@yahoo.com.br (CB); kugrazia@usp.br (KG)

Resumen: Los instrumentos quirúrgicos corrosivos se observan de forma rutinaria en los departamentos centrales de servicios estériles de todo el mundo. Además de otros riesgos, pueden albergar microorganismos en forma de biopelículas. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo evaluar si las biopelículas formadas intencionalmente en los puntos de corrosión de los instrumentos quirúrgicos se pueden eliminar mediante limpieza manual y automática seguida de esterilización. Se realizaron experimentos de laboratorio en los que se evaluó la presencia de biopelículas en muestras de instrumentos quirúrgicos corroídos en uso en la práctica utilizando un microscopio electrónico de barrido. No se observaron biopelículas en las muestras sometidas a limpieza manual y automatizada, ni en las muestras en las que no se formó biopelícula intencionadamente. Se observó materia orgánica residual sin presencia de microorganismos.

Palabras clave: instrumentos quirúrgicos; corrosión; biopelícula; descontaminación; esterilización



Citación: Rosario, W.; Almeida, T.; Andrade, B.; Aoki, I.; Silva, B.; Aramayo, M.; Watanabe, E.; Ribeiro, M.; Bruna, C.; Graciano, K.

Evaluación de la Presencia de Biofilms en Puntos Corrosivos en Instrumental Quirúrgico después del Reprocesamiento. *Higiene* **2022**, *2*, 243–250. <https://doi.org/10.3390/higiene2040022>

Editores académicos: Honghua Hu, Dayane de Melo Costa y Stephanie Dancer

Recibido: 13 de octubre de 2022

Aceptado: 5 de diciembre de 2022

Publicado: 9 de diciembre de 2022

Nota del editor: MDPI se mantiene neutral con respecto a reclamos jurisdiccionales en mapas publicados y afiliaciones institucionales.



Derechos de autor: © 2022 por los autores. Licenciario MDPI, Basilea, Suiza. Este artículo es de acceso abierto y se distribuye bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introducción

La mayoría de los instrumentos quirúrgicos están hechos de acero inoxidable, que cumple con las condiciones especiales de uso, limpieza y esterilización. Los tipos de acero más comunes son AISI-304 y AISI-420 [1]. Están hechos de varios componentes, como carbono, cromo, silicio, manganeso, fósforo, azufre y níquel, que se cuantifican adecuadamente en la formulación para que sean resistentes a la corrosión cuando se exponen a fluidos corporales, soluciones de limpieza, métodos de esterilización/desinfección y atmósfera [2,3].

Se utilizan procesos especiales de electropulido y pasivación durante la fabricación de instrumentos quirúrgicos para reducir la probabilidad de corrosión en estas aleaciones de acero inoxidable durante su uso [4]. Así, en el contexto del procesamiento de productos sanitarios (PHP) realizado por el departamento central de servicios de esterilización (CSSD), encontrar instrumentos con presencia de corrosión indica cuidados de conservación precarios, materia prima inadecuada o agotamiento de la vida útil esperada de los mismos. instrumentos

La definición más amplia de corrosión de instrumentos quirúrgicos es el deterioro de los instrumentos y sus propiedades debido a la exposición a productos químicos o reacciones electroquímicas entre un material y su entorno [5]. La corrosión puede manifestarse como corrosión por picaduras (ruptura local autocatalítica de la capa pasiva), corrosión por grietas (frecuente en las partes posteriores de los tornillos), corrosión intergranular (falla en la microestructura del metal), corrosión generalizada (eliminación uniforme general de la capa pasiva por disolución, resultante de la exposición a soluciones ácidas muy fuertes), y corrosión bajo tensión (extensión de una grieta como resultado de la combinación y la interacción sinérgica de tensiones mecánicas y reacciones de corrosión) [5–7].

Los tipos más comunes de corrosión en los instrumentos quirúrgicos son la corrosión intergranular y la corrosión por hoyos. El primer tipo se caracteriza por un desarrollo rápido y localizado debido a un fenómeno llamado sensibilización provocado por la precipitación de carburo de cromo en los límites de grano. Cuando el acero se expone a altas temperaturas, el cromo y el carbono se unen, formando carburos de cromo en la región intergranular. Estas partículas agotan el metal sobre el cromo, reduciendo la resistencia a la corrosión [6]. También pueden surgir de soldaduras o tratamientos térmicos incorrectos [8]. La presencia de partículas de carburo de cromo puede inducir la nucleación de picaduras y su propagación.

Proporcionar instrumentos quirúrgicos libres de manchas, puntos de oxidación y corrosión debe ser parte de las buenas prácticas de todos los CSSD. Sin embargo, es frecuente encontrar instrumental quirúrgico en mal estado. La corrosión se ha identificado en el 45,8% de los instrumentos quirúrgicos en uso, y la temperatura no regulada del autoclave y el mantenimiento inadecuado realizado por personas no calificadas son causas de esta ocurrencia [9].

En la práctica clínica, algunos cirujanos rechazan instrumentos y cajas quirúrgicas que tengan corrosión. Incluso suspenden la cirugía con la justificación de que el daño del instrumental puede comprometer la seguridad del paciente, provocar eventos iatrogénicos por la facilidad de formación y adhesión de biopelículas y resultar en la presencia de endotoxinas o liberación de metales pesados en el paciente.

De todas las posibles consecuencias iatrogénicas que un instrumento corroído puede causar al paciente, no hay evidencia de que las biopelículas estén asociadas con los puntos de corrosión, lo que puede aumentar la gravedad de la infección del sitio quirúrgico. Los biofilms son una comunidad de microorganismos rodeados por un material extracelular amorfo compuesto por exopolisacáridos de origen bacteriano compuestos principalmente por carbohidratos y proteínas, pero también con presencia de ADN extracelular y restos de células muertas. [10]. Las biopelículas han sido reconocidas como el mayor desafío para el paso de limpieza de PHP porque progresan a una etapa de adhesión irreversible en la superficie de PHP y solo son visibles por métodos, como microscopía electrónica de barrido (SEM) y microscopía confocal.

Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo evaluar si las biopelículas formadas intencionalmente en los puntos de corrosión de los instrumentos quirúrgicos se pueden eliminar mediante limpieza manual y automática seguida de esterilización.

2. Materiales y métodos

Cinco instrumentos, tres tijeras Mayo y una pinza Halsted, en uso en un hospital y que presentaban corrosión en etapas avanzadas, fueron seleccionados como muestras aleatorias para este estudio. Para adaptar las muestras al análisis SEM, los instrumentos fueron fragmentados en sus puntos de corrosión, identificados a simple vista, en tamaños menores a 1 cm. Todos los fragmentos de muestras de los grupos control experimental, positivo y negativo fueron previamente limpiados y esterilizados.

La preparación de las muestras para el análisis en el SEM se realizó en técnica aséptica utilizando guantes de nitrilo y pinzas estériles. Las muestras se fijaron en los cabos del microscopio con cinta adhesiva de carbón. En un metalizador al vacío, se depositó una fina capa de oro sobre cada muestra que se colocó en el SEM para obtener micrografías.

Las muestras de los grupos experimental y control positivo se sometieron a contaminación intencional al sumergirlas en una solución que contenía 3 mL de Tioglicolato de Sodio, 4 mL de sangre de carnero desfibrinada, 5 mL de cloruro de sodio al 0,9% y 1 mL de inóculo microbiano de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 y *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 (1,5×10⁶) para simular un escenario desafiante de contaminación microbiana y suciedad orgánica, que es propicio para la formación de biopelículas. Ambos son microorganismos formadores de biopelículas que causan infecciones y se colocaron juntos como contaminantes para simular la práctica clínica, donde ambos pueden estar presentes en la contaminación de instrumentos quirúrgicos.

La solución contaminante se distribuyó en tubos de ensayo esterilizados con un volumen de 12 mL cada uno, y las cinco muestras del grupo considerado experimental más las tres del grupo control positivo se sumergieron individualmente en cada tubo de ensayo. A continuación, los tubos se incubaron durante 6 horas a una temperatura de 35°C para acelerar el crecimiento bacteriano y

iniciar la formación de biopelículas. Posteriormente, las muestras permanecieron expuestas al ambiente durante 1 h, simulando una situación real en el CSSD, en la que el material no se lava inmediatamente. Después de la exposición, las muestras del grupo experimental fueron sometidas al proceso de limpieza, de acuerdo con los siguientes procedimientos operativos estándar (POE), que simulan la secuencia de pasos recomendada para la limpieza de instrumentos quirúrgicos:

1. Limpieza previa: Un chorro de agua a presión durante 10 s;
2. Lavado ultrasónico (Sonica®, Padua, Italia) con detergente enzimático que contiene cinco enzimas (Biozyme, Santiago, Chile) durante 10 min a 40°C;
3. Enjuagar con agua potable y frotar con un cepillo de cerdas suaves sobre las superficies con puntos de corrosión de las probetas durante 30 s;
4. Sujetadas con pinzas, las muestras se depositaron en una cesta y se sometieron al proceso de lavado automatizado en una lavadora a presión y termodesinfectadora (Steelco, Treviso, Italia) con los siguientes parámetros: prelavado durante 2 min a 20°C, limpieza durante 5 min a 60°C utilizando un detergente enzimático con cinco enzimas, aclarando durante 1 min a 50°C, desinfección térmica durante 3 min a 90°C, aclarado durante 3 min a 20°C, y secado durante 30 min a 140°C;
5. Las muestras se envolvieron individualmente en sobres de papel/película de grado quirúrgico y se esterilizaron en un autoclave (Steelco, Italia) a 135°C durante 5 minutos; los ciclos fueron monitoreados por integrador tipo 5 (3M®) e indicador biológico (Attest 1292, 3M®), que mostró resultados satisfactorios del ciclo.

Después de enjuagar y secar, las muestras de control positivo se empaquetaron en papel/película de grado quirúrgico sin pasar por los pasos de limpieza y esterilización. Tres muestras de instrumentos en uso con puntos de corrosión avanzados que no se sometieron a contaminación por desafío se sometieron al mismo protocolo de procesamiento que las muestras experimentales que caracterizaron al grupo de control negativo.

Después del procesamiento, todas las muestras se enviaron a SEM. Se registraron un total de 58 imágenes para el grupo experimental, 22 para el grupo control positivo y 20 para el control negativo, indicando la presencia de biopelículas. Para confirmar los hallazgos de los autores, tres especialistas en biopelículas analizaron las imágenes de forma independiente.

3. Resultados

Figura 1, de una de las muestras del grupo de control negativo, muestra puntos de corrosión magnificados de los instrumentos quirúrgicos después de la limpieza y esterilización, sin imágenes sugestivas de biopelículas.

Durante el escaneo de composición de una de las muestras del grupo de control negativo, se encontró una concentración anormalmente alta de carbono, y cuando se amplió el sitio por SEM, la imagen en la Figura 2 fue obtenida. Debido a la ausencia de imágenes sugestivas de microorganismos, no se consideró biopelícula.

Todas las muestras de control positivo mostraron la presencia de biopelículas (Figura 3), demostrando el éxito del método para producir biopelículas en los puntos de corrosión, así como la posibilidad de que se formen biopelículas en estos puntos en presencia de materia orgánica y microorganismos.

No se visualizaron biopelículas en ninguna de las muestras del grupo de control experimental, lo que indica éxito en la eliminación de biopelículas aplicando el SOP propuesto (Figura 4).

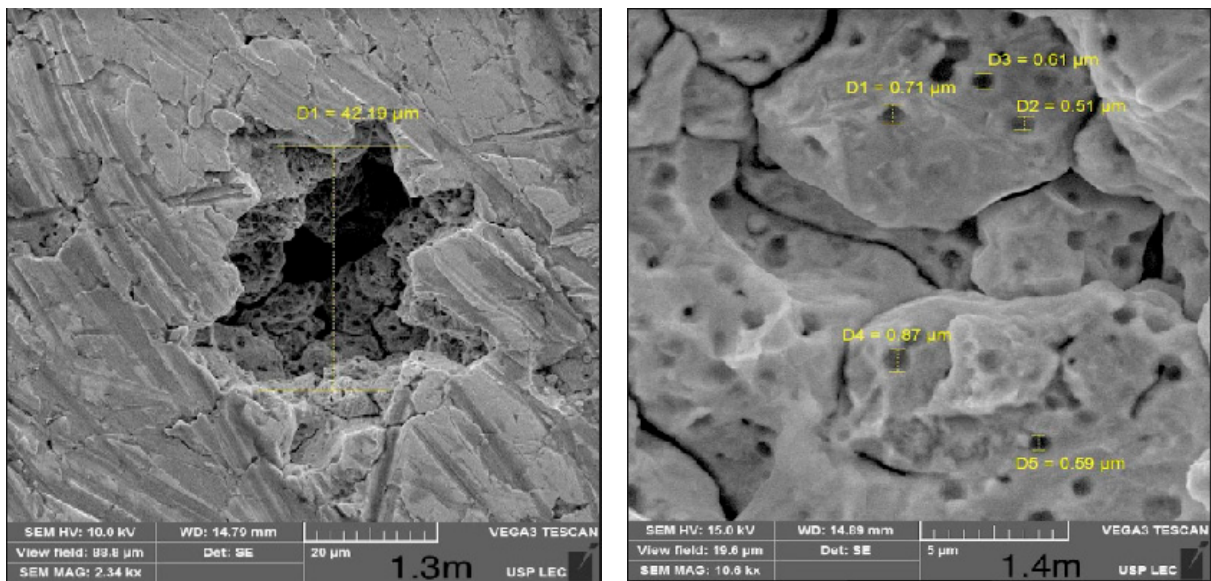


Figura 1. Punto de corrosión magnificado (“agujeros”) de una de las muestras de control negativo con mediciones de las irregularidades encontradas, sin imágenes sugestivas de biopelículas ((**izquierda**): aumento de 10,6 Kx; barra de escala: 5µmetro; y (**Correcto**): 2,34Kx; aumento: 20µmetro).

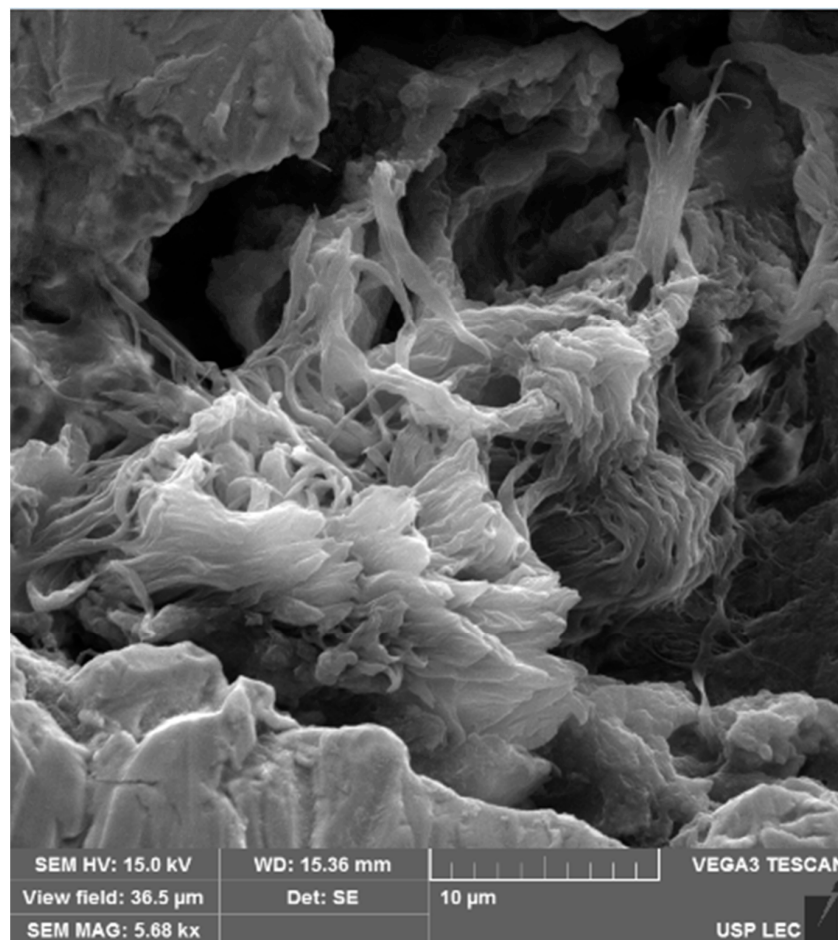


Figura 2. Punto de corrosión ampliado de una de las muestras de control negativo con imágenes que sugieren suciedad incrustada que no se reconoce como biopelículas (ampliación de 5,68 Kx; barra de escala: 10µmetro).

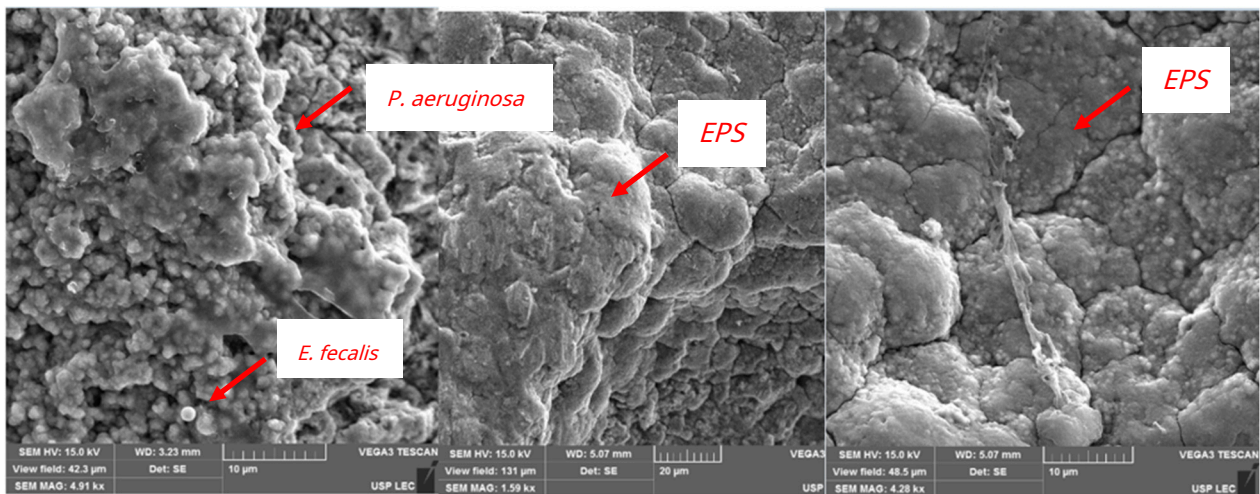


Figura 3. Biopelículas visualizadas en los puntos de corrosión de los instrumentos del grupo control positivo. Las flechas apuntan a microorganismos y sustancias poliméricas extracelulares (EPS). (**Izquierda**): aumento de 4,91 Kx; barra de escala: 10μmetro; (**Medio**): aumento de 1,59 Kx; barra de escala: 20μmetro; (**Derecha**): aumento de 4,28 Kx; barra de escala: 10μmetro.

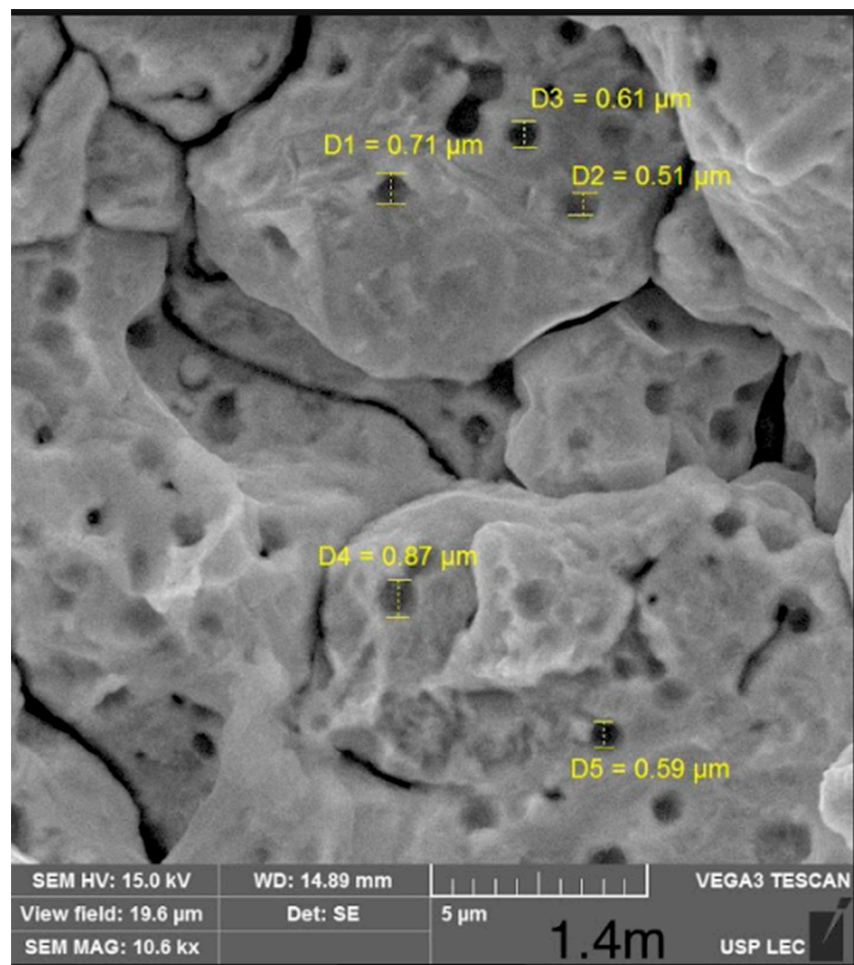


Figura 4. Punto de corrosión magnificado (“agujeros”) de una de las muestras del grupo experimental sin imágenes sugestivas de biopelículas (aumento de 10,6 Kx; barra de escala: 5μmetro).

4. Discusión

Aunque existe una preocupación teórica sobre la presencia de biopelículas microbianas incrustadas en los puntos de corrosión de los instrumentos quirúrgicos, la presente investigación refutó esta evidencia para las muestras de los grupos de control negativo y experimental. Las muestras de control negativo, que provenían de instrumentos corrosivos utilizados en la práctica, no presentaron biopelículas, y las del grupo experimental, si bien habían formado biopelículas, infiriéndose por la formación confirmada en el grupo de control positivo, tampoco presentaron signos de biopelículas. biopelículas después de los procedimientos de limpieza y esterilización manuales y automatizados practicados por el CSSD. En una de las muestras de control negativo se observó una imagen adherida en el punto de corrosión (Figura2), que se consideró suciedad incrustada y no biopelícula debido a la ausencia de formas microbianas.

Teniendo en cuenta los mecanismos de formación de biopelículas [10–12], inevitablemente se pueden formar biopelículas en los instrumentos quirúrgicos durante las operaciones y después, mientras esperan la limpieza en el CSSD. En este estudio, la biopelícula formada en las áreas de corrosión se eliminó en 7 h.

Otra investigación [13] también indujeron la formación de biopelículas en instrumentos quirúrgicos complejos y encontraron materia orgánica después de la limpieza manual y automática; sin embargo, no se encontraron biopelículas.

Otro estudio de laboratorio [14] sobre la contaminación de *Staphylococcus epidermidis* 10⁶ UFC/mL en instrumentos quirúrgicos demostró que la carga microbiana aumentó con el tiempo (10¹–10²UFC/cm², después de 1 hora; 10⁴UFC/cm², a las 12 h), demostrando la capacidad de supervivencia y replicación de los microorganismos mientras se ensuciaba el instrumental. El exopolisacárido, característico de las biopelículas, se detectó después de 2 h y aumentó gradualmente a partir de entonces. Por el contrario, la carga bacteriana se redujo entre 1 y 2 log₁₀ después de la limpieza manual y entre 1 y 3 log₁₀ después de la limpieza automática, aunque las biopelículas no se eliminaron por completo, a diferencia de los resultados del presente estudio.

En este estudio, los instrumentos fueron sometidos a un ciclo de contaminación con la consiguiente formación de biopelícula y proceso de limpieza, lo que puede haber influido en la efectividad de la limpieza y detección de microorganismos. Sin embargo, los brotes infecciosos causados por la supervivencia de microorganismos en forma vegetativa en instrumentos esterilizados por vapor saturado a presión a 134°C no se puede descartar. La explicación plausible de estos brotes solo se puede atribuir a las biopelículas y la materia orgánica e inorgánica residual que protegieron a los microorganismos que, de lo contrario, serían eliminados a temperaturas inferiores a 100°C [15–17].

Aunque en la presente investigación no se detectaron microorganismos, el daño por corrosión en los instrumentos permitió la acumulación de materia orgánica y carbón, lo que podría representar un riesgo para los pacientes y favorecer la formación de biopelículas posteriormente. Estos hallazgos no están de acuerdo con el principio básico del procesamiento de PPS, que es asegurar que el instrumental quirúrgico utilizado en un paciente esté en las mismas condiciones que el de un nuevo PPS en términos de funcionalidad y ausencia de riesgo infeccioso y toxicidad. Por lo tanto, los resultados de esta investigación refuerzan que la limpieza de los instrumentos quirúrgicos debe ser realizada lo antes posible por el CSSD.

Además, se deben considerar otros riesgos relacionados con el material corroído, como el riesgo de fractura en el intraoperatorio, la posibilidad de retención involuntaria de material en la cavidad y amenazas a la técnica operatoria. Riesgos relacionados con la posible liberación de elementos químicos que forman parte de la composición del acero inoxidable (carbono, cromo, silicio, manganeso, fósforo, azufre y níquel) y endotoxinas, que podrían ocasionar otros eventos adversos a los pacientes quirúrgicos por corrosión, no solo de naturaleza infecciosa sino también citotóxica e inflamatoria, deben ser consideradas en futuros estudios.

Este estudio tiene la limitación de utilizar dos especies microbianas como inóculo de contaminación, y se reconoce que, en la práctica clínica, la contaminación ocurre por múltiples microorganismos. En la práctica, los usos múltiples de los instrumentos, asociados con la demora en el procesamiento, pueden conducir a un proceso cíclico de formación de biopelículas y dificultar o impedir la efectividad del procesamiento.

5. Conclusiones

Las biopelículas formadas intencionalmente en los puntos de corrosión de los instrumentos quirúrgicos se eliminaron mediante limpieza manual y automatizada realizada dentro de las 7 h posteriores a la contaminación de los instrumentos; sin embargo, hubo residuos de materia orgánica en los puntos de corrosión después de estos procesos.

Contribuciones de autor: Conceptualización: WR, TA, CB y KG Metodología: BA, IA, BS, MA, EW, CB y KG Análisis formal: WR, TA, BA, IA, BS, MA, EW, CB, MR y Investigación de KG: WR, TA, BA, BS, MA, CB y KG Curación de datos: WR, TA, BA, IA, BS, MA, EW, CB, MR y KG Redacción—preparación del borrador original: KG; Redacción—revisión y edición: WR, TA, CB, MR y KG Administración del proyecto: WR, TA y KG Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Fondos: Esta investigación no recibió financiación externa.

Declaración de la Junta de Revisión Institucional: No aplica.

Declaración de consentimiento informado: Se anuló el consentimiento del paciente debido a que ningún ser humano participó en el estudio.

Declaración de disponibilidad de datos: Sin declaración de disponibilidad de datos; datos disponibles bajo petición.

Expresiones de gratitud: Un agradecimiento especial a Karen Vickery y Dayane de Melo Costa por sus opiniones sobre la presencia de biopelículas en micrografías de microscopía electrónica de barrido. Los autores desean agradecer al CNPq—Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico—Brasil por las becas (becas # 140187/2017-0 y 310504/2020-1).

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. *ASTM-F899-20*; Especificación estándar para aceros inoxidables forjados para instrumentos quirúrgicos. Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales: West Conshohocken, PA, EE. UU.; págs. 8.
2. Sanchez-sarriuna, O.; gonzalezalez-Diez, Y.; Garzaandez-Davila, C.; Davila-Cabo-de-Villa, E. Manual de instrumental quirúrgico. *Medisur* **2014**, *12*, 37.
3. Rodillera, JA; Moss, R.; Pfister, JI; Lanza, JM *Instrumentos quirúrgicos de primera calidad para quirófanos: el proceso de fabricación*; Empresas Pfiedler: Aurora, CO, EE. UU., 2015.
4. Panossian, Z.; Almeida, NL; Oba, M. *Corrosão e Proteção Contra a Corrosão em Equipamentos y Estructuras Metálicas*; Instituto de Pesquisas Tecnológicas: Sao Paulo, Brasil, 1993; Volumen 2, págs. 391–392.
5. Sociedad Americana de Metales. *Corrosión: fundamentos, pruebas y protección*; ASM International: Novedad, OH, EE. UU., 2003; Volumen 13A, pág. 2597.
6. Atlas de metales especiales. *Manual técnico de aceros inoxidables de Atlas Specialty Metals*; Atlas Specialty Metals: Melbourne, VIC, Australia, 2008; págs. 45.
7. Loneta, LL Análisis de Falhas em Instrumentais Cirúrgicos. Tesis de Maestría, Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, 2009.
8. Sociedad Americana de Metales. El hierro y sus soluciones sólidas intersticiales. En *Aceros: Microestructura y Propiedades*, 3ª ed.; ASM International: Novedad, OH, EE. UU., 2000; págs. 1–16.
9. Lucas, TC; Souza, MX; Guedes, HM Identificação de deteriorações Físicas e químicas nos Instrumentais Cirúrgicos Rígidos Reprocessados. *Rev. De Enferm. Hacer ciento. -Oeste Min.* **2018**, *8*, 8.
10. Pajkos, A.; Vickery, K.; Cossart, Y. ¿La acumulación de biopelículas en los tubos del endoscopio contribuye al fracaso de la limpieza y la descontaminación? *J. Hosp. Infectar.* **2004**, *58*, 224–229. [[Referencia cruzada](#)] [[PubMed](#)]
11. Costerton, JW; Geesey, GG; Cheng, K.-J. Cómo se pegan las bacterias. *ciencia Soy.* **1978**, *238*, 86–95. [[Referencia cruzada](#)] [[PubMed](#)]
12. Khatoun, Z.; McTiernan, C.; Suuronen, E.; Mah, T.; Alarcon, E. Formación de biopelículas bacterianas en dispositivos implantables y enfoques para su tratamiento y prevención. *Heliyon* **2018**, *4*, 36. [[Referencia cruzada](#)] [[PubMed](#)]
13. Lopes, LKO; Costa, DM; bebida, AFV; Watanabe, E.; Castillo, RB; Eh.; Deva, Ak; Vickery, K. Diseño complejo de instrumentos quirúrgicos como barrera para la eficacia de la limpieza, favoreciendo la formación de biopelículas. *J. Hosp. Infectar.* **2019**, *103*, 53–60. [[Referencia cruzada](#)] [[PubMed](#)]
14. Evangelista, SS; Guimarães, NR; García, NB; Santos, SG; Oliveira, AC Eficacia de la limpieza manual frente a la automatizada en la eliminación del biofilm de *Staphylococcus epidermidis* de la superficie de los instrumentos quirúrgicos. *Soy. J. infectar. Control.* **2020**, *48*, 267–274. [[Referencia cruzada](#)] [[PubMed](#)]
15. Blevins, FT; Salgado, J.; Wascher, DC; Koster, F. Artritis séptica después de la reparación artroscópica de menisco: un grupo de tres casos. *artroscopia* **1999**, *15*, 35–40. [[Referencia cruzada](#)] [[PubMed](#)]

-
16. Parada, SA; Grassbaugh, JA; Devine, JG; Arrington, ED Infección específica de instrumentación después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Deporte. Salud***2009**, *1*, 481–485. [[Referencia cruzada](#)] [[PubMed](#)]
 17. Tosh, PK; Disbot, M.; Duffy, JM; Auge, ML; Heseltine, G.; Srinivasan, A.; Gould, CV; Berrios-Torres, SI Brote de infecciones del sitio quirúrgico por *Pseudomonas aeruginosa* después de procedimientos artroscópicos: Texas, 2009. *Hospital de Control de Infecciones. Epidemiol.***2011**, *32*, 1179–1186. [[Referencia cruzada](#)] [[PubMed](#)]