

Biofilms en pacientes con dispositivos ortopédicos

Biofilms in patients with orthopedic devices

Julio Guillermo Guamán Torres¹[0009-0003-4329-2023], Cesar Augusto Estrella Toral²[0009-0007-9877-3835]

¹ Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Unidad Académica de Salud y Bienestar.
Av. de las Américas y Humboldt, 10106, Azuay. Ecuador

¹jguaman@ucacue.edu.ec, ²caestrellat48@est.ucacue.edu.ec }

Recibido: 2023-09-01

Revisado: 2023-09-04 al 2023-09-21

Corregido: 2023-10-01

Aceptado: 2023-10-05

Publicado: 2023-10-10

Salud ConCiencia
ISSN: 2953-5247



Los contenidos de este artículo están bajo una licencia de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras. The contents of this article are under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license. The authors retain the moral and patrimonial rights of their works.

Resumen.

Antecedentes: Los dispositivos ortopédicos, como implantes articulares, placas y tornillos, son ampliamente utilizados para tratar diversas condiciones médicas e implementar medidas que favorezcan el bienestar de los pacientes. A pesar de ello, uno de los problemas más significativos asociados con estos dispositivos es la formación de películas biológicas “biofilms”. La presencia de estas estructuras en dispositivos ortopédicos puede llevar a complicaciones graves, como infecciones crónicas, rechazo del implante y disminución de la funcionalidad del dispositivo, lo que representa un desafío significativo para la comunidad médica.

Objetivo General: Identificar de manera precisa las infecciones óseas postoperatorias en pacientes sometidos a cirugías con implantes ortopédicos.

Desarrollo: se realizó una revisión bibliográfica tipo narrativa. Se usó una variedad de buscadores y bases de datos especializadas en el ámbito de la salud, incluyendo PubMed, Embase, Scopus, Web of Science, Springer, Google Scholar, entre otros recursos, mediante identificación-cribado-elegibilidad-selección y basado en el rango de calidad de Scimago Journal Rank.

Resultados: se observó que biomateriales de cobalto-cromo presentan menor tendencia a infecciones, se evidenció mayor proliferación de cepas bacterianas de *S. epidermidis* y *K. pneumoniae* seguidas por *P. aeruginosa* y *E. coli*, mientras que *S. aureus* mostró la adherencia más baja. En la mayoría de los casos no se observó una recaída de la infección.

Palabras Clave: Biofilm, bacterias, cirugía, ortopedia

Abstract.

Introduction: Orthopedic devices, such as joint implants, plates and screws, are widely used to treat various medical conditions and implement measures that promote the well-being of patients. However, one of the most significant problems associated with these devices is the formation of biofilms. The presence of these structures in orthopedic devices can lead to serious complications, such as chronic infections, rejection of the implant and decreased functionality of the device, which represents a significant challenge for the medical community.

Objective: To accurately identify postoperative bone infections in patients who underwent surgery with orthopedic implants.

Development: a narrative literature review was carried out. A variety of search engines and databases specialized in the health field were used, including PubMed, Embase, Scopus, Web of Science, Springer, Google Scholar, among other resources, by means of identification-typing-eligibility-selection and based on the Scimago Journal Rank quality ranking.

Results: it was observed that cobalt-chromium biomaterials have a lower tendency to infections, with greater proliferation of bacterial strains of *S. epidermidis* and *K. pneumoniae* followed by *P. aeruginosa* and *E. coli*, while *S. aureus* showed the lowest adherence. In most cases no relapse of infection was observed.

Key words: biofilm, bacteria, surgery, orthopedics.

1. INTRODUCCIÓN

Los dispositivos ortopédicos, como implantes articulares, placas y tornillos, son ampliamente utilizados para tratar diversas condiciones médicas y contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios del sistema de salud¹. No obstante, uno de los mayores desafíos relacionados con estos aparatos es la aparición de biofilms, que son agrupaciones de microorganismos altamente estructuradas y adheridas firmemente a la superficie de los implantes². Aproximadamente el 65 % de las infecciones bacterianas se atribuyen a esta causa, debido a los mecanismos de resistencia que desarrollan tanto frente a los tratamientos antimicrobianos como a la respuesta del sistema inmunológico. Esta situación representa una preocupante amenaza en el ámbito de la salud³.

Las infecciones relacionadas con biofilms en pacientes con implantes ortopédicos representan un desafío global significativo⁴. El reemplazo de prótesis fallidas conlleva un mayor riesgo de recurrencia de infección (hasta un 30%) en comparación con la cirugía primaria⁵. Normalmente, en ausencia de un implante, el cuerpo puede eliminar la contaminación por patógenos gracias a las defensas inmunitarias del huésped. Sin embargo, la presencia de un dispositivo médico aumenta el riesgo de colonización y complicaciones a largo plazo⁶.

Las infecciones asociadas a dispositivos son frecuentemente causadas por estafilococos, siendo *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis* las especies principales implicadas en la contaminación⁷. El desarrollo de biopelículas estafilocócicas en la superficie de biomateriales implica varias etapas, desde la adhesión inicial de las células estafilocócicas hasta la acumulación y maduración de la biopelícula⁵. Las interacciones entre los estafilococos y la superficie del biomaterial están impulsadas por fuerzas hidrofóbicas, electrostáticas y de Van der Waals. Las proteínas plasmáticas, como la fibronectina, el fibrinógeno y la vitronectina, juegan un papel crucial al recubrir la superficie del biomaterial y proporcionar un entorno propicio para la colonización e infección por parte de los estafilococos⁸.

A pesar de los tratamientos antibióticos, los biofilms protegen eficazmente a los microorganismos en su interior, lo que conduce a recurrencia de infecciones y la necesidad de intervenciones quirúrgicas adicionales⁹. Esta situación afecta en la disminución del bienestar de los individuos afectados por esta situación, provocando dolor, limitaciones en

la movilidad y una mayor probabilidad de rechazo del dispositivo¹⁰. En vista de estos problemas, es esencial abordar la formación de biofilms en pacientes con dispositivos ortopédicos de manera efectiva.

Las biopelículas pueden llevar a infecciones asociadas a dispositivos médicos. Por ejemplo, en el caso de prótesis articulares, las biopelículas estafilocócicas pueden provocar infecciones persistentes que conducen al fracaso del implante y a la necesidad de una cirugía de revisión¹¹. Además, las infecciones asociadas a catéteres venosos centrales pueden llevar a bacteriemia y sepsis, que son condiciones potencialmente mortales¹². Por otro lado, las infecciones de las válvulas cardíacas mecánicas pueden causar endocarditis de válvula protésica, una enfermedad grave que requiere tratamiento intensivo¹³. Además, las infecciones asociadas a tubos endotraqueales y derivaciones cerebrospinales pueden provocar neumonía y meningitis, respectivamente, con consecuencias graves para la salud del paciente¹⁴.

Entender los factores que influyen en la formación de biofilms es esencial para mejorar la atención médica y reducir la carga para el sistema sanitario y su operatividad. Además, elaborar tácticas que permitan prevenir y tratar estas infecciones es de suma importancia¹⁵. El impacto en la mejora de la calidad de vida de aquellos que reciben atención médica, es significativo, ya que las complicaciones relacionadas con los biofilms pueden afectar su bienestar general y capacidad para llevar a cabo actividades diarias.

En este contexto, se requiere de soluciones innovadoras debido a la resistencia de los biofilms a los tratamientos convencionales. La investigación en este campo permitirá desarrollar enfoques novedosos para erradicar o prevenir la formación de biofilms, mejorando los resultados del tratamiento y disminuyendo la necesidad de intervenciones repetidas. Además, abordar el problema de los biofilms puede conducir a una reducción de los costos sanitarios, especialmente en casos de infecciones asociadas con dispositivos ortopédicos. Las terapias prolongadas y costosas para tratar estas infecciones representan una carga económica significativa tanto los receptores de cuidados médicos como para la infraestructura de salud.

Un avance en la medicina ortopédica también está en juego. El estudio de los biofilms en pacientes con dispositivos ortopédicos contribuirá a mejorar la comprensión de las interacciones entre los implantes y los microorganismos. Los hallazgos de este estudio

podrían tener un impacto significativo en el desarrollo de dispositivos más resistentes a los biofilms y en la mejora de las prácticas clínicas relacionadas con los implantes ortopédicos. En última instancia, esto beneficiaría a los pacientes al reducir las complicaciones asociadas con los biofilms y mejorar su calidad de vida.

2. DESARROLLO

Se recopilaron inicialmente 659 artículos relacionados con el tema de estudio. Después de eliminar los documentos duplicados y aplicar criterios de exclusión basados en los títulos, se redujo el número de artículos a revisar. De estos, se seleccionaron 183 para una revisión más detallada de sus resúmenes. A partir de esta lectura, se eligieron los artículos que tenían una mayor relación con el tema de estudio, lo cual resultó en un total de 98 artículos. Posteriormente, se excluyeron 73 artículos porque no cumplieron con los criterios de inclusión. Finalmente, se seleccionaron 10 artículos que se ajustaban a los objetivos del estudio y fueron publicados en los últimos 5 años. Estos artículos estaban escritos tanto en inglés como en español (ver gráfico 1).

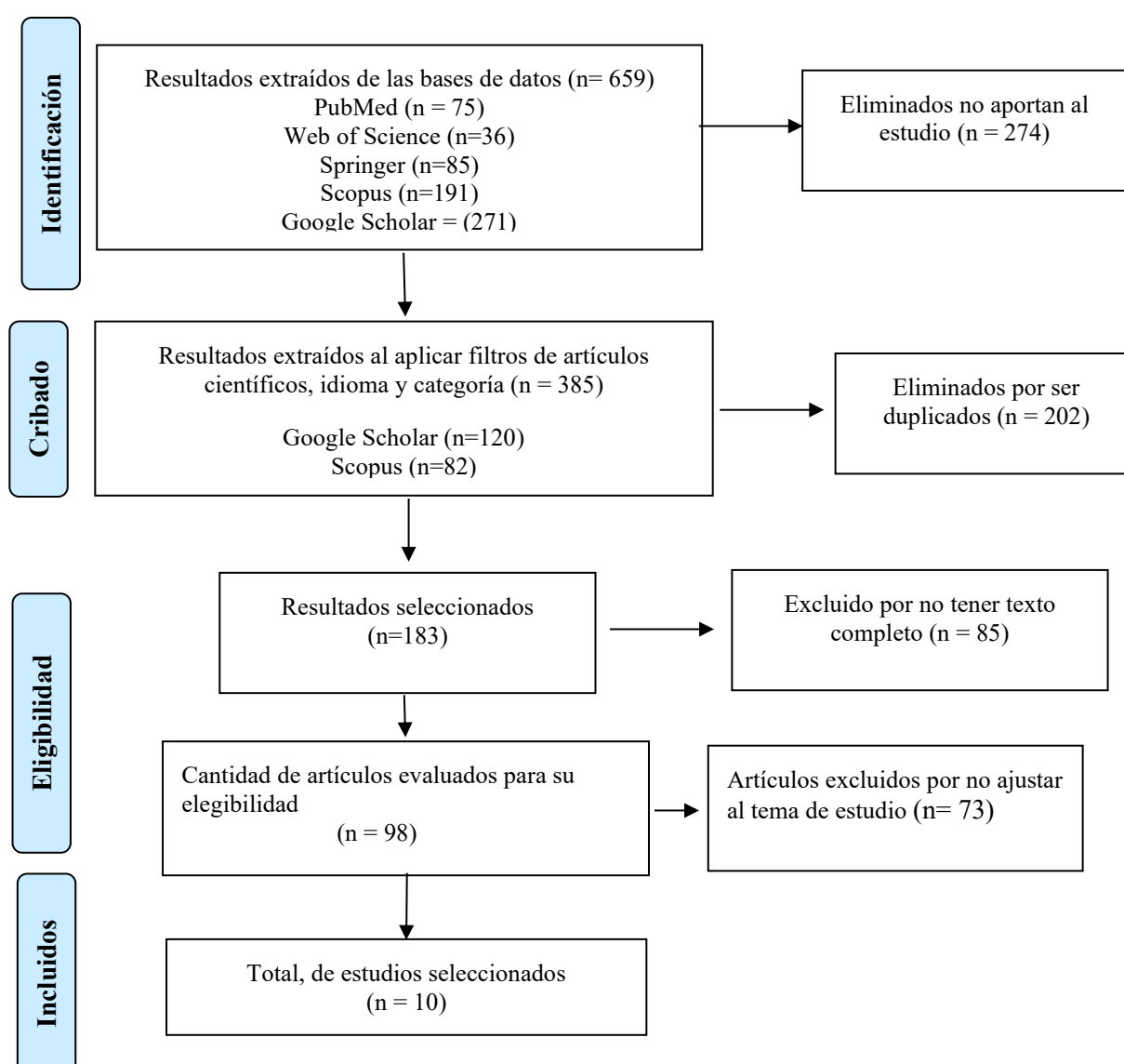


Gráfico 1. Resultados búsqueda bibliográfica

En la Tabla 1 se muestra una perspectiva resumida de los artículos revisados, proporcionando información relevante sobre cada estudio. La tabla incluye detalles como el título del artículo, metodología, resultados y autores.

Tabla 1.

Características de Biofilm microbiano y su relación con infecciones crónicas

ID	Autor y año de publicación	Objetivo	Metodología	Resultados
1	(Malhotra et al., 2019)	El estudio <i>in vitro</i> de esta investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad de <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i> para adherirse y formar biopelícula en la superficie de cinco biomateriales ortopédicos, a saber, cobalto y cromo, polietileno altamente reticulado, acero inoxidable, metal trabecular y aleación de titanio.	Las cepas bacterianas las cultivaron en los biomateriales durante 48 horas. Luego, analizaron cuantitativamente la adherencia y la formación de biopelículas utilizando un microscopio electrónico de barrido.	Observaron que el biomaterial de cobalto-cromo presentó la menor tendencia a la adherencia bacteriana en comparación con los otros materiales evaluados. Además, en cuanto a las cepas bacterianas estudiadas, notaron que <i>S. epidermidis</i> y <i>K. pneumoniae</i> exhibieron una alta capacidad de adherencia, seguidas por <i>P. aeruginosa</i> y <i>E. coli</i> , mientras que <i>S. aureus</i> mostró la adherencia más baja ¹⁶ .
2	(Fritsche et al., 2023)	El propósito de esta investigación consistió en analizar la utilidad de los cultivos de líquido de sonicación en la identificación de infecciones musculoesqueléticas en procedimientos de cirugía de revisión ortopédica realizados en pacientes con indicios de infección articular periprotésica (PJI), infecciones asociadas a fracturas (FRI) o infecciones postoperatorias de implantes espinales (PSII).	Llevaron a cabo un análisis comparativo de 149 casos entre los patógenos identificados en los cultivos de sonicación y aquellos encontrados en las muestras de tejido relacionadas. Esta comparación se basó en la concordancia de los perfiles de susceptibilidad a los antibióticos (antibiogramas). Posteriormente, se examinaron los posibles beneficios terapéuticos derivados de estos hallazgos.	El mayor caso fue el aflojamiento aséptico del implante con un 34,2%, mientras que el menor caso fue FRI con un 2,7% de los casos. La administración preoperatoria de antibióticos tuvo un efecto claramente negativo sobre la precisión de las pruebas microbiológicas ¹⁷ .
3	(Bidossi et al., 2020)	El objetivo del estudio <i>in vitro</i> fue evaluar la afinidad microbiana por un recubrimiento de nitrato de titanio-niobio (TiNbN).	Se llevó a cabo una evaluación de la adhesión y la formación de biopelículas de diferentes cepas clínicas, incluyendo <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y <i>Cutibacterium acnes</i> , utilizando discos recubiertos de TiNbN en comparación con discos de titanio sin recubrimiento y aleaciones de cromo cobalto, con superficies tanto lisas como rugosas. La adhesión de bacterias se cuantificó mediante el recuento de bacterias adheridas durante las primeras horas de incubación, mientras que la formación de biopelículas se evaluó a través de ensayos	En términos generales, <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Staphylococcus epidermidis</i> , dos de las bacterias más frecuentemente implicadas en infecciones periprotésicas (PJI), exhibieron una adhesión significativamente menor durante las primeras horas de contacto cuando se cultivaron en presencia de un recubrimiento de TiNbN en comparación con el cobalto-cromo-molibdeno (CoCrMo). Sin embargo, la formación de biopelículas fue similar en todas las aleaciones evaluadas para las cuatro cepas analizadas ¹⁸ .

			espectrofotométricos y microscopía de barrido láser confocal después de 72 horas de incubación.	
4	(Freischmidt et al., 2020)	Mejorar la gestión y el tratamiento de las infecciones relacionadas con implantes ortopédicos mediante el uso de Cerament G y Cerament V como recubrimiento antibiótico.	Se presentaron 3 experiencias iniciales de una técnica quirúrgica personalizada utilizando un biocompuesto reabsorbible de hidroxiapatita/sulfato de calcio con antibióticos para prevenir infecciones en implantes ortopédicos, incluyendo casos de fijación de fracturas y prótesis de hombro.	No se registraron efectos negativos relacionados con el sustituto de injerto óseo reabsorbible. En todos los casos, no se observó una recaída de la infección, y se alcanzó la integración exitosa del hueso. Tras el procedimiento de recubrimiento de la prótesis de hombro, no se detectaron indicios radiológicos de aflojamiento ¹⁹ .
5	(Bu et al., 2020)	Evaluaron el uso del espaciador de cemento óseo antibiótico combinado con tecnología de inducción de membrana en el tratamiento de la osteomielitis después de una operación de fijación con clavo intramedular para la fractura de la diáfisis femoral	La metodología incluyó desbridamiento completo y reemplazo de clavo intramedular con cemento óseo antibiótico, seguido de un injerto óseo autólogo en pacientes con fracturas femorales. Se realizaron visitas de seguimiento a lo largo de 12 meses para evaluar resultados, sin medir la amplitud de movimiento ni afectaciones articulares.	Los resultados demostraron una exitosa curación del defecto óseo en pacientes con osteomielitis postoperatoria en fracturas femorales. No se observaron recurrencias de infecciones ni complicaciones relevantes, y se notó mejoría en la longitud de las extremidades y la marcha de los pacientes a los 12 meses de seguimiento ²⁰ .
6	(Anugraha et al., 2019)	Analizaron los desafíos y limitaciones del uso de clavos recubiertos de antibióticos en el tratamiento de osteomielitis y deformidades óseas, particularmente en relación con el método tradicional de fabricación con PMMA.	Se utilizó una metodología que combina cirugía ortopédica con la preparación de un clavo recubierto de Cerament-V para el tratamiento de complicaciones en el pie de un paciente con diabetes y osteomielitis. La fluoroscopia y la fijación con tornillos garantizaron la estabilidad del clavo en el retropié durante la cirugía	La metodología aplicada logró abordar con éxito las complicaciones en el pie del paciente diabético, ofreciendo una solución prometedora que combina cirugía ortopédica y tecnología de liberación local de antibióticos. Se necesitará un seguimiento a largo plazo para evaluar completamente los resultados ²¹ .
7	(Brooks et al., 2023)	Investigar la presencia y distribución de biopelículas bacterianas en diferentes componentes y características de hardware ortopédico recuperado durante cirugías de revisión de artroplastias articulares totales primarias	La metodología involucró la recolección de muestras de hardware ortopédico recuperado durante cirugías de revisión, la aplicación de la técnica de ISC para detectar biopelículas bacterianas en estos componentes, la identificación de los tipos de organismos presentes y la comparación de los resultados con los diagnósticos clínicos y criterios de IAP establecidos.	El ISC demostró una eficacia similar a los métodos de cultivo clínico en la detección de patógenos en infecciones periprotésicas y reveló áreas propensas a biopelículas, como las superficies no articuladas de la bandeja tibial. Sin embargo, su uso rutinario es poco probable debido a la complejidad y el tamaño de los contenedores de cultivo.
8	(Makhdum et al., 2020)	Evaluaron la eficacia y los resultados a largo plazo de los clavos intramedulares entrelazados recubiertos de cemento antibiótico (ACC-IMN) en la salvación de extremidades	Se realizó una revisión retrospectiva de los registros de todos los pacientes consecutivos que se sometieron a un procedimiento de	En el estudio participaron 28 pacientes con una edad promedio de 62 años y un seguimiento medio de 40 meses. El uso de ACC-IMN logró una tasa de unión ósea

		en pacientes con infecciones complejas de extremidades inferiores.	salvamento de extremidades utilizando ACC-IMN. Se analizaron los datos demográficos de los pacientes, el tipo de microorganismo infeccioso previo a la cirugía, el perfil del paciente, el período requerido para la consolidación ósea, las complicaciones, las tasas de conservación de extremidades y las tasas de control de infecciones.	del 87% y un control exitoso de la infección en el 80%, con una tasa de salvación de extremidades del 89%, aunque se registraron complicaciones en el 32% de los casos ²² .
9	(Pelfort et al., 2019)	Evaluaron si la implementación de un conjunto de directrices preoperatorias para identificar y tratar a las personas que portan <i>Staphylococcus aureus</i> antes de someterse a una artroplastia total de rodilla (ATR) puede reducir la frecuencia de infecciones en las articulaciones periprotésicas (IAP) causadas por este tipo de bacteria.	Realizaron un estudio retrospectivo comparando dos grupos de pacientes sometidos a cirugía: uno de control con 400 pacientes (134 hombres y 266 mujeres, con una edad promedio de $72,2 \pm 6,8$ años) operados entre enero de 2009 y diciembre de 2013, y un segundo grupo de intervención con 403 pacientes (125 hombres y 278 mujeres, con una edad promedio de $72,4 \pm 6,9$ años) operados entre enero de 2014 y diciembre de 2016. En el segundo grupo, se aplicó un protocolo que incluía la detección y descolonización de portadores nasales de <i>Staphylococcus aureus</i> antes de la cirugía, utilizando pomada nasal de mupirocina y jabón de clorhexidina durante 5 días si el resultado del cribado era positivo.	En el grupo de control, el 4,2% de los 400 pacientes tuvieron una infección en el sitio quirúrgico (ISQ), con un 2% causado por <i>S. aureus</i> y un 2,2% por otros microorganismos. En el grupo de intervención, donde se aplicó el protocolo de detección y descolonización de <i>S. aureus</i> , el 20,6% de los 403 pacientes fueron positivos para <i>S. aureus</i> en el hisopo nasal, pero solo el 1,2% desarrolló una ISQ, siendo solo el 0,2% causado por <i>S. aureus</i> . Esto indicó una reducción significativa en las ISQ, incluyendo las causadas por <i>S. aureus</i> , en el grupo de intervención. Ningún paciente descolonizado de <i>S. aureus</i> desarrolló una ISQ ²³ .
10	(Kia et al., 2021)	Compararon la eficacia de tres adyuvantes tópicos (Bactisure, povidona yodada, y solución de gluconato de clorhexidina) en la reducción de la formación de biopelículas de <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Cutibacterium acnes</i> en implantes ortopédicos de diferentes metales (cromo cobalto, titanio y acero inoxidable) que se utilizan comúnmente en la artroplastia de hombro	Se realizaron experimentos con cepas de <i>S. aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> y <i>C. acnes</i> en discos de diferentes metales, evaluando cuatro grupos de tratamiento: control, povidona yodada, gluconato de clorhexidina y Bactisure. Se cuantificó la erradicación de la biopelícula mediante bioluminiscencia de trifosfato de adenosina a las 48 y 72 horas después de aplicar los adyuvantes tópicos.	A las 72 horas de aplicar los adyuvantes tópicos, se observó una reducción estadísticamente significativa en las colonias en todos los metales en comparación con los controles. Bactisure fue el más efectivo en la mayoría de las bacterias, excepto en <i>S. aureus</i> , que mostró resultados similares a Betadine ²⁴ .

El objetivo principal de este trabajo fue analizar los biofilms microbianos y su relación con infecciones crónicas en pacientes con dispositivos ortopédicos. Se describieron las características de los biofilms y se exploraron estrategias terapéuticas efectivas para su gestión. También se examinaron métodos

de diagnóstico precisos para identificar biofilms en estos pacientes. Este estudio contribuye a comprender y abordar mejor las infecciones relacionadas con biofilms en el ámbito ortopédico.

Las infecciones asociadas a los implantes representan una de las preocupaciones más significativas después de los procedimientos ortopédicos, adicionalmente se ha comprobado que prácticamente todos los agentes patógenos, como bacterias, hongos, micobacterias y microorganismos anaeróbicos, pueden desencadenar infecciones vinculadas a implantes¹⁶.

En un estudio por García et al.²⁵ investigaron las propiedades de adherencia bacteriana en varios materiales de implantes ortopédicos, que variaron en rugosidad y textura superficial evaluando dos patógenos comunes, *Staphylococcus aureus* sensible a la meticilina (MSSA) y *Staphylococcus epidermidis* coagulasa-negativa (CoNS epidermidis), en estos materiales. Los resultados revelaron que MSSA mostró diferencias significativas en la densidad de colonias entre los materiales, con una mayor adherencia en el titanio en comparación con otros. Por otro lado, CoNS epidermidis demostró una alta densidad de adherencia en todos los materiales sin diferencias notables. Estos hallazgos sugieren que las características de la superficie y la hidrofobicidad de los materiales pueden influir en la adherencia bacteriana, lo que es relevante para la prevención de infecciones en implantes ortopédicos. Por otro lado, Malhotra et al.¹⁶ menciona que alrededor de 600 casos de infecciones en prótesis articulares, se encuentran las siguientes bacterias *estafilococos coagulasa* negativos, el *S. aureus*, los estreptococos y los bacilos gramnegativos fueron los responsables en un 30%, 23%, 9% y 6% de los casos, respectivamente. En particular, las infecciones causadas por el *S. aureus* se asociaron a un tercio de los pacientes que padecían infecciones relacionadas con prótesis articulares.

La detección temprana y precisa de las infecciones en prótesis articulares (IAP) se vuelve aún más desafiante en la práctica médica, Tradicionalmente, en la evaluación diagnóstica de un paciente con sospecha de infección en una prótesis articular, se realiza la prueba de proteína C reactiva (PCR) y la velocidad de sedimentación globular (VSG) como primer paso. Sin embargo, diversos factores clínicos y microbiológicos pueden influir en los resultados y la confiabilidad de estos biomarcadores séricos²⁶. Según Rothenberg et al.²⁷ la aplicación de la técnica de sonicación como enfoque complementario parece mejorar la detección de microorganismos poco agresivos relacionados con biopelículas, lo que, a su vez, mejora el diagnóstico de la infección de prótesis articular crónica (IAP). Ribeiro et al.²⁷ afirma que los cultivos de tejidos muestran un desempeño superior en comparación con los cultivos líquidos mediante sonicación, logrando una sensibilidad del 68% al 96% en los cultivos de tejidos en contraste con el rango del 47% al 70% observado en los cultivos por sonicación.

Así también, para reducir la probabilidad de efectos secundarios no deseados, se han implementado recubrimientos cerámicos en los implantes ortopédicos de metal. En una investigación por Bidossi et al.¹⁸ descubrieron que la adherencia de algunas de las bacterias más comunes responsables de las infecciones de prótesis articulares (PJI) a las superficies revestidas con TiNbN era igual o menor que la de las aleaciones convencionales de titanio y cobalto-cromo. A pesar de que la aparición de una PJI es más compleja en

situaciones clínicas que en un entorno de laboratorio, estos resultados sugieren que los implantes ortopédicos con revestimiento de TiNbN no aumentan el riesgo de PJI y, al mismo tiempo, mejoran las propiedades de la superficie y la fricción, lo que los convierte en una opción viable para reducir posibles complicaciones, como la hipersensibilidad al metal.

Además, se han probado otras técnicas con buenos resultados, estas incluyen el uso de espaciadores de cemento antibiótico, clavos intramedulares recubiertos de antibióticos, el estudio de biopelículas bacterianas en hardware ortopédico, directrices preoperatorias para identificar patógenos específicos y adyuvantes tópicos para reducir la formación de biopelículas en implantes ortopédicos. Estas estrategias se centran en mejorar la eficacia y la seguridad en el tratamiento de infecciones óseas y complicaciones asociadas en la cirugía ortopédica, lo que beneficia a los pacientes a largo plazo.

3. CONCLUSIONES

Los biofilms microbianos se asocian con una amplia gama de microorganismos que tienen la capacidad de adherirse a superficies de biomateriales ortopédicos, como se demostró con diferentes microorganismos como son el *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, entre otros. Estos biofilms pueden ser responsables de la persistencia de infecciones crónicas, ya que actúan como una barrera que dificulta la penetración de antibióticos y las respuestas inmunitarias del huésped.

Las innovaciones en el recubrimiento de dispositivos, como el uso de nitruro de titanio-niobio y nanopartículas de plata, han mostrado prometedores resultados *in vitro* y en modelos animales en la reducción de la adherencia bacteriana y prevención de la formación de biofilms. Así también, la liberación local de antibióticos, como la utilización de Cerament G y Cerament V, o el uso de clavos recubiertos de antibióticos, pueden ofrecer soluciones efectivas para el tratamiento de complicaciones asociadas a infecciones y biofilms en implantes ortopédicos.

Los cultivos de líquido de sonicación han demostrado ser útiles para la identificación de infecciones musculoesqueléticas, aunque la administración preoperatoria de antibióticos puede afectar la precisión de las pruebas microbiológicas. La microscopía, tanto electrónica de barrido como de barrido láser confocal, ha sido efectiva en la identificación y análisis de biofilms en componentes de hardware ortopédico, permitiendo una visualización detallada de su presencia y distribución.

Aunque existen métodos y estrategias innovadoras para el tratamiento y prevención de infecciones relacionadas con biofilms en dispositivos ortopédicos, la posibilidad de tener que retirar el implante y comenzar el tratamiento desde cero es una realidad. Es esencial que los pacientes estén informados de esta posibilidad. Además, la formación de biofilms puede llevar a infecciones crónicas, lo que subraya la importancia de una intervención temprana y un seguimiento riguroso postoperatorio. La elección del material del implante, las técnicas quirúrgicas y el monitoreo postoperatorio son cruciales para minimizar estos riesgos.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

En concordancia con la taxonomía establecida internacionalmente para la asignación de créditos a autores de artículos científicos (<https://credit.niso.org/>). Los autores declaran sus contribuciones en la siguiente matriz:

<i>Participar activamente en:</i>	<i>Guamán, J. G.</i>	<i>Estrella, C.</i>
<i>Conceptualización</i>	X	X
<i>Análisis formal</i>	X	X
<i>Adquisición de fondos</i>	X	X
<i>Investigación</i>	X	X
<i>Metodología</i>	X	X
<i>Administración del proyecto</i>	X	X
<i>Recursos</i>	X	X
<i>Redacción –borrador original</i>	X	X
<i>Redacción –revisión y edición</i>	X	X
<i>La discusión de los resultados</i>	X	X
<i>Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.</i>	X	X

RECONOCIMIENTO A REVISORES:

La revista reconoce el tiempo y esfuerzo del editor Jonatan Calderón y de revisores anónimos que dedicaron su tiempo y esfuerzo en la evaluación y mejoramiento del presente artículo.

REFERENCIAS (VANCOUVER)

1. Ríos-Puerta K, Gutiérrez-Flores OD. Aleaciones Metálicas Para Aplicaciones Ortopédicas: Una Revisión Sobre Su Respuesta Al Estrés Fisiológico Y a Los Procesos De Corrosión. *Rev Politécnica*. 2022;18(35):24-39.
2. Bolívar-Vargas A, Torres-Caycedo M, Sánchez Y. Biofilms de *Pseudomonas aeruginosa* como mecanismos de resistencia y tolerancia a antibióticos. *Revisión narrativa*. *Rev Fac Cienc Salud Univ Cauca*. 2021;23(2):47-57.
3. Romero-González AT. Biofilm y resistencia antimicrobiana. *Rev Arch Méd Camagüey*. 2020;24(4):473-7.
4. Ronin D, Boyer J, Alban N, Natoli RM, Johnson A, Kjellerup BV. Current and novel diagnostics for orthopedic implant biofilm infections: a review. *APMIS*. 2022;130(2):59-81.
5. Pietrocola G, Campoccia D, Motta C, Montanaro L, Arciola CR, Speziale P. Colonization and Infection of Indwelling Medical Devices by *Staphylococcus aureus* with an Emphasis on Orthopedic Implants. *Int J Mol Sci*. enero de 2022;23(11):5958.
6. Foster T. The MSCRAMM Family of Cell-Wall-Anchored Surface Proteins of Gram-Positive Cocci: Trends in Microbiology. *Trends Microbiol*. 2019;27(11):927-41.
7. Foster TJ. Surface Proteins of *Staphylococcus epidermidis*. *Front Microbiol* [Internet]. 2020 [citado 5 de julio de 2023];11. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2020.01829>
8. Speziale P, Arciola C, Pietrocola G. Fibronectin and Its Role in Human Infective Diseases. *Cells*. 2019;8(12):1516.

9. Quinn J, McFadden R, Chan CW, Carson L. Titanium for Orthopedic Applications: An Overview of Surface Modification to Improve Biocompatibility and Prevent Bacterial Biofilm Formation. *iScience*. 2020;23(11):101745.
10. Mott R, Priefer R. Multilayering as a solution to medical device failure. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2020;193:111154.
11. Hodges N, Sussman E, Stegemann J. Aseptic and septic prosthetic joint loosening: Impact of biomaterial wear on immune cell function, inflammation, and infection. *ScienceDirect*. 2021;278:121-7.
12. Almasri D, Dahman Y. Prosthetic Joint Infections: Biofilm Formation, Management, and the Potential of Mesoporous Bioactive Glass as a New Treatment Option. *Pharmaceutics*. mayo de 2023;15(5):1401.
13. Mackic D, Custovic F, Begic E. Paravalvular Abscess of the Mechanical Prosthetic Aortic Valve: A Case Report. *South East Eur J Cardiol*. 30 de noviembre de 2022;3(1):1-3.
14. Nabhan E, Kawas MM, Tohme R, Nasr SR, Nabhan EM, Kawas MM, et al. From Cardiac Mystery to Dental Discovery: Resolving Recurrent Infection in a Prosthetic Heart Valve Patient. *Cureus* [Internet]. 7 de junio de 2023 [citado 5 de julio de 2023];15(6). Disponible en: <https://www.cureus.com/articles/162186-from-cardiac-mystery-to-dental-discovery-resolving-recurrent-infection-in-a-prosthetic-heart-valve-patient>
15. Su Y, Yrastorza JT, Matis M, Cusick J, Zhao S, Wang G, et al. Biofilms: Formation, Research Models, Potential Targets, and Methods for Prevention and Treatment. *Adv Sci*. 2022;9(29):203-91.
16. Malhotra R, Dhawan B, Garg B, Shankar V, Nag TC. A Comparison of Bacterial Adhesion and Biofilm Formation on Commonly Used Orthopaedic Metal Implant Materials: An In vitro Study. *Indian J Orthop*. 2019;53(1):148-53.
17. Fritsche T, Schnetz M, Klug A, Fischer S, Ruckes C, Hunfeld KP, et al. Tissue sampling is non-inferior in comparison to sonication in orthopedic revision surgery. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2023;143(6):2901-11.
18. Bidossi A, Bottagisio M, De Grandi R, De Vecchi E. Ability of adhesion and biofilm formation of pathogens of periprosthetic joint infections on titanium-niobium nitride (TiNbN) ceramic coatings. *J Orthop Surg*. 2020;15(1):1-10.
19. Freischmidt H, Armbruster J, Reiter G, Grützner PA, Helbig L, Guehring T. Individualized Techniques of Implant Coating with an Antibiotic-Loaded, Hydroxyapatite/Calcium Sulphate Bone Graft Substitute. *Ther Clin Risk Manag*. 2020;16:689-94.
20. Bu ZY, Hu LJ, Li C, Li AJ. Clinical analysis of application of antibiotic bone cement spacer combined with membrane induction technology in treatment of osteomyelitis after femoral intramedullary nail operation - A case series. *JPM A J Pak Med Assoc*. 2020;70(2):360-2.
21. Anugraha A, Hughes LD, Pillai A. A novel technique for fabricating antibiotic-coated intramedullary nails using an antibiotic-loaded calcium sulphate hydroxyapatite bio-composite, Cerament-V. *J Surg Case Rep*. 2019;2019(11):rjz327.

22. Makhdom AM, Buksbaum J, Rozbruch SR, Da Cunha R, Fragomen AT. Antibiotic Cement-Coated interlocking Intramedullary Nails in the Treatment of Septic Complex Lower Extremity Reconstruction; A Retrospective Analysis with Two year Minimum Follow up. *J Bone Jt Infect.* 2020;5(4):176-83.
23. Pelfort X, Romero A, Brugués M, García A, Gil S, Marrón A. Reduction of periprosthetic *Staphylococcus aureus* infection by preoperative screening and decolonization of nasal carriers undergoing total knee arthroplasty. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2019;53(6):426-31.
24. Kia C, Cusano A, Messina J, Muench LN, Chadayammuri V, McCarthy MB, et al. Effectiveness of topical adjuvants in reducing biofilm formation on orthopedic implants: an in vitro analysis. *J Shoulder Elbow Surg.* 2021;30(9):2177-83.
25. Garcia DR, Deckey DG, Zega A, Mayfield C, Spake CSL, Emanuel T, et al. Analysis of growth and biofilm formation of bacterial pathogens on frequently used spinal implant materials. *Spine Deform.* 2020;8(3):351-9.
26. Chisari E, Parvizi J. Accuracy of blood-tests and synovial fluid-tests in the diagnosis of periprosthetic joint infections. *Expert Rev Anti Infect Ther.* 2020;18(11):1135-42.
27. Rothenberg AC, Wilson AE, Hayes JP, O'Malley MJ, Klatt BA. Sonication of Arthroplasty Implants Improves Accuracy of Periprosthetic Joint Infection Cultures. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(7):1827-36.
28. Ribeiro TC, Honda EK, Daniachi D, Cury R de PL, Silva CB da, Klautau GB, et al. The impact of sonication cultures when the diagnosis of prosthetic joint infection is inconclusive. *PLOS ONE.* 2021;16(7):e0252322.